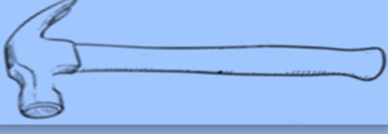
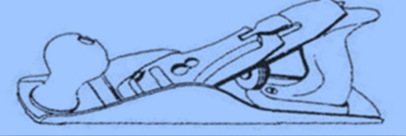


# MOBİLYA ve AHŞAP MALZEME ARAŞTIRMALARI DERGİSİ



**-MAMAD-**

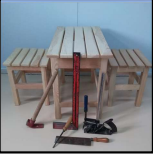


2024 - 7(1), 1- 135



## FURNITURE and WOODEN MATERIAL RESEARCH JOURNAL





**BAŞ EDİTÖR ve İMTİYAZ SAHİBİ / EDITOR-IN-CHIEF and CONCESSIONAIRE**

**Prof. Dr. Bekir Cihad BAL**, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

**EDİTÖR KURULU - EDITORIAL BOARD**

**Prof. Dr. Murat ÖZALP**, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

**Doç. Dr. Erkan AVCI**, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

**Doç. Dr. Nasır NARLIOĞLU**, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

**DANIŞMA KURULU - ADVISORY BOARD**

**Prof. Dr. Abdülkadir MALKOÇOĞLU**, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Turkey

**Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU**, Doğuş University, İstanbul, Turkey

**Prof. Dr. Bruno ESTEVES**, Polytechnic Institute of Viseu, Portugal

**Prof. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ**, Gazi Üniversitesi, Ankara, Turkey

**Prof. Dr. Jerzy SMARDZEWSKI**, Poznań University of Life Sciences, Poznan, Poland

**Prof. Dr. Marko PETRIC**, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

**Prof. Dr. Pavlo BEKHTA**, Ukrainian National Forestry University, Ukraine

**Prof. Dr. Pedro Henrique Gonzalez de CADEMARTORI**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brazil

**Prof. Dr. Petar ANTOV**, University of Forestry, Bulgaria

**Prof. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU**, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

**Prof. Dr. Tuncer DİLİK**, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa İstanbul, Turkey

**Prof. Dr. Vassil JIVKOV**, University of Forestry, Sofia, Bulgaria

**Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman KARAMAN**, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

**Assoc. Prof. Dr. Alperen KAYMAKÇI** Kastamonu Üniversitesi, Türkiye

**Assist. Prof. Dr. Agnieszka JANKOWSKA**, Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Warsaw, Poland

**Assoc. Prof. Dr. Emilia-Adela SALCA**, Transilvania University of Brasov, Romania

**Assoc. Prof. Dr. Milan GAFF**, Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic

**Assoc. Prof. Dr. Önder TOR**, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

**Assoc. Prof. Dr. Seyyed Khalil HOSEINIHASHEMI**, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

**Assist. Prof. Dr. Füsün CURAOĞLU**, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Turkey

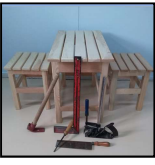
**Assist. Prof. Dr. Tomasz KRYSOFIAK**, Poznań University of Life Sciences, Poland

**Senior Lecturer Dr. Lee Seng HUA**, Universiti Teknologi MARA (UITM), Malaysia

**Ph.D. Juanito P. JIMENEZ, Jr.**, Forest Products Research and Development Institute (FPRDI), Philippines

**Dil Editörü – Language Editor**

**Zeynep NARLIOĞLU**, İngiliz Edebiyatı ve Beşeri Bilimler, Türkiye



## İÇİNDEKİLER - CONTENTS

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ - RESEARCH ARTICLES

#### **Kamusal alanda kullanıcı odaklı bir deneyim: Bir kongre için mobilya tasarlamak**

*A user-centered experience in public space: designing furniture for a congress*

1-16

*Füsün Curaoğlu, Gül Ağaoğlu Çobanlar*

#### **The effects of carbonate and vinegar mixture on selected surface properties of iatandza (*Albizia ferruginea*) wood**

*Iatandza (*Albizia ferruginea*) odununda seçilmiş bazı yüzey özellikleri üzerine karbonat ve sirke karışımının etkileri*

17-25

*Ümit Ayata*

#### **Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kontrplak ile güçlendirilmiş yongalevha ve liflevhanın eğilme davranışının deneysel ve nümerik analizi**

*Experimental and numerical analysis of the bending behavior of beech (*Fagus orientalis* L.) plywood-reinforced particleboard and fiberboard panels*

26-37

*Ergün Güntekin, Mesut Uysal*

#### **Circular economy awareness and motivations in the furniture industry: İnegöl as a microcosm of global south dynamics**

*Döngüsel ekonomi farkındalığı ve mobilya endüstrisindeki motivasyonlar: küresel güney dinamiklerinin bir mikrokozmosu olarak İnegöl*

38-53

*Serkan Bayraktaroğlu, Yasemin Soylu*

#### **Ahşap malzemede kerf kesim tekniği üzerine bir değerlendirme**

*An evaluation of the kerf-cutting technique in wood*

54-69

*Gökçe Kırkpınar, Yenal Akgün, Matthieu Joseph Pedernana*

#### **Stress – deformation relations of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) wood under different conditions**

*Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ahşabının farklı koşullarda gerilme deformasyon ilişkileri*

70-80

*Akın Şenda, Nusret As*

#### **Geleneksel ile güncel bir araya getirme çabası: Safranbolu evlerinin otel dönüşümünde odalarda görülen iç mekân değişiklikleri**

*The effort to combine the traditional with the contemporary: interior changes observed in rooms during the hotel conversion of Safranbolu Houses*

81-96

*Gözde Zengin*

#### **Effect of 3D printing speed on mechanical and thermal properties of wood-PLA composite filament**

*3B baskı hızının odun-PLA kompozit filamentin mekanik ve termal özelliklerine etkisi*

97-106

*Nasır Narlıoğlu*

#### **Türkiye'nin mobilya sektöründe uluslararası rekabet gücü: Seçilmiş ülkeler ile karşılaştırmalı analiz**

*International competitiveness in Türkiye's furniture sector: A comparative analysis with selected countries*

107-120

*Serdar Özözen*

#### **Human-centered approach for furniture design studio course in interior design education: A case study**

*İç mimarlık eğitiminde mobilya tasarımı stüdyo dersi için insan merkezli yaklaşım: Bir vaka çalışması*

121-135

*Mehmet Uğur Kahraman, Yaren Şekerci, Hakan Bal, Kadir Emre Bakır*





### Kamusal alanda kullanıcı odaklı bir deneyim: bir kongre için mobilya tasarlamak

Füsun Curaoğlu<sup>1\*</sup>, Gül Ağaoğlu Çobanlar<sup>2</sup>

**ÖZ:** Kamusal alanlar; toplumsal yaşamın sürdürüldüğü, tüm vatandaşlar tarafından erişilebilen, sosyal hayat içinde toplumsal görüşün şekillendiği ortak alanlardır. Ortak mekân olarak ele alınan kamusal alanlar bilimsel bilgiyi öğrenmek, tartışmak ve yaymak amacıyla düzenlenen kongre, sempozyum gibi bilimsel toplantıların fuaye alanlarını da kapsamaktadır. Fuaye alanları farklı amaçlarla kullanılan mekânlardır. Bu kapsamda, katılımcıların kısa zaman aralıklarında kullandıkları fuaye alanlarının ve bu mekânlarda kullanılan mobilyaların tasarımları, sürecin verimli yürütülmesi için önem kazanmaktadır. Çalışmanın amacı, kongre katılımcılarının bilimsel sunumlar dışında fuaye alanlarında bireysel ya da çoklu kullanıma yönelik beklentilerini belirlemek ve bu kapsamda gereksinimlerini karşılayacak çok amaçlı mobilya tasarım kriterlerinin belirlenmesidir. Araştırmanın yöntemi nitel bir araştırma yöntemi olan durum çalışmasıdır. Araştırmada katılımcıların kongre fuaye alanlarını sosyalleşme, etkileşim, iletişim ve fiziksel ihtiyaçların karşılanması için kullanmak istediği; ancak bu alanların ve mobilyaların kullanıcıların beklentilerine yönelik tasarlanmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak fuaye alanlarına yönelik tasarlanacak mobilyaların kullanıcıların fiziksel, sosyal, iletişim ve teknoloji odaklı istekleri doğrultusunda tasarlanması gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Kamusal iç mekân, Kongre fuaye alanı, Çok amaçlı mobilya tasarımı

### A user-centered experience in public space: designing furniture for a congress

**ABSTRACT:** Public spaces are communal areas where social life thrives, shaping collective perspectives within the societal framework and being accessible to all citizens. These shared spaces encompass not only traditional public squares and parks but also extend to the foyer areas of scientific gatherings such as conferences and symposiums, organized for the purpose of learning, debating, and disseminating scientific knowledge. Foyer areas serve as versatile spaces utilized for various purposes. Therefore, the design of foyer areas and the furnishings within them becomes crucial for the efficient execution of the process. The study aims to identify the expectations of conference participants regarding individual or multiple uses of foyer areas, beyond scientific presentations, and to establish criteria for the design of multipurpose furniture that meets these requirements. The research methodology employed is a qualitative approach known as a case study. It has been determined that participants desire to use conference foyer areas for socialization, interaction, communication, and meeting physical needs; however, it has been found that these areas and furnishings are not designed to meet users' expectations. In conclusion, it is imperative that furniture designed for foyer areas must align with users' physical, social, communicative, and technological desires and expectations.

**Keywords:** Public interior, Congress foyer area, Multi-purpose furniture design

Makale tarihçesi: Geliş:12.03.2024, Kabul:07.05.2024, Yayınlanma:30.06.2024, \*e-posta: fcuraoglu@eskisehir.edu.tr

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Eskişehir/Türkiye

<sup>2</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Eskişehir/Türkiye

Atf: Curaoğlu, F., ve Çobanlar, G. A. (2024), Kamusal alanda kullanıcı odaklı bir deneyim: mobilya kongresi için mobilya tasarlamak, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 7 (1), 1-16, DOI: [10.33725/mamad.1451554](https://doi.org/10.33725/mamad.1451554)



## 1 Giriş

Kamusal alan kavramı; Antik Yunan'dan günümüze kadar olan tarihsel süreç içerisinde (latince *poplicus* kelimesinden türemiş olan) *publicus* kelimesini İngilizce'de *public*, Almanca'da *offentlichkeit* ve *öffentlich*, kamu ve alenen anlamına gelen kelimeleri ile tanımlanmaktadır (Habermas, 2018).

Jürgen Habermas *Kamusal Alanın Yapısal Dönüşümü* (2018: 251) adlı kitabında kamusal alanı toplumsal yaşamın sürdürüldüğü 'toplumsal'ın alanı' olarak yorumlamaktadır. Ek olarak, Habermas kamusal alanı; tüm vatandaşlar tarafından erişilebilen, sosyal hayat içinde toplumsal görüşün şekillendiği ortak alanlar olarak betimler (Hohendahl ve Russian, 1974). "Özel bireylerin kamusal bir gövde oluşturarak toplandıkları her konuşma durumu, kamusal alanın bir parçası olarak varlık kazanır" yaklaşımıyla genişleyen kamusal alan sınırları farklı amaçlarla bir araya gelen insanların toplanması için her bir amaçta yeni işlevlere sahip olabilmektedir (Habermas, 2004: 95).

Rappa (2002: 7) tarafından kamusal alan, insanlar arasındaki etkileşimin fiziksel alanı, bilgi alışverişinin alanı, politikaların ortaya çıkarılma alanı olarak belirtmiştir. Bu kapsamda genel olarak bir tartışma, fikir oluşturma ve bunların sunulabildiği, paylaşıldığı tüm alanlar kamusal alan tanımı içerisinde yer almaktadır. Sennett (2010: 129) kamusal alanda var olan kamusal insanın alanı olarak bu kavramı tanımlarken, onu "erişkinlerin oyun alanı" olarak da tanımlar. Bu alanları cisim kazanarak, kamusal aktör olarak duygularını, fikirlerini ifade eden bir insan olarak görmektedir (Sennett, 2010: 149).

Bir ortak mekân olarak ele alınan ve bilimsel bilgiyi öğrenmek, tartışarak yaymak amacıyla düzenlenen kongrelerin gerçekleştirildiği bir toplanma alanı, paylaşım mekânı olarak kullanılan kongre fuaye alanları da bu çalışmada bir kamusal alan parçası olarak ele alınmış ve incelenmiştir. Kongreler dünyada farklı disiplinlerde çalışan bilim insanlarının araştırmalarını sunmak, bilgi birikimlerini paylaşmak ve tartışmak amacıyla bir araya geldikleri önemli bilimsel etkinliklerdir. Bu süreç içerisinde özellikle mola anlarında kişisel veya grup olarak bir araya geldiklerinde buldukları ortak alandan yani fuaye alanından birbirinden farklı beklentileri ortaya çıkar. Bu kapsamda fuaye alanları bu gereksinimleri karşılamak amacıyla, genellikle, ikramların yerleştirildiği yüksek masaların bulunduğu bir ortam hazırlığı ile düzenlenir. Oysa bilimsel sunumların molaları bilim insanları için hem hazırlık hem iletişimin hızlı ve etkin gerçekleştirildiği zaman aralıklarıdır ve bu süreçte katılımcıların atıştırmaktan çok önce gerçekleşmesini istedikleri birçok farklı beklentileri vardır.

Bu çalışmanın amacı; bilimsel etkinliklerde kongre katılımcılarının bilimsel sunumlar dışında fuaye alanlarında bireysel ya da çoklu kullanıma yönelik beklentilerini belirlemek ve bu kapsamda gereksinimlerini karşılayacak çok amaçlı mobilya tasarım kriterlerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda araştırmada aşağıdaki soruların yanıtları amaçlanmıştır;

1. Kongre katılımcılarının fuaye alanında kullanılacak mobilyaya yönelik beklentileri nelerdir?
2. Belirlenecek kriterler kapsamında çok amaçlı mobilya tasarım kriterleri nelerdir?
3. Fuaye alanına yönelik tasarlanan çok amaçlı mobilya grubu kongre katılımcılarının gereksinimlerini nasıl karşılamıştır?

Bu çalışmanın süreç ve sonuçlarının, farklı amaçlarla düzenlenen ve hızlı mekânsal refleks geliştirmesi beklenen, fuaye alanlarının mekân ve mobilya tasarımları için çözüm önerisi hazırlamak isteyen tasarımcılar açısından bir örnek çalışma olacağına inanıyoruz. Ayrıca araştırmanın bir mobilya kongresi sürecinde planlanmış olması, bununla birlikte araştırmanın

tüm süreçleri ile tasarlanan-üretilen mobilya grubunun son değerlendirmesinde de katılımcı olarak, mobilya alanında çalışan akademik-profesyonel tasarımcılar ile sektör temsilcilerinin yer almış olması da çalışmanın ilgi çekici bir yönü olabilir.

### **1.1 Kamusal İç Mekân**

Kamusal alanların bir parçası olarak kamusal iç mekânlar toplumsal üretim ilişkileri içerisinde kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılarlar. Lefebvre'nin toplumsal mekânın bir ürünü olarak değerlendirdiği kamusal iç mekân, alanyazında farklı bakış açıları ile tanım bulur. Cordan ve Çolak kamusal iç mekânların oluşumunu aşağıdaki gibi ifade etmektedir:

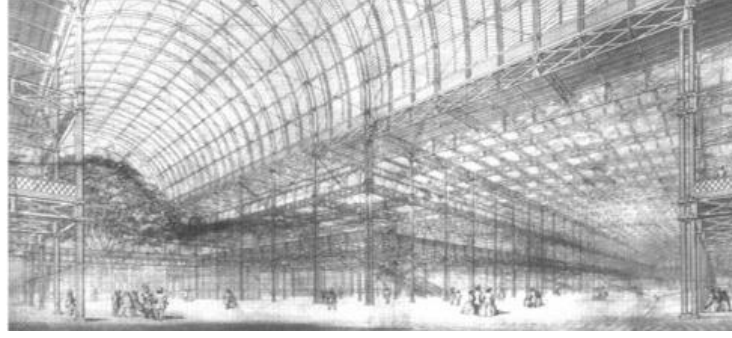
“Sanayi Devrimi döneminde insanın temel ihtiyaçları olan yemek yeme, içme ve sosyalleşme gibi ihtiyaçlar özel mekânlar olan küçük apartman dairelerinden taşarak sokaklara dökülmeye başlamış ve sokaklar insanların yeni yaşam alanı haline gelmiştir. Bu değişim doğrultusunda ise insan ve çevre etkileşimine hizmet edecek niteliklere sahip çeşitli fonksiyonları içerisinde barındıran “kamusal iç mekânlar” yaratılmıştır” (Cordan ve Çolak, 2015).

Antik dönemlerden günümüze dek bireylerin bir araya gelebilmek ve farklı ihtiyaçlarını karşılamak için kamusal mekân olarak kullandıkları tapınak, agora, bazilika, hamam vd. gibi farklı işlevlere sahip iç mekânlar, zaman içerisinde farklı gereksinimlere göre içerikleri değişerek çeşitlenmiştir. Tarihsel süreç içerisinde kamusal iç mekânlar çoğunlukla tapınaklar, okul, üniversite ve arşiv gibi farklı kamusal ihtiyaçları karşılamak amacıyla da kullanılmıştır (Onay Sağlar, 2005:1). Bu farklılıklar iklim, kültüre, içerisinde bulunduğu yapıların işlevlerine ve kullanıcıların gereksinimlerine bağlı gerçekleştirdikleri aktivitelerinin çeşitliliği ile de doğrudan ilişkidir. Antik Yunan ve Roma dönemlerinde de kamusal mekânlar ağırlıklı olarak gündelik yaşamın başlıca sosyalleşme alanları olarak karşımıza çıkar. Antik Yunan'da üst örtüsü bulunmayan evler ve kamu yapılarıyla sınırlanan mekânlar olarak tanımlanan agoralar, dönemin başlıca kamusal mekânlarıdır (Roth, 2006: 268).

Roma Döneminde ise Bazilikalar, dini ritüellerin gerçekleştirildiği erken hristiyanlık dönemi kamusal iç mekânlarıdır (Onay Sağlar, 2005, s.3). Yine Roma döneminde kullanılan bir diğer kamusal iç mekân ise hamamlardır. Bu dönemde hamamlar, toplumsal yaşantı açısından sosyalleşme de önemli bir rol oynar (Roth, 2006, s.306).

Özellikle Sanayi Devrimi ve sonrasında kamusal iç mekânların birbirinden çok farklı gereksinimlere yanıt veren içeriklere ve işlevlere sahip olduğunu görüyoruz. Onay Sağlar (2005: 5), bu gereksinimlerin temelinde 20.yüzyıl kamusal iç mekânlarını meydana getiren süreci tanımlarken, bağlamı sanayi devrimi ile ulaşım ve ticaret aktivitelerinin artışı, yeni yapı tiplerinin inşa edilişi ile ilişkilendirir. Bu dönemde gar, fabrika, depo, alışveriş merkezi, ofis binası, müze gibi yeni yapı tipleri doğar. Çelik ve cam kullanımı, geniş açıklıkların gün ışığından mahrum kalmadan örtülebilmesini sağlayınca, gerçek anlamda çağdaş kamusal iç mekânların kullanımı yaygınlaşmaya başlar. Bu duruma örnek olarak binaların içinde bulunan ve farklı amaçlarla kullanılabilen kamusal iç mekânlar olarak lobi alanları da örnek verilir (Radulescu, 2017: 110). Ek olarak, bina içerisinde yapılan çocuk oyun alanları, terminal salonları, bina içerisindeki geniş çok amaçlı salonlar ve fuaye alanları da birer kamusal iç mekân örnekleridir. Bu kapsamda, kamusal iç mekânın yapılanmasında dönüm noktası olarak kabul edilen ilk örnek Şekil 1'de görüldüğü gibi İngiltere'de 1851 yılında yapımı tamamlanan Crystal Palace'dır (Addis, 2006: 5).

Sennett, Rappa, Rapaport ve Habermas gibi araştırmacılar da sıklıkla yayınlarında kamusal dış ve iç mekânları insanların buluşma, etkileşime girme, iletişim, tartışma ve bilgi üretme amaçlarıyla toplum tarafından oluşturulan ve kullanılan mekânlar olarak ele almaktadırlar. Bu bağlamda çalışmanın konusu olarak ele alınan fuaye alanları da bu gereksinimler kapsamında yapılan, kullanım amacına yönelik olarak hızla işlev değiştirerek yenilenen bir kamusal iç mekân parçası olarak ele alınmış ve değerlendirilmiştir.



**Şekil 1.** Kristal Palas iç mekân görünümü (Addis, 2006: 6)

Pimlott kamusal iç mekânları, kamusal alanın özel alanı ya da sığınağı olarak tanımlar ve bu alanda toplanma, etkileşime geçme gibi eylemlerin gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtir (Pimlott, 2018: 5). Ek olarak, Pimlott (2018: 16) kamusal iç mekânlara verilen değere dikkat çekerek bir toplumun değerlerini ve fikirlerini gösteren alan olarak tanımlamaktadır. Temelde kongre mekânları da bilgi alışverişinin ve katılımcılar arasında etkileşimin olduğu, yeni fikirlerin paylaşıldığı mekânlardır. Bu mekânlar ve mekânlarda yer alan mobilya ve donatıların tasarımları, birbirleri ile ve mekânla ilişkileri de önemli tasarım problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kapsamda, kongre fuaye alanında bilimsel toplantılar için bir araya gelen katılımcıların ihtiyaçlarına ve beklentilerine yanıt vermesi amacıyla tasarlanan çok amaçlı mobilya grubu tasarım projesinin araştırma, tasarlama, uygulama ve kullanıcı beklentilerinin değerlendirilme süreci paylaşılmıştır.

## **1.2 Bir Kamusal Alan olarak Fuaye Alanları ve Bilimsel Toplantılar**

Hasol'un (2012: 174) tanımlaması ile fuaye; Fransızca foyer kelimesinden türeyen, "bir gösteri ya da toplantı binasının, temsil ya da toplantı aralarında kullanılan dinlenme holü" olarak tanımlanır. Bu işlevlere Rappa'nın kamusal alana ilişkin beş farklı tanımından yola çıkarak bakıldığı zaman;

- İnsanlar arası etkileşim tanımına karşılık olarak lansman ve kokteyl,
- İnsan eylemlerinin sonucunda ortaya çıkan yatay dolaşım,
- Bilgi alışverişi açısından sosyalleşme ve etkileşim kurma,
- Tartışmaların meydana geldiği alan açısından bakıldığında ise kongre/sempozyum sürecinde iletişim ve bilgi üretimi
- Politikaların ortaya çıktığı alanlar olarak da tartışma işlevleri belirlenmektedir (Rappa, 2002: 7).

Fuaye alanlarına ilişkin bu işlevler özetle; dinlenme, toplantı, kokteyl, yatay dolaşım, sosyalleşme, etkileşim, tartışma ve kongre/sempozyum sürecinde iletişim ve bilgi üretimi olarak sıralanabilir. Ayrıca kent ölçeğine bağlı olarak kamusal alanlar sabit veya taşınmaz ürünlerle birlikte daha statik bir yapıya sahipken, kamusal iç mekânlar hızlı işlev değişimlerinden dolayı daha dinamik ve değişken bir mekânsal yapıya sahip olabilmektedir. Birbirinden farklı işlevlere kısa zaman içerisinde dönüşebilmeleri de fuaye alanları için mobilya ve donatı elemanlarının tasarım kriterlerinin belirlenmesi açısından öncelikli öneme sahiptir. Mekânın bir parçası olarak tasarlanan donatılar bir sistem oluşturmalıdır. Mekân-etkinlik-donatı arasında bir uyum olmalı, hepsi bir arada hareket etmelidir (Kahveci ve Göker, 2020: 694). Bu bağlamda, fuaye alanlarının iç mekân dinamikleri kapsamında, yatay dolaşıma uygun olarak konumlandırılması ve gereksinimler doğrultusunda taşınabilir, toparlanabilir,



birleştirilebilir veya depolanabilir olarak tasarlanarak yapıya uyum sağlamaları da işleve yönelik önemli tasarım kriterleridir.

Farklı tasarım firmaları tarafından farklı amaçlarla kullanılan fuaye alanları için tasarlanan mobilyaların; akustik bölmeler, oturma alanları, mobilya ve aydınlatma elemanları, ortak oturma, dinlenme, çalışma, iletişim kurabilme gibi pek çok işlevi karşıladığı görülmektedir. Birçok farklı eyleme cevap vermesi karşılması beklenen mobilyalar, bazen bir eylemden diğerine geçiş aşamasında dahi bir işlev üstlenebilmektedir (Özel ve Ürük, 2021: 591). Farklı organizasyon alternatifleriyle oturma elemanı işlevi dışında da elverişli olan tasarımlara bir diğer örnek Şekil 2’de görüldüğü gibi Zero Space gösterilebilir.



**Şekil 2.** Igarsashi Design Studio’nun (2018) Tokyo’da üniversite yapısında ortak kullanım alanına özel tasarımı Zero Space

Bu çerçevede, toplantı, gösteri, kültürel etkinlikler ve kongre merkezleri gibi farklı amaçlarla tasarlanmış binalarda bulunan fuaye alanları bilgi alışverişi, tartışma, dinlenme, gözlemlenme ve sosyalleşme gibi birçok işlevi karşılayabilmektedir.

Bu kapsamda, çalışmanın yürütüldüğü V. Uluslararası Mobilya Kongresi tarihsel süreçte farklı illerde ve farklı mekânlarda gerçekleşen bir kongredir. 1997 yılından itibaren mobilya alanı üzerine araştırma yapan akademisyen ve mobilya üreticilerini bir araya getirmek üzere mobilya kongreleri düzenlenmeye başladı. Kronolojik olarak kongrelerin düzenlenme tarihleri aşağıda paylaşılmıştır. Bunlar:

- 1997, Ulusal Mobilya Kongresi, Ankara
- 2013, Ulusal Mobilya Kongresi, Denizli
- 2015, Ulusal Mobilya Kongresi, Konya
- 2017, Uluslararası Mobilya Kongresi, Düzce
- 2018, Uluslararası Mobilya Kongresi, Eskişehir
- 2020, Uluslararası Mobilya Kongresi, Trabzon
- 2023, Uluslararası Mobilya Kongresi, Konya

Bu kapsamda, farklı kongre merkezlerinin ya da farklı mekânların fuaye alanları mobilya kongrelerine yönelik düzenlenmiştir. Ancak, mobilya kongresinin amacına uygun olarak tasarlanan fuaye alanı mobilyasına ulaşamamıştır.

### **1.2.1 Bilimsel toplantılar ve fuaye alanlarının kullanımı**

Bilimsel toplantılar, bilimsel bilgilerin paylaşıldığı ve kişiler arası sosyal, kültürel iletişim ve etkileşimlerin sağlandığı toplantılardır. Bu toplantılar sürecinde katılımcılar, konferans/kongre/sempozyum sunum aralarında katılımcıların iletişimleri, oturumlar öncesi hazırlanmaları, birbirlerinden bilgi almaları, dinlenmeleri, atıştırmak gibi birçok gereksinimleri kapsamında fuaye alanlarını kullanırlar. Kongre mekânlarında aynı anda veya farklı zamanlarda çeşitli etkinliklerin yapıldığı için farklı büyüklükte/yükseklikte salonların

ve fuayelerin tasarlanması gerekmektedir (Öztaş ve Polat, 2021: 125). Bu kapsamda fuaye alanlarının farklı işlevler için kullanılan mekân bölümleri vardır.

Kültür ve Turizm Bakanlığı (2004) tarafından yayınlanan Kültür Yatırım ve Girişimlerinin Nitelikleri ve Nicelikleri Yönetmeliğine göre fuaye; giriş holü ve çok amaçlı salonla fiziksel olarak ilişkili olur. Bu mahalde, salon kapasitesine uygun yeterli sayıda oturma ünitesi ve vestiyer birimi yer alır. Giriş holü, fuaye ile ilişkili ön fuaye ya da sergileme mekânı olarak kullanılabilir.

Özellikle oturma arasında zaman kısıtlılığının olduğu paylaşım ortamlarının mekân ve donatı tasarımları zamanın doğru ve etkileşimli kullanılabilmesi katılımcılar için önceliklidir. Bu mekân parçacıklarının ve mekânda yer alan mobilya ve donatıların tasarımı iç mekân tasarımcıları için yaratıcı ve yenilikçi mekân tasarımları yapabilmeleri için ilgi çekici olabilirken, yaratıcı problem çözümleri için de yeni fırsatlar sunabilir.

### **1.2.2 Mekân bölümleri**

Literatür incelendiğinde fuaye alanları işlevleri bağlamında farklı bölümlere ayrılmadan genel ortak alanlar olarak ele alınmaktadır. Ancak mekânsal olarak incelendiğinde fuaye alanları başlıca üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler giriş, dolaşım ve etkileşim alanı/bekleme alanları olarak tanımlanabilir. Giriş alanı içerisinde bulunduğu mekânın ana girişiyle ilişkilidir. İç ve dış arasındaki ilişkiyi kurma ve geçişi sağlama işlevlerine ek olarak diğer iç mekân bölümlerine geçişlerde de rol oynamaktadır. Dolaşım alanı mekânlar arası geçiş amacıyla kullanılan yatay ve dikey dolaşım alanlarıdır. Etkileşim ve bekleme alanları ise fuaye alanlarında bulunan kayıt işlemleri, iletişim, şarj ve atıştırma gibi gereksinimler için kullanılan banko, bank, masa gibi ürünler etkileşim alanının temel mobilya ve donatılarıdır. Mobilya iç mekânların bir parçası olarak işlevlerin yerine getirilmesinde mekânı tamamlayarak biçimlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Özel, 2021: 95). Mobilya ve donatıların mekânla ve kullanıcılarla kuracağı ilişkiler de iç mekân tasarım sürecinde önemli tasarım problemlerini bünyesinde barındırmaktadır.

## **2 Materyal ve Metot**

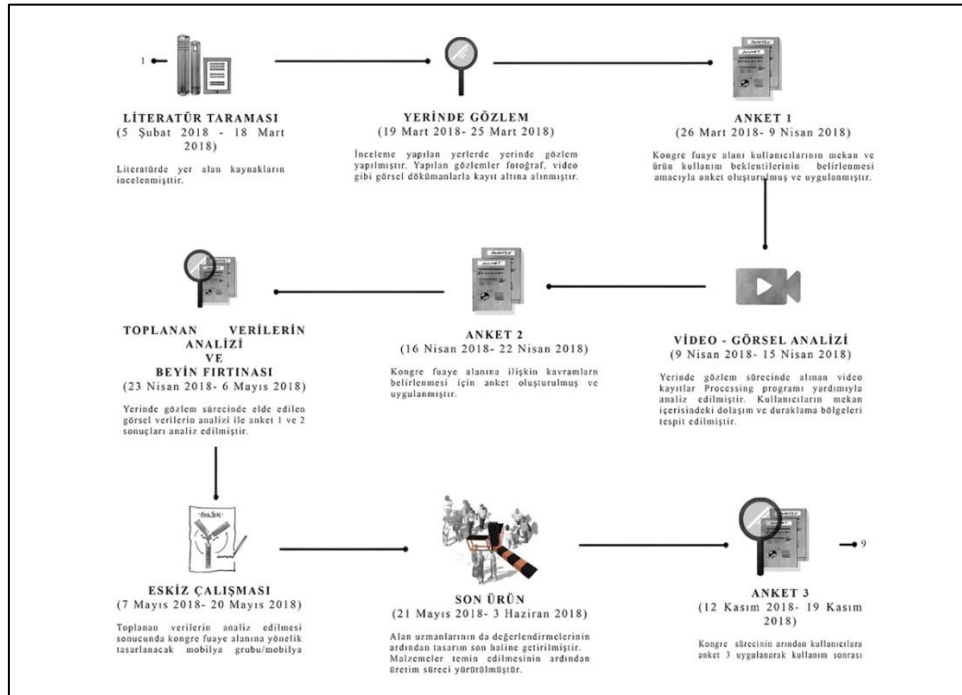
### **2.1 Materyal**

Bu çalışmada bir kamusal iç mekân olarak, V. Uluslararası Mobilya Kongresinin yürütüldüğü mekânın fuaye alanı için tasarlanan çok amaçlı mobilya grubu mekân ile kullanıcı odaklı süreçleri ve sonuçları ele alınmıştır. Çalışma çok aşamalı bir problem çözme sürecini kapsamaktadır. Bu araştırmanın yöntemi kongre katılımcılarının fuaye alanında mekâna ve mobilyaya dayalı gereksinim ve beklentilerini keşfetmeyi amaçlayan nitel bir araştırma yöntemi olan durum çalışmasıdır. Nitel araştırmada durum çalışması bir olayın yoğun bir şekilde çalışılmasıyla ilgilidir. Ama “durum” anlamı bir bireyden bir köy halkına ya da bir olaydan belirli bir programın uygulanması gibi, bir dizi işleme göre değişebilir (Glesne, 2015: 30). Creswell (2007)’e göre durum çalışması; araştırmacının zaman içerisinde sınırlandırılmış bir veya birkaç durumu çoklu kaynakları içeren veri toplama araçları (gözlemler, görüşmeler, görsel-ışitseller, dokümanlar, raporlar) ile derinlemesine incelediği, durumların ve duruma bağlı temaların tanımlandığı nitel bir araştırma yaklaşımıdır. Araştırma kapsamında, V. Uluslararası Mobilya Kongresi katılımcıları ile kongre fuaye alanı için mobilya tasarımının tek, temsili ve tipik bir durum olması ve daha önce uygulanmamış olması nedeniyle bütüncül tek durum tasarımı ile ele alınmıştır. Çok amaçlı mobilya grubu tasarımı sürecinde, kullanıcıların kongre katılımcıları olan mobilya tasarımcıları ve mobilya sektör temsilcileri olması ve veri toplama sürecinde, ürün kullanım değerlendirme sürecinde, kullanıcı odaklı bir yaklaşımla, kullanıcılarla birlikte yürütülmesi çalışmada önemli

görülmektedir. Ayrıca kullanıcı-mobilya-mekân ilişkisi kapsamında araştırmanın sonuç ürün grubunun aynı kullanıcılar ile değerlendirilmesine temellenen bir çalışma olması da önemli görülmektedir.

## 2.2 Metot

Projenin uygulama alanı olarak Anadolu Üniversitesi Öğrenci Merkezi Fuaye alanı belirlenmiştir. Bu alanda farklı kongre süreçlerinde, farklı etkinliklerin olduğu dönemlerde ve etkinlik olmadığı ama öğrenci merkezinin diğer bölümlerinin kullanımından dolayı gerçekleşen sirkülasyon alanlarını belirlemek amacıyla video kayıtlar yapılmıştır. Video analizleri için bir açık kaynak yazılımı olarak Processing 1 (v.3.3.7) programı kullanılmıştır. Processing (v.3.3.7) yardımı ile mekândan veri almak için yazılım üretilmiştir. Processing yazılımının (2021) temel mantığında video üzerinde gerçekleşen pixel hareketlilikleri baz alınarak hareketlilikler görselde iz bırakmaktadır, video ilerledikçe üst üste binen bu izler hareket yoğunluğunu göstermektedir. Kırmızı noktalar ise belirli bir mesafeyi aşan hareketler sonucu hareketin merkez noktasında belirlemektedir. Videolar üzerinden alınan veriler planlara eksen çizimleri ile aktarılmıştır. Bu gözlemler davranış haritalaması tekniği çerçevesinde belirtildiği gibi belirlenen alan içinde kullanıcıların mekânı kullanım rotaları ve bu bağlamda kullanım kalıplarını belirlemek amacıyla yapılmıştır (Onojeghou ve ark., 2019: 19). Elde edilen gözlem ve görüşme verilerine ek olarak, mekânlarda etkinlik olduğu zamanlarda ve etkinlik olmadığı zamanlarda yapılan video kayıtları ile desteklenmiştir. Çalışmanın geçerlilik ve güvenilirliğini arttırmak amacıyla fuaye alanları için tasarlama sürecinde fuaye alanlarının kullanım amaçları, kullanıcıların fuaye alanlarına ilişkin beklentileri ve kullanıcıların fuaye alanına ilişkin oluşturdukları kavramları belirlemek amacıyla veri çeşitleme tekniğiyle veriler toplanmıştır. Çeşitleme tekniği farklı kaynakları, farklı veri toplama ve analiz yöntemleri kullanılarak araştırma sonuçlarının inandırıcılığını attırmaya yöneliktir (Yıldırım ve Şimşek, 2016: 91). Bu kapsamda, yerinde gözlem, video analiz ve kullanıcılarla online görüşme formları üzerinden veri toplama süreçleri yürütülmüştür. Kullanıcılardan üç aşamada veri toplanmıştır. Süreç grafiği Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Süreç grafiği



### 3 Bulgular ve tartışma

Çalışma kapsamında kongre ve sempozyum gibi bilimsel etkinliklere katılmış 202 kişiye uygulanan ilk anket olan Anket-1 çalışmasından elde edilen bulgular araştırmanın alt amaçları doğrultusunda sırasıyla paylaşılmıştır.

#### 3.1 Anket 1- katılımcıların fuaye alanı kullanım amaçları ve fuaye alanına ilişkin beklentileri

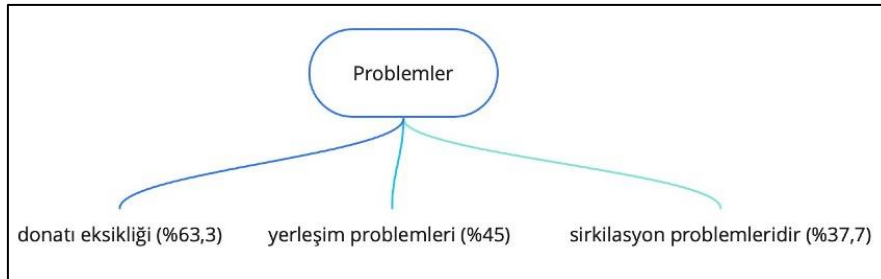
Katılımcıların birincil amaçları sunum yapmak ve alanlarıyla ilgili bilgilerini güncellemek olarak belirlenmiştir. İkincil amaçları olarak ise sosyalleşmek ve yeni yerler görmek olduğu bulgulanmıştır.

Katılımcıların kongre sürecinde taşıdıkları eşyalar yoğun olarak dokümanları, dış kıyafetleri, çanta ve laptop gibi elektronik cihazları kapsadığı bulgulanmıştır. Katılımcılar yanlarında taşıdıkları elektronik cihazları oturma aralarında kullanılabilecek alan bulma konusunda da sıkıntı yaşadıkları durumlar olduğunu belirtmiştir. Katılımcıların oturma aralarında vakit geçirme tercih yöneltik olarak Şekil 4'te görüldüğü gibi yöneltik soruya cevaplar çeşitlilik göstermektedir.



Şekil 4. Oturma arası vakit geçirme tercihleri

Katılımcıların %64,2'si fuaye alanlarının sirkülasyon alanlarının düzgün tasarlanmaması, mobilya ve donatı elemanlarının eksiklikleri, mevcut mobilya ve donatıların kullanıcı beklenti ve ihtiyaçlarını karşılayamaması, yönlendirmelerin yeterli olmaması gibi nedenlerle beklentilerinin karşılamadığını belirtmiştir. %35,8 ise beklentilerini karşıladığını belirtmiştir. Katılımcıların tespit ettiği problemler Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Kullanıcıların tespit ettiği problemler

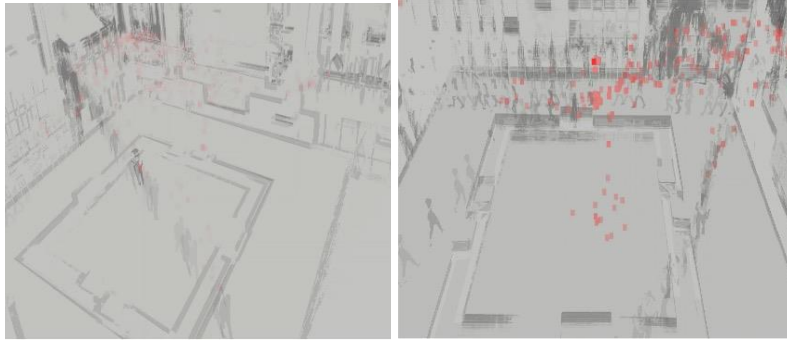
Donatı eksikliği, yerleşim problemi ve dolaşım zorluğundan dolayı sohbet-yeme-içme ve gözlem hareketlerini bir arada gerçekleştirirken sorun yaşanmaktadır. Dolayısıyla kongrelerin yürütüldüğü mekânların, katılımcıların ihtiyaçlarını yeterli düzeyde karşılamadığı bulgulanmıştır. Kongre katılımcılarının oturma aralarındaki ihtiyaçları sırasıyla

- Çay kahve içmek / atıştırmak (59 kişi)
- Açık havaya çıkmak (46 kişi),
- Diğer katılımcılarla etkileşime geçmek (38 kişi),
- Fuaye alanına gitmek (30 kişi),
- Telefon/mail görüşmelerini yapmak (18 kişi),
- Diğer oturma alanına geçmek (11 kişi) olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların öncelikli amaçlarının ve zamanlarını değerlendirme şekillerinin, genel hatları ile “sosyalleşmek-iletişim-etkileşim-paylaşım” kavramları ön plana çıkmıştır. Ek olarak, katılımcıların hem açık hava alanı hem de fuaye alanını aktif bir şekilde kullanmak istedikleri görülmektedir. Bu doğrultuda da katılımcıların açık hava alanı ve fuaye alanı arasında devamlı ve etkileşimli bir sirkülatif alan ihtiyacı bulgulanmıştır.

### 3.1.1 Kullanıcı-mekân davranış haritalaması ve görsel analiz

Anadolu Üniversitesi Öğrenci Merkezi fuaye alanında etkinlik zamanları ve etkinlik olmadığı zamanlarda yapılan video kayıtları kapsamında elde edilen veriler ile alandaki hareket yoğunluğu ve kullanıcıların zaman geçirdikleri noktalar belirlenerek mekândaki hareketlilik haritaları çıkartılmıştır. Şekil 6’da yer alan görsellerde yer alan koyu bölgeler kullanıcıların hareketli oldukları noktalarıdır.

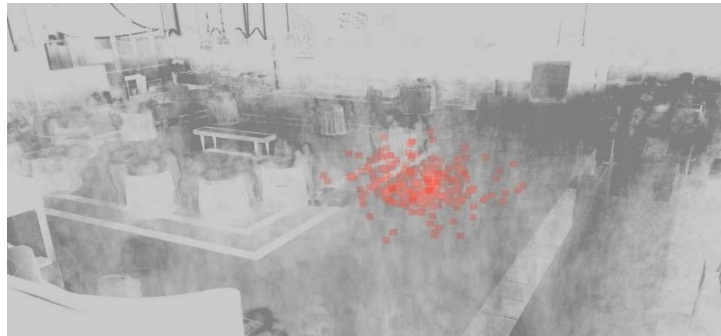


Şekil 6. Video analiz ile kullanıcıların dolaşım yollarının analizi

Video analizleri ile edilen veriler ile kullanıcıların mekân içerisinde kullanım alanları, bekleme noktalar ve sirkülasyon alanları tespit edilmiştir. Bu analizlerle giriş mekânı, fuaye alanı ve toplantı salonları arasındaki sirkülasyon alanları kullanıcıların hareketleriyle birlikte belirlenmiştir.

Görsellerde etkinlik olmadığı zamanlarda hareketliliğin çok az olduğu saptanmıştır. Var olan kısıtlı hareketliliğin farklı alanlara ve yönlerde olduğu görülmektedir. Etkinlik anında planın tam ortasından geçecek şekilde hareketlilik izleri görülürken yoğunluk giriş/çıkış bölümünde olduğu görülmektedir.

Etkinlik sürecinde çekilen videodan elde edilen görsel olarak Şekil 7’de görüldüğü gibi kırmızı olarak belirtilen alanlar mekânın kullanım yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 7. Video analiz ile kullanıcıların bekleme alanı analizi

İşaretlenen alan mekân içerisinde en yoğun kullanıma sahip olan noktaları göstermiştir. Bu çözümler kullanıcıların mekân içerisindeki dolaşım alanlarının ve bekleme alanlarının belirlenmesine olanak sağlayarak, fuaye alanı içerisinde tasarlanacak çok amaçlı mobilya gruplarının yer alacağı mekân parçalarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

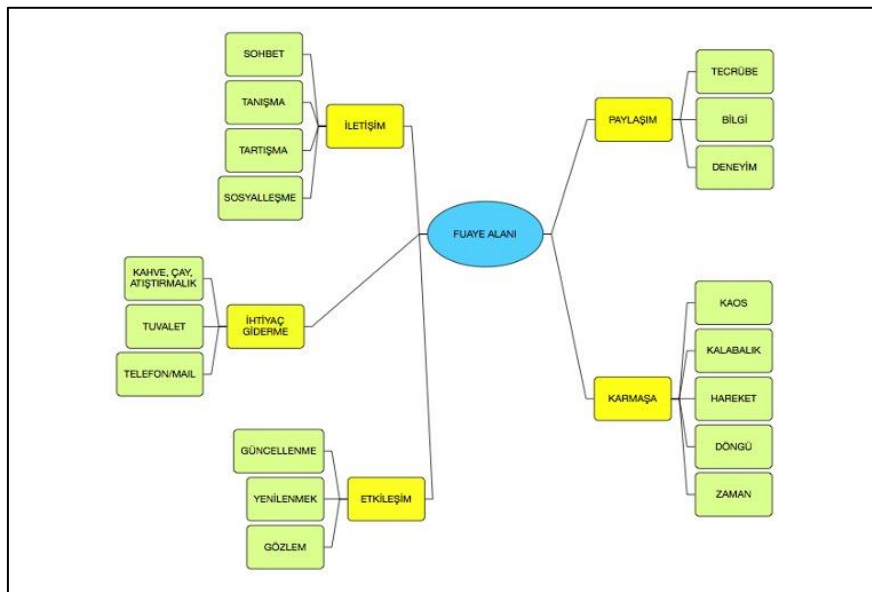
Kullanıcılar ilk defa geldikleri ve kullandıkları kongre/sempozyum fuaye alanlarının yol gösterici olmasını beklemektedir. Bu kapsamda araştırmada kongre fuaye alanı için tasarlanacak mobilyaların çok amaçlı ve birden fazla işlevi eş zamanlı gerçekleştirmesi gerektiği belirlenmiştir. Fuaye alanlarının dolaşım ve farklı işlevlerle kullanılması fuaye alanında konumlandırılacak olan mobilyaların yerlerini de etkilediği görülmüştür. Video analiz yöntemiyle fuaye alanının bölümlerinin kullanım yoğunluğu belirlenerek mobilyaların yerleşim planları için yapılan incelemeler sonucunda, kullanıcıların gitmek istedikleri noktaya en kısa yoldan gitmeye eğilimli oldukları görülmüştür. Bu durum, mekânın dolaşım haritasını oluşturmaya yardımcı olarak mobilyaların konumları üzerinde etkili olmuştur. Ek olarak, video analizler sonucunda dolaşım ve duraklama alanları belirlenerek, mekân içerisinde yer alan mobilyaların konumuna göre kullanım yoğunlukları ve kullanım işlevleri belirlenmiştir. Dolaşım alanında bulunan mobilyaların kullanılmama eğiliminde olduğu görülürken, merkezi konumda yer alan mobilyaların yoğun olarak kullanıldığı tespit edilmiştir.

### 3.2 Anket 2- katılımcıların fuaye alanı ilişkin mekân beklenti analizi

Çok amaçlı mobilya tasarımı süreci içerisinde katılımcılardan kongrelerde oturum aralarında gerçekleştirilen etkinlikler kapsamında serbest çağrışım yöntemi ile akıllarına gelen ilk beş kavram istenmiştir. Onur ve Zorlu'ya göre (2017) çağrışım tekniği, bilinçaltında olanı, gizli olanı, bastırılmış olanı ortaya çıkarabilecek bir yaratıcı düşünme tekniğidir. Bu teknikte yatkınlık, benzerlik ve karşıtlık olmak üzere üç temel kural eşliğinde bilinçaltına itilmiş olan duygu ve düşünceler bilinç alanına çıkar. Bu kapsamda katılımcılardan beş kavram istenmiştir. Kullanıcıların bu alana ait oluşturdukları kavramlar ele alınmıştır. Kullanıcıların oluşturdukları kavramlar incelendiğinde:

- İletişim,
- Paylaşım,
- Karmaşa,
- Etkileşim
- Beslenme ihtiyaçları şeklinde gruplandırıldığı görülmektedir.

Belirlenen ana temalarla birlikte alt temalar oluşturulmuştur. Yapılan N-vivo çözümlemesine ilişkin görsel sunum Şekil 8'de gösterilmiştir.



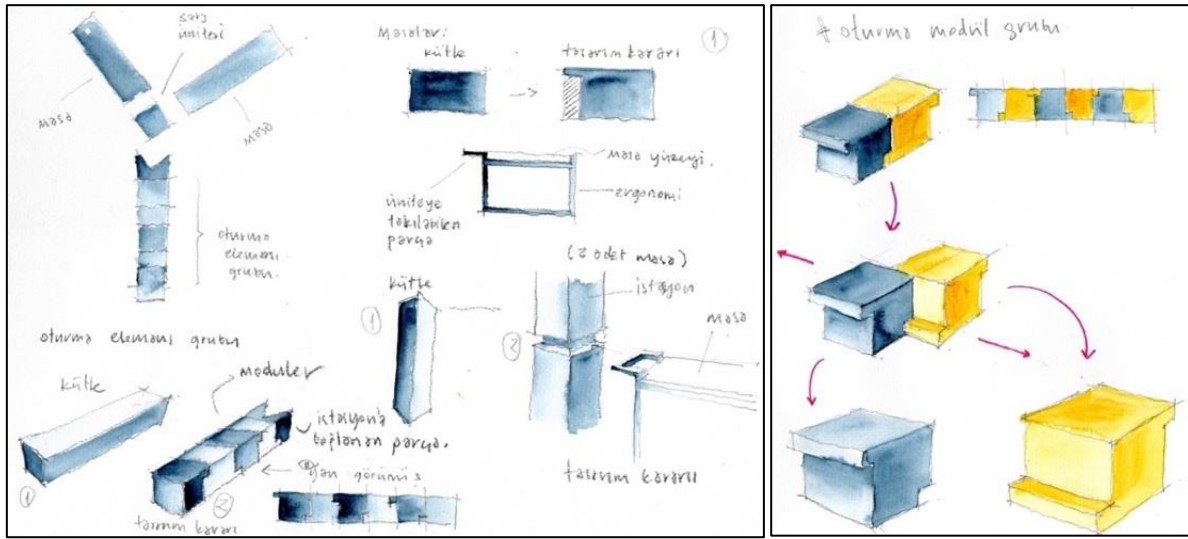
Şekil 8. N-vivo kavram çözümlemesi



Yapılan analizlerden elde edilen kavramlar çok amaçlı mobilya grubunun konumlandırılması, işlevlerinin belirlenmesi ve ölçülerinin belirlenmesi için yol gösterici olmuştur. Belirlenen kavramlar, katılımcıların beklentileri, gereksinimleri ve deneyimleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Anketlerden elde edilen veriler ve elde edilen temalar ile tasarım süreci yürütülmüş ve ürün son halini almıştır.

### 3.2.1 Ürün geliştirme süreci

Kullanıcılar ilk defa geldikleri ve kullandıkları kongre/sempozyum fuaye alanlarının yol gösterici olmasını beklemektedir. Bu kapsamda, kongre fuaye alanı için tasarlanacak mobilyaların çok amaçlı ve birden fazla işlevi eş zamanlı gerçekleştirmesi gerektiği belirlenmiştir. Elde edilen verilere ek olarak mekânın büyüklüğü ve tavan yüksekliği gibi temel verilerle birlikte, grup mobilyaların fuaye alanı içerisinde birden fazla noktada ve farklı işlevleri bünyesinde barındıran birer istasyon olarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, dikey düzlemde 220 cm yüksekliğinde bu istasyonların görünürlüğünü sağlayacak, kabloları saklayacak, aynı zamanda elektronik aletlerin şarj edilmesi için çoklu prizleri gövdesinde taşıyacak, oturma ve çalışma elemanlarının monte edileceği bir ana gövdenin tasarlanması amaçlanmıştır. Prizler istasyonun hem masa modüllerinin kullanımı sırasında hem de oturma birimlerinin kullanımı sırasında kullanılabilir şekilde konumlandırılmıştır. Şekil 9'da eskiz çalışmalarından görüldüğü gibi istasyon ünitesine bağlı olarak iki masa modülü ve beş modüler oturma birimi tasarlanmıştır.



Şekil 9. Ürün eskizleri

Ürün tasarımı sürecinde kullanıcıların ihtiyaçları ve beklentileri göz önünde bulundurularak masa yükseklikleri 110 cm olarak belirlenmiştir. Kullanıcıların oturma aralarında bilgisayarını kullanabilmeleri, atıştırabilmeleri ve oturmadan ya da eğilmeye ihtiyaç duymadan basılı dokümanlar üzerinden çalışabilecekleri alan olarak tasarlanmıştır. Masa kullanımı sırasında istasyon üzerinde bulunan elektrik kaynaklarından da erişimleri göz önünde bulundurulmuştur. Masa işlevinin dışında oturma, dinlenme ve sosyalleşme işlevlerine uygun olarak modüler oturma birimleri de istasyon ünitesiyle ilişkili olarak çözülmüştür.

Modüler oturma birimleri oturma aralarında dinlenme, gözlem yapma, bireysel veya toplu çalışma, sosyalleşme, şarj ünitesine yakın olma gibi beklentileri karşılamak amacıyla tasarlanmıştır. Oturma birimleri her istasyonda beş modül olarak tasarlanmıştır ve istenilen durumlarda taşınarak farklı yerlerde, düzenlenmelerde kullanımına olanak sağlamaktadır.

### 3.2.2 Sonuç ürün

Mevcut mekânın yapıya ait özellikleri, yatay cepheler, yatay ve düşey döşeme malzemeleri ve renkleri, mekân aydınlatma değerleri gibi iç mekân tasarım kriterleri analiz edilerek ve araştırmalar kapsamında elde edilen veriler kapsamında tasarlanan mobilyalar, üniversitenin atölye imkanları kapsamında metal profil ve MDF malzemeleri kullanılmıştır.



**Şekil 10.** Mobilya kullanımı ve mekân ilişkisi

Öncelikle yerleşim kararlarında, ana mekânı içi sirkülasyonunun engellenmemesi, fuaye alanı sirkülasyonunun sağlanması, katılımcıların birbirleriyle iletişimlerinde bu sirkülasyonlardan etkilenmemesi gibi birçok farklı tasarım kararı göz önüne alınmıştır. Ayrıca mekân planlaması sürecinde fuaye alanı yer döşemelerinin oluşturduğu geometride referans olarak alınmıştır. İstasyonlar kullanıcıların geçiş alanlarına engel oluşturmadan, kullanıcıların çevrelerini gözlemlmelerine ve gidecekleri yerleri belirlemelerine olanak sağlaması öncelikli kriter olarak belirlenmiştir. Çok amaçlı mobilya grubu Şekil 10'da görüldüğü gibi kongre süreci içerisinde mobilya çeşitli işlevlerle ve farklı kullanıcı grupları tarafından kullanılmıştır.

### 3.3 Anket 3- kullanım sonrası anketi

Çalışmanın son aşamasında, kongre katılımcılarının fuaye alanında bulunan mobilya grubuna ilişkin görüşleri incelenmiştir. Anket çalışmasına katılan 64 kişinin tümü kongreye katılım sağlamıştır. Katılımcılar kongre fuaye alanına yerleştirilen ve kongre için tasarlanan mobilya grubunu kullanarak tecrübe ettiklerini belirtmişlerdir. Bu doğrultuda, katılımcıların tasarlanan mobilya grubuna ilişkin değerlendirmeleri anket verileri üzerinden incelenmiştir.

Anket katılımcıları çok amaçlı mobilya grubunda bulunan modüller üzerinden kullanım önceliğini sırasıyla

- Cihaz şarj ünitesi,
- Masa modülü,
- Oturma bölümü olduğunu belirtmiştir.

Bu kapsamda katılımcılar mobilya grubu üzerinde yer alan şarj ünitesinin katılımcılar tarafından öncelikle kullanımının tercih edildiği görülmektedir. Katılımcılar ikinci olarak masa modüllerini ve son olarak da oturma modüllerini kullanmayı tercih etmişlerdir.

Anket katılımcıların %75'i fuaye alanında bulunan mobilya gruplarının oturma aralarında gereksinimlerinin tümünü karşıladığını belirtmişlerdir. Katılımcıların %25'i ise gereksinimlerinin sadece bir bölümünün karşılandığını belirtmiştir. Bu doğrultuda, katılımcıların karşılandıklarını belirttikleri gereksinimleri aşağıda paylaşılmıştır;

- Katılımcıların gereksinimlerini karşılayan öncelikli modül masa grubunun yer aldığı bölüm olmuştur.

- Mobilya grubunda bulunan cihaz şarj modülü de ikinci sırada yer almıştır.
- Katılımcıların oturum aralarında sosyalleşme beklentisinin mobilya grubunun bulunduğu alanda karşılandığı görülmüştür.
- Mobilya grubu olası yön karmaşasını önleyebilecek bir çekim alanı olarak görülmüştür. Bu durum, kongre merkezi girişinden itibaren katılımcıları yönlendirmek ve mekân okumasını kolaylaştırmak gereksinimlerine karşılık gelmektedir.
- Katılımcılar oturum aralarında dinlenme gereksinimlerinin de karşılandığı belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, katılımcıların kongre fuaye alanında bulunan çok amaçlı mobilya grubuyla ilgili beklentilerinin karşılanma durumları bulgulanmıştır. Kongre katılımcılarına mobilya modüllerine ilişkin olumlu deneyimlerine ilişkin elde edilen veriler incelendiği zaman, mobilyanın modüler olması, mobilyanın konumunun çok işlevliğe izin vermesi ve şarj istasyonunun olması ön plana çıkmaktadır.

- Katılımcılar mobilya grubunun modüler olması olarak belirtmiştir. Oturma grubunun modüllerden oluşması katılımcıların kendi istedikleri oturum düzenini elde etmelerine olanak sağlamıştır.
- Cihaz şarj modülü ile ilgili olarak olumlu deneyimler sorulduğunda, masa ve oturma grubu ile sosyal alana yakın olmasını olumlu bir deneyim olarak belirtilmektedir. Oturum aralarında hem sosyalleşip hem de gereksinimlerini karşılamaları olumlu deneyim olarak görülmektedir.
- Katılımcılar çoklu priz kullanımının olumlu bir deneyim olduğunu belirtmiştir.
- Modüllerin yükseklikleri ve uzunluklarının bilgisayar kullanımına, not almaya, evrak düzenlemeye, toplu olarak masa modülü çevresinde çalışmak, oturmak ve sosyalleşmek için ideal olduğunu ifade edilmiştir.

Katılımcılara mobilya modülüne ilişkin olumsuz deneyimlerine ilişkin malzeme ve renk tercihine yönelik veriler bulgulanmıştır.

- Katılımcıların cihaz şarj ünitesinde prizlerin renginden dolayı zor fark edildiğini belirtmiştir.
- Oturma grubuna ait olumsuz deneyim olarak malzemenin oturma alanına göre sert olduğu belirtilmiştir.

Sonuç olarak, katılımcıların kongre fuaye alanında bulunan çok amaçlı mobilya grubuna ilişkin beklentilerinin ve gereksinimlerinin genel olarak karşılandığı görülmektedir. Ancak, kullanımlarına ilişkin olarak olumlu ve olumsuz deneyimlere sahip oldukları tespit edilmiştir.

#### **4 Sonuçlar ve Öneriler**

Analiz edilen bulgular çerçevesinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Bu çalışmada elde edilen veriler kapsamında, kongre katılımcıları için fuaye alanları öncelikli tercih ettikleri bir iç mekân bölümüdür. Çalışmada kongre sürecinde kullanıcıların, birbirinden çok farklı fiziksel ve sosyal gereksinimleri kapsamında, farklı mekânsal gereksinim ve beklentilerinin olduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların kongre süreci boyunca kayıt işlemlerinden beslenme gereksinimine, katılımcılar arasında iletişim gereksiniminden teknoloji odaklı taşınabilir cihazlarının kullanılabilme gereksinimine kadar değişen birçok farklı beklentisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Katıldıkları kongrelerde mevcut mobilya ve donatı elemanlarının yetersiz olması nedeniyle, katılımcılar kullanılan mobilyaların bu gereksinimlerini karşılayamadığını belirtmişlerdir. Bu sorunların, zaten kısa bir zaman aralığına sahip olan kongre programı içerisinde, öncelikle temel bir gereksinim olarak yeme ve içmeye ulaşmada da sorun yarattığını vurgulamışlardır. Uzun kongre oturumlarından sonra kısa zaman aralarında kullanılan fuaye iç mekânlarının katılımcılara bu olanağı sağlayacak mobilya ve donatı elemanlarına sahip olması sürecin verimliliği açısından önem taşımaktadır. Bu sayede sirkülasyon alanlarının doğru belirlenmesi, bu hizmeti sunan mobilya gruplarına ulaşımı da kolaylaştıracaktır.
- Mobilyaların katılımcılar arasındaki iletişim ve etkileşim eksikliğine neden olması, katılımcılar için bir diğer öncelikli problem olarak belirlenmiştir. Katılımcılar fuaye alanlarının iç mekân tasarımının ve mobilyaların diğer katılımcılarla olan iletişimlerini engellediği ve ortamı gözlemlemeleri için olanak sağlamadığını vurgulamaktadırlar. Özellikle kongre katılımcılarının birçok farklı ülke ve kentten geldiği, bilim alanları ile ilgili bilgi paylaşımına gereksinim duyacağı konusu göz önüne alındığında, iletişim başlığı öncelikli gereksinimler içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle fuaye iç mekânında yer alan mobilya ve donatıların katılımcılar arasındaki iletişim ve etkileşimi, oldukça kısa bir zaman aralığında, destekleyici ve geliştirici olması istenmektedir.
- Masa yüzeylerinin sosyalleşmeye ve çalışmaya uygun yüksekliklerde olmasına ve oturum alanlarının bireysel ve grup kullanımlarında ihtiyaca göre biçimlendirilmesine uygun olarak tasarlanması önemli görülmüştür. Bu bağlamda tasarlanan mobilya, kullanıcıların sosyalleşme işlevine karşılık verirken farklı ihtiyaçlarını karşılamalarına olanak sağlamaktadır. Katılımcılar arasında iletişimi arttırmaya yönelik mobilya tasarımları kongrenin hedeflerine ulaşmasına önemli katkılar sağlayacaktır.
- Oturum aralarında kullanılan fuaye alanı kısa süre içerisinde farklı işlevleri karşılayabilecek biçimde tasarlanmasının önemi ortaya çıkmıştır. Bu işlevlerden biri ise fuaye alanlarında taşınabilir elektronik cihazların şarj edilebilmesi gibi teknik imkanların sağlanmasıdır. Kullanıcıların sosyalleşme, bilgi alış-verişi ve gelecek oturumlara hazırlanma gibi ihtiyaçlarını fuaye alanından uzaklaşmadan hızlıca çözmek istemeleri istasyonlara elektrik altyapısı eklenerek prizler oluşturulması kararına katkı sağlamıştır. Katılımcılar için tasarlanacak mobilyaların ve donatıların, bu elektronik ürünleri ayakta ya da otururken kullanabileceği yüzeylere sahip olması da öncelikli önem taşımaktadır. Bu nedenle fuaye alanları için tasarlanacak mobilyaların farklı yüzey ve ortam tasarımlarına sahip olmaları kongrenin verimliliği ve hedeflerine ulaşması için önemlidir.
  - Tüm bu veriler ışığında V. Uluslararası Mobilya Kongresi kapsamında tasarlanan mobilya grupları, mevcut mekân analizleri ile birlikte, kullanım sonrası anket verileri incelendiği zaman kullanıcıların beklentilerini karşıladığı belirlenmiştir. İşlevsel açıdan incelendiğinde, kullanıcıların beklentilerinin tasarlanan mobilya ve donatı elemanları ile karşılandığı görülmüştür. Bu bağlamda, kullanıcı odaklı olarak yürütülen tasarım sürecinde kullanıcıların beklentilerinin ve ihtiyaçlarının belirlenmesi kullanım sürecindeki verimliliği arttırmıştır.

### **Teşekkür**

Çalışma sürecinde katkıları için Alperen Şahin, Aydan Altınay, Rüya İğit ve Şeyma Koyuncu'ya teşekkür ediyoruz.

### **Yazar Katkıları**

**Fusun Curaoğlu:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), proje yönetimi, metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, kaynaklar, görselleştirme, makale yazma, inceleme ve düzenleme. **Gül Ağaoğlu Çobanlar:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, kaynaklar, görselleştirme, makale taslak oluşturma, inceleme ve düzenleme.

### **Finansal destek beyanı**

Finansal destek alınmamıştır.

### **Çıkar çatışması**

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Kaynaklar**

- Addis, B. (2006). The crystal palace and its place in structural history, *International Journal of Space Structures*, 21(1): 3-19.
- Cordan, Ö., ve Çolak, Ş. (2015). Kamusal mekân, iç ve dış arasında mekânsal ve toplumsal bir karşılaşma durumu olarak “kentsel iç mekân”, *Mimarlık Dergisi*, 384, 14-15.
- Glesne, C. (2015). *Nitel araştırmaya giriş*, (A. Ersöy, ve P. Yalçınoğlu, Çev.) Ankara: Anı Yayınları.
- Habermas, J. (2004). *Kamusal alan*, (M. Özbek, Çev.). İstanbul: Hil Yayınları. 95-102.
- Habermas, J. (2018). *Kamusal alanın yapısal dönüşümü*, (T. Bora, ve M. Sancar, Çev.). İletişim Yayınları, İstanbul.
- Hasol, D. (2012). *Ansiklopedik mimarlık sözlüğü*, İstanbul: Yem Yayın.
- Hohendahl, P., Russian, P. (1974). Jürgen Habermas: “The Public Sphere”, *New German Critique*, (3), 45-48. DOI:[10.2307/487736](https://doi.org/10.2307/487736).
- Igarsashi Design Studio. (2018). *Zero space*, 07 Mart 2024 tarihinde <https://www.dezeen.com/2018/12/17/zero-space-igarashi-design-studio-tokyo-musashino-art-university/> adresinden alındı.
- Kahveci, H. ve Göker, P. (2020). Kent mobilyaları tasarım dersi stüdyo çalışması; üst örtü-oturma birimi ve piknik donatısı tasarımı, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (3), 693-707. DOI: [10.24011/barofd.729622](https://doi.org/10.24011/barofd.729622)
- Kültür ve Turizm Bakanlığı (2004). Kültür yatırım ve girişimlerinin nitelikleri ve nicelikleri yönetmeliği.
- Norman, D. (1988). *The design of everyday things*, New York: Doubleday.
- Lefebvre, H. (2016). *Mekânın üretimi*, İstanbul: Sel Yayıncılık.
- Onay Sağlar, N. (2005). *Kamusal iç mekân ve toplumsal kimlik*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul.
- Onojeghou, A.R, Nykiforuk, C.I.J, Belon, A. P. ve Hewes, J. (2019). Behavioral mapping of children's physical activities and social behaviors in an indoor preschool facility:



- methodological challenges in revealing the influence of space in play, *International Journal of Health Geographics*, 18-26. DOI: [10.1186/s12942-019-0191-y](https://doi.org/10.1186/s12942-019-0191-y)
- Onur, D. ve Zorlu, T. (2017). Tasarım stüdyolarında uygulanan eğitim metotları ve yaratıcılık ilişkisi, *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, 7(4), 542-555.
- Özel, Y. ve Ürük, Z. F. (2021). Mobilya- biçim- tercih, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 589-600. DOI: [10.31590/ejosat.888726](https://doi.org/10.31590/ejosat.888726)
- Özel, Y. (2021). İç mekân kurgusunda mobilya ve mekân kompozisyonu ilişkisi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 94-104. DOI: [10.31590/ejosat.929007](https://doi.org/10.31590/ejosat.929007)
- Öztaş, B. ve Polat, S. (2021). Kongre turizminde konaklamanın önemi: kongre otelleri tasarım kriterleri ve mekânsal standartları, *Kent Akademisi*, 14 (1), 122-140.
- Processing Foundation. (2021). Processing 1 (v.3.3.7), 18 Nisan 2024 tarihinde <https://processing.org/download> adresinden alındı.
- Pimlott, M. (2018). Interiority and the condition of interior, *Interiority*, 1(1), 5-20.
- Radulescu, S. C. (2017). Interior public spaces, *Addressing the Inside-Outside Interface. sITA - Studii de Istoria și Teoria Arhitecturii*, 5, 99-114.
- Rappa, A. L. (2002), Modernity and the Politics of Public Space: An Introduction, *The European Journal of Social Sciences*, 15(1), 5-10. DOI: [10.1080/13511610220128278](https://doi.org/10.1080/13511610220128278)
- Roth, L M. (2006). *Mimarlığın öyküsü*, (E. Akça, Çev.), İstanbul: Kabalcı Yayınevi.
- Sennett, R. (1996) *Kamusal insanın çöküşü*, (S. Durak ve A. Yılmaz, Çev.). Ayrıntı Yayınları, İstanbul.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (10. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.



### The effects of carbonate and vinegar mixture on selected surface properties of iatandza (*Albizia ferruginea*) wood

Ümit Ayata \*

**ABSTRACT:** The color of wooden materials can be altered through various applications (thermal treatment, bleaching, impregnation, aging, etc.). This study aimed to investigate alterations in color, whiteness index ( $WI^*$ ), and glossiness properties resulting from the application of two distinct solutions (two different types of vinegar and a mixture of carbonate) on the surfaces of iatandza (*Albizia ferruginea*) wood. A reference group was established, and the surfaces subjected to treatments were compared among themselves. According to the results of the analysis of variance conducted, the solution type prepared over all tests was determined to be statistically significant. The  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $b^*$ , and  $a^*$  values in the color parameters decreased while the  $h^o$  value exhibited an increase after the application of solutions. The  $\Delta E^*$  values were measured at 13.63 for the carbonate + vinegar (A) solution and 13.13 for the carbonate + vinegar (B) solution. Furthermore, the calculated differences  $\Delta b^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ , and  $\Delta C^*$  using color formulas were observed to be negative for both solutions. Glossiness values exhibited reductions in both directions at 60 and 85 degrees, alongside decreases in  $WI^*$  values in both orientations. It was noted that the application of solutions resulted in alterations to the surface characteristics of the wooden material.

**Keywords:** Iatandza, Color, Carbonate, Glossiness, Vinegar

### Iatandza (*Albizia ferruginea*) odununda seçilmiş bazı yüzey özellikleri üzerine karbonat ve sirke karışımının etkileri

**ÖZ:** Ahşap malzemenin rengi çeşitli uygulamalar ile değişmektedir (ısıtma işlemi, ağartma, emprenye işlemi, yaşlandırma, vb.). Bu çalışmada, iatandza (*Albizia ferruginea*) odunu yüzeylerinde hazırlanmış olan iki farklı çözeltilerin (iki farklı sirke türü ve karbonat karışımı) meydana getirdiği renk, beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) ve parlaklık özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Bir kontrol gurubu oluşturularak çözeltiler ile muamele edilmiş yüzeyler birbirleriyle kıyaslanmıştır. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre bütün testleri üzerinde hazırlanan çözelti türü anlamlı olarak tespit edilmiştir. Uygulanan çözeltiler sonrasında renk parametrelerinden olan  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $b^*$  ve  $a^*$  değerleri azalış gösterirken,  $h^o$  değeri artmıştır.  $\Delta E^*$  değerleri karbonat + sirke (A) çözeltisi ile 13.63 ve karbonat + sirke (B) çözeltisi ile 13.13 olarak elde edilmiştir. Buna ek olarak, renk formüllerinin kullanılması ile hesaplanmış olan  $\Delta b^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta C^*$  değerleri her iki çözelti ile negatif olarak bulunmuştur. Parlaklık değerlerinde ise her iki yönde yapılan 60 ve 85 derecelerde ve her iki yöndeki  $WI^*$  değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Uygulanan çözeltiler ile ahşap malzemeye ait yüzey özelliklerinin değiştiği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Iatandza, Renk, Karbonat, Parlaklık, Sirke

## 1 Introduction

Wood, being a natural, fibrous, and organic material, has been utilized across a diverse array of applications throughout history. Its attractive cost and ease of manipulation have ensured its continued prominence as a renewable resource in the furniture and cabinetry sectors. Each tree species possesses distinct characteristics and properties, highlighting the importance of considering specific attributes like mechanical and physical properties for optimal use in engineering applications (Miller, 2007).

Wood products are extensively utilized in both interior and exterior applications owing to their aesthetic appeal, low density, low thermal expansion, and robust mechanical strength. Nevertheless, wood is vulnerable to decay caused by a variety of organisms, notably fungi, leading to considerable economic and resource losses (Hsu et al., 2007).

Various types of vinegar encompass spirit vinegar, grain vinegar, fruit vinegar, wine vinegar, apple cider vinegar, and malt vinegar. Additionally, blends derived from the alcoholic fermentation of natural sugars are utilized as primary ingredients. The nomenclature of vinegar is based on the specific source material utilized (Sellmer-Wilsberg, 2009).

Vinegar is characterized as a condiment produced through the alcoholic fermentation followed by acetic fermentation of diverse sugary and starchy substances (Cruess, 1958).

Vinegar comes in various forms with classification usually revolving around the primary ingredient utilized during production. This encompasses a range of types such as malt vinegar, wine vinegar, balsamic vinegar, apple cider vinegar, fruit vinegar, and a plethora of others found in today's international market (Hailu et al., 2012).

Iatandza (*Albizia ferruginea*) is a perennial tree species that reaches approximately 45 meters in height and 3 meters in width. Its leaves are occasionally bifoliate with lobes sometimes exceeding seven pairs (Agyare et al., 2006). This species, under the threat of deforestation, is widespread in West and Central Africa (Kareru et al., 2007).

Locally in Ghana, it is known as Awiemfo semina. It bears thick, dark reddish-brown bark, which can be peeled off in small rough scales, exuding red sap. The branches are flattened (Irvine, 1961).

Boiling the bark of "Ongokea gore" and "*Piptadeniastrum africanum*," referred to as "Evouvous," is used as a traditional remedy to treat infertility among the Ewondo tribe in the central region of Cameroon (Noumi et al., 2011).

People often consume powdered root bark along with salts as a remedy for constipation in Nigeria. The trunk bark source has been medically utilized to treat dysentery and wounds along the Ivory Coast shores. Additionally, the root bark is used to treat sickle cell anemia and lumbar pain (Abbiw, 1990).

In the wood of Iatandza (*Albizia ferruginea*), cellulose content ranges from 44.10% to 46.50%, hemicellulose from 28.30% to 31.60%, lignin from 25.20% to 28.40%, and extractive material quantity from 8.30% to 9.00% (Quartey, 2009). Its modulus of elasticity is 13847 N/mm<sup>2</sup>, and bending strength is 49.90 N/mm<sup>2</sup> (Appiah-Kubi et al., 2012).

In the literature, it is observed that a solution of vinegar and carbonate mixture is not used to change the color of wood material.

This research was conducted on the use of mixtures formed by adding vinegar (grape and hawthorn) and carbonate to induce color changes on iatandza wood surfaces (color, whiteness index ( $WI^*$ ), and glossiness). The obtained results were discussed with tables.

## 2 Materials and Methods

### 2.1 Wood Material

Iatandza (*Albizia ferruginea*) wood was prepared in dimensions of 100 x 100 x 15 mm (by preparing 5 samples per group). Subsequently, these samples underwent conditioning at 20±2°C and 65% relative humidity (ISO 554, 1976).

### 2.2 Chemicals

Two different types of vinegar were used in this study: A: grape (with added sodium metabisulfite) and B: hawthorn (with carbohydrate %1.00, saturated sugar %0.17, salt %0.07, fat %0.05, saturated fat %0.02, and protein %0.30). Additionally, carbonate chemicals were utilized.

### 2.3 Method

#### 2.3.1 Application of Prepared Carbonate and Vinegar Mixtures to Wood Surfaces

Solutions prepared in two different types [50 ml vinegar (A) + 5 g carbonate and 50 ml vinegar (B) + 5 g carbonate] were applied as a single layer onto the wood surfaces using a brush.

#### 2.3.2 Determination of Color Properties

Color changes were measured using the CS-10 (CHN Spec, China) [CIE 10° standard observer; CIE D65 light source, illumination system: 8/d (8°/diffuse illumination)] device (ASTM D 2244-3, 2007) (Ayata, 2023; Peker and Ayata, 2023).

$\Delta C^*$  is defined as the chroma difference or saturation difference while  $\Delta H^*$  is defined as the hue difference or shade difference in the literature. Additionally, some important information about other parameters is presented in Table 1 (Lange, 1999).

**Table 1.** The definitions of  $\Delta a^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta b^*$ , and  $\Delta L^*$  (Lange, 1999)

Test	Positive Description	Negative Description
$\Delta b^*$	More yellow than the reference	More blue than the reference
$\Delta L^*$	Lighter than the reference	Darker than the reference
$\Delta a^*$	More red than the reference	More green than the reference
$\Delta C^*$	Clearer, brighter than the reference	More dull, matte than the reference

The comparison criteria for visual assessment of color difference ( $\Delta E^*$ ) are provided in Table 2 (DIN 5033, 1979).

**Table 2.** Comparison criteria for  $\Delta E^*$  evaluation (DIN 5033 1979)

Visual	Total Color Difference
Undetectable	<0.2
Very Weak	0.2 - 0.5
Weak	0.5 - 1.5
Distinct	1.5 - 3.0
Very Distinct	3.0 - 6.0
Strong	6.0 - 12.0
Very Strong	> 12.0

The results for total color differences were determined using the following formulas.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \tag{1}$$

$$h^\circ = \arctan (b^* / a^*) \tag{2}$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{treated with solution}} - C^*_{\text{not treated with solution}}) \tag{3}$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{treated with solution}} - a^*_{\text{not treated with solution}}) \tag{4}$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{treated with solution}} - L^*_{\text{not treated with solution}}) \tag{5}$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{treated with solution}} - b^*_{\text{not treated with solution}}) \tag{6}$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \tag{7}$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \tag{8}$$

### 2.3.3 Determination of Whiteness Index (WI\*) Properties

In this study, the Whiteness Meter BDY-1 device was used to determine the whiteness index (WI\*) values in both parallel and perpendicular directions to the fibers (ASTM E313-15e1, 2015).

### 2.3.4 Determination of Glossiness Properties

Glossiness tests were conducted using the ETB-0833 model gloss meter device according to the ISO 2813 (1994) standard at three different angles (20°, 60°, and 85°) in both perpendicular and parallel directions to the fibers.

## 2.4 Statistical Analysis

Standard deviations, maximum and minimum values, mean values, homogeneity groups, variance analyses, and percentage (%) change rates were calculated using a statistical program.

## 3 Results and Discussion

The results of the analysis of variance are presented in Table 3. According to these results, it is observed that the factor of solution type applied for all tests was obtained significantly (Table 3).

**Table 3.** The results of the analysis of variance

Source	Test	Sum of Squares	df	Mean Square	F value
<i>L</i> *	1068.249	2	534.125	880.222	0.000*
<i>a</i> *	62.431	2	31.216	192.874	0.000*
<i>b</i> *	66.703	2	33.352	235.080	0.000*
<i>C</i> *	115.744	2	57.872	375.348	0.000*
<i>h</i> <sup>o</sup>	135.690	2	67.845	79.942	0.000*
⊥20° glossiness	0.252	2	0.126	33.516	0.000*
⊥60° glossiness	3.979	2	1.989	191.829	0.000*
⊥85° glossiness	0.384	2	0.192	36.000	0.000*
∥ 20° glossiness	0.051	2	0.025	14.250	0.000*
∥ 60° glossiness	1.976	2	0.988	48.326	0.000*
∥ 85° glossiness	2.579	2	1.289	28.818	0.000*
WI* (⊥)	356.216	2	178.108	2329.901	0.000*
WI* (∥)	20.305	2	10.152	468.569	0.000*

\*: Significant



The measurement results for color parameters are provided in Table 4. In terms of the  $L^*$  parameter, the control samples exhibited the highest value at 54.91, whereas the lowest value was recorded in the experimental samples treated with the carbonate + vinegar (A) mixture solution at 41.88. The most significant reduction in  $L^*$  value was observed in the carbonate + vinegar (A) solution with a decrease rate of 23.73% while the lowest reduction rate was noted in the carbonate + vinegar (B) solution at 22.31% (Table 4).

For the  $a^*$  value, the highest result is observed in the control samples (9.70) while the lowest result is determined in the application of the solution consisting of carbonate + vinegar (B) mixture (6.50). The highest decrease rate in the  $a^*$  parameter is found in the carbonate + vinegar (B) solution with 32.99% while the lowest decrease rate is obtained with the prepared carbonate + vinegar (A) solution with 29.90% (Table 4).

**Table 4.** Results for color parameters

Test	Solution Type	N	Mean	Change (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
$L^*$	Control (not treated with solution)	10	54.91	-	A*	1.15	53.18	56.32	2.10
	Carbonate + Vinegar (A)	10	41.88	↓23.73	C**	0.57	41.13	42.93	1.37
	Carbonate + Vinegar (B)	10	42.66	↓22.31	B	0.40	42.22	43.42	0.94
$a^*$	Control (not treated with solution)	10	9.70	-	A*	0.32	9.36	10.39	3.27
	Carbonate + Vinegar (A)	10	6.80	↓29.90	B	0.54	6.26	8.03	7.90
	Carbonate + Vinegar (B)	10	6.50	↓32.99	B**	0.31	5.97	6.85	4.78
$b^*$	Control (not treated with solution)	10	19.89	-	A*	0.48	18.90	20.63	2.42
	Carbonate + Vinegar (A)	10	17.15	↓13.78	B	0.35	16.62	17.62	2.02
	Carbonate + Vinegar (B)	10	16.43	↓17.40	C**	0.27	16.01	16.75	1.64
$C^*$	Control (not treated with solution)	10	22.13	-	A*	0.50	21.19	22.91	2.25
	Carbonate + Vinegar (A)	10	18.34	↓17.13	B	0.41	17.78	18.98	2.22
	Carbonate + Vinegar (B)	10	17.67	↓20.15	C**	0.22	17.42	18.02	1.24
$h^o$	Control (not treated with solution)	10	64.00	-	B**	0.75	62.55	65.01	1.16
	Carbonate + Vinegar (A)	10	68.61	↑7.20	A*	0.84	67.41	69.87	1.23
	Carbonate + Vinegar (B)	10	68.39	↑6.86	A	1.13	66.83	70.29	1.66

Vinegar (A): Grape, Vinegar (B): Hawthorn, COV: Coefficient of Variation, SD: Standard Deviation, HG: Homogeneity Group, N: Number of Measurements, \*: Highest Result, \*\*: Lowest Result

In regard to the  $b^*$  parameter, the highest value was recorded in the control samples at 19.89 while the lowest value was observed in the experimental samples treated with the carbonate + vinegar (B) mixture solution registering at 16.43. Notably, the most pronounced decrease in the  $b^*$  parameter occurred with the application of the carbonate + vinegar (B) solution to wood surfaces resulting in a reduction rate of 17.40%. Conversely, the treatment process involving the carbonate + vinegar (A) solution exhibited the least decrease rate at 13.78% (Table 4).

Regarding the  $C^*$  parameter, the highest measurement was noted in the control samples at 22.13, whereas the lowest value was recorded in the experimental samples treated with the carbonate + vinegar (B) mixture solution showing a reading of 17.67. Interestingly, the most substantial reduction rate of 20.15% in the  $C^*$  parameter was observed with the carbonate + vinegar (B) solution while the carbonate + vinegar (A) solution exhibited a comparatively lower decrease rate of 17.13% (Table 4).

In  $h^o$  value, the lowest result is determined in the control samples (64.00) while the highest result is observed after the application of the carbonate + vinegar (A) mixture solution (68.61). The highest increase rate for  $h^o$  is 7.20% in the carbonate + vinegar (A) solution while the lowest increase rate is 6.86% in the carbonate + vinegar (B) solution (Table 4).

Table 5 presents the results for total color differences.  $\Delta E^*$  values obtained using the color formulas provided in the materials and methods section are 13.63 for the carbonate + vinegar (A) solution and 13.13 for the carbonate + vinegar (B) solution, and the results are very close to each other.  $\Delta H^*$  values are calculated as 1.23 for the carbonate + vinegar (A) solution and 1.53 for the carbonate + vinegar (B) solution (Table 5).

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ , and  $\Delta C^*$  values are negative (respectively darker than the reference, greener than the reference, bluer and duller than the reference) for both solutions applied to the wooden material surfaces. When compared with the color change criteria, it is observed that both prepared solutions give “very strong (> 12.0)” results (Table 5).

**Table 5.** Results for total color differences

Solution Type	$\Delta L^*$	$\Delta b^*$	$\Delta a^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Criteria (DIN 5033, 1979)
Carbonate + Vinegar (A)	-13.03	-2.90	-2.74	-3.79	1.23	13.63	Very strong (> 12.0)
Carbonate + Vinegar (B)	-12.25	-3.20	-3.46	-4.46	1.53	13.13	

The measurement results for whiteness index ( $WI^*$ ) values are presented in Table 6. Decreases are observed in  $WI^*$  values in both directions after the application of the prepared solutions to the wooden material surfaces. The highest results in  $WI^*$  values are determined in the control samples ( $\perp$ : 16.56 and  $\parallel$ : 5.65). In addition, the decrease rates for  $WI^*$  values are determined as 45.89% and 42.15% for the  $\perp$  direction and 22.48% and 35.22% for the  $\parallel$  direction for carbonate + vinegar (A) and carbonate + vinegar (B) solutions, respectively (Table 6).

**Table 6.** Results for whiteness index ( $WI^*$ ) values

Test	Solution Type	N	Mean	Change (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
$WI^*$ $\perp$	Control (not treated with solution)	10	16.56	-	A*	0.38	16.20	17.20	2.30
	Carbonate + Vinegar (A)	10	8.96	↓45.89	C**	0.25	8.70	9.30	2.74
	Carbonate + Vinegar (B)	10	9.58	↓42.15	B	0.15	9.40	9.80	1.62
$WI^*$ $\parallel$	Control (not treated with solution)	10	5.65	-	A*	0.05	5.60	5.70	0.93
	Carbonate + Vinegar (A)	10	4.38	↓22.48	B	0.23	4.20	4.70	5.36
	Carbonate + Vinegar (B)	10	3.66	↓35.22	C**	0.08	3.60	3.80	2.30

Vinegar (A): Grape, Vinegar (B): Hawthorn, COV: Coefficient of Variation, SD: Standard Deviation, HG: Homogeneity Group, N: Number of Measurements, \*: Highest Result, \*\*: Lowest Result

The measurement results for glossiness values are listed in Table 7. When looking at the glossiness tests, measurements made perpendicular ( $\perp$ ) to the fibers at 20, 60, and 85 degrees show decreases. Again, the highest glossiness results are found in the control test samples ( $\perp 20^\circ$ : 0.34,  $\perp 60^\circ$ : 1.88, and  $\perp 85^\circ$ : 0.34) (Table 7).

Decreases in glossiness values parallel to the fibers at 60 and 85 degrees are observed with both solutions. At 20-degree parallel to the fibers, a decrease of 30.00% with the carbonate + vinegar (A) solution and an increase of 20.00% with the carbonate + vinegar (B) solution are observed (Table 7).

In the study conducted by Çamlıbel and Ayata (2024), it was reported that applying solutions prepared from mixtures of vinegar and baking soda to the surfaces of movingui

(*Distemonanthus benthamianus* Baillon) wood resulted in decreases in all glossiness values,  $WI^*$  values, and  $L^*$  and  $a^*$  values while increases were observed in  $C^*$ ,  $h^o$ , and  $b^*$  values.

**Table 7.** Results for glossiness values

Test	Solution Type	N	Mean	Change (%)	HG	SD	Minimum	Maximum	COV
⊥20°	Control (not treated with solution)	10	0.34	-	A*	0.06	0.30	0.42	16.63
	Carbonate + Vinegar (A)	10	0.12	↓64.71	C**	0.04	0.10	0.20	35.14
	Carbonate + Vinegar (B)	10	0.22	↓35.29	B	0.08	0.10	0.30	35.86
⊥60°	Control (not treated with solution)	10	1.88	-	A*	0.10	1.70	2.00	5.49
	Carbonate + Vinegar (A)	10	1.04	↓44.68	C**	0.08	0.90	1.10	8.11
	Carbonate + Vinegar (B)	10	1.20	↓36.17	B	0.12	1.10	1.40	9.62
⊥85°	Control (not treated with solution)	10	0.34	-	A*	0.13	0.20	0.50	37.20
	Carbonate + Vinegar (A)	10	0.10	↓70.59	B**	0.00	0.10	0.10	0.00
	Carbonate + Vinegar (B)	10	0.10	↓70.59	B**	0.00	0.10	0.10	0.00
20°	Control (not treated with solution)	10	0.20	-	B	0.00	0.20	0.20	0.00
	Carbonate + Vinegar (A)	10	0.14	↓30.00	C**	0.05	0.10	0.20	36.89
	Carbonate + Vinegar (B)	10	0.24	↑20.00	A*	0.05	0.20	0.30	21.52
60°	Control (not treated with solution)	10	1.84	-	A*	0.14	1.60	2.00	7.77
	Carbonate + Vinegar (A)	10	1.26	↓31.52	B**	0.16	1.10	1.50	12.52
	Carbonate + Vinegar (B)	10	1.76	↓4.35	A	0.13	1.60	1.90	7.19
85°	Control (not treated with solution)	10	1.34	-	A*	0.20	1.00	1.50	14.59
	Carbonate + Vinegar (A)	10	0.66	↓50.75	B**	0.25	0.30	1.00	38.60
	Carbonate + Vinegar (B)	10	1.20	↓10.45	A	0.18	1.00	1.40	14.70

Vinegar (A): Grape, Vinegar (B): Hawthorn, COV: Coefficient of Variation, SD: Standard Deviation, HG: Homogeneity Group, N: Number of Measurements, \*: Highest Result, \*\*: Lowest Result

#### 4 Conclusion

This study has yielded the following outcomes:

- The color parameter values of  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $b^*$ , and  $a^*$  decreased whereas the  $h^o$  value demonstrated an increase following the application of solutions.
- The  $\Delta E^*$  values were recorded as 13.63 for the carbonate + vinegar (A) solution and 13.13 for the carbonate + vinegar (B) solution.
- Glossiness values showed decreases in both directions at 60 and 85 degrees accompanied by declines in  $WI^*$  values in both orientations.
- The changes ( $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta L^*$ , and  $\Delta C^*$ ) calculated using color formulas were found to be negative for both solutions.
- The application of solutions led to changes in the surface properties of the wooden material.
- It is recommended to conduct natural or artificial aging tests after the application of interior or exterior varnishes on the samples treated with the obtained solution.

#### Author Contribution

**Ümit Ayata:** Review and Editing, Conducting Research, Drafting Manuscript, Resources, Validation, Visualization, Determination of Methodology, Supervision, Performing Analyses, Data Refinement, Manuscript Writing.

### Funding statement

This project wasn't supported by any organization

### Conflict of interest statement

The authors declare no conflict of interest.

### References

- Abbiw, D.K. (1990). West African uses of world and cultivated plants, Intermediate Technology Publications, United Kingdom, p 178, 203.
- Agyare, C., Koffuor, G.A., Mensah, A.Y., and Agyemang, D.O. (2006). Antimicrobial and uterine smooth muscle activities of *Albizia ferruginea* extracts, *Bol. Latinoam. Caribe Plant. Med. Aromaticas*, 5(2), 31-35.
- Appiah-Kubi, E., Kankam, C.K., and Adom-Asamoah, M. (2012). Bending and modulus of elasticity properties of ten lesser-used timber species in Ghana using structural dimensions, *Ghana Journal of Forestry*, 28(1), 15-28.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, Ü. (2023). Palo Santo odununda bazı yüzey özellikleri ve shore D sertlik değeri üzerine 200°C'de ısıtma işleminin etkisi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 39-46. [DOI:10.33725/mamad.1280180](https://doi.org/10.33725/mamad.1280180).
- Çamlıbel, O., and Ayata, Ü. (2024). A study on the use of different vinegar types and carbonate chemicals as color changing treatments on movingui (*Distemonanthus benthamianus* Baillon) wood, European Conferences 5. Uluslararası Sağlık, Mühendislik ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 13-16 Haziran 2024.
- Cruess W.V. (1958). Commercial fruit and vegetable products: Chapter 21 - Vinegar manufacture. 1st ed. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc. p 681-707.
- DIN 5033, (1979). Deutsche normen, farbmessung. normenausschuß farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Hailu, S., Admassu, S., and Jha, K. (2012). Vinegar production technology - An overview. *Beverage Food World*, 2, 29-32.
- Hsu, F.L., Chang, H.T., and Chang, S.T. (2007). Evaluation of antifungal properties of octyl gallate and its synergy with cinnamaldehyde, *Bioresource Technology*, 98(4), 734-738. [DOI:10.1016/j.biortech.2006.04.002](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.04.002).
- Irvine, F.R. (1961). Woody plants of Ghana with special references to their uses, University Press, Oxford, England, p 330-336.
- ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

- Kareru, P.G., Kenji, G.M., Gachanja, A.N., Keriko, J.M., and Mungai, G., (2007). Traditional medicines among the Embu and Mbeere peoples of Kenya, *African Journal of Traditional*, 4(1), 75-86. [DOI:10.4314/ajtcam.v4i1.31193](https://doi.org/10.4314/ajtcam.v4i1.31193).
- Lange, D.R. (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Miller, R.B. (2007). Characteristics and availability of commercially important woods, Pp 1-34 in *The Encyclopedia of Wood*, USDA Forest Service, Madison.
- Noumi, E., Eboule, A.F., and Nanfa, R. (2011). Traditional health care of male infertility in Bansa, west Cameroon, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 2(2): 42-50.
- Peker, H., and Ayata, Ü. (2023). Effects of bleaching chemicals on some surface characteristics of olon (*Zanthoxylum heitzii*) wood. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 6(2), 210-218. [DOI: 10.33725/mamad.1369843](https://doi.org/10.33725/mamad.1369843)
- Quartey, G.A. (2009). Relationships between some anatomical, physical and durability properties of the wood of some lesser utilised Ghanaian hardwoods, Thesis submitted to the Department of Wood Science and Technology at the Kwame Nkrumah University of Science and Technology, in partial fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy, p 150.
- Sellmer-Wilsberg, S. (2009). Wine and Grape Vinegars, Chapter 9. Holzapfel, W., (2009). *Vinegars of the World*. In *Vinegars of the World* (pp. 1-16), editors: Solieri, L., and Giudici, P. Milano: Springer Milan. ISBN: 978-0-470-0865-6.





### Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kontrplak ile güçlendirilmiş yongalevha ve liflevhanın eğilme davranışının deneysel ve nümerik analizi

Ergün Güntekin\*<sup>1</sup>, Mesut Uysal<sup>1</sup>

**ÖZ:** Bu çalışmada, Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kontrplak (KP) kullanılarak güçlendirilmiş yonga levha (YL) ve orta yoğunlukta liflevhaların (MDF) eğilme davranışı deneysel ve nümerik yöntemler ile incelenmiştir. Çalışmada, 13 mm kalınlığında YL ve 12 mm kalınlığında MDF levhalar 4 mm kalınlığında kontrplak levhalar kullanılarak güçlendirilmiştir. Levhaların yapıştırılmasında poliüretan tutkallı kullanılmıştır. Deneysel örnekleri TS EN 310'a göre üç nokta eğilme testine tabi tutularak eğilme davranışları incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, test edilen güçlendirilmiş örneklerin sonlu elemanlar modelleri oluşturularak nümerik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçları KP kullanarak güçlendirilmiş YL örneklerin eğilmede elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerlerinin yükleme yönüne göre iki katına kadar, MDF örneklerinde ise %44 arttığını göstermiştir. Güçlendirmenin etkinliği yükleme yönüne göre değişmektedir. Çekme gerilmesine maruz kalan yüzeylerin güçlendirilmesi basınç gerilmesine maruz kalan yüzeylerin güçlendirilmesine göre eğilme özelliklerine daha fazla katkı sağlamıştır. Eğilme testlerinden elde edilen yük-deformasyon eğrileri ile nümerik analizlerden elde edilen yük-deformasyon eğrilerinin genellikle benzer olduğu görülmüştür. Çalışma sonuçları KP kullanılarak güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların eğilme davranışlarının sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak tahmin edilebileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Liflevha, yongalevha, kontrplak, güçlendirme, nümerik analiz

### Experimental and numerical analysis of the bending behavior of beech (*Fagus orientalis* L.) plywood-reinforced particleboard and fiberboard panels

**ABSTRACT:** In this study, bending behavior of particleboard (PB) and medium-density fiberboard (MDF) reinforced using beech (*Fagus orientalis* L.) plywood (PW) was examined by experimental and numerical methods. In doing so, 13 mm thick PB and 12 mm thick MDF panels were reinforced using 4 mm thick beech plywood. Polyurethane glue was used to bond the layers. The bending behavior of the test samples was determined by subjecting them to a 3-point bending test. Finite element models of the reinforced samples tested in the study were created, and numerical analyses were performed. The results showed that the modulus of elasticity under bending and bending strength of PB samples reinforced using PW increased up to two times, and in MDF samples increased by 44%, depending on the loading direction. The effectiveness of reinforcement varies depending on the loading direction. Reinforcing the surfaces exposed to tensile stress contributed more to the bending properties than the surfaces exposed to compressive stress. Generally, it was shown that the load-deformation curves obtained from bending tests and the load-deformation curves obtained from numerical analysis are similar. The study results showed that the bending behaviors of PB and MDF reinforced using PW can be predicted using the finite element method.

**Keywords:** Fiberboard, particleboard, plywood, reinforcing, numerical analysis

Makale tarihçesi: Geliş:03.04.2024, Kabul:09.05.2024, Yayınlanma:30.06.2024, \*e-posta: [ergun.guntekin@btu.edu.tr](mailto:ergun.guntekin@btu.edu.tr)

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa/Türkiye,

Atıf: Güntekin E., ve Uysal M. (2024), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kontrplak ile güçlendirilmiş yongalevha ve liflevhanın eğilme davranışının deneysel ve nümerik analizi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 7 (1), 26-37, DOI: [10.33725/mamad.1464366](https://doi.org/10.33725/mamad.1464366)

## **1 Giriş**

Türkiye mobilya sektöründe döşemeli mobilya konstrüksiyonlarının çerçevelerinde masif malzemeler kadar konstrüksiyonun hafif ve daha ekonomik olması açısından ahşap esaslı levhalar da tercih edilmektedir. Bu levhalar, ayrıca, hem işleme kolaylığı hem de boyutsal stabilizasyonunun fazla olması nedeniyle de tercih edilmektedir. Ancak, ahşap esaslı levhaların masif malzemeye göre dayanımının daha düşük olması mobilya konstrüksiyonlarının dayanımını da etkilemektedir. Bu yüzden, bu panellerin dayanımını arttıracak çalışmalar önem arz etmektedir.

Lamine edilmiş ahşap esaslı malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileşmeler olduğu literatürde ortaya koyulmuştur. Norvydas ve Minelga (2006) tarafından yapılan bir çalışmada yüzey işlem ve kaplamaların YL eğilme özelliklerini büyük ölçüde değiştirdiği görülmüştür. Kullanılan emprenyeli kağıt, lamine film, ahşap ve plastik kaplamalar eğilme direncini %10 ile % 90 arasında, elastikiyet modülünü ise % 57 kadar arttırmıştır. İstek ve ark., (2010) tarafından yapılan çalışma bu sonuçları onaylamaktadır. Büyüksarı ve ark., (2012) kayın ahşap kaplama ile MDF levhalarda eğilme özelliklerinin ikiye katlandığını bulmuştur. Döşemeli mobilya çerçevelerinde genellikle birkaç levhanın birbirine bağlı yapısal elemanlar oluşturmak üzere bir araya getirilmesinden oluşan yapısal elemanlar kullanılmaktadır (Matwiej ve ark., 2022).

Sonlu Elemanlar terimi, 1960 yılında Ray William Clough tarafından "Düzlem Gerilme Analizinde Sonlu Eleman Yöntemi" (Clough, 1960) adlı makalesinde tanıtıldı. İlk Sonlu Elemanlar Yöntemi kitabı Zienkiewicz ve ark., (2005) 60'ların sonlarında yayınlandı ve 70'lerde Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) uygulama alanı genişledi ve geniş bir mühendislik problemleri alanında önde gelen bir sayısal yaklaşım haline geldi. Ülkemizde ahşap malzeme mekaniği alanında 2000'li yılların başlarından beri kullanılmaktadır. Güntekin (2004) mobilya köşe birleştirmelerinin sünme davranışının, Yılmaz ve Güntekin (2012), Aydın ve Yılmaz Aydın (2017) sandalye yan çerçevelerinin yük altındaki davranışının, Başboğa ve Güntekin (2016) ahşap kafes sistemlerinin optimizasyonu, Kaygın ve ark., (2016) kavelalı ve zıvanalı birleştirmelerin, Kasal (2006) koltuk iskeletlerinin ve Ceylan ve ark., (2021) sandalye iskeletlerinin tekrarlı yük altındaki davranışının modellenmesinde kullanmışlardır. SEM son yıllarda üretim süreçlerinin bir parçası olmuştur. SEM ile yapılan çalışmaların sayısı 1980 yılında bin iken 2000'li yıllarda milyon seviyelerine çıktığı söylenebilir (Tekkaya ve Soyarslan, 2014). Bir yapı konstrüksiyonunda yük altındaki elemanların mekanik davranışlarının nümerik analiz ile incelenmesi için bu elemanların malzeme özellikleri üzerinde çalışmalar ortaya konulmalı ve SEM ile modellenerek elde edilen sonuçların deneysel veriler ile doğrulanması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, KP ile güçlendirilmiş MDF ve YL lamine elemanların eğilme davranışlarının deneysel ve nümerik yöntemler kullanılarak incelenmesidir. Bu doğrultuda öncelikle, (1) kullanılan malzemelerin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiş, daha sonra (2) KP ile güçlendirilen lamine MDF ve YL levhaların davranış özellikleri incelenmiş ve son olarak da (3) bu malzemelerin eğilme davranışları SEM ile gerçekleştirilen nümerik analizlerden elde edilmiş ve çalışmanın deneysel verileri ile karşılaştırılmıştır.

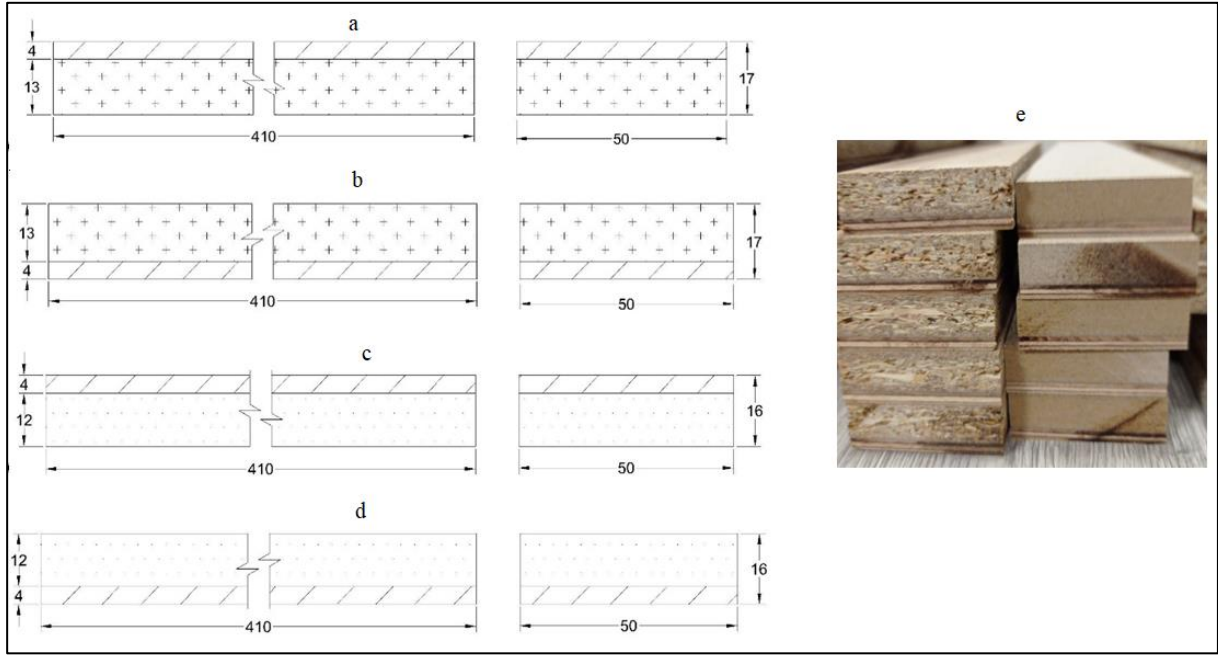
## **2 Materyal ve Metot**

### **2.1 Materyal**

Çalışmada kullanılan, 210 x 280 cm ebatlarında ticari levhalar yerel bir tedarikçiden satın alınmıştır. YL, 635 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk ve 13 mm kalınlıkta P2 sınıfında (TS EN 312, 2012),

MDF ise 789 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta HD kalitesinde (TS EN 622-5, 2011) ve 12 mm kalınlığındadır. KP, 4 mm kalınlığında ve 759 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda marin sınıfı (yüksek neme dayanıklı) olup üç katmanlı doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kaplamalarından üretilmiştir. Tüm levhalar 600 x 600 mm boyutlarında kesilerek kontrollü koşullarda (sıcaklık 20±1°C, bağıl nem %65) muhafaza edilmiştir.

YL ve MDF levhaların güçlendirilmesinde poliüreten (PÜR) tutkalı kullanılmış, YL ve MDF levhaların dış yüzeyine 4 mm KP yapıştırılmıştır. Yapıştırımda kullanılan tutkal oranı 200 g/m<sup>2</sup>'dir. Yapıştırılmış levhalar oda sıcaklığında 24 saat boyunca 0,15 - 0,45 N/mm<sup>2</sup> basınç altında Cemil Usta SSP-180 T laboratuvar tipi preste tutularak şartlandırmaya bırakılmıştır. Üretilen levhalardan 50 mm genişliğinde eğilme test örnekleri kesilmiştir. Çalışmada kullanılan deney örnekleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan örneklerin boyutları KP\_YL (a), YL\_KP (b), KP\_MDF (c), MDF\_KP (d) ve üretilen test örnekleri (e)

## 2.2 Metot

### 2.2.1 Malzemelerin fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Malzemelerin yoğunlukları TS-EN 323 (1999)'a göre 5 tekrarlı örnekler 50 x 50 mm boyutlarında hazırlanmış ve Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$d_{12} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \quad (1)$$

$d_{12}$  : Kondisyonlanma şartlarındaki yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)

$m_{12}$  : Kondisyonlanma şartlarındaki ağırlık (g)

$V_{12}$  : Kondisyonlanma şartlarındaki malzeme hacim (cm<sup>3</sup>)

Örneklerin rutubet oranları TS EN 322 (1999)'a göre 0,01 g hassasiyete sahip terazi ve 0,01 mm hassasiyete sahip dijital kumpas ile ölçülerek Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$r = \frac{m_{12} - m_0}{m_0} \quad (2)$$

$r$  : Rutubet oranı (%)

$m_{12}$  : Kondisyonlanma şartlarındaki ağırlık (g)

$m_0$  : Tam kuru ağırlık (g)

## 2.2.2 Malzemelerin eğilme davranışlarının belirlenmesi

KP kullanılarak güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların üç noktalı eğilme testleri Shimadzu® UTM kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2). Her örnek grubu için beş örnek test edilmiştir. Tüm testler  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 'lik oda sıcaklığında ve %65'lik bağıl nem ortamında gerçekleştirilmiştir. Test edilen örneklerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü TS-EN 310 (1999)'a göre hesaplanmıştır. Eğilme numunelerinin test açıklığı numunelerin kalınlığının yaklaşık 20 katıdır. Her deney örneğinin elastikiyet modülü "E" ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$E = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(d_2 - d_1)} \quad (3)$$

Her deney örneğinin eğilme direnci, " $\sigma$ " ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\sigma = \frac{3P_{\max}L}{2bh^2} \quad (4)$$

Burada:

$L$  : destek noktaları arasındaki açıklık (mm),

$F_2 - F_1$  : orantısız bölgede elde edilen yükler (N), burada  $F_2$  maksimum yükün ( $F_{\max}$ ) yaklaşık % 40'ı,  $F_1$  ise 10% 'dur.

$d_2 - d_1$  :  $P_2$ ,  $P_1$  yüklerine karşılık gelen deformasyon miktarları (mm),

$F_{\max}$  : maksimum yük (N),

$b$  : deney örneğinin genişliği (mm),

$h$  : deney örneğinin kalınlığı (mm).

Kullanılan ahşap esaslı levhaların ayrıca %0.2'lik akma direnci ve plastik bölgedeki tanjant modülleri de hesaplanmıştır. Bu değerler güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların doğrusal olmayan plastik davranışının modellenmesinde kullanılmıştır.



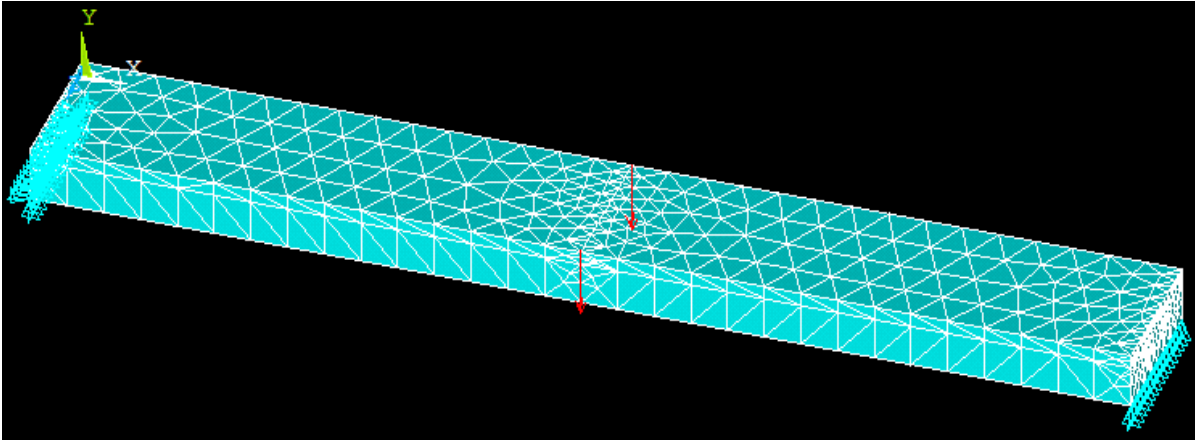
Şekil 2. Üç noktalı eğilme deneyi.

### 2.2.3 İstatiksel analiz

Yapılan çalışmada deneyler sonucunda elde edilen verilerin grup içi ve gruplar arası varyasyonları istatiksel olarak tespit edilip gruplar arasında anlamlı farklılık olup olmadığı IBM SPSS Statistics 22 veri analiz yazılımından yararlanılarak belirlenmiştir.

### 2.2.4 Nümerik analiz

Nümerik hesaplamalar ANSYS Mechanical APDL v.2023 (ANSYS, Inc. Canonsburg, Pa, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Güçlendirilmiş levhaların nümerik modellerinde tüm katmanlarının izotropik olduğu varsayılmıştır. Nümerik modelin ayrıklaştırılması, yaklaşık 3.000 eleman ve 5.000 düğüm içeren Solid186 (K3, Structural Solid) elemanı kullanılarak sağlanmıştır. Solid186, ikinci dereceden yer değiştirme davranışı sergileyen, yüksek dereceli, 3 boyutlu, 20 düğümlü bir katı elemandır. Üst orta açıklık düğümlerine P/2 kuvveti olarak düğüm yükleri uygulanmıştır. Modeller bir uçtan basit bir şekilde desteklenmiş ve diğer uçtan yer değiştirme ve döndürme için sınırlandırılmıştır. Levhalar arasında mükemmel bir bağ olduğu varsayılarak yazılımın yapıştırma komutu (vglue) uygulanmıştır. Bu komut ile katı hacimler ortak sınırları boyunca alanları paylaşacak şekilde yeniden tanımlanır. Orta açıklıkta oluşan deformasyon ve gerilmeler, sayısal analizin bir çıktısı olarak okunmuştur. Gerilme/deformasyon eğrileri ANSYS kullanılarak oluşturulmuş ve laboratuvarında test edilen gerçek güçlendirilmiş levhaların eğrileriyle karşılaştırılmıştır. Şekil 3'te ANSYS kullanılarak oluşturulan modellerden biri gösterilmektedir. Plastiklik, akma ve tanjant modülü, ANSYS aracılığıyla sunulan gerinim sertleşmesi (strain hardening ya da pekleşme) seçeneği kullanılarak tanıtılmıştır.



Şekil 3. ANSYS kullanılarak elde edilen ağ yapısı ve sınır durumları

## 3 Bulgular ve Tartışma

Çalışmada test edilen malzemelerin yoğunluk, rutubet (%) ve eğilme özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur. KP ile güçlendirilmiş YL'nin elastiklik modülü yükleme yönüne bağlı olarak 3000 ve 3300 N/mm<sup>2</sup>, eğilme direnci ise 11 ve 26 N/mm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır, kırılma anındaki deformasyon ise 5 ve 16 mm olarak ölçülmüştür. KP ile güçlendirilmiş MDF levhalarda elastiklik modülü yükleme yönüne bağlı olarak 4443 ve 4446 N/mm<sup>2</sup>, eğilme direnci 33 ve 42 N/mm<sup>2</sup>, kırılma anındaki deformasyon miktarı 10 ve 12,9 mm olarak ölçülmüştür.



**Çizelge 1.** Test edilen malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (d, g/cm <sup>3</sup> )	Rutubet (r, %)	Elastikiyet Modülü (E, N/mm <sup>2</sup> )	Eğilme Direnci (σ, N/mm <sup>2</sup> )	Kırılma anındaki ortalama deformasyon (d, mm)
YL	0.63	8.1	1943 (457)	10.36 (2.09)	5.07
MDF	0.80	8	3409 (82)	34.75 (1.31)	13.79
KP	0.75	11.5	9104 (917)	118.94 (5.65)	6.25
YL-KP	0.70		3391 (194)	26.71 (1.78)	16.47
KP - YL	0.71		3017 (165)	11.05 (0.66)	5.15
KP -MDF	0.78		4443 (193)	33.30 (2.03)	10.40
MDF - KP	0.78		4466 (352)	42.76 (3.58)	12.90

\* Parantez içerisindeki değerler örnek gruplarının standart sapmasıdır.

Levhelerde kullanılan malzemelerin, güçlendirme yapılıp yapılmaması ya da hangi yüzeyin güçlendirildiği levhaların elastikiyet modülü ve eğilme direnci üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu varyans analizi ile ortaya konulmuştur (Çizelge 2). Levhaların elastikiyet modülü ve eğilme direnci için Tukey ortalama karşılaştırması da sırası ile Çizelge 3 ve Çizelge 4’de verilmiştir. Çalışma sonucunda, MDF ve YL levhaların hangi yüzeyinin güçlendirildiği elastikiyet modülü için anlamlı bir farklılık ortaya koymazken eğilme direnci için anlamlı bir farklılık göstermiştir. Ayrıca, hem MDF hem de YL levhaların yüzeyi güçlendirildiğinde, güçlendirme yapılmamış MDF ve YL levhalarına göre elastikiyet modülleri anlamlı bir farklılık göstermiştir. MDF ve YL levhaların üst yüzeyinin güçlendirilmesi eğilme direncinde güçlendirilmemiş MDF ve YL panellere göre anlamlı bir farklılık ortaya koymazken, alt yüzeyinin güçlendirilmesi eğilme direnci için farklılık göstermiştir.

**Çizelge 2.** Levhaların elastikiyet modülü ve eğilme direncine etkisine ilişkin varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri (≤0,05)
<b>Elastikiyet Modülü</b>	Gruplar arası	210997425.42	6	35166237.57	222.42	0.000
	Gruplar içi	4426970.73	28	158106.09		
	Toplam	215424396.15	34			
<b>Eğilme Direnci</b>	Gruplar arası	40827.25	6	6804.54	863.43	0.000
	Gruplar içi	220.66	28	7.88		
	Toplam	41047.91	34			

**Çizelge 3.** Levhaların elastikiyet modülü için Tukey ortalama karşılaştırma testi

Malzeme	N	Grup*
YL	5	A
KP_YL	5	B
MDF	5	B
YL_KP	5	B
KP_MDF	5	C
MDF_KP	5	C
KP	5	D

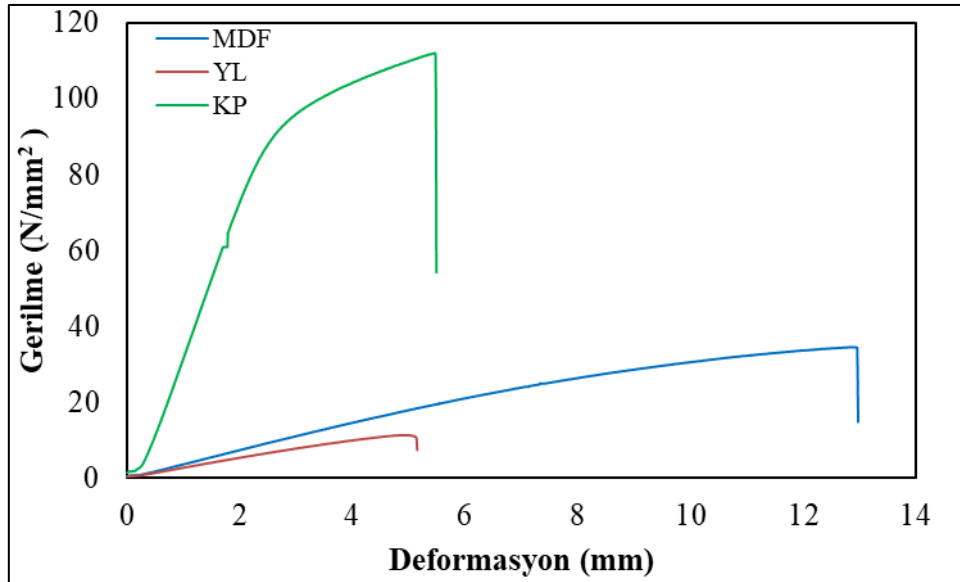
\* Aynı harf ile belirtilen örnek grupları arasında anlamlı bir farklılık yoktur

**Çizelge 4.** Levhaların eğilme direnci için Tukey ortalama karşılaştırma testi

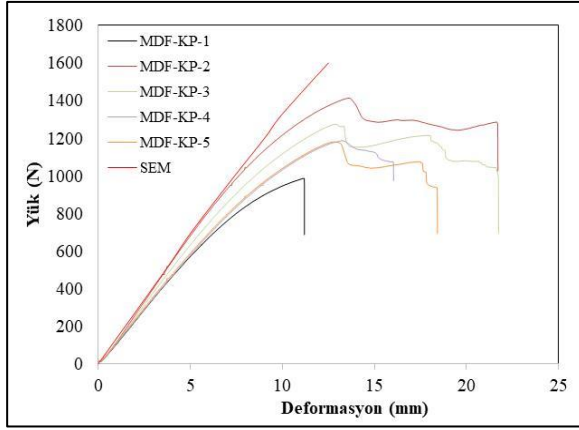
Malzeme	N	Grup*
P_YL	5	A
YL	5	A
YL_P	5	B
KP_MDF	5	C
MDF	5	C
MDF_KP	5	D
KP	5	E

\*Aynı harf ile belirtilen örnek grupları arasında anlamlı bir farklılık yoktur

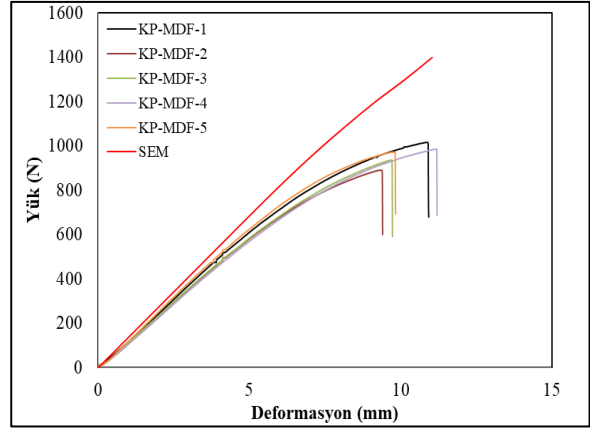
Test edilen malzemeleri temsil eden ortalama gerilme-deformasyon eğrileri Şekil 4'de gösterilmiştir. Numuneler ahşap esaslı kompozit malzemelere ait olmasına rağmen, gerilme-deformasyon davranışları hammadde ve üretim süreçlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Eğilme eğrileri karşılaştırıldığında, kontrplağın diğer ahşap esaslı malzemelerden üstün yük taşıma kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Ahşap esaslı levhaların deneysel sonuçları, gerilme-deformasyon eğrilerinin doğrusal bölgeye, akmaya ve onu takip eden plastik bölgeye sahip çift doğrusal olarak kabul edilebileceğini göstermiştir (Şekil 4). Bu bilgi ANSYS kullanılarak sayısal modeller oluşturmak için çok önemlidir. Test edilen KP, MDF ve YL'nin sırasıyla yaklaşık 88, 19 ve 7 N/mm<sup>2</sup>'lik bir akma gerilmesine sahip olduğu görülmüştür. Tanjant modülü değerleri sırasıyla 2000, 1700 ve 300 N/mm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

**Şekil 4.** Çalışmada kullanılan malzemelerin gerilme-deformasyon eğrileri

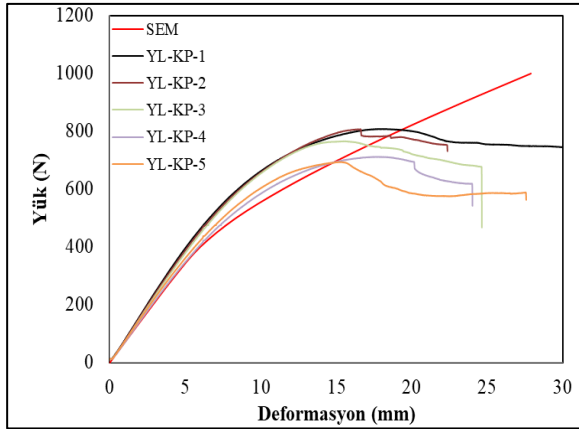
Şekil 5, KP ile güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların eğilme testi sonuçlarını ve nümerik modellemeyi göstermektedir. Güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların gerilme-deformasyon eğrileri KP-YL testi hariç, başlangıçta doğrusal elastik bölgeyi ve ardından plastik deformasyonu içeren çift doğrusal eğrilerdir. KP-YL ise kırılmaya kadar doğrusal bir davranış sergilemiştir.



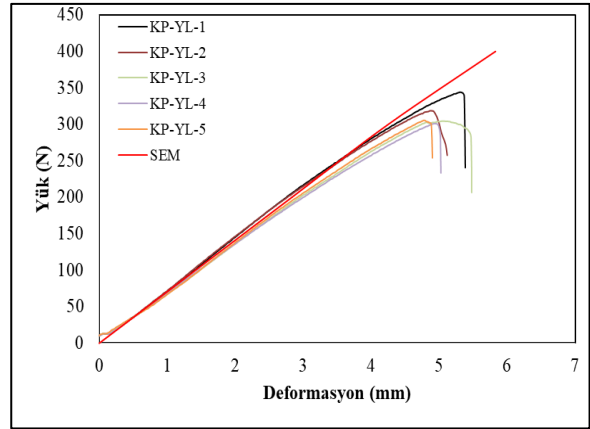
(a)



(b)



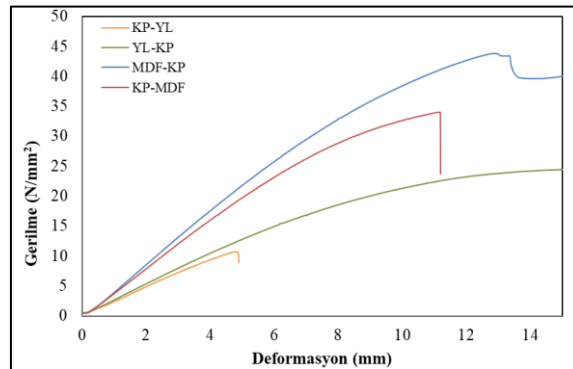
(c)



(d)

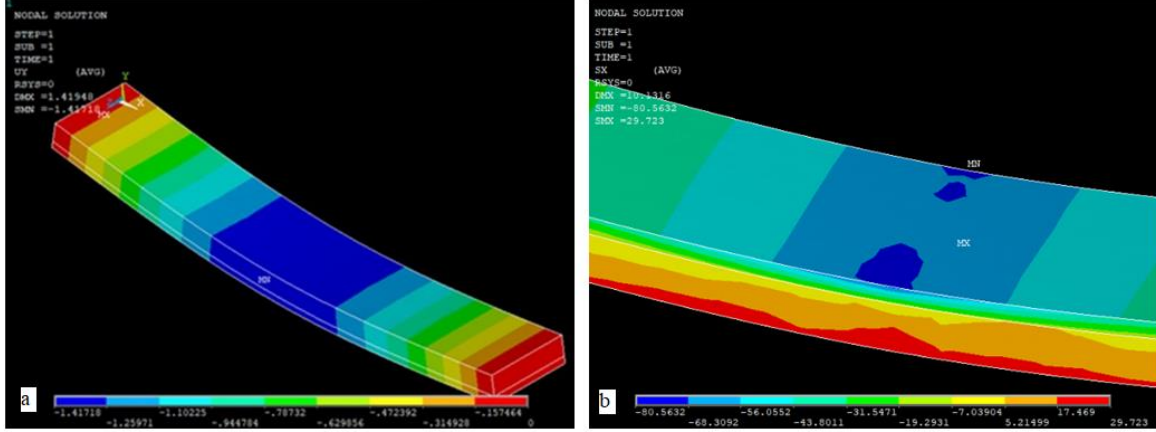
Şekil 5. Yük deformasyon eğrileri: MDF-KP (a), KP-MDF (b), YL-KP (c) ve KP-YL (d)

KP ile güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların birbirinden farklı eğilme davranışı gösterdiği görülmüştür. Basınç yüzeyinde yapılan güçlendirmelerde eğilme direnci anlamlı olarak değişmemiştir. Çekme gerilmeleri oluşan yüzeyde yapılan KP güçlendirme YL'da elastikiyet modülü yaklaşık iki katına çıkarmış, MDF örneklerinde ise %44'ün üzerinde artışa neden olmuştur. Şekil 6'da gösterildiği gibi KP ile güçlendirilmiş YL ve MDF levhalarda hem başlangıç elastikliği hem de maksimum gerilme açıkça farklı görülmektedir.



Şekil 6. KP ile güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların eğilme grafikleri.

Nümerik ve deneysel sonuçların karşılaştırılması, güçlendirilmiş levhalarda kırılma anına kadar olan deformasyon davranışının, ANSYS'in simülasyon sonuçlarıyla çoğunlukla iyi bir uyum içinde olduğunu göstermiştir. Nümerik modeller, güçlendirilmiş levhaların mükemmel bir şekilde yapılandırıldığını varsaymaktadır. Bu, KP ile MDF ve YL arasındaki tutkal tabakasında hiçbir zaman gözlemlenmeyen hasar ile doğrulanmıştır. Nümerik modeller daha detaylıdır ve daha yüksek kırılma olasılığının işareti olan gerilme konsantrasyonlarını göstermektedir (Şekil 7).



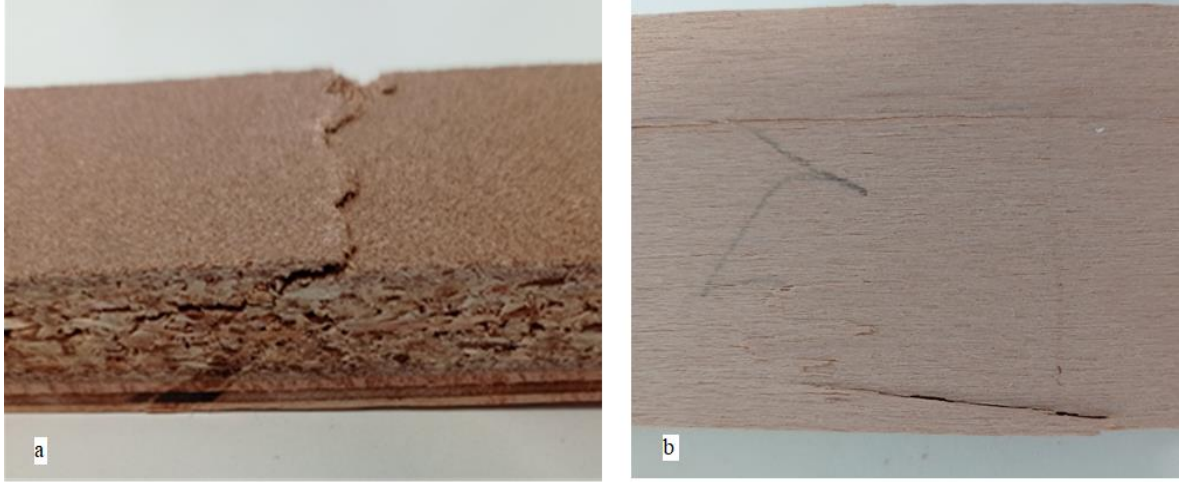
Şekil 7. Nümerik modelleme sonuçları Deformasyon (a) ve Gerilme (b)

Doğrusal olmayan davranışın nümerik modellemesi zordur. Çünkü ahşap esaslı levhaların elastoplastik davranışını tanımlayacak veriler literatürde mevcut değildir. Bu durum, modellemeyi önemli ölçüde zorlaştırmaktadır. Nümerik modellemede malzemelerin akma gerilmesi ve tanjant modülünün kullanılması, güçlendirilmiş YL ve MDF levhaların doğrusal olmayan davranışlarının ve daha kesin sonuçların elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

Literatürde yapılandırılmış malzemelerin eğilme yükü altında SEM modellenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalara rastlamak mümkündür. Çoğu çalışma, nümerik modeller ile deneysel sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğunu ortaya koymuştur (Alade ve ark., 2023). Bazı çalışmalarda deformasyonun daha az olduğu sonuçlar elde edilmiştir. Ahşap kullanılırken iç kusurlar veya düzensizlikler kaçınılmaz olduğundan, nümerik modellerin daha az deformasyon vermesi beklenebilir. Kljak ve ark., (2018), YL panellerin modellenmesinde üç katmanlı ortotropik model yerine izotropik modellerin kullanılmasının doğrusal-elastik limit dahilinde daha kesin sonuçlar verdiğini ortaya çıkarmıştır.

Nümerik modellerin doğruluğu, kullanılan elemanların türüne ve sayısına, geometriye ve yükleme şemasına bağlı olabilir. Katı elemanlar, düzlem elemanlara göre daha iyi tahmin sağlayabilir ve ikinci dereceden elemanlar, birinci dereceden elemanlara göre daha yüksek doğruluk derecesine sahiptir. Nümerik modellemede, basit eğilme modellemesinde orta düzeyde eleman sayısına ve izotrop eleman özelliklerine sahip *düzlem182* (4 düğüm) veya *katı186* (8 düğüm) gibi basit elemanlarla ağ yapısı oluşturmak doğru sonuçlar verebilir. Edgars ve ark., (2017) ve Kljak ve ark., (2018) tarafından bildirilen sonuçlar bu fikri desteklemektedir. Karmaşık yükleme şekilleri veya geometrileri, katı 186 (20 düğüm), ortotropik eleman özellikleri ve daha fazla sayıda eleman gibi yüksek dereceli ikinci dereceden elemanların kullanımını gerektirebilir. Ortotropik özellikleri kullanan doğrusal olmayan davranışla ilgili araştırmalar (Kljak ve Brezović 2007; Labans ve Kalnin, 2014; Smardzewski, 2019; Mohammadabadi ve ark., 2020) ahşap esaslı kompozitlerin modellenmesinde oldukça gerçekçi sonuçlar elde etmişlerdir.

KP ile güçlendirilmiş YL ve MDF levhalarda, yükleme yönünden bağımsız olarak görülen kırılma şekli benzerdir. Çekme yüzeyi güçlendirildiğine; kırılma YL veya MDF levha yüzeyinde başlayarak sırasıyla YL veya MDF levha orta kısmında kesme (makaslama) kırılması ve son olarak KP çekme kırılması şeklindedir (Şekil 8). Basınç yüzeyi güçlendirildiğinde kırılma YL ve MDF yüzeyden başlayıp kesme kırılması şeklinde sonlanmaktadır. Yonga veya lif esaslı ahşap levhalarda kesme direncinin özellikle orta tabakalarda zayıf olduğu iyi bilinmektedir; kusurların varlığı ve iç yapıya direncindeki farklılıklar kesme kırılmasına katkıda bulunabilir.



Şekil 8. Güçlendirilmiş YL'da kırılma şekilleri: YL-KP (a), KP-YL (b)

#### 4 Sonuç ve Öneriler

Çalışmanın sonuçları, KP ile güçlendirmenin YL ve MDF levhaların eğilme davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen çıkarımlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- KP ile güçlendirilmiş levhalar, KP ile güçlendirilmemiş levhalardan beklendiği gibi daha iyi eğilme özellikleri göstermiştir,
- KP ile güçlendirmede çekme gerilmelerinin olduğu yüzeyin güçlendirilmesi daha etkilidir,
- Çalışmada üretilen güçlendirilmiş levhaların eğilme davranışının tahmininde nümerik modeller başarıyla kullanılabilir,
- Farklı kalınlıklarda oluşturulacak yeni lamine malzemelerin davranışını tahmin etmek için sayısal modeller uyarlanabilir,
- Test edilen levha güçlendirilmiş levhaların davranışının doğrusal olmama durumu akma ve tanjant modülü kullanılarak başarılı bir şekilde tanımlanmıştır.

#### Yazar Katkıları

**Ergün Güntekin:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), proje yönetimi, metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, kaynaklar, görselleştirme, makale taslak oluşturma, makale yazma, inceleme ve düzenleme. **Mesut Uysal:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), proje yönetimi, metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, görselleştirme, inceleme ve düzenleme.

### Finansal destek beyanı

Finansal destek alınmamıştır.

### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemiştir.

### Kaynaklar



- Alade, A.A., & Ibrahim, A., (2023). Application of finite element method for mechanical characterization of wood and reconstituted lignocellulosic-based composites – A review, *Recent Progress in Materials* 5 (1), 1-24. DOI: [10.21926/rpm.2301003](https://doi.org/10.21926/rpm.2301003)
- Aydın, M., ve Yılmaz Aydın, T., (2017). Sandalye çerçevesinin CATIA ile sonlu elemanlar analizi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 621-631.
- Başboğa, H.İ., & Güntekin, E., (2016). The optimization of wood trusses connected with metal plates using ANSYS, *Pro Ligno*, 12(4), 12-20.
- Ceylan, E., Güray, E., & Kasal, A., (2021). Structural analyses of wooden chairs by finite element method (fem) and assessment of the cyclic loading performance in comparison with allowable design loads, *Maderas Ciencia y tecnología*, (23), 19, 1-16, DOI: [10.4067/s0718-221x2021000100419](https://doi.org/10.4067/s0718-221x2021000100419)
- Büyüksarı, Ü., Hızıroğlu, S., Akkılıç, H., & Ayrılmış, N., (2012). Mechanical and physical properties of medium density fiberboard panels laminated with thermally compressed veneer. *Composites: Part B*, 43 (2012), 110–114, DOI: [10.1016/j.compositesb.2011.11.040](https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2011.11.040)
- Clough, R.W., (1960). The finite element in plane stress analysis, Proc.2nd A.S.C.E.Conf.on Elektronik Computation, 345-378, 1960.
- Edgars, L., Kaspars, Z., & Kaspars, K., (2017). Structural performance of wood based sandwich panels in four-point bending, *Procedia Engineering*, 172: 628 – 633, DOI: [10.1016/j.proeng.2017.02.073](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.073)
- Güntekin, E., (2004). Kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin sonlu elemanlar analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 159-169.
- İstek, A., Aydemir, D., & Aksu, S., (2010). The effect of décor paper and resin type on the physical, mechanical, and surface quality properties of particleboards coated with impregnated décor papers, *Bioresources*, 5(2),1074-1083
- Kasal, A., (2006). Determination of the strength of various sofa frames with finite element analysis. *G.U. Journal of Science*, 19(4), 191-203.
- Kaygın, B., Yorur, H., Uysal, B., (2016). Simulating strength behaviors of corner joints of wood constructions by using finite element method, *Drvna industrija*, 67(2), 133-140. DOI: [10.5552/drind.2016.1503](https://doi.org/10.5552/drind.2016.1503)
- Kljak, J., & Brezović, M., (2007). Influence of plywood structure on sandwich panel properties: Variability of veneer thickness ratio, *Wood research*, 52(2), 77-88.
- Kljak, J., Španić, N., & Jambrekić, V., (2018). Comparison of finite element models for particle boards with homogenous and three-layer structure, *Drvna Industrija*, 69(4), 311-316. DOI: [10.5552/drind.2018.1764](https://doi.org/10.5552/drind.2018.1764)
- Labans, E., & Kalnins, K., (2014). Experimental validation of the stiffness optimization for plywood sandwich panels with rib-stiffened core. *Wood Research*, 59(5), 793-802.



- Matwiej, L., Wieruszewski, M., Wiaderek, K., & Pałubicki, B. (2022). Elements of designing upholstered furniture sandwich frames using finite element method, *Materials*, 2022, 15, 6084. DOI: [10.3390/ma15176084](https://doi.org/10.3390/ma15176084)
- Mohammadabadi, M., Yadamab, V., & Smith, L. (2019). An analytical model for wood composite sandwich beams with a biaxial corrugated core under bending, *Composite Structures*, 228, 111316. DOI: [10.1016/j.compstruct.2019.111316](https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111316)
- Norvydas, V., & Minelga, D. (2006). Strength and stiffness properties of furniture panels covered with different coatings. *Materials Science (Medžiagotyra)*. 12(4), 328-332.
- Smardzewski, J. (2019). Experimental and numerical analysis of wooden sandwich panels with an auxetic core and oval cells, *Materials & Design*, 183: 108159. DOI: [10.1016/j.matdes.2019.108159](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108159)
- Tekkaya, A.E., & Soyarslan, C., (2014). Finite element method. In: Laperrière, L., Reinhart, G. (eds) CIRP encyclopedia of production engineering, Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [10.1007/978-3-642-20617-7\\_16699](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20617-7_16699)
- TS EN 310 (1999), Ahşap esaslı levhalar-Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 312 (2012), Yonga levhalar – Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 322 (1999), Ahşap esaslı levhalar-Rutubet miktarının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 323 (1999), Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 622-5 (2011), Lif levhalar - Özellikler - Bölüm 5: Kuru işlemlenmiş levhalar (MDF) için gerekler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, T., ve Güntekin, E., (2012). Sandalye çerçevelerinin sonlu elemanlar analizi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13: 134-139.
- Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., & Zhu, J.Z., (2005), The finite element method: its basis and fundamentals, Elsevier Butterworth-Heinemann publications, 802 p.



### Circular economy awareness and motivations in the furniture industry: İnegöl as a microcosm of global south dynamics

Serkan Bayraktaroğlu<sup>1\*</sup>, Yasemin Soylu<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** This study examines the distinctive characteristics of circular economy (CE) transitions in the Global South with the aim of elucidating the complex dynamics. The furniture cluster in İnegöl, Türkiye, is employed as a case study. A circular economy awareness survey is employed to illustrate the current perspective of the industry. In total, 40 companies from the cluster were reached, and the results were analysed using thematic analysis and descriptive statistics. Furthermore, a semi-structured interview was conducted with a key figure within the ecosystem to gain a deeper understanding of the barriers and motivations for potential CE transitions. The study's key findings reveal that companies operating in the Global South have less awareness of the coverage of CE with applications confined to waste reduction and energy efficiency in comparison to the Global North. Additionally, new design and innovation efforts are not identified among the expected benefits related to implementing CE. This paper highlights the fact that exporting companies from the Global South may face challenges for sustaining their competitive advantage in EU markets, particularly after the 2026 Net Zero CO<sub>2</sub> Plan due to their limited understanding of CE.

**Keywords:** Circular Economy, Furniture Industry, Design, Global South, İnegöl Furniture

### Döngüsel ekonomi farkındalığı ve mobilya endüstrisindeki motivasyonlar: küresel güney dinamiklerinin bir mikrokozmosu olarak İnegöl

**ÖZ:** Bu çalışma, karmaşık dinamikleri aydınlatmak amacıyla Küresel Güney'deki döngüsel ekonomi (DE) geçişlerinin ayırt edici özelliklerini incelemektedir. İnegöl, Türkiye'deki mobilya kümelenmesi bir vaka çalışması olarak kullanılmıştır. Araştırma, endüstrinin mevcut perspektifini göstermek için döngüsel ekonomi farkındalık anketi kullanmaktadır. Kümeden toplamda 40 şirkete ulaşılmış ve sonuçlar tematik analiz ve tanımlayıcı istatistikler kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca, potansiyel DE geçişlerinin engellerini ve motivasyonlarını daha iyi anlamak için, ekosistemin önemli bir figürüyle yarı yapılandırılmış bir mülakat yapılmıştır. Çalışmanın ana bulguları, Küresel Kuzey'e kıyasla, Küresel Güney'de faaliyet gösteren şirketlerin DE kapsamına yönelik daha az farkındalığa sahip olduğunu ve uygulamaların atık azaltımı ve enerji verimliliği ile sınırladığını göstermektedir. Ayrıca, yeni tasarım ve inovasyon çabaları DE'nin uygulanmasıyla ilgili beklenen faydalar arasında tanımlanmamıştır. Bu makale, Küresel Güney'den ihracatçı şirketlerin, döngüsel ekonomi konusundaki sınırlı anlayışları nedeniyle yakın gelecekte, özellikle AB'nin 2026 Net Sıfır CO<sub>2</sub> Planı sonrasında, AB pazarlarında rekabet avantajlarını sürdürmede zorluk yaşayabilecekleri gerçeğine işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Döngüsel Ekonomi, Mobilya Endüstrisi, Tasarım, Küresel Güney

Article history: Received:26.04.2024, Accepted:28.05.2024, Published:30.06.2024.\*e-mail: serkanbayraktaroglu@istanbul.edu.tr

<sup>1</sup>Istanbul Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, İstanbul/Türkiye,

<sup>2</sup>Istanbul Bilgi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü Öğretim Üyesi ve ÇESUAM Araştırmacısı, yasemin.soylu@bilgi.edu.tr, İstanbul/Türkiye.

To cite: Bayraktaroğlu, S., & Soylu, Y., (2024), Circular Economy Awareness and Motivations in the Furniture Industry: İnegöl as a Microcosm of Global South Dynamics, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 7 (1), 38-53,

DOI: [10.33725/mamad.1474192](https://doi.org/10.33725/mamad.1474192)

## **1 Introduction**

The Circular Economy (CE) concept, which aims to extend product life cycles and minimise resource use and waste, is gaining traction in the business world (Suchek et al., 2022; MacArthur, 2013; Bocken et al., 2017). However, its implementation faces challenges related to costs, legislation, and managerial issues (Sarja et al., 2021; Acerbi and Taisch, 2020; Govindan and Hasanagic, 2018; de Jesus and Mendonça, 2018; Hoag et al., 2002). Transforming organizational structures and manufacturing techniques is necessary however it is a demanding process (Dubey and Bansal, 2012; Briguglio et al., 2021). CE and sustainability efforts also depend on the socio-economic structure of the society, the sector, market dynamics, legal regulations, openness of organizations to change and innovation (Pieroni et al., 2021). Often, the initial CE awareness is identified as a crucial barrier for firms to adopt CE principles (Kumar et al., 2019). Thus, there might be differences in transformation processes between the Global North and the Global South.

The furniture industry, which is vital for Global South economies and closely tied to civil construction and urbanization, faces sustainability challenges due to its reliance on virgin materials (de Oliveira et al., 2018; Azizi et al., 2016; Iritani et al., 2015). While Turkish manufacturers are making strides in waste reduction, they lag in resource productivity and waste management compared to EU standards (Koska and Erdem, 2023; Azizli, 2021). The study focuses on İnegöl that is a furniture industry cluster comprising 3000 companies (Url-1) located at the western of Türkiye surrounded by natural forests which have been the major resource for the industry for decades. İnegöl made 716 Million USD in furniture exports corresponding to 18% of Türkiye's total furniture exports in 2022 (Url-1). Türkiye had 2,06% share in global furniture exports with 4.6 Billion USD in furniture exports (Url-1) while Iraq, Germany and the US are Türkiye's three major export markets (Url-1).

This study addresses the following research questions by conducting an in-depth examination of the İnegöl case: i) what are the organizational awareness levels related to CE (if any?) at furniture companies operating in the İnegöl cluster? (ii) what are the major motivations and barriers in adopting CE capabilities and skills in the furniture industry in the Global South? and (iii) what are the potential design and policy implications of CE transitions in the Global South? The findings have the potential to offer insights for policymakers, industry stakeholders, and researchers in forming strategies for sustainable development in regions with distinct economic landscapes. The study also aims to address existing knowledge gaps by providing a detailed examination of the circular economy transitions in the Global South compared to the Global North.

The aim of this study is to explore motivations and barriers to CE transition in the Turkish furniture industry contributing to a broader understanding of sustainability efforts in design and production.

### **1.1 CE transition trajectories of global south**

Transition to CE requires a widespread strategy that takes economic, cultural and organizational characteristics into account. Countries of the Global North are often identified by their developed economies, levels of industrialization, infrastructure and technology, and higher income (Adomako et al., 2023; Odeh, 2010). Global South is associated with resource scarcity, low industrialization and developing economies (Pieterse, 2000). A nuanced understanding of the CE in the Global South requires the identification of specific challenges and opportunities derived from the socioeconomic environment, availability of resources and legislative frameworks (Muchangos 2022; Schröder et al., 2019).

Although industrialization levels and challenges may vary, the Global South is often characterized by (i) less advanced industrial and service sectors, (ii) lacking advanced technologies for facilitating CE practices such as smart manufacturing, waste management and recycling technologies, (iii) resource constraints hindering adoption of cutting-edge technologies, (iv) lack of advanced infrastructures for waste collection and recycling practices, and (v) underdeveloped regulations and legislations for environmental and social sustainability (Odeh, 2010). The CE practices in the Global South often face challenges such as improving environmental damage tracking, increasing the impact of waste minimization initiatives, and overcoming high implementation costs (Hira et al., 2022; Tahulela and Ballard, 2020). However, the countries of Global South have certain advantages for a potential leapfrogging by directly adopting newer and more sustainable technologies compared to developed economies which would also potentially make a significant improvement in the chronicle problems such as unemployment, waste, pollution and energy dependency (Schröder et al., 2019).

Regional characteristics are crucial factors fostering companies to develop eco-innovations (Arranz et al., 2022, Stern and Valero, 2021). Not only common cultural barriers such as consumer awareness and company culture but also market related barriers including low virgin material prices and high investment costs are identified as barriers to a transition to CE (Jan 2022; Kirchherr et al., 2017). Smaller companies often consider cost savings and compliance with the legislation over circular strategies (Ormazabal, 2018). Companies often voluntarily undertake environmental management practices due to customer-oriented approaches and differentiation strategies in developing countries (Tatoglu et al., 2020).

## **1.2 İnegöl: mass produced artisan furniture manufacturers' cluster of Türkiye**

The furniture industry began its industrial production in the 1970s in Türkiye. Currently, there are approximately 61,728 furniture establishments, employing 258,213 workers and operating in cities like Istanbul, Ankara, Bursa, Kayseri, Izmir, and Adana with automation beginning in the 2000s (Serin et al., 2014). The furniture cluster of İnegöl is situated in Bursa and comprises 3000 companies as of 2023 (Url-1). İnegöl has a rich history in furniture production starting from the Ottoman period by crafting oars for the navy. A systematic growth of furniture manufacturing was observed since 1943 after the establishment of the Turkish Republic (Url-1). İnegöl concentrated on the production of chairs during the 1960s. The İSTAŞ cooperative was established for the production of chipboard, specifically MDF and particleboard in the early 1980s (Araz and Yaşar, 2020). Since then, İnegöl not being a heavily populated city has shifted towards mechanized production turning craftsmanship into mass production. The internationalization of the sector was boosted by the increasing number of furniture fairs in the early 1990s. Local furniture fairs have improved in size, quality, and frequency since 1985. These events have become crucial for the industry and the city of İnegöl by being regularly organized twice a year (Url-2). The Turkish furniture sector is pioneering, developing new products and concepts, and keeping a close eye on global trends.

## **1.3 Circular economy in the scope of İnegöl furniture industry**

The literature examining CE in the context of the furniture industry frequently highlights the depletion of resources and deforestation (Azizi et al., 2016; Iritani et al., 2015), supply chain collaborations (Susanty et al., 2020), extended producer responsibility (Nozharov, 2019), industrial symbiosis and circular product concepts (Oliveira et al. 2020), solid wood recovery strategies (Husgafvel et al., 2018), standardization of components, introduction of modular products, using reclaimed materials, and improving reuse practices (Agrawal et al., 2021; Wicaksono and Kadafi, 2020; Barbaritano et al, 2019; Azizi et al., 2016). Improvement

of manufacturing processes and overcoming organizational changes in the framework of CE requires a systemic transition (Yalçın and Foxon, 2021), establishing new business models (Koszevska and Bielecki, 2020), and effective reuse and recycling strategies in furniture industry (Barbaritiano et al., 2019).

The furniture manufacturers of İnegöl have made relative progress towards increasing the share of renewable energy use in their overall consumption (Bursa Belediyesi, 2022) which is a common pattern in overall Türkiye due to introduced legislations encouraging renewable energy production and consumption (Çelik and Özgür, 2020; Eser and Polat, 2015). The furniture manufacturers of İnegöl deal with reducing the waste by increasing the recycling capacities within the waste treatment regulations of the local municipality (Gödel and Beyhan, 2021; Salihoğlu et al., 2019) in line with the zero-waste initiative of the government (Ayçin and Kayapınar, 2021). The furniture manufacturing industry is making strides to lessen its environmental footprint, particularly in chemical usage during painting and chipboard production (Syeda et al., 2022; Vaajasaari et al., Adhikari and Ozarska 2018). Transitioning to eco-friendly materials is a significant move for İnegöl's ecosystem. Challenges like water consumption and inadequate filtration systems need addressing (Adhikari and Ozarska 2018). Furthermore, the absence of environmental regulations and industry norms may hinder the shift towards a CE.

## **2 Method**

### **2.1 Research method**

This study uses a qualitative approach to investigate awareness levels and barriers to CE in İnegöl furniture companies due to the exploratory nature of the research. The main data collection method was an online survey utilizing the questionnaire developed by Kumar et al. (2019). The survey was prepared on the Qualtrics platform and the link was sent to the companies among the İnegöl's furniture exporters list. The online survey consists of 28 questions including 12 company profile and demographics related questions, four open-ended questions about the circular economy concept, two questions about employees' awareness of the circular economy and ten questions adapted from Kumar et al (2019) which are presented in Figure 2.

The Waste Hierarchy Framework developed by Potting et al., (2017) was used to analyse qualitative data on the transition from linear to circular economy. The framework suggests 10 strategies for transition from linear to circular economy with the highest-level strategies (refuse, rethink, reduce) focusing on the efficient use of products and manufacturing operations.

Thematic analysis was also used to develop additional categories to analyse qualitative data. Additionally, we used Qualtrics based descriptive statistics to elaborate on the survey results and interpret data clearly and concisely. Moreover, a semi-structured interview with a key person from a major NGO focused on furniture manufacturers in İnegöl was conducted to gain a better understanding of the cluster and its circular economy perspectives.

### **2.2 Sample Population of Survey**

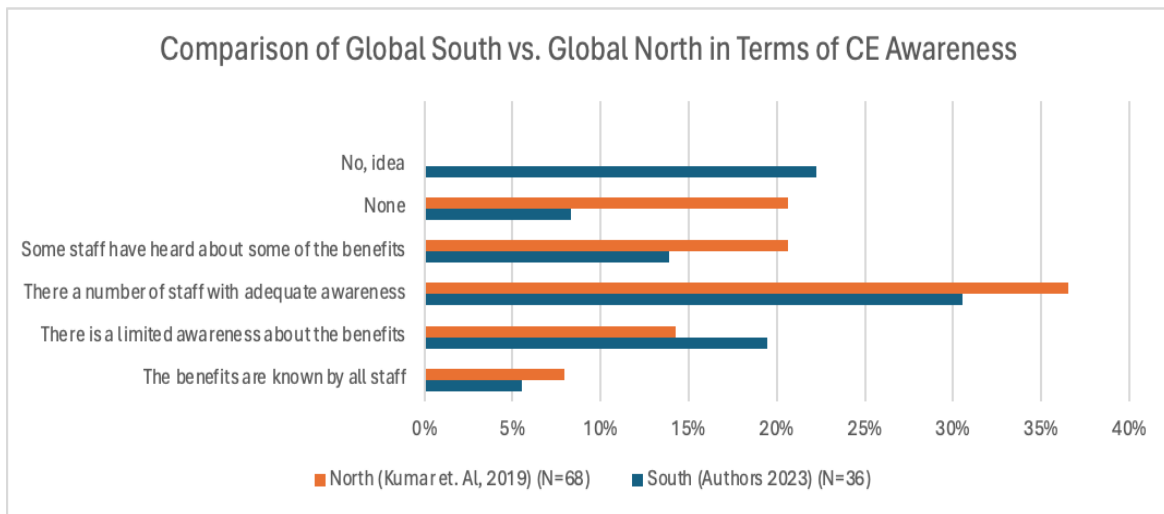
In their research, Kumar et al. (2019) use 63 valid responses received from the survey conducted in developed economies (EU and UK) from various industries from automotive to paper products. We used the list obtained from the İnegöl Furniture Manufacturers Association, which contains 198 exporter members, to gather a deeper understanding of the CE awareness of the Turkish furniture industry (Url-3). We decided to approach them initially as we assumed that exporting companies are more likely to be knowledgeable about the

circular economy. We received 40 valid responses (with a response rate of 20%) between September-December 2023. The survey encompassed responses from 40 firms predominantly medium and small-sized enterprises. There were 4 large size ( $n > 250$ ), 21 medium size ( $250 > n > 50$ ), 11 small size ( $50 > n > 10$ ) and 3 micro size ( $n < 10$ ) companies in the sample. The minimum export to sales ratio turned out to be 10% whereas the maximum was 100% with a mean of 50,61 % (SD. 24,63%).

### 3 Findings and discussions

#### 3.1 Organizational awareness levels to circular economy

21 companies out of 36 indicated prior awareness of the circular economy concept while 15 had not encountered it in our findings. Moreover, approximately one-third (13/36) of the surveyed firms claimed involvement in circular economy-related activities (Figure 1).



**Figure 1:** Comparison of Global South vs. Global North in Terms of CE Awareness

Open-ended questions revealed that only five R's were mentioned in the survey responses (see Table 2). Responses highlight that the industry is generally familiar with the concept of recycling. Interestingly, none of the respondents mentioned "recovery" in their answer, yet it is a common practice in the industry to incinerate the leftover wooden parts in the facility according to our interview. The concept of "waste" was highlighted as a critical issue of the CE and identified as an additional category in the thematic analysis. Moreover, cost reduction expectations aligned with optimizations in production processes and increased quality were identified as other prominent categories by gaining economic advantage through design.

The common practice of incineration, which is the lowest level of the waste hierarchy, corresponds to the CE challenges of the Global South such as the lack of developed infrastructures for waste collection, increasing the impact of waste minimization initiatives, recycling and reuse practices highlighted in the literature (Hira et al., 2022; Tahulela and Ballard, 2020; Odeh, 2010;). Yet, it is possible to argue that the sector is somehow aware of the potential of CE transitions to contribute to tackling the country's chronic economic and environmental problems which could also contribute to the leapfrogging potential (Schröder et al. 2019).

Furthermore, none of the respondents mentioned eliminating the usage of hazardous chemicals or composite compounds unable to be recycled as potential improvements for CE. It is noteworthy that two respondents have identified societal transformation and reduction of



consumption as elements of their conceptualisation of CE. However, it is unclear how these concepts are operationalised in practice.

**Table 1.** Survey Analysis of Open-Ended Questions

<b>Open ended questions</b> (x) frequency of the same answer <b>Q1:</b> What do you think the circular economy concept is about? Can you explain it with a few words that come to your mind immediately? 26 participants answered. (n=35) <b>Q2:</b> What are the 3 pillars of a circular economy? 14 participants answered (n=35)			
<b>Thematic analysis of open-ended questions</b>			
<b>Waste Hierarchy Categories Adopted from (Potting et al., 2017)</b>		<b>Additional Categories</b>	
Refuse	None	Waste	transformation of waste to regain for economy, regeneration instead of disposal (2), using materials with zero waste, minimum waste, ringing waste back to economy, preventing waste (3)
Rethink	None		
Reduce	reduce (5)		
Reuse	reuse (6) and long term,	Economic advantage	design, value added product, transformative products, shaping economy, profitability, opportunity cost, marginalism, effective markets, competitive advantage, repetition of economy, econometrics, saving
Repair	repair (2)		
Refurbish	renew (2)		
Remanufacture	None	Sustainability	sustainability (3), long term use (3), transforming society- not consuming (2), regenerative energy, regenerative, repeating, ongoing, operating
Repurpose	None		
Recycle	recycle (14), recycle & long term, recycle & profitability (2), using recyclable materials, production based on recycle, a production & consumption based recycle recyclable process	Production processes	production, quality increase, sustainable production & raw material process, efficient prod. for the manufacturing industry, optimization
Recover	None		

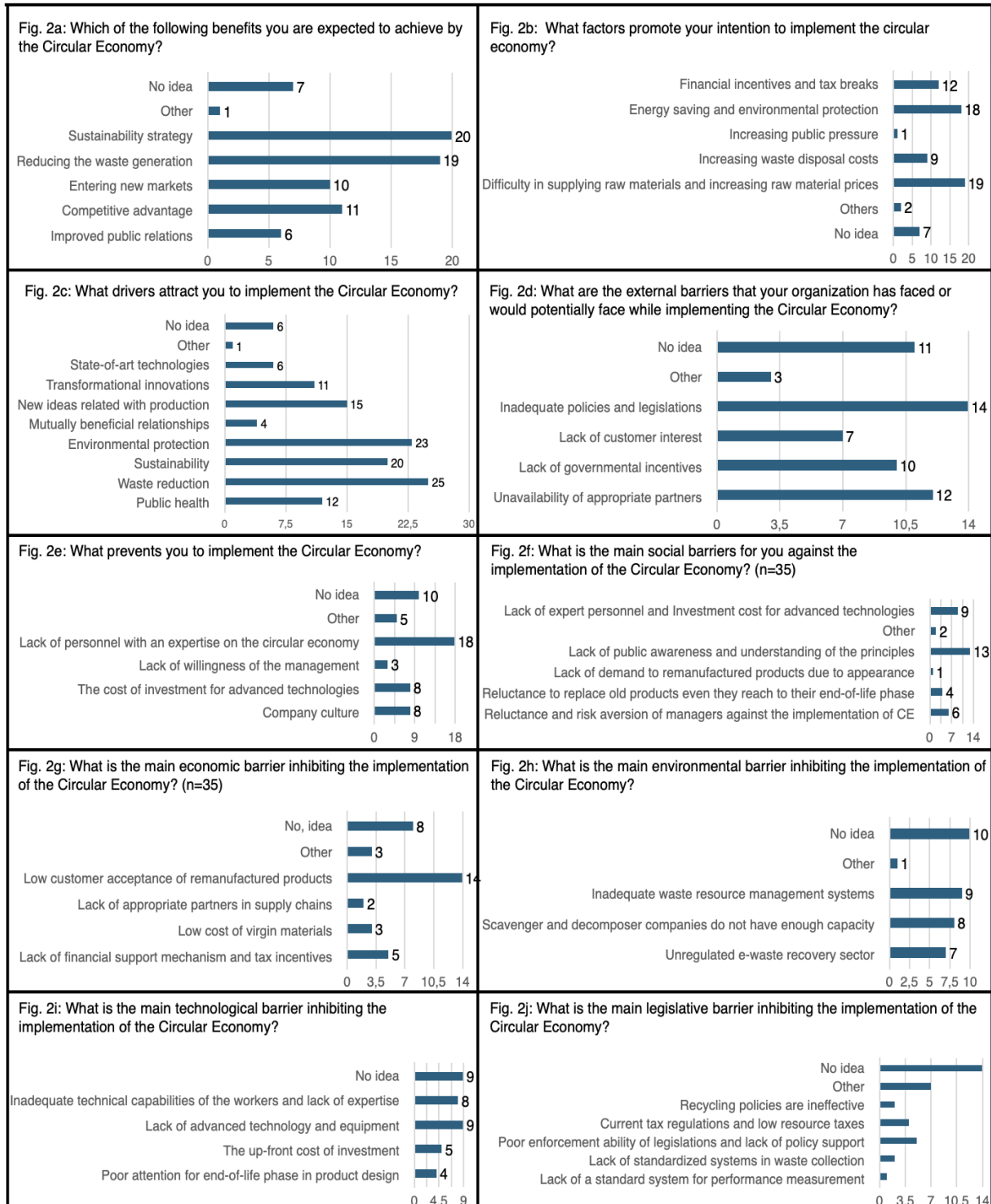
### 3.2 Motivations to circular economy

Companies are adopting circular economy strategies to enhance sustainability, gain competitive advantage, and expand into new markets. Import-export regulations are crucial for Turkish furniture manufacturers to implement circular economy strategies, particularly in European countries. Local engagement with municipal regulations also influences waste reduction, leading to the development of specific waste management and treatment protocols. These factors are intertwined in achieving sustainable growth.

#### 3.2.1. Environmental protection, reduction of waste and energy costs

Reducing waste generation (26,76%) and sustainability strategy (26,76%) were mentioned as top-ranking benefits of adopt CE (Figure 2a) which were similar with the existing literature and did not highlight a nuance between developed and developing countries. Mostly economic factors such as increasing resource prices and scarcity (27.94 %), and energy saving and environmental protection (26,47 %) were found to be the top-ranking factors promoting the intention to implement the circular economy by İnegöl exporters (Figure 2b). Energy saving and environmental protection were also mentioned by Kumar et. al. (2019) as the top-ranking factor in developed countries.

Waste reduction (20.16 %) and environmental protection (18.55 %) were identified as the most attractive drivers to implement CE (Figure 2c) which differs from the existing literature. While Kumar et. al (2019) illustrated that sustainability and new ideas related with production are major drivers to attract manufacturers to implement CE in addition to waste reduction.



**Figure 2.** Findings Related to the Benefits and Barriers to CE

### 3.2.2. Reuse of materials and components

We inquired about the exemplary activities undertaken by the respondents' companies about the circular economy. Three respondents elaborated on the use of faulty products and waste for R&D purposes and samples. Respondents indicated that the residual materials from

the wooden frame, fabric, and polyurethane foam, which have not been sold, are frequently utilized as a filler for cushions. One participant indicated that wood pieces that would otherwise be destined for recycling are utilized for the production of regular products. Additionally, respondents noted the reuse of packaging waste and further elaborated that sponges and nylon are recycled. One of the respondents elaborated in detail about the activities in the company related circular economy and concluded with an example of CE implementation: "...CE is about creating different values from a single material, for example, designing a coffee table from the remaining part of a ceramic painting after being used on the table."

### **3.2.3. Introduction of supportive legislations and potential export markets**

The furniture companies in İnegöl are prohibited from discarding waste materials such as particleboard, MDF board, fabric, and sponges according to our interviewee (Interviewee 1, 2024). These waste materials are collected in separate containers designated for each company and the companies pay a certain fee for these containers. While particleboard materials are sent back to production factories for recycling, sponge and fabric remnants can be recycled to some extent. Consequently, it can be argued that the improvements in the companies' sustainability performances, especially in terms of recycling, are a consequence of local municipalities' waste management legislation.

### **3.2.4. Economic advantage**

Existing research on furniture clusters indicates that CE necessitates a diversification of practices beyond conventional recycling (Ghisellini and Ulgiati, 2020). Furthermore, our findings suggest that the furniture industry of İnegöl tends to approach CE from an economic advantage perspective. They anticipate that CE might enhance their profitability, gather competitive advantage, facilitate the development of value-added products, and facilitate cost reduction through transformative products. However, they were unable to identify any production process-related innovations that could support such a change except optimisation, quality and efficiency. Consequently, it can be argued that the industry is still unfamiliar with higher-order strategies such as the waste hierarchy, design-driven sustainability and business model innovation.

## **3.3 Barriers to circular economy**

### **3.3.1 Lack of government policies**

Participants were asked about the CE barriers from the social, economic, environmental, technological and legislative perspectives. Remarkably, companies recognize inadequate policies and legislations (24,6%), and the unavailability of suitable partners (21%) as a significant external barrier to overcome in implementing CE initiatives as illustrated in Figure 2d. The lack of government incentives was identified as the top-ranking factor in developed countries (Kumar et al, 2019). In our study, 37.14 % of the participants stated the lack of public awareness and understanding as the main social barrier to CE. This finding is parallel with the existing literature (Kumar et al. 2019; Benton et al., 2015). There is an effective resource management in the scope of forestry according to the interviewee. However, it is not possible to claim that industrial forestry or similar applications are encouraged with regulations (Interviewee 1, 2024).

While circularity in Europe is supported by the state, İnegöl is still developing in terms of sustainability since such support has not yet developed in Türkiye. (Interviewee 1, 2024). They may lack preparation about the directives in the framework of the Green Deal which will be implicated in the near future. Yet, the lack of government-level plans and detailed net-

zero CO<sub>2</sub> plans also make the process challenging for firms. Many industries will probably experience a decline in market share including the Turkish furniture industry which currently has Germany as its second largest export market. As our interviewee highlighted, İnegöl in terms of CE applications in the context of the Green Deal has initiated four EU-supported projects all of which relate to the use of renewable energy sources (Interviewee 1, 2024). On the other hand, our interviewee claims that the İnegöl furniture exporters will quickly respond to the changing legislations and market expectations:

*İnegöl has the capacity to adapt to the trend of circular economy and sustainable design when it becomes a global trend as a city and production center that follows trends. The trends always come from the West and we follow them. So far, we have not observed a dominant trend for circular furniture design in the global market. When we do, we will be ready to adapt to it as usual.* (Interviewee 1, 2024)

A recent case study of a furniture company in Türkiye revealed that the evaluated company's operations aligned with CE principles (Şenkal, 2023). Germany is part of the Green Deal initiative as a significant export market for Türkiye. Therefore, Türkiye should adopt the Net Zero CO<sub>2</sub> Plan until 2026 despite currently lacking policies in this area (TUSIAD, 2021). Consequently, it is possible that Türkiye may have to consider shifting its export markets instead of fully adopting the Green Deal goals. Demirel and Kesidou (2019) posit that companies must cultivate their capabilities to effectively navigate regulatory processes.

### **3.3.2. Lack of partnerships and expertise**

Although industrial symbiosis and supply chain collaborations are highlighted as critical CE strategies in the scope of furniture industry (Susanty et al., 2020; Oliveria et al. 2020), our respondents exhibit less enthusiasm towards embracing mutual benefits or fostering increased industrial symbiosis such as an ecosystem approach through circular economy transitions as seen in Figure 2c. This reluctance could stem from a limited perception of the potential mutual benefits between industries or a relatively conservative stance towards adopting circular transformational innovations in the Global South.

As seen in Figure 2e, respondents identify a lack of personnel having expertise in CE as a factor preventing them to implement CE (n=18). This perception may deter their adoption of circular practices. Furniture manufacturers of İnegöl perceive the cost of advanced technology investment as a less important factor (Figure 2e) compared to the survey results of Kumar et. al. (2019) which points out investment for advanced technologies as the main factor preventing companies to implement CE strategies. The reason behind this difference might be stemming from the industry's perception of circular products and processes as not requiring technological novelty.

### **3.3.3 Lack of public awareness and consumer interest**

İnegöl's furniture manufacturers consider increasing public pressure notably less as a factor promoting their intention to implement circular economy (Figure 2b) which might be a common barrier for industries of the Global South to adopt CE strategies compared to the results of the study of Kumar et. al. (2019).

From the economic perspective low customer acceptance of remanufactured products with 40% was identified as the main barrier which does not align with the findings of Kumar et al. (2019) and Benton et al. (2015). The former study identified the lack of appropriate partners in the supply chain and the latter study mentioned the lack of financial support mechanisms as the main barriers. However, Hazen et al. (2017) identified consumer's attitudes toward

remanufactured products as an important moderating factor in predicting consumer switching behaviour to remanufactured products. Panwar (2023) highlighted the importance of cultivating market support and pushing for regulations at the same time. We conclude that Global South customers are less willing to accept remanufactured products compared to Global North customers according to the industry.

Existing research indicates that levels of public awareness and pressure concerning sustainability are relatively low in Türkiye compared to EU countries (Korkmaz, 2018; Nazli, 2016). Consequently, increasing public pressure is not a motivating factor for companies to adopt CE strategies as illustrated in Figure 2b. However, respondents identify lack of public awareness (Figure 2f) and understanding about CE principles (n=13) as the main social barrier for implementing CE strategies. Similarly, low consumer acceptance of remanufactured products (n=14) represents a significant social and economic barrier impeding the implementation of circular economy practices in Türkiye as illustrated in Figure 2g.

### 3.3.4. Lack of understanding on CE obstacles

Figures 2h and 2i demonstrate that furniture manufacturers in İnegöl lack a clear understanding of the environmental and technological obstacles associated with the circular economy. 28.57% of participants indicated that they were unaware followed by 27.71% who cited inadequate resource and waste management systems with regard to environmental barriers. We identified a significant emphasis on recycling in open-ended questions which allowed us to conclude that the respondents' awareness and knowledge of the circular economy is limited and often only linked to waste and resource management. Kumar et al. (2019) have also identified inadequate waste and resource management systems as the key environmental barriers to CE. The lack of advanced technology was identified as the primary obstacle (25.71%) from the perspective of technical barriers in alignment with existing research (Kumar et al., 2019).

Regarding legislative barriers, 40% of the participants stated that they had no idea which was expected since there was little trace of CE awareness and applications in a developing country context. Ineffective recycling policies and tax regulations were identified as the most important factors in developed countries. De Jesus and Mendonça (2017) claim that academic literature still focuses mostly on technologically-based innovation and grey literature sources (and in particular EU reports) increasingly refer to systemic innovation barriers in CE. We identified both technological and systemic barriers to CE in our study. On the other hand, we believe that it is important to point out the high ratio observed in the “I have no idea” choice. Figure 3 demonstrates the ratio of the ‘I have no idea’ responses for each factor.

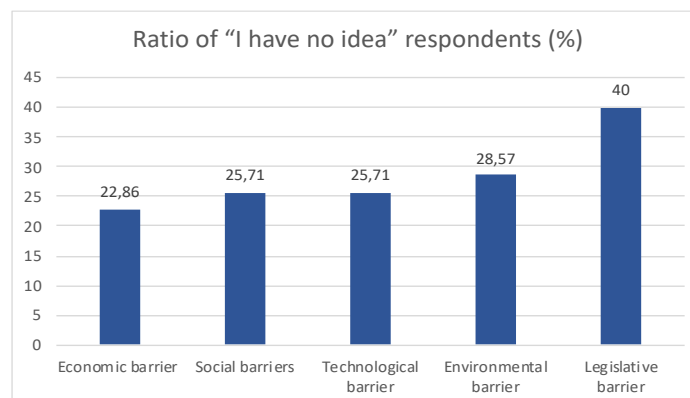


Figure 3. Rate of “No Idea” Respondents on External Factors

At least one fifth of the population was unaware of the barriers related to the CE as illustrated in Figure 3. This may be considered as a sign of low awareness about CE. In particular, legislative barriers were the least familiar to our participants compared to all external factors. They were found to be quite confusing and difficult for them to envision.

### **3.4. Patterns of adoption of CE strategies in global south**

Companies in emerging markets may voluntarily enhance their processes in response to customer expectations or in alignment with their differentiation strategies (Tatoglu et al., 2020). Our findings indicate that furniture manufacturers in İnegöl are attempting to improve their products and processes in response to external factors such as the potential loss of a market or the introduction of new legislation. This may be a common pattern in the Global South.

Industries are more willing to adopt CE strategies that have primarily cost-cutting effects such as waste reduction, process optimization, recycling, reuse, and renewable energy use; and are more distant from innovations that require long-term relationships, technological investment and systemic changes. The results don't support new ideas or innovation expectations in our findings. The respondents were mainly concerned with the optimization of processes and efficiency to tackle the challenges of CE transitions while design and innovation were not identified among their top strategies. Additionally, government policies, legislations and market pressure might be a driving engine for industries in the Global South.

#### **3.4.1 Design and policy implications**

Our study shows that furniture firms in İnegöl have material selection level design strategies and process optimisation approaches for CE. However, the circular design also covers more advanced approaches such as modularisation, extended producer responsibility and improved reparability. Implementation of such strategies requires the cooperation of various sectors. The introduction of government policies that support cross-industry partnerships and legislation that incentivises industry transition to respond to advanced market requirements will be beneficial for CE transitions in the Global South. Furthermore, industry awareness of CE strategies, benefits and barriers can be increased through training programmes, university-industry collaborations and CE-focused competitions and fairs.

## **4 Conclusions**

This study aimed to reach the large population of the İnegöl furniture manufacturers and reflects the preliminary results of the research due to the limited number of respondents (20% of total population). It is not possible to claim that the study represents statistically meaningful results, yet, survey results provided enough data (n=40) to analyse the awareness levels qualitatively. Increasing the number of semi-structured interviews with participants not only from the manufacturers but also from local municipalities and policy makers would be a future study to gain a better understanding about the ecosystem and to develop elaborated policy recommendations.

- In our study, awareness related to CE was found to be low among furniture exporters of İnegöl. We identified substantial emphasis on recycling and resource management in open-ended questions. CE related exemplary applications were confined to the reuse of materials such as sponge, nylon, wood and ceramic. This can be also considered as a sign of the limited awareness and knowledge of the respondents about CE.
- According to our study, cost saving and efficiency are prominent motivational factors related to the circular economy which reflects the Global South perspective.



- We also found that customers from the Global South are less willing to accept remanufactured products compared to the developed market customers.
- Looking from a design and innovation perspective, existing literature states that in addition to waste reduction, new ideas related with production are major drivers to attract manufacturers to implement CE in the Global North where redesigning products with CE perspective from the very beginning turns out to be important (Briguglio et al., 2021). We have identified limited emphasis given on innovation through CE in the Global South in our study.
- To adopt the Net Zero CO2 Plan, Türkiye lacks policies and furniture manufacturers lack awareness. So, there is a possibility that Türkiye may lose its EU furniture markets after 2026 and shift its export markets to other geographies

### **Acknowledgments**

This study was supported by İstanbul Bilgi University Scientific Research Project funding with the project number AK 85 102. We also would like to thank the project assistants Sueda Bayazit and Hamiyet Onay for their support in data collection and literature review and Derin Seymen for updating the exporters database.

### **Author Contributions**

**Serkan Bayraktaroğlu:** Conceptualization (developing the research idea and objectives), Determining the methodology, Visualization, Sources, Drafting the manuscript, Writing, reviewing and editing the manuscript. **Yasemin Soylu:** Conceptualization (developing the research idea and objectives), Determining the methodology, Conducting the research, Conducting the analysis, Data refinement, Sources, Visualization, Drafting the manuscript, Writing, reviewing and editing the manuscript.

### **Funding Statement**

This study has been supported by İstanbul Bilgi University Scientific Research Project funding.

### **Conflict of Interest**

We confirm that there is no conflict of interest.

### **Compliance with Ethical Standards**

This study was approved by the Istanbul University Social Sciences and Humanities Ethical Committee (Study reference no: 2023/1696897).

### **References**

- Acerbi, F., & Taisch, M. (2020). A literature review on circular economy adoption in the manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 273. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.123086](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123086)
- Adhikari, S., & Ozarska, B. (2018). Minimizing environmental impacts of timber products through the production process “From Sawmill to Final Products”. *Environmental Systems Research*, 7(1), 1-15. DOI: [10.1186/s40068-018-0109-x](https://doi.org/10.1186/s40068-018-0109-x)
- Adomako, S., Simms, C., Vazquez-Brust, D., & Nguyen, H. T. (2023). Stakeholder green pressure and new product performance in emerging countries: a cross-country study. *British Journal of Management*, 34(1), 299-320. DOI: [10.1111/1467-8551.12595](https://doi.org/10.1111/1467-8551.12595)
- Agrawal, V., Atasu, A., & Ülkü, S. (2021). Leasing, modularity, and the circular economy. *Management Science*, 67(11), 6782-6802. DOI: [10.1287/mnsc.2020.3829](https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3829)

- Arranz, N., F. Arroyabe, C. and Fernandez de Arroyabe, C. (2019). The effect of regional factors in the development of eco-innovations in the firm. *Business Strategy and the Environment*, 28 (7), 1406-1415. DOI: [10.1002/bse.2322](https://doi.org/10.1002/bse.2322)
- Araz, Ç. & Yaşar, O. (2020) İnegöl İlçesinde Mobilya Sanayiinin Yapısal Özellikleri, Dağılışı ve Yaşanan Sorunlara Yönelik Bir değerlendirme. *Kesit Akademi Dergisi*, 6(24), 173-203.
- Ayçin, E., & Kayapinar Kaya, S. (2021). Towards the circular economy: Analysis of barriers to implementation of Turkey's zero waste management using the fuzzy DEMATEL method. *Waste Management & Research*, 39(8), 1078-1089. DOI: [10.1177/0734242X20988781](https://doi.org/10.1177/0734242X20988781)
- Azizli, B. (2021). Circular Economy: An Analysis for Turkey. *Regional and Business Studies*, 13(2), 31-44. DOI: [10.33568/rbs.2915](https://doi.org/10.33568/rbs.2915)
- Azizi, M., Mohebbi, N., & De Felice, F. (2016). Evaluation of sustainable development of wooden furniture industry using multi criteria decision making method. *Agriculture and agricultural science procedia*, 8, 387-394. DOI: [10.1016/j.aaspro.2016.02.034](https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.034)
- Barbaritano, M., Bravi, L., & Savelli, E. (2019). Sustainability and quality management in the Italian luxury furniture sector: A circular economy perspective. *Sustainability*, 11(11), 30-89. DOI: [10.3390/su11113089](https://doi.org/10.3390/su11113089)
- Benton, D., Hazell, J. and Hill, J. (2015), The guide to the circular economy: capturing value and managing material risk, *Do Sustainability*, Routledge, London, pp. 15-86. DOI: [10.4324/9781351274364](https://doi.org/10.4324/9781351274364)
- Bocken, M.P., Ritala, P. & Huotari, P. (2017). The circular economy: Exploring the introduction of the concept among S&P 500 firms. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 487–490. DOI: [10.1111/jiec.12605](https://doi.org/10.1111/jiec.12605)
- Briguglio, M., Llorente-González, L. J., Meilak, C., Pereira, Á., Spiteri, J., & Vence, X. (2021). Born or grown: Enablers and barriers to circular business in Europe. *Sustainability*, 13(24), 13670. DOI: [10.3390/su132413670](https://doi.org/10.3390/su132413670)
- Bursa Belediyesi (2022). Bursa sürdürülebilir enerji ve iklim değişikliği uyum planı izleme ve değerlendirme raporu (sera gazı emisyonu ve eylem planı) [Bursa Sustainable Energy and Climate Change Adaptation Plan Monitoring and Evaluation Report] [https://www.bursa.bel.tr/dosyalar/galeri\\_x/dxzmvjj591wsw4k.pdf](https://www.bursa.bel.tr/dosyalar/galeri_x/dxzmvjj591wsw4k.pdf)
- Çelik, A. N., & Özgür, E. (2020). Review of Turkey's photovoltaic energy status: Legal structure, existing installed power and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134. DOI: [10.1016/j.rser.2020.110344](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110344)
- de Jesus, A., & Mendonça, S. (2018). Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. *Ecological Economics*, 145, 75-89. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2017.08.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001)
- de Oliveira, F. R., França, S. L. B., Rangel, L. A. D. (2018). Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 202-209. DOI: [10.1016/j.resconrec.2017.10.031](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.031)
- Demirel P. & Kesidou E. (2019). Sustainability-oriented capabilities for eco-innovation: meeting the regulatory, technology and market demands. *Business Strategy and the Environment*, 28, 847-857. DOI: [10.1002/bse.2286](https://doi.org/10.1002/bse.2286)

- Dubey, S. K., & Bansal, S. (2012). Barriers in implementing radical/incremental changes in manufacturing-based government organizations. *Australian Journal of Business and Management Research*, 2(2), 48. DOI: [10.52283/NSWRCA.AJBMR.20120202A06](https://doi.org/10.52283/NSWRCA.AJBMR.20120202A06)
- Eser, L. Y., & Polat, S. (2015). Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımına Yönelik Teşvikler: Türkiye ve İskandinav Ülkeleri Uygulamaları. *Gümüşhane University Electronic Journal of the Institute of Social Science/Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 6(12).
- Ghisellini, P., & Ulgiati, S. (2020). Circular economy transition in Italy. Achievements, perspectives and constraints. *Journal of cleaner production*, 243. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.118360](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118360)
- Govindan, K., & Hasanagic, M. (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 278-311. DOI: [10.1080/00207543.2017.1402141](https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402141)
- Gödel, R., & Beyhan, M. (2021). Entegre Katı Atık Yönetimi; İnegöl Örneği. [Integrated Solid Waste Management; İnegöl Case Study] *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 5(1). DOI: [10.30516/bilgesci.590140](https://doi.org/10.30516/bilgesci.590140)
- Hazen, B. T., Mollenkopf, D. A., & Wang, Y. (2017). Remanufacturing for the circular economy: An examination of consumer switching behavior. *Business Strategy and the Environment*, 26(4), 451-464. DOI: [10.1002/bse.1929](https://doi.org/10.1002/bse.1929)
- Hira, A., Pacini, H., Attafuah-Wadee, K., & Hassall, J. (2022). Sustainable manufacturing and environmental pollution programme (SMEP): A circular economy experiment in the global south. *Journal of Developing Societies*, 38(3), 287-309. DOI: [10.1177/0169796X221106013](https://doi.org/10.1177/0169796X221106013)
- Hoag, B. G., Ritschard, H. V., & Cooper, C. L. (2002). Obstacles to effective organizational change: The underlying reasons. *Leadership & Organization Development Journal*, 23(1), 6-15. DOI: [10.1108/01437730210414526](https://doi.org/10.1108/01437730210414526)
- Husgafvel, R., Linkosalmi, L., Hughes, M., Kanerva, J., Dahl, O. (2018). Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. *Journal of cleaner production*, 181, 483-497 DOI: [10.1016/j.jclepro.2017.12.176](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.176)
- Interviewee 1 Interview: Zoom Meeting, on 4th Jan. 2024, with the *key figure of an NGO representing İnegöl Furniture Manufacturers*.
- Iritani, D. R., Silva, D. L., Saavedra, Y. M. B., Grael, P. F. F., & Ometto, A. R. (2015). Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: a case study in a furniture industry. *Journal of Cleaner Production*, 96, 308-318. DOI: [10.1016/j.jclepro.2014.05.029](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.029)
- Jan, M. T. (2022). Factors influencing the purchase of circular economy products: a comparative analysis of Malaysia and Turkey. *International Journal of Business and Society*, 23(2), 802-819. DOI: [10.33736/ijbs.4839.2022](https://doi.org/10.33736/ijbs.4839.2022)
- Kirchherr, J. W., Hekkert, M. P., Bour, R., Huijbrechtse-Truijens, A., Kostense-Smit, E., & Muller, J. (2017). *Breaking the barriers to the circular economy*. Utrecht University: Utrecht, The Netherlands.
- Korkmaz, M. (2018). Public awareness and perceptions of climate change: differences in concern about climate change in the West Mediterranean region of Turkey. *Applied Ecology & Environmental Research*, 16(4). DOI: [10.15666/aecer/1604\\_40394050](https://doi.org/10.15666/aecer/1604_40394050)

- Koska, A., & Erdem, M. B. (2023). Performance Analysis of Manufacturing Waste Using SWARA and VIKOR Methods: Evaluation of Turkey within the Scope of the Circular Economy. *Sustainability*, 15(16), 12-110. DOI: [10.3390/su151612110](https://doi.org/10.3390/su151612110)
- Koszewska, M., & Bielecki, M. (2020). How to make furniture industry more circular? The role of component standardisation in ready-to-assemble furniture. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(3), 16-88. DOI: [10.9770/jesi.2020.7.3\(17\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3(17))
- Kumar, V., Sezersan, I., Garza-Reyes, J. A., Gonzalez, E. D., & Al-Shboul, M. D. A. (2019). Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. *Management Decision*, 57(4), 1067-1086. DOI: [10.1108/MD-09-2018-1070](https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1070)
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy: Opportunities for the consumer goods sector. Ellen MacArthur Foundation.
- Muchangos, L. S. D. (2022). Mapping the circular economy concept and the global south. *Circular Economy and Sustainability*, 2(1), 71-90. DOI: [10.1007/s43615-021-00095-0](https://doi.org/10.1007/s43615-021-00095-0)
- Nazlı, M. (2016). Does Sustainability Matter? A Qualitative Study in Tourism Industry in Turkey. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 11(44), 339-350. DOI: [10.19168/jyu.55132](https://doi.org/10.19168/jyu.55132)
- Nozharov, S. (2019, November). Identification of the Barriers to the Circular Economy—the Case of the Furniture Industry. In *Digitalisation and Circular Economy: Forestry and Forestry Based Industry Implications—Proceedings of Scientific Papers, 12th Wood EMA Annual International Scientific Conference* (pp. 111-116).
- Odeh, L. E. (2010). A comparative analysis of global north and global south economies. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 12(3) 338-348.
- Oliveira, F. R. D., Santos, R. F. D., França, S. L. B., & Rangel, L. A. D. (2020). Strategies and challenges for the circular economy: A case study in Portugal and a panorama for Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63.
- Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R., & Jaca, C. (2018). Circular economy in Spanish SMEs: challenges and opportunities. *Journal of cleaner production*, 185, 157-167. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.03.031](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.031)
- Panwar, R. (2023). Optimism Amid Despair. How to avoid a Net-zero Debacle. *Business and Society*, 62(1), 9-13. DOI: [10.1177/00076503211053816](https://doi.org/10.1177/00076503211053816)
- Pieroni, M. P., McAloone, T. C., & Pigosso, D. C. (2021). Circular economy business model innovation: Sectorial patterns within manufacturing companies. *Journal of cleaner production*, 286. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.124921](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124921)
- Pieterse, J. N. (2000). Globalization north and south: Representations of uneven development and the interaction of modernities. *Theory, culture & society*, 17(1), 129-137.
- Salihoğlu, G., Poroy, Z., and Salihoğlu, N. K. (2019). Kentsel atık yönetiminde yaşam döngüsü değerlendirmesi: Bursa analizi [Life cycle assessment for municipal waste management: Analysis for Bursa]. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(6) 692-699 DOI: [10.5505/pajes.2018.33603](https://doi.org/10.5505/pajes.2018.33603)
- Sarja, M., Onkila, T., & Mäkelä, M. (2021). A systematic literature review of the transition to the circular economy in business organizations: Obstacles, catalysts and ambivalences. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125492. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.125492](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125492)

- Schröder, P., Anantharaman, M., Anggraeni, K., & Foxon, T. J. (Eds.). (2019). The circular economy and the Global South: sustainable lifestyles and green industrial development. *Routledge*. DOI: [10.4324/9780429434006](https://doi.org/10.4324/9780429434006)
- Serin, H., Şahin, Y., & Durgun, M. (2014). Furniture sector of Turkey. *European Journal of Research on Education*, EJRE, 2, 149-153.
- Şenkal, H. (2023). Mobilya endüstrisinde döngüsel ekonomiye geçiş: Değerlendirme yaklaşımı. [Transition to circular economy in the furniture industry: An evaluation approach] *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 146-161. DOI: [10.33725/mamad.1316221](https://doi.org/10.33725/mamad.1316221)
- Suchek, N., Ferreira, J. J., & Fernandes, P. O. (2022). A review of entrepreneurship and circular economy research: State of the art and future directions. *Business Strategy and the Environment*, 31(5), 2256-2283. DOI: [10.1002/bse.3020](https://doi.org/10.1002/bse.3020)
- Stern, N., & Valero, A. (2021). Innovation, growth and the transition to net zero emissions. *Research Policy*, 50(9), 104293. DOI: [10.1016/j.respol.2021.104293](https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104293)
- Susanty, A., Tjahjono, B., & Sulistyani, R. E. (2020). An investigation into circular economy practices in the traditional wooden furniture industry. *Production Planning & Control*, 31(16), 1336-1348. DOI: [10.1080/09537287.2019.1707322](https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1707322)
- Syeda, S. R., Khan, E. A., Padungwatanaroj, O., Kuprasertwong, N., & Tula, A. K. (2022). A perspective on hazardous chemical substitution in consumer products. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 36. DOI: [10.1016/j.coche.2021.100748](https://doi.org/10.1016/j.coche.2021.100748)
- Tahulela, A. C., & Ballard, H. H. (2020). Developing the circular economy in South Africa: challenges and opportunities. *Sustainable Waste Management: Policies and Case Studies: 7th IconSWM—ISWMAW 2017*, Volume 1, 125-133.
- Tatoglu, E., Frynas, J. G., Bayraktar, E., Demirbag, M., Sahadev, S., Doh, J., & Koh, S. L. (2020). Why do emerging market firms engage in voluntary environmental management practices? A strategic choice perspective. *British Journal of Management*, 31(1), 80-100.
- TUSIAD (2021). Avrupa Yeşil Mutabakatı Döngüsel Ekonomi Eylem Planı Türk İş Dünyasına Neler Getirecek? [What will the European Green Deal Circular Economy Action Plan bring to the Turkish Business World?] <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10790-avrupa-yesil-mutabakati-dongusel-ekonomi-eylem-planı-turk-is-dunyasina-neler-getirecek>
- Url 1:<https://www.itso.org.tr/dosyalar/2023EkonomiRaporu.pdf>
- Url-2:<https://inmob.org.tr/mobilya-fuarlari/>
- Url-3 <https://www.imos.org.tr/>
- Vaajasaari, K., Kulovaara, M., Joutti, A., Schultz, E., & Soljamo, K. (2004). Hazardous properties of paint residues from the furniture industry. *Journal of hazardous materials*, 106(2-3), 71-79. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2003.11.004](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2003.11.004)
- Wicaksono, P. A., & Kadafi, C. A. (2020). The Improvement of Production Process Impact in Furniture Industry Toward Circular Economy. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 202, p. 07052). EDP Sciences. DOI: [10.1051/e3sconf/202020207052](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020207052)
- Yalçın, N. G., & Foxon, T. J. (2021). A systemic approach to transitions towards circular economy: The case of Brighton and Hove. *Cleaner Environmental Systems*, 3. DOI: [10.1016/j.cesys.2021.100038](https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100038)





### Ahşap malzemede kerf kesim tekniği üzerine bir değerlendirme

Gökçe Kırkpınar<sup>1</sup>, Yenal Akgün<sup>2\*</sup>, Matthieu Joseph Pedernana<sup>3</sup>

**ÖZ:** Ahşap, geleneksel endüstriyel yapı malzemelerine kıyasla sağladığı hafiflik ve çevresel avantajlar ile mimarlar, iç mimarlar ve mobilya tasarımcıları için her zaman ilham kaynağı olmuştur. Ahşap, uygun kalınlıklarda doğru kesim ve üretim teknikleri uygulandığında esnek bir yapıya dönüştürülebilmektedir. Bu esnekliği kazandırma yöntemlerinden birisi de kerf kesim tekniğidir. Kerf kesim tekniği, bir panel üzerinde belirli bir desen veya şekil oluşturmak için kesimler yaparak sert bir malzemeyi esnek hale getirmeye dayanır. Bu sayede karmaşık fabrikasyon yöntemlerine ve ileri teknoloji malzemelere ihtiyaç duymadan, esnek ve şekil değiştirme özelliğine sahip mimari elemanlar ve mobilya ürünleri tasarlanabilir. Bu çalışmada, kerf kesim tekniğinin ahşap ürünlerdeki kullanım alanları incelenerek kesim teknolojileri, üretim teknikleri, kesim tipleri ve desen türleri üzerinden bir sınıflandırma yapılmaktadır. Kerf kesim tekniğinin ahşap işleri alanında önemini ve son yıllarda artan ilgiyi vurgulayan bu çalışma, tasarımcılar ve üreticiler için yenilikçi bir üretim yöntemi sunmaktadır. Bu teknik, esnek ve estetik açıdan özgün tasarımların geliştirilmesine katkıda bulunarak ahşap ürünlerin kullanım alanlarını genişletme potansiyeline sahiptir.

**Anahtar kelimeler:** Ahşap, mimarlıkta adaptasyon, adaptif malzemeler, kerf tekniği, eğilme

### An evaluation of the kerf-cutting technique in wood

**ABSTRACT:** Wood has always been a source of inspiration for architects, interior designers, and furniture designers due to its lightness and environmental advantages compared to conventional building materials. Through the application of proper cutting and production techniques, wood can be transformed into a flexible structure. One such method is kerf-cutting. This technique is based on making cuts on a panel to form a specific pattern or shape, allowing a rigid material to become flexible. In this way, architectural elements and furniture products with flexible and shape-changing properties can be designed without the need for complex fabrication methods and advanced materials. This study examines the use of kerf-cutting in wood products and classifies them based on cutting technologies, production techniques, cutting types, and pattern types. Emphasizing the importance of the kerf-cutting technique in the field of woodworking and the increasing interest in recent years, this study offers an innovative production method for designers and manufacturers. This technique has the potential to expand the usage areas of wood products by contributing to the development of flexible and aesthetically unique designs.

**Keywords:** Wood, adaptation in architecture, adaptive materials, kerf technique, bending

Makale tarihçesi: Geliş:24.04.2024, Kabul:21.05.2024, Yayınlanma:30.06.2024, \*e-posta: yenal.akgun@deu.edu.tr,

<sup>1</sup>Yasar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı İzmir/ Türkiye,

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İzmir/ Türkiye,

<sup>3</sup>Yaşar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İzmir/ Türkiye,

**Atıf:** Kırkpınar, G., Akgün, Y. & Pedernana, J. M., (2024), Ahşap malzemede kerf kesim tekniği üzerine bir değerlendirme, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 7 (1), 54-69, DOI: [10.33725/mamad.1473063](https://doi.org/10.33725/mamad.1473063)



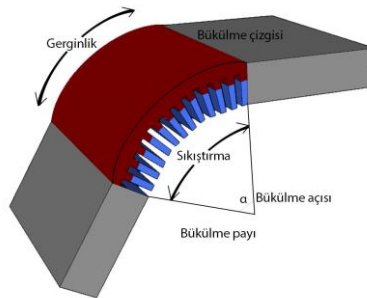
## 1 Giriş

Günümüzde esnek ve/ veya uyarlanabilir yüzeylerin üretimi mimarlıkta popüler bir araştırma konusudur ve birçok çalışma bu özelliklere sahip yüzeyler elde etmek için malzeme veya üretim teknikleri geliştirmeye odaklanmaktadır. Kerf tekniği bu tarz yüzeyleri üretmek için kullanılacak görece basit yöntemlerden birisidir. Bu yöntem, temelde sert ve düzlemsel malzemeler üzerinde çeşitli yöntemlerle eksiltme yapılarak esnek yüzeyler oluşturulmasına dayanır. Karmaşık geometriye sahip ve esnek yüzeyler oluşturmak için kullanılan bu teknik, mimariden, mobilya sektörüne, hatta müzik enstrümanlarının imalatına kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Shadid ve ark., 2021).

Bu makalenin temel amacı; kerf kesim tekniği kullanılarak kesim, desen ve ahşap tiplerine bağlı olarak sert bir panele kazandırılan esnekliğin kullanım alanlarını ortaya koymak ve bu kesim tekniğinin potansiyelini incelemektir. Kerf kesim tekniğinin tasarım prensiplerinin anlaşılması için makalede öncelikle temel kavramlar ve malzeme türleri açıklanmaktadır. Daha sonra, kesim tekniği, üretim tekniği ve kesim tipi özelliklerine göre farklılık gösteren ahşap malzemenin esneklik kabiliyeti örnekler üzerinden incelenerek biçimlendirdiği yenilikçi tasarımlar tartışılmaktadır. Son olarak, kerf kesim tekniği kullanılarak üretilen ahşap ürün ve prototiplerin, gelecekteki uygulamalarda üretim ve kullanım potansiyellerinin belirlenmesi açısından bir sınıflandırma yapılmaktadır.

## 2 Temel Kavramlar

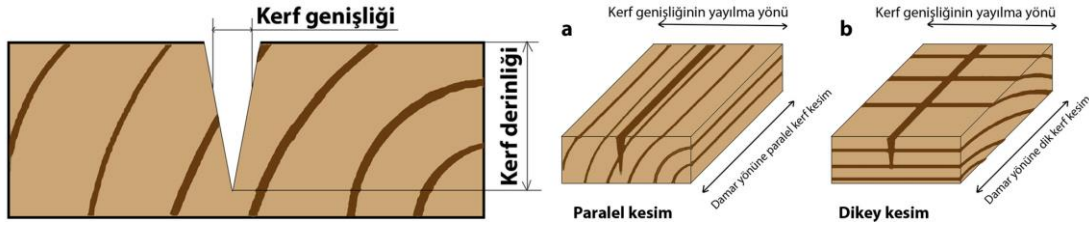
Kerf tekniği, sert bir panelden malzeme eksiltilecek, kesilen panelin eğilme direncinin değiştirilmesi ve esnek bir malzemeye dönüştürülmesi işlemidir (Zarrinmehr, 2017). Seçilen desene bağlı olarak kesilerek kazanılan boşluklar sayesinde sert panel bir yönde esneklik (eğilme ve bükülme yeteneği) kazanırken diğer yönde sağlamlığını korumaktadır (Capone ve Lanzara, 2019a) (Şekil 1). Bu eksiltme işlemi literatürde robotik kollar, freze veya daire testere gibi kesme ekipmanlarıyla gerçekleştirilmektedir. Farklı tip, karakter ve esneklikte yüzeyler oluşturabilmek için özellikle ahşap ve metal paneller üzerine karmaşık desenler uygulanabilmektedir. Malzemenin esnekliğini oluştururken, aynı zamanda dayanıklılığını da korumanın en önemli adımı, doğru kerf derinliğini, desenini ve aralığını belirlemektir. Panelin eğriliği malzemeye, desen tipine, panel kalınlığına ve kerf tipine bağlıdır.



Şekil 1. Kerf tekniği yardımıyla esnek bir malzemeye dönüşen sert bir panel

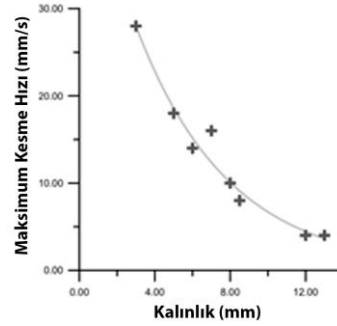
Bu teknik uygulanırken panel üzerinde “kerf” ya da “çentik” adı verilen sürekli bir çizgi oluşturmak gerekir. Ahşap üzerinde kerf açma işlemi sırasında testere bıçağı, lazer veya aşındırıcı bıçak kullanılmaktadır. Bu kesici takımların panel üzerinde oluşturdukları çizgi kalınlıkları malzemenin cinsine ve kalınlığına göre değişmektedir. Ahşap malzemelerde lazer kesim gücü, kesme hızı ve koruyucu gaz gibi parametreler kesim kalitesi açısından oldukça önemlidir (Khan ve ark., 1991). Ahşaba kerf tekniği uygulanırken çentiği daha etkili hale getireceğinden derin ve dar kesimler tercih edilmektedir (Guo ve ark., 2021). İki ana parametre olan kesme derinliği ve kesme yönü (damar yönüne dik veya paralel) kesme hızını

da etkilemektedir. Ahşabın damar yönüne paralel kerf açılarak kesilmesi, daha dar ve derin kesimlere ve daha yüksek verimliliğe yol açmaktadır (Guo ve ark., 2021), (Vay ve ark, 2015).



Şekil 2. Damar yönüne paralel ve damar yönüne dik kerf kesimin şematik diyagramı

Kerf tekniği ile üretilmiş esneme kabiliyeti ahşabın kalınlığına, cinsine ve özelliklerine göre değişmektedir. panellerin Menges (2016), esnekliği korunurken minimum malzeme azaltımı sağlayacak şekilde optimum kerf derinliğini ve genişliğini belirlemek için testler uygulamıştır. Kerf derinliğinin kerf uzunluğu boyunca sabit tutulduğu bu çalışmada gerilim arttıkça kerf derinliklerinin buna bağlı olarak kademeli bir şekilde değiştiği görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Maksimum kesme hızı ile kalınlık arasındaki ilişki (Boutinguiza ve ark., 2002)

## 2.1 Kesim Tekniği

Panellerin kesilmesi ve desen elde edilmesinde literatürde hem geleneksel hem de ileri teknoloji teknikler kullanılmaktadır. Geleneksel yöntem olarak kullanılan testerenin yanı sıra dört farklı yeni teknoloji kesim tekniği bulunmaktadır: CNC (bilgisayarlı sayısal kontrol) tabanlı testere ile kesme, plazma ışınla kesme (PBC), aşındırıcı su jetiyle kesme (AWJC) ve lazer ışınla kesme (LBC) (Holterman, 2018). Farklı kerf modelleri oluşturulurken her tekniğin bazı avantaj ve dezavantajları olduğundan işlenecek kerf modeline göre uygun kesim tekniğinin seçilmesi en önemli adımlardan biridir.

CNC kesim, bilgisayar programlama kullanılarak panel üzerindeki kesici takımın belirli bir hız ve yönde hareket ettirilmesine dayanmaktadır. Bu işlem panelin hassas bir şekilde kesilmesini sağlamaktadır (Thomasnet, 2018). CNC kesim, freze uçları, matkaplar, testere, su jeti kesiciler ve gelişmiş endüstriyel robotlar gibi birden fazla kesici aletin kullanımına olanak tanımaktadır (Breaz ve ark, 2017).

Robotik kollar CNC tezgahlarına göre daha özel işlemlere sahip makinelerdir (Zhang ve ark., 2005). Gelişmiş programlama yetenekleri ve kanıtlanmış uyarlanabilirlik ve esneklik kapasiteleri sayesinde kendilerini farklılaştırarak maliyet düşüşlerine neden olmaktadır (Perez-Ubeda ve ark., 2018). Ayrıca robotik kollarla frezeleme, geleneksel CNC tezgahlarda yapılan frezelemeye göre işlenmesi zor amorf yüzeylerin elde edilmesini kolaylaştırmaktadır (Thomasnet, 2018).



Şekil 4. Testere bıçağıyla kerf açma

Testere bıçağıyla kerf açmak, genellikle dekoratif şekiller oluşturmak, bir ahşabın kenarlarında kıvrımlar oluşturmak ve esneklik kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemde testere bıçağı kullanılarak bir dizi çentikli sığ kesimler yapılarak istenilen sonuç elde edilmektedir (Aguilera ve Martin, 2001) (Şekil 4).

Aşındırıcı su jeti ile kesme (AWJC) ve su jeti ile kesme (WJC), çeşitli endüstriyel sektörlerde kullanılmaktadır. Özellikle karmaşık malzemelerin kesilmesinde etkili olan bu aletler yüksek performanslı malzemelerle çalışırken de verimliliği en üst düzeye çıkarmaktadırlar. Bu yaklaşımın önemli bir faydası, panellerin termal strese maruz kalmasını önleyerek panellerin yapısal bütünlüğünü koruyabilmesidir (Barabas ve Florescu, 2019).

Lazer kesim, metal, plastik veya ahşap gibi malzemelerin kesilmesinde kullanılmaktadır. Manuel müdahale gerektirmeyen ve hızlı bir işlem olması sebebiyle maliyet ve verimliliğe katkı sağlamaktadır. Lazer kesim sırasında ısı iletkenliğinin düşük olması nedeniyle en iyi sonucu veren malzeme ahşaptır (Sharma ve Yadava, 2017). Sonuç olarak lazer kesim, hassas, hızlı ve uygun maliyetli özellikleri sayesinde farklı endüstri ve uygulamalarda kullanılması oldukça avantajlı olduğundan tercih edilen bir yöntemdir (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Kesim tekniklerinin karşılaştırılması

Teknikler	Olası Malzeme Kullanımı	Avantajlar	Dezavantajlar	Referans
Aşındırıcı Su Jeti	Metal Plastik Ahşap	Hassasiyet Çok yönlülük	Panel kalınlığı arttıkça kesimler yavaşlar ve hassasiyetleri azalır.	Barabas & Florescu, 2019
Lazer Kesim	Metal Plastik Ahşap	Hassasiyet Hız Uygun Maliyet	Panel kalınlığı metal hariç en fazla 12 mm olmalıdır. Kesilen yüzeylerde kömürleşme oluşmaktadır.	Belforte & Jefferson, 2016 Sharma & Yadava, 2017
Yüksek Güçlü Lazerler	Metal Plastik Ahşap	Küçük Boy Hafif Yüksek Elektro-optik	İç Bozunma, Ayna Yüzü Bozulması, Elektrot Bozulması	Smorfitt ve ark., 1999 Song ve ark., 2022
Testere bıçağı	Metal Plastik Ahşap	Keskinlik Çok yönlülük Yeterlik	Maliyet, Boşluk Uzay, Bakım, Gürültü	Skoblar ve ark., 2016 Aguilera & Martin, 2001

## 2.2 İmalat Tekniği

İmalat teknikleri, malzeme ve kesim tekniklerinin bir araya getirilmesiyle bir ürün elde etme işlemidir. Seçilen malzemeye, uygulanan tekniğe ve elde edilmek istenen sonuca göre süreç değişmektedir (Capone ve Lanzara, 2019b).

Kerf morfolojisi, bir kesme işlemiyle oluşturulan bir kesik veya oluğun özelliklerini ifade etmektedir. Kerf morfolojisi doğrudan kesme yöntemine, kesme hızına, kesme derinliğine ve genişliğine ve kesilen malzemenin özelliklerine bağlıdır. Kerf morfolojisi, kesme işleminde çok önemli bir rol oynayan kesici aletin hareketinden kaynaklanan kesinin şeklini ifade etmektedir (Güzelci ve ark., 2016). Tipik olarak kerf, 30-45 derece civarında bir eğim açısına

sahip, geniş V şeklinde bir form sunmaktadır. Bu şekil, kesme işlemi sırasında karşılaşılan dirençten etkilenen kesici takım ile malzeme arasındaki dinamik etkileşimden ortaya çıkmaktadır. Daha da önemlisi, bu şeklin özellikleri kesici takımın seçimi, çalışma hızı ve kesilen malzemenin özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

### 2.3 Kesim Tasarım Süreci

Kerf için üç ana kesim türü kullanılmaktadır: panelin bir tarafında kesim, panelin her iki tarafında kesim ve panel boyunca kesim. Her kesme tipi farklı esneklikle sonuçlanmaktadır.

#### 2.3.1 Panelin bir tarafında kesme

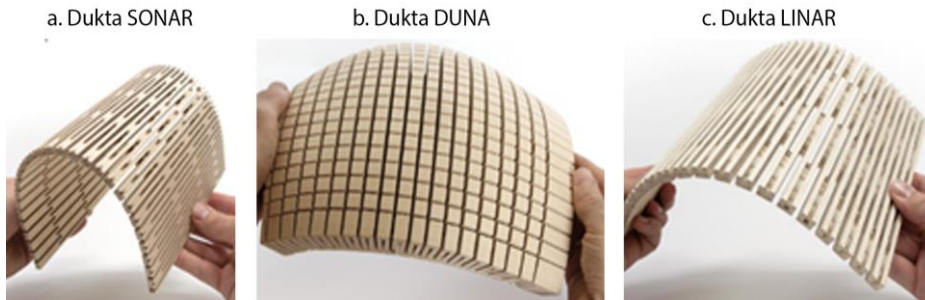
Panelin tek bir tarafından kesim, literatürdeki örnekler incelendiğinde en konvansiyonel kesim yaklaşımı olup, kerf kesimi panelin yalnızca bir tarafına uygulanmaktadır. Bu yöntem, paralel kesme (kesilen panelin kenarlarına paralel oluşturulan kerfler) ve açılı kesim (kesilen panelin kenarlarına açılı olarak oluşturulan kerfler) olmak üzere iki farklı tekniği barındırmaktadır. Bu yöntem ile tek eğrilikli yüzeyler elde edilebilirken, elde edilen yüzeyin esnekliği, kesiklerin aralığı, derinliği ve açısına göre belirlenmektedir (Capone ve Lanzara, 2019a). Kesiklerin derinliği ve kesilmeyen tarafta kalan malzemenin kalınlığı malzeme türüne göre değişmektedir. Kesme yöntemi, çeşitli kesme teknikleri kullanılarak farklılık göstermektedir. CNC tezgahları, testereler, lazer kesiciler veya parametrik makineler kullanılsa da, kesimler arasında tutarlı bir aralık bırakılması düzgün eğriler sağlamaktadır (Menges, 2016) (Şekil 5).



Şekil 5. Kerf Tabanlı Kompleks Ahşap Sistemler (Menges, 2010)

#### 2.3.2 Panelin her iki tarafından kesme

İkinci yöntem daha gelişmiş kesim teknikleri içeren bir kerf tekniğidir ve belirli kurallara göre panelin her iki tarafında sürekli bir kesme işlemi gerektirmektedir. Dukta DUNA, panelin her iki tarafının da desenli kesime tabi tutulduğu bir kesim tipidir. Bu modeller iki tarafta kesişerek, tek yönlü bir hareketten çok yönlü bir harekete geçiş yaparak esnekliğin artmasına neden olmaktadır. İşlem, panellerin her iki tarafının kesilmesiyle çift eğrilikli yüzeyler elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, bu parametrik yöntem kesimlere hassasiyet kazandırmaktadır (Capone ve Lanzara, 2019a) (Şekil 6).

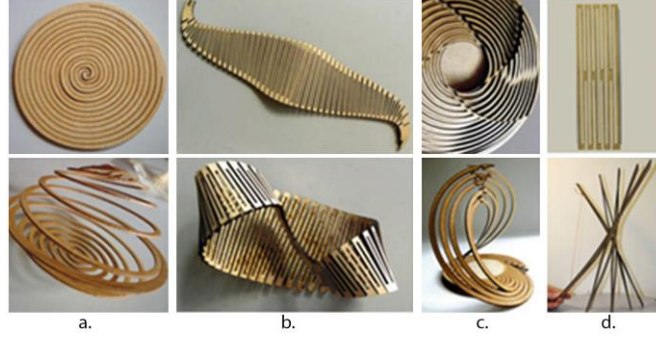


Şekil 6. Kerf Tabanlı Kompleks Ahşap Sistemler (Menges, 2010)



### 2.3.3 Panel kalınlığınca kesme

Bu teknik, oluşturulmak istenen esneme yönüne bağlı olarak kesim geometrisinin belirlenmesiyle elde edilen, ve literatürde "ihtiyaç duyulan yerden kesme" olarak tanımlanan bir ileri kesme tekniğidir. Bu gelişmiş kerf tekniğinde kesimler panelin her iki yanında çapraz olarak devam ettirilmektedir. Bu yöntem, ahşap panelin üç boyutlu şekillerde bükülmesine olanak tanıyarak çift eğrilikli yüzeylere imkan vermektedir. Eğrilerin düzgün olması için boşlukların çok düzgün işlenmesi gerekmektedir (Bianconi ve Filippucci, 2020) (Şekil 7).



Şekil 7. Panel kalınlığınca kesme tasarımları, (Bianconi ve Filippucci, 2020)

Munoz ve ark. (2011)'nin araştırmasına göre kesme çentiği adını verdiği panel kalınlığını işleyen ileri kerf teknikleri dört ana grupta incelenmektedir:

1. Sarmal Kerf: Panelin ortasından kenarlarına kadar tek veya çift sıra halinde devam ettirilen kerf yöntemidir. Sürekli bir kesme işlemi ile elde edilmektedir. Esneklik yönü diktir (Şekil 7a).

2. Saçak Kerf: Panel üzerinde geometrik bir kural takip edilerek tüm yüzeyi kaplayan kerf yöntemidir. Bu yöntemde yüzeyin kenarları da işlenerek kerflerin uzunluğuna ve uydukları geometrik kurala bağlı olarak esneklik elde edilmektedir (Şekil 7b).

3. Zig Zag Kerf: Panelin kenarından başlayıp yavaş yavaş merkeze doğru devam eden kerf tekniğidir. Bu yöntemde kerflerin tekrarına, birbirleriyle ilişkilerine ve panel kalınlığına bağlı olarak esneklik elde edilmektedir. Ayrıca mobilya tasarımlarında kerf ile kerf şekli arasındaki uzunluk çok önemli hale gelir çünkü bu tür kerfler esnekliği çok yönlü hale getirmektedir (Şekil 7c).

4. Yarık Kerf: Panel üzerinde kafes deseni takip edilerek oluşturulan kerf yöntemidir. Bu yöntem dar panellerde işlenerek panele doğrusal esneklik kazandırmaktadır. Kerfin kenarlarının teması sınır oluşturacağından en önemli nokta boşluklardır (Şekil 7d).

Ayrıca, 1978'de Schattschneider tarafından adlandırılan, bir panele çift yönlü esneklik kazandıran duvar kağıdı olarak da adlandırılan desen kerf ise bir diğer kerf kesim tekniğidir. Kerf, ızgara düzeni kullanılarak desenlendirilmiş olup, ızgara kesişimleri paneli bir arada tutan bir çapa görevi görmektedir. Buna karşılık desenlerin kesişmediği alanlarda esneklik ve hareket elde edilmektedir. Esnekliğin kapsamı, malzemenin kalınlığının yanı sıra desen ızgaralarının boyutu ve yöneliminden de etkilenmektedir (Güzelci ve ark., 2016) (Şekil 8).



Şekil 8. Çift yönlü esnekliğe sahip kerf deseni (Zarrinmehr, ve ark., 2017)

Kullanılan spesifik desen tipine bağlı olarak, önemli ölçüde esnekliğe sahip olan ve birden fazla yönde harekete olanak tanıyan yüzeyler oluşturmak mümkün hale gelmektedir (Zarrinmehr ve ark., 2017).

## **2.4 Kerf Kesim için Uygun Malzemeler**

Kerf tekniği, çelik, alüminyum, bakır ve titanyum gibi farklı metaller, masif ahşap bloklar ve ahşap paneller, plastikler, kompozitlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında, malzemeye esneklik kazandırma amacı taşımasa da cam, seramik gibi malzemelerin birleşim detaylarında, ya da desen oluşturulmasında da bu teknikten yararlanılmaktadır.

### **2.4.1 Metal**

Kerf kesme, malzemelere esneklik kazandırmak, bükme ve şekillendirmeyi mümkün kılmak amacıyla metallerde de kullanılmaktadır. Karmaşık desenlerin kesiminde uygun malzeme kalınlığı ve aletin kullanılmasıyla hassas kesimler kolaylaşmaktadır. Özellikle sert alaşımlı çeliğin kesilmesi için CO<sub>2</sub> lazer kullanıldığında, güç yoğunluğu arttıkça kerf genişliği de artmaktadır. Lazer gücündeki minimum değişiklik bile kerf boyutlarını büyük ölçüde etkilemektedir (Uslan, 2005).

### **2.4.2 Seramik ve cam**

Kesim tekniği diğer malzeme kesimleriyle aynı işlemleri takip ettiğinden ve aynı parametrelere bağlı kaldığından bu malzemelere uygulanan teknik de kerf olarak adlandırılmaktadır. Bu malzemeleri keserken lazer ışını veya su jeti kullanılmaktadır. (Tsai ve Chen, 2003). Seramik karoları kesmek için farklı kesme hızları kullanıldığında, en kritik faktörün, yüksek sıcaklık değişim oranı nedeniyle altlıklarda oluşan çatlak hasarı olduğu belirlenmiştir (Black ve Chua, 1997).

### **2.4.3 Plastikler ve kompozitler**

Kerf tekniği, plastik ve kompozitlere belirli şekil, boyut ve uzunluklarda kesilerek esneklik ve şekil vermek için de kullanılmaktadır. Bu sayede hassas kesimlerden ve karmaşık desenlerden oluşan tasarımlar temiz işçilikle üretilmektedir. Akrilik, polikarbonat ve PVC dahil çok sayıda düşük mukavemetli malzemenin tümü aynı yöntem kullanılarak işlenebilmektedir (Caiazza ve ark., 2005). Plastik sektöründe karmaşık formların hassas kesim kalitesiyle kesilmesi için de kerf kesme uygulamaları kullanılmaktadır.

### **2.4.4 Ahşap**

Kerf tekniği, özellikle mobilya yapımında ahşap malzemelerin esnekliğini arttırmak için kullanılmaktadır. (Den Bulcke ve ark., 2009). Doğal ahşabın yanı sıra MDF, laminat ve kontrplak gibi birçok ahşap işleme projesinde kullanılan çok yönlü bir tekniktir. Ahşap malzeme kategorisinde hafif bir malzeme olan kontrplak, diğer seçeneklere göre daha çok tercih edilmektedir (Eltawahnia ve ark., 2013).

MDF veya Orta Yoğunluklu Fiber Levha, ahşap elyaf parçalarının ve polimerik reçinenin sıkıştırılmasıyla oluşturulan ve yapısal olarak tutarlı bir bileşim sağlayan homojen bir malzemedir (Chen ve ark., 2020). Lamine ahşap, paralel ahşap panellerin ısıyla sertleşen reçineler kullanılarak yapıştırılmasıyla oluşturulmaktadır. Bu ince ve ayrı panel katmanlarının varlığı, kesme işlemi sırasında çatlakların oluşmasını engellemektedir (Peterson ve ark., 1981) (Şekil 9). Masif ahşapta ise, kesimin ahşabın damarı boyunca yapılması panel yüzeyinde düzgün bir işçilik elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Pires, 1989). Ayrıca kerf tekniği, ahşap panellerde bağlantı noktaları oluşturmak için kullanılan bir işleme tekniğidir. Teknik, doğru işlenerek gönye, bindirme ve pahlı bağlantıların yapılması için kullanılmaktadır. Ahşap ürünler üretirken daha güçlü ürünler elde etmek için parçalar arasında güçlü bağlantılar



oluşturmak önemli bir adımdır. Bu teknik, ahşap parçaların birleştirilmesi ve uygun yerlerden kesimin yapılması amacıyla kullanılmaktadır.



**Şekil 9.** Gregg Fleishman'ın kontrplak mobilya tasarımı, CNC imalat tekniği kullanılarak üretilmesi (Capone & Lanzara, 2019a).

### 3 Materyal ve Metot

Bu çalışmada, kerf kesim tekniğinin ahşap üzerindeki uygulamalarını ortaya koymak amacıyla geneli aksesuar, mobilya vb. olmak üzere 47 adet mimari ürün incelenmiştir. Bu ürünler, veri haritalama yöntemi kullanılarak, ahşap türleri, kesim teknikleri, üretim teknikleri, kesim tipleri ve desen türleri üzerine karakteristik ve teknik özellikleri belirlemek amacıyla analiz edilmiştir. Literatürdeki dergi, makale ve akademik çalışmalardan derlenen bu ürünlerden bilgilerine ulaşılamayanlar tabloya eklenmemiştir. Yapılan bu analiz ile birlikte kerf kesim tekniği kullanılarak üretilmiş ahşap uyarlanabilir ürünler detaylı başlıklar altında incelenmiştir. Teknik özelliklerine göre gruplandırılan mimari elemanların sınıflandırılma tablosu çalışmanın bulgular ve tartışma kısmında verilmiştir.

### 4 Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma, literatürde yer alan ağaç türleri, kesim türleri, kesi türleri ve bunların sonucunda ortaya çıkan ürünleri inceleyerek ahşap malzemelere uygulanan kerf kesme tekniklerinin detaylı bir analizini yapmayı amaçlamaktadır. Çizelge 2 de görüldüğü gibi, 1985 yılından bu yana kerf tekniği kullanılarak yürütülen akademik araştırmalar, prototipler, ticari objeler gibi farklı işlevlere sahip birçok ürün sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 2 de yer verilen örnekler detaylı olarak araştırıldığında, yaklaşık üçte birinin seri üretime geçmemiş prototip çalışmaları olduğu görülmektedir. Bu da kerf tekniği ile üretilen ürünlerin seri üretime geçmekten ziyade test odaklı deneysel çalışmalarda daha çok görüldüğünü göstermektedir.

Çalışmalar arasında büyük çoğunluğu sandalye fonksiyonlu ürünler oluştururken, bunu aydınlatma elemanları, duvar panelleri ve heykeller takip etmektedir. Çalışmanın tamamında ahşap türleri açısından kontrplak, işin yarısından fazlasını oluşturan baskın malzeme olarak öne çıkmaktadır. Bunu yakından takip eden ikinci ve üçüncü sırada ise MDF (%21,3) ve huş (%19,15) gelmektedir. Çalışmalarda en sık kullanılan kesi tipi yarı kerftir (%29,8) ve bu da yaygınlığını göstermektedir. Karşılaştırmalarda özellikle desen (%23,4) ve saçak çentiği (%10,65) öne çıkmaktadır (Şekil 10.).



**Çizelge 2.** Kerf tekniği projelerine göre önerilen sınıflandırması

Proje Adı	Tamamlanma Yılı	Doğal Ahşap Türü	Sert Yumuşak Ağaçlar	Endüstriyel Ahşap Türleri	Kesme Yöntemi	Kesme Şekli	Kesi Türü	Burula	Esneklik Boyutu	İşlev	Proje Görse li	Referans
Rock 'N' Roll	1985	Finlandiya Huş Ağacı	Kontrplak, Euro Renkli Kontrplak, Letonya Huş Ağacı	Kontrplak, Baltık Huş Ağacı	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf ve Desen	2D	Radyal	Sandalye		URL-1
Baby Bear	1985	Finlandiya Huş Ağacı	Kontrplak, Euro Renkli Kontrplak, Letonya Huş Ağacı	Kontrplak, Baltık Huş Ağacı	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf	2D	Düzlemsel	Sandalye		URL-1
Lumbar est	1985	Finlandiya Huş Ağacı	Kontrplak, Euro Renkli Kontrplak, Letonya Huş Ağacı	Kontrplak, Baltık Huş Ağacı	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf	2D	Düzlemsel	Sandalye		URL-1
New Wave	1994	Finlandiya Huş Ağacı	Kontrplak, Euro Renkli Kontrplak, Letonya Huş Ağacı	Kontrplak, Baltık Huş Ağacı	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf	3D	Radyal	Sandalye		URL-1
Alicia	1996	Finlandiya Huş Ağacı	Kontrplak, Euro Renkli Kontrplak, Letonya Huş Ağacı	Kontrplak, Baltık Huş Ağacı	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf	3D	Radyal	Sandalye		URL-1
MJT	2003	Finlandiya Huş Ağacı	Kontrplak, Euro Renkli Kontrplak, Letonya Huş Ağacı	Kontrplak, Baltık Huş Ağacı	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf	3D	Radyal	Sandalye		URL-1




Çizelge 2'nin devamı

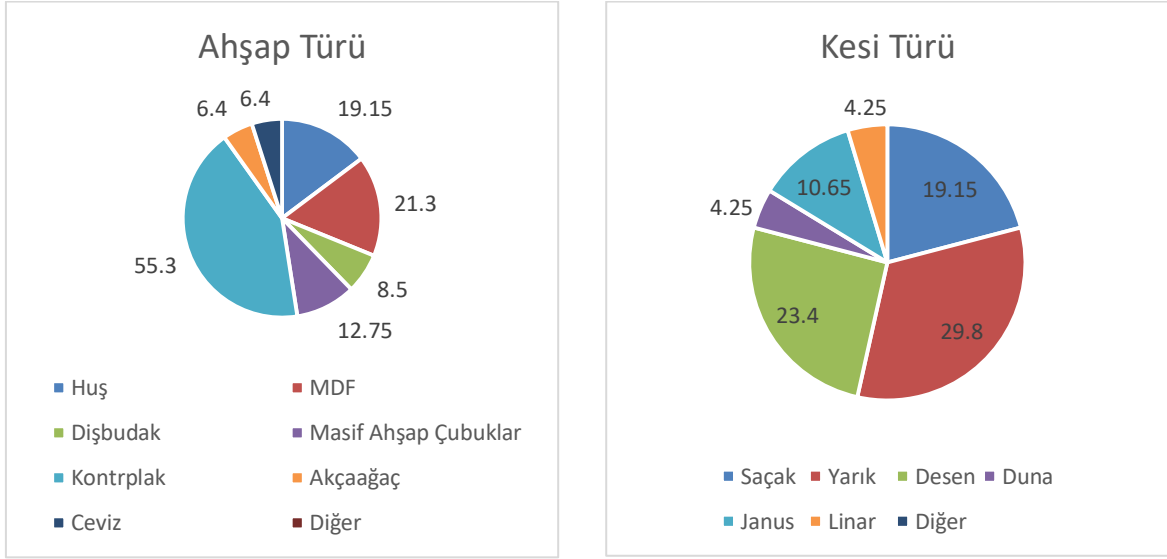
Proje Adı	Tamamlanma Yılı	Doğal Ahşap Türü		Endüstriyel Ahşap Türleri	Kesme Yöntemi	Kesme Şekli	Kesi Türü	Burulma	Esneklik Boyutu	İşlev	Proje Görse li	Referans
		Sert Ağaçlar	Yumuşak Ağaçlar									
Flame	2012	Finlandiya Huş Ağacı			CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf	3D	Radyal	Sandalye		URL-1
Nebula III	2018	Finlandiya Huş Ağacı			CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf ve Spiral Kerf	3D	Radyal	Sandalye		URL-1
lamp prototip e 1 - cone	2018			MDF	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf ve Zig Zag Kerf	3D	Radyal	Lamba Prototipi		Capone & Lanzara (a)
lamp prototip e 2	2018			MDF	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	3D	Radyal	Lamba Prototipi		Capone & Lanzara (a)
lamp prototip e 2	2018			MDF	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	2D	Düzlemsel	Lamba Prototipi		Capone & Lanzara (a)
Kerf-Based Complex Wood Systems	2010			Serbest Şekillen dirilmiş Ağaçlık Çıtalar	Döner Testere & Robotik İmalat	Panelin Sadece Bir Tarafının Kesimi	Paralel kesim ve Açılı kesim	2D	Doğrusal	Kerf Sistemi Prototipi		URL-2
Cocoon: a Kerfing Experiment	2016			Bivoltin hibrit çeşidi CSR2 x CSR4 kozaları	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	3D	Radyal	Lamba Prototipi		Bianconi & Filippucci (2020)
Dango	2017			Kontrpl ak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	2D	Radyal	Esnek Bir Koltuk		URL-3
Dukta Flexible Wood	-			MDF, Kontrpl ak, 3 Katlı Levha	CNC ve robotik imalat	Panelin Her İki Tarafında Kesim	Sonar	2D	Radyal	Panel		URL-4
Dukta Flexible Wood	-			MDF, Kontrpl ak, 3 Katlı Levha	CNC ve robotik imalat	Panelin Her İki Tarafında Kesim	Linar	2D	Radyal	Panel		URL-4
Dukta Flexible Wood	-			MDF, Kontrpl ak, 3 Katlı Levha	CNC ve robotik imalat	Cutting on Both Sides of the Panel	Foli	2D	Radyal	Panel		URL-4
Dukta Flexible Wood	-			MDF, Kontrpl ak, 3 Katlı Levha	CNC ve robotik imalat	Panelin Her İki Tarafında Kesim	Janus	2D	Radyal	Panel		URL-4

Çizelge 2'nin devamı

Proje Adı	Tamamlanma Yılı	Doğal Ahşap Türü		Endüstriyel Ahşap Türleri	Kesme Yöntemi	Kesme Şekli	Kesi Türü	Burula	Esneklik Boyutu	İşlev	Proje Görse li	Referans
		Sert Ağaçlar	Yumuşak Ağaçlar									
Dukta Flexible Wood	-			MDF, Kontrplak, 3 Katlı Levha	CNC ve robotik imalat	Panelin Her İki Tarafında Kesim	Janus- Tex	2D	Radyal	Panel		URL-4
Dukta Flexible Wood	-			MDF, Kontrplak, 3 Katlı Levha	Bant testere	Panelin Her İki Tarafında Kesim	Duna	3D	Radyal	Panel		URL-4
Ora	-			Tek Kesilmiş Kontrplak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Linar	2D	Radyal	Lamba		URL-4
Lumbra	-	Huş Kontrplak			CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Linar	2D	Radyal	Lamba		URL-4
Raya	-			dairesel kontrplak segment	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Saçak Kerf	3D	Radyal	Lamba		URL-4
Janus Partition	-	3 katmanlı akçaağaç			CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Janus	2D	Radyal	Akustik Duvar		URL-4
Black Janus Partition	-			MDF siyah	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Janus	2D	Radyal	Akustik Duvar		URL-4
Janus Partition	-		3 katmanlı ladin		CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Janus	2D	Radyal	Akustik Duvar		URL-4
Linar Concert Hall	2015			MDF, kaplama kontrplak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	2D	Radyal	Akustik Duvar		URL-4
TRIVIS	-			Kontrplak	Döner Testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarı Kerf	3D	Doğrusal	Heykel		URL-4
SINTA	-			Ham Odun Kütükler	Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarı Kerf	3D	Radyal	Heykel		URL-4
TIRA	-			Ham Odun Kütükler	Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarı Kerf	3D	Radyal	Heykel		URL-4
Spring Wood	2010	Dişbudak			Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Duna	3D	Radyal	Tabure		URL-5
The Ash Cushion	2010	Dişbudak			Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarı Kerf	2D	Düzlemsel	Tabure		URL-5
Flex Chair	2011			Kontrplak	Döner Testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarı Kerf	2D	Radyal	Sandalye		URL-6

Çizelge 2'nin devamı

Proje Adı	Tamamlanma Yılı	Doğal Ahşap Türü		Endüstriyel Ahşap Türleri	Kesme Yöntemi	Kesme Şekli	Kesi Türü	Burula	Esneklik Boyutu	İşlev	Proje Görse li	Referans
		Sert Ağaçlar	Yumuşak Ağaçlar									
Yin and Yang Stools	2013			Kontrplak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	2D	Radyal	Tabure		URL-7
Ampersand	-	Lamine Akçaağaç	Kontrplak		Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf	2D	Düzlemsel	Sandalye		URL-8
Spannungreihe	2012			Masif Ahşap Çubuk	Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf	3D	Radyal	Heykel		URL-9
Oxeye Hall Table	2010			Masif Ahşap	Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf	2D	Doğrusal	Masa		URL-10
Bird in Space	-	Claro Ceviz, Kıvrıkcık Akçaağaç			Bant testere	Panelin Her İki Tarafında Kesim	Yarık Kerf	3D	Doğrusal	Heykel		URL-10
Music Stand	-	Kiraz Ağacı, Kapitone Akçaağaç			Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf	2D	Doğrusal	Müzik Standı		URL-10
Dreamcatcher Hall Table	-	Dişbudak	Maun ağacı		Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf	2D	Doğrusal	Masa		URL-10
Stonehenge Bookends	-	Dişbudak Ağacı, Ceviz Ağacı			Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf	2D	Radyal	Bookends		URL-10
Jasmine Vase	-	Ceviz Ağacı			Bant testere	Panelin Kalınlığının Kesimi	Yarık Kerf	2D	Radyal	Vazo		URL-10
PLAAT	2014			Kontrplak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	2D	Radyal	Çanta		URL-11
-	2014			Kontrplak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	3D	Radyal	Panel		Zarrinmehr ve ark. (2017)
-	2017			Kontrplak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	3D	Radyal	Panel		Zarrinmehr ve ark. (2017)
-	2017			Kontrplak	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	3D	Radyal	Panel		Zarrinmehr ve ark. (2017)
-	2017			Plywood	CNC	Panelin Kalınlığının Kesimi	Desen	3D	Radyal	Panel		Zarrinmehr ve ark. (2017)



Şekil 10. Ahşap Kerf Ürünlerinin Karşılaştırmaları

## 5 Sonuçlar

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Kerf kesme tekniğinin kullanımı kontrplak malzemede ve yarık kesi tipinde belirgin olarak görülmekte ve yüksek kullanım oranı sergilemektedir.
- Buna karşılık, akçaağaç ve ceviz malzemesinin yanı sıra doğrusal ve duna kesi türleri daha düşük bir yaygınlık göstermektedir.
- Ürünlerin işlevsel yönleri incelendiğinde, sandalye tasarımlarında kerf kesiminin ağırlıklı olarak kullanıldığı, aksesuar tasarımlarının da hemen arkasından geldiği görülmektedir.
- Kesim parametlerine göre yön ve hareketlerini değiştirebilmeleri ve birleşim noktası olmaksızın tek panelden yalnızca kesim tekniği ile işlenerek elde edilebilmeleri sebebiyle kerf teknik kullanılarak üretilen ahşap ürünlerin ilk örnekleri 1985 yıllarına dayansa bile son yıllarda hızla ilgi görmeye başlamıştır.
- Aksesuar ve prototiplerden mobilya üretimine kadar geniş kullanım alanlarında örneklerini görebileceğimiz ahşap esaslı kerf kesimli ürünler esneme yönlerine ve özelliklerine göre çeşitlilik göstererek inovatif tasarımların oluşturulmasına katkı sağlaması sayesinde ilgi odağı olmaya başlamıştır.
- Tasarlanan ürünler içinde seri üretime geçmemiş olanlar çoğunluktadır.
- Kerf kesme tekniği kinetik ürün tasarlanmasında yaygın olarak kullanılmamıştır. Çizelgelerdeki %15 kadar ürün kinetik objelerdir.

Bu bağlamda, bu çalışma ahşap işleri alanında bu kesme tekniklerinin önemini vurgulamaktadır. Bulgular, çeşitli akademik makalelerde ve tasarımcı bloglarında açıkça görülen, ahşapta kerf kesimi konusundaki çalışmaların artan öneminin altını çizmektedir.

### Yazar Katkıları

**Gökçe Kırkpınar:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, kaynaklar, görselleştirme, makale taslak oluşturma, makale yazma **Yenal Akgün:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), proje yönetimi, metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, kaynaklar, görselleştirme, makale yazma, inceleme ve düzenleme.



**Matthieu Joseph Pedernana** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), araştırmanın yapılması, veri iyileştirme, inceleme ve düzenleme.

#### **Finansal destek beyanı**

Finansal destek alınmamıştır.

#### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemiştir.

#### **Kaynaklar**

- Aguilera, A., & Martin, P. (2001). Machining qualification of solid wood of fagus silvatica L. and Picea excelsa L.: Cutting forces, power requirements, and surface roughness. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 59(6): 483-488. DOI: [10.1007/s001070100243](https://doi.org/10.1007/s001070100243).
- Barabas, S. A. & Florescu, A. (2019). Optimization method of abrasive water jet cutting of welded overlay materials. *Metals* 9. 1046. DOI: [10.3390/met9101046](https://doi.org/10.3390/met9101046).
- Belforte, D. A., & Jafferson, J. M. (2016). Laser cutting. *In Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. DOI: [10.1016/B978-0-12-803581-8.01853-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.01853-1).
- Bianconi, F. & Filippucci, M. (2020). *Digital Wood Design Innovative Techniques of Representation in Architectural Design*. Springer Press. ISBN 978-3-030-03675-1.
- Black, I. & Chua, K.L. (1997). Laser cutting of thick ceramic tile. *Journal of Optics & Laser Technology*. 29(4): 193–205. DOI: [10.1016/S0030-3992\(97\)00005-4](https://doi.org/10.1016/S0030-3992(97)00005-4).
- Breaz, R. E., Bologna, O., & Racz, S. G. (2017). Selecting between CNC milling, robot milling, and DMLS processes using a combined AHP and fuzzy approach. *Procedia Computer Science*, 122, 796-803. doi: DOI: [10.1016/j.procs.2017.11.439](https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.439).
- Caiazza, F., Curico, F., Daurelio, G. & Minutolo, F.M.C., (2005). Laser cutting of different polymetric plastics (PE, PP, and PC) by a CO2 laser beam. *Journal of Materials Processing Technology*. 159: 279–285. DOI: [10.1016/j.jmatprotec.2004.02.019](https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.02.019).
- Capone, M. & Lanzara, E. (2019a). Parametric Kerf Bending: Manufacturing double curvature surfaces for wooden furniture design. *Digital Wood Design Innovative Techniques of Representation in Architectural Design*. Springer. 415-439. DOI: [10.1007/978-3-030-03676-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03676-8_15).
- Capone, M. & Lanzara, E. (2019b). *Kerf Bending Tests: Design for Manufacturing Doubly Ruled Surfaces*. Springer International Publishing AG. 1117-1130. DOI: [10.1007/978-3-319-93749-6\\_92](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93749-6_92).
- Chen, R., Turman, C., Jiang, M., Kalantar, N., Moreno, M. & Muliana, A. (2020). *Mechanics of kerf patterns for creating freeform structures*. Springer Nature. Springer-Verlag GmbH Austria: 231. 3499-3524. DOI: [10.1007/s00707-020-02713-8](https://doi.org/10.1007/s00707-020-02713-8).
- Den Bulcke, J. V., Acker, J.V. & De Smet, J. (2009). An experimental set-up for real-time continuous moisture measurements of plywood exposed to outdoor climate. *Building and Environment*. 44 (12). 2368-2377. DOI: [10.1016/j.buildenv.2009.03.021](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.03.021).
- Dukta Flexible Wood (2018a). <https://dukta.com/en/about-us/dukta>. Erişim Tarihi: 14.02.2024.
- Eltawahnia, H. A., Rossinib, N. S., Dassistib, M., Alrashedc, K., Aldahame, T. Benyounisd, K. Y. & Olabie, A. G. (2013). Evaluation and optimization of Laser Cutting Parameters for Plywood Materials. *Optics and Lasers in Engineering*. 51(9) 1029-1043. DOI: [10.1016/j.optlaseng.2013.02.019](https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2013.02.019).

- Guo, X., Deng, M., Hu, Y., Wang, Y., & Ye, T. (2021). Morphology, mechanism and kerf variation during CO2 laser cutting pine wood. *Journal of Manufacturing Processes*. 68: 13–22. [DOI:10.1016/j.jmapro.2021.05.036](https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.05.036).
- Güzelci, O.Z., Alaçam, S. & Bacınoğlu, Z. (2016). Enhancing flexibility of 2D planar materials by applying cut patterns for hands-on study models. SIGraDi, XX Congress of the Ibero American Society of Digital Graphics. Buenos Aires, Argentina. [DOI: 10.5151/despro-sigradi2016-382](https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-382).
- Kalantar, N. & Borhani, A. (2018). Informing deformable formworks-parameterizing deformation behavior of a non-stretchable membrane via kerfing. CAADRIA 2018: Learning, Prototyping and Adapting. 339-348. [DOI: 10.52842/conf.caadria.2018.2.339](https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2018.2.339).
- Khan, P.A.A., Cherif, Kudapa, S., Barnekov, V., & Mukherjee, K. (1991). High speed, high energy automated machining of hardwoods by using a carbon dioxide laser: ALPS. *Laser Institute of America*. 1722. 238-252. [DOI:10.2351/1.5058446](https://doi.org/10.2351/1.5058446).
- Menges, A., Schwinn, T. & Krieg, O. D. (2016). *Advancing wood architecture: A computational approach*. London: Routledge Taylor & Francis Group. ISBN: 9781317392330.
- Muñoz, P. (2011). *La flexibilidad en la generacion de la forma*. Ediciones de la forma Press, Argentina.
- Perez-Ubeda, R., Gutiérrez, S. & Stanisic, R.Z. (2018). A Study on robot arm machining: advance and future challenges. 29th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation. 932-940. [DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.134](https://doi.org/10.2507/29th.daaam.proceedings.134).
- Peterson, J., Madson, G. & Moody, RC. (1981). Tensile strength of one, two, and three-ply glulam members of 2 by 6 douglas-fir. *forest products journal*. 31(1):42-48.
- Pires, M.C. (1989). Plywood inlays through CO2 laser cutting. CO2 Laser and Applications. SPIE Proceedings. 1042: 97-102.
- Shahid, Z., Hubbard, J. E., Kalantar, N. & Muliana, A. (2021). An Investigation of the dynamic response of architectural kerf structures. Austria: Springer-Verlag GmbH. 233.157-181. [DOI:10.1007/s00707-021-03108-z](https://doi.org/10.1007/s00707-021-03108-z).
- Sharma, A., & Yadava, V. (2017). Experimental analysis of Nd-YAG laser cutting of sheet materials – A review. *Optics & Laser Technology*, 98 (Supplement C), 264-280. doi: [DOI: 10.1016/j.optlastec.2017.08.002](https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2017.08.002).
- Skoblar, A., Andjelic, N., Zigulic, R. (2016). Determination of critical rotational speed of circular saws from natural frequencies of annular plate with analogous dimensions. *International Journal for Quality Research*, 10(1). 177-192. [DOI: 10.18421/IJQR10.01-09](https://doi.org/10.18421/IJQR10.01-09).
- Smorfitt, D. B., Herbohn, J. L., & Harrison, S. (1999). Factors in the acquisition and utilization of portable sawmills in Queensland. *Australian Forestry*. 62(1). 45-50. Doi: [DOI:10.1080/00049158.1999.10674762](https://doi.org/10.1080/00049158.1999.10674762).
- Song, Y., Lv, Z., Bai, J., Niu, S., Wu, Z., Qin, L., Chen, Y., 1, Liang, L., Lei, Y., Jia, P., Shan, X. & Wang, L. (2022). Processes of the Reliability and Degradation Mechanism of High-Power Semiconductor Lasers. MDPI. 12(6). 2-26. [DOI: 10.3390/cryst12060765](https://doi.org/10.3390/cryst12060765)
- Thomasnet (2018). About CNC milling. <https://www.thomasnet.com/about/cnc-milling-51276103.html>, Erişim tarihi 01.02.2024.

- Tsai, C., Chen, H. (2003). Laser cutting of thick ceramic substrates by controlled fracture technique. *Journal of Materials Processing Technology*. 136: 166–173. [DOI:10.1016/S0924-0136\(03\)00134-1](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00134-1).
- URL-1. Gregg Fleishman: Architecture for the new millennium, <https://greggfleishman.com/>, Erişim Tarihi: 10.02.2024.
- URL-2. Achim Menges, <http://www.achimmenges.net>, Erişim Tarihi: 14.02.2024.
- URL-3. Dango armchair by Polish designer Agnieszka Kowal, <https://plainmagazine.com/dango-armchair-polish-designer-agnieszka-kowal/>, Erişim Tarihi: 14.02.2024.
- URL-4. Dukta Flexible Wood, <https://dukta.com/>, Erişim Tarihi: 12.02.2024.
- URL-5. Spring Wood by Carolien Laro, <https://www.dezeen.com/2011/01/05/spring-wood-by-carolien-laro/>, Erişim Tarihi: 10.02.2024.
- URL-6. Kenichi Sato Interactive Furniture, <https://www.tokyoartbeat.com/en/events/-/2012%2F4809>, Erişim Tarihi: 14.02.2024.
- URL-7. Latkin Fetter, <https://tr.pinterest.com/pin/709809591249310685/>, Erişim Tarihi: 14.02.2024.
- URL-8. Randy Weersing, <https://www.core77.com/posts/22480/randy-weersings-zig-zag-chair-three-pieces-of-plywood-and-many-many-cuts-22480>, Erişim Tarihi: 13.02.2024.
- URL-9. Gramazio & Kohler Architects, <https://www.gramaziokohler.com/web/d/installationen/227.html>, Erişim Tarihi: 14.02.2024.
- URL-10. Seth Rolland Custom Furniture Design, <https://sethrolland.com/>, Erişim Tarihi: 14.02.2024.
- URL-11. Dewi Bekker, Quinten Peuling & Wisse, <https://www.contemporist.com/clutch-is-made-from-wood-and-leather/>, Erişim Tarihi: 15.02.2024.
- Uslan, I. (2005). CO2 laser cutting: Kerf width variation during cutting. Proceedings of IMechE. Part B. *Journal of Engineering Manufacture*. 219: 572–577. [DOI: 10.1243/095440505x32508](https://doi.org/10.1243/095440505x32508).
- Vay, O., De Borst, K., Hansmann, C., Teischinger, A. & Muller, U. (2015) Thermal conductivity of wood at angles to the principal anatomical directions. *Wood Sci Technol*. 49: 577–89. [DOI:10.1007/s00226-015-0716-x](https://doi.org/10.1007/s00226-015-0716-x).
- Zarrinmehr, S., Akleman, E., Etehad, M., Kalantar, N., & Borhani, A. (2017). Kerfing with generalized 2D meander-patterns: Conversion of Planar Rigid Panels into Locally- Flexible Panels with Stiffness Control. In G. Çagdas, M. Özkar, L. F. Gül, & E. Gürer (Eds.), *Future Trajectories of Computation in Design* (pp. 276-293). Istanbul, Turkey.
- Zhang, H., Wang, J., Zhang, G., Gan, Z., Pan, Z., Hongliang Cui & Zhenqi Zhu (2005). Machining with flexible manipulator: Toward improving robotic machining performance. in proceedings. 2005 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. IEEE. 1127–1132. [DOI: 10.1109/AIM.2005.1511161](https://doi.org/10.1109/AIM.2005.1511161).



### Stress – deformation relations of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) wood under different conditions

Akın Şendağ<sup>1\*</sup>, Nusret As<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Aim of this study is to determine the effect of moisture content on the stress and deformation values of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) wood on bending strength, modulus of elasticity in bending and compression strength parallel to the fibers values. These were tested using TS ISO standards under air dry, over fiber saturation point (FSP) moisture content, steamed over FSP and cooled conditions and stress – deformation values were obtained. In addition, the stress and deformation values at the elastic limit and the deformation values of the material after the elastic limit were examined. As a result, it was determined that moisture content and steaming treatment caused decrease in all resistance types but increased the amount of deformation. While the averages of the over FSP and steamed samples were different in bending resistance and modulus of elasticity in bending, it was determined that there was no difference between the pretreatment groups in compression strength. It can be said that the strength and deformation values of the materials to be used especially in high moisture content areas should be selected in accordance with the place of use according to the results of the study.

**Keywords:** Scotch Pine, Steaming, Bending, Compression, Moisture, Deformation

### Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ahşabının farklı koşullarda gerilme deformasyon ilişkileri

**ÖZ:** Bu çalışmanın amacı, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ahşabının gerilme ve deformasyon değerlerine rutubet miktarının, lif yönüne paralel olarak eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve basınç direncine etkisini belirlemektir. Bunlar TS ISO standartları kullanılarak hava kurusu, lif doygunluk noktası (LDN) üzerinde ve LDN üzerinde buharlama ve soğutma koşullarında test edilmiş ve gerilme - deformasyon değerleri elde edilmiştir. Ayrıca elastik sınırdan oluşan gerilme ve deformasyon değerleri ile malzemenin elastik sınır sonrası göstermiş olduğu deformasyon değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak LDN üzeri rutubet ve buharlama işleminin tüm direnç türlerinde azalmaya neden olduğu fakat deformasyon miktarlarını arttırdığı tespit edilmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünde LDN üzeri ve buharlanmış örneklerin ortalamaları farklı iken basınç direncinde ön işlem gruplarının kendi arasında farklı bulunmadığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre özellikle yüksek rutubetli alanlarda kullanılacak olan malzemelerin direnç ve deformasyon değerlerinin kullanım yerine uygun olarak seçilmesi gerektiği söylenebilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Sarıçam, Buharlama, Eğilme, Basınç, Rutubet, Deformasyon

## 1 Introduction

Wood is an important engineering material and has been used since ancient times. It is important to know the properties of wood correctly to choose suitable materials for the place of use. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), which is the most widely distributed pine species throughout the world, can be found across Eurasia. Scots pine is also one of the most important wood species grown in Turkey by covering approximately 6.8% of total forestland (Büyüksarı, et al. 2017; Güntekin and Akar, 2019). Since scotch pine has a large heartwood and has high resistance and sounding properties, it can be used as wire poles, mine poles and pile poles in round form, and it can also be used as scaffolding poles in in-water construction if impregnated. Scotch pine is widely preferred for structural purposes due to its high resistance and easy processing properties despite its low density. It is used in the production of columns and beams as carriers in buildings and tensioners, struts, supports, bracing, sidings, purlins and rafters in roof trusses. It can also be utilized in bridge construction, shipbuilding and construction of vehicles (Kurul, 2023).

There are many factors that limit the use of wooden material in the structural field such as moisture content, physical mechanical properties, knots, spiral grain, exposure to fungal and insect attacks. One of the major problems of using wood materials is the effect of moisture content on their physical and mechanical properties (Güntekin and Akar, 2019). The mechanical properties of wooden materials changes depending on the moisture content (Güntekin and Akar, 2019; Ross, 2021). Many elastic and strength properties of wood decrease below the fiber saturation point (FSP) as the moisture content increases (Panshin and Zeeuw, 1970). The allowable stresses remain within the elastic limit in calculating the allowable stresses. In addition to the stress and maximum load at the elastic limit, deformation values at the elastic limit are also important depending on material size, moisture and material properties. Wood materials can be steamed for different purposes. These are ensuring color uniformity in the material, improving hygroscopic properties, reducing internal stresses in the wood material and sterilization against insects and fungi (Kantay, 2014; Şendağ, 2018).

Elastic properties have an important role in wooden materials as well as resistance values. However, studies on wood in the literature are generally limited to strength properties, and even if studies have been carried out on elastic capabilities, not enough studies have been carried out (Güntekin and Akar, 2019; Güntekin, et al., 2015; Lawrance et al., 2007, Şendağ, 2018). No change can be mentioned in its shape and dimensions unless an external force is applied to the wooden material. When a sufficient amount of force is applied to the material, changes in its shape and dimensions, i.e. deformations, are expected (Bozkurt, 1966; Renaud, Rueff and Rocaboy, 1996). Elasticity is defined as the complete recovery of deformations occurring in a solid material at low stresses by taking its previous state after the load is removed. Elastic properties are valid in solids below a certain limit called the elastic limit, plastic deformations or fractures occur above the elastic limit (Bozkurt 1966; Bozkurt and Göker, 1987; Kollmann and Cote, 1968). The zone between the elastic limit and the fracture point in the load deformation curve is called the semi-plastic (2<sup>nd</sup>) zone (Berkel, 1970).

The mechanical properties of a wood material are a measure of its resistance to external forces and its suitability. External forces are the forces that try to change the size or shape of a certain wood material by external influence. The mechanical properties of wood materials are important for many uses such as furniture, vehicles, tools and tool handles and their suitability for use in building and construction purposes (Bozkurt, 1966; Bozkurt and Erdin, 2011; Ross, 2021). Bending strength is the resistance of the wood material fixed at one or both ends



against the forces applied perpendicular to the fibers and trying to bend. It is used in strength calculations especially in materials used as beams. Compressive strength is the resistance to forces that work against compressing and pressing the wood material and plays an important role in the use of wood as a building material ( Bozkurt and Erdin, 2011; Bozkurt and Göker, 1987; Ross, 2021).

The aim of this study was to determine the stress and deformation relationships, elastic limit stress and deformation values, and the total deformation of scotch pine wood under different conditions for compression and bending properties. Since the moisture content of wood has a very important role in strength and deformation, the effect of high moisture content on wood material has been investigated. The properties of the steamed samples were tested considering the effects they may be exposed to in their places of use.

## **2 Material and Method**

### **2.1 Material**

In this study, scotch pine timber was supplied from the “Kuruoğlu Kerestecilik ve Dış Tic. A.Ş” as material. In material selection, it was paid attention that the annual rings of the materials should be regular and there should be no knots, rot, etc. The timbers were brought to the dimensions of 20 x 20 x 360 mm in Istanbul University - Cerrahpaşa, Faculty of Forestry Laboratory and kept in the acclimatization room at  $65 \pm 5\%$  relative humidity at a temperature of  $20 \pm 2$  °C until they reached constant weight (Figure 1-A).

The air-dried timbers were divided into 3 groups and one of the groups was tested in this way and the other two groups were kept in water to be raised over FSP. Finally, one of the groups kept in water was steamed. The steaming process was carried out with saturated water vapor in a steaming boiler under 1.2 bar pressure for 40 minutes (Figure 1-B). Samples were cooled before performed tests to eliminate other heat factors affecting on wood after the steaming process.



**Figure 1.** Acclimatized samples (A), Steaming process (B)

### **2.2 Method**

#### **2.2.1 Determination of density and moisture content**

Density and moisture content of samples determined according to TS ISO 13061-1 (2021) standard. In order to determine the air dry density, 48 clean samples' radial and tangential dimensions were measured and recorded with a Mitutoyo digital micrometer with a precision



of 0.001 mm. The dimensionally measured samples were weighed with a precision scale with a precision of 0.01 g. and their weights were determined. Density of the samples was determined using Equation 1.

$$D_{12} = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Where ;  $D_{12}$ : air-dry density ( $\text{kg/m}^3$ ),  $m$ : weight of the sample (kg),  $v$ : volume of the sample ( $\text{m}^3$ ).

20 x 20 x 30 mm pieces were cut from the region that is close to the fracture zone for bending strength samples to determine the moisture contents of the samples. Test samples were used for compression strength to determine the moisture content. Moisture samples for all groups weighed a precision of 0,01 g immediately after tests and placed in the drying oven at  $103 \pm 2$  °C and kept in there until weight of the samples became stable. Moisture contents of the samples were calculated in Equation 2.

$$m_c = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (2)$$

Where;  $m_c$ : moisture content of the sample (%),  $m_1$ : first weight of the sample (g),  $m_2$ : oven-dry weight of the sample (g).

### **2.2.2 Determination of compression strength parallel to the grain**

Compression strength parallel to the grain tests was performed by TS ISO 13061-17 (2019) standard. For this purpose, 30 clear samples of 20 x 20 x 30 mm were prepared for each sample group. Calculations were made using the equation 3.

$$\sigma_b = \frac{F}{b \times h} \text{ MPa} \quad (3)$$

Where;  $\sigma_b$ : Compression strength (MPa),  $F$ : load at fracture (N),  $b$  and  $h$ : cross-sectional dimensions of the sample (mm).

### **2.2.3 Determination of bending strength**

Bending strength specimens were tested in a universal testing machine (Figure 2) with a capacity of 100 kN by TS ISO 13061-3 (ISO, 2021). The span length was set as 15h of the sample thickness during the tests. The cross-sectional dimensions of the specimens were measured with an accuracy of 0.01 mm from the midpoint of the length axis with the width in the radial direction and the thickness in the tangential direction. The test speed was set at  $1.5 \pm 0.5$  min for the specimens to fracture and the load was applied tangentially to the radial face of the specimens at the midpoint of the annual rings. The force ( $P_{max}$ ) at the moment of fracture of the specimens was recorded with a sensitivity of 1 N and the bending strength was calculated with the help of the Equation 4.

$$\sigma_E = \frac{3 \times P \times L_s}{2 \times b \times h^2} \quad (4)$$

Where;  $\sigma_E$ : Bending resistance (MPa),  $P_{max}$ : force at fracture (N),  $L_s$ : Span length (mm),  $b$ : Sample width (mm),  $h$ : Sample thickness (mm).



**Figure 2.** Performing bending test

#### **2.2.4 Determination of modulus of elasticity in static bending (MOE)**

Determination of the modulus of elasticity was performed according to TS ISO 13061-4 (2021) standard. Static bending samples were used for the determination of MOE. Calculations were made by using equation 5.

$$E = \frac{\Delta P \times L_s^3}{\Delta f \times 4 \times b \times h^3} \quad (5)$$

Where; E: Modulus of elasticity (MPa),  $\Delta P$ : Force (N),  $L_s$ : Span clearance (mm),  $\Delta f$ : deformation (mm), b: sample width (mm), h: sample height (mm).

#### **2.2.5 Identification and examination of deformations**

Load-deformation data were obtained by using the automatic recording feature of the load and deformation amounts of the test device used in the experiments. Deformation amounts corresponding to 100 N load were determined by utilizing the obtained data.

The point where the linear region of the load-deformation graphs of the tested samples ends was accepted as the elastic limit and the load of this point was recorded with a precision of 1 N and the deformation of this point was recorded with a precision of 0.01 mm. The load-deformation graphs and the differences between the deformation occurring at the load levels were used in determining the elastic limit. While deviations from linearity can be seen in the graphs, the last load level with constant deformation increase is accepted as the elastic limit since the deformation increase between two load levels is constant until the elastic limit and starts to vary after the elastic limit.

Sample deformations were compared in terms of the lengths and total deformations of 2<sup>nd</sup> zone. The differences were investigated by comparing the load values of the sample groups for which a deformation increase was expected but not statistically significant.

#### **2.2.6 Statistical analysis**

Differences were determined by applying one-way analysis of variance at 95% confidence level using the SPSS 21 program to compare the data. If there was a difference in the analysis results, Duncan test was applied to determine the group differences.

### 3 Results and discussions

The mean density was determined as 560 kg/m<sup>3</sup> according to the results of density measurements. Scotch pine air-dry density given as 530 kg/m<sup>3</sup> (As et al., 2001) and 520 kg/m<sup>3</sup> (Bozkurt and Erdin, 2013).

Öktem (1994) stated that FSP of the scotch pine was 29,8% in moisture contents of the test specimens given in Table 1. It can be said that the tested samples at high moisture content are over-FSP since the over-FSP and steamed groups' moisture contents are higher than this value.

**Table 1.** Mean moisture contents of specimens (%)

Test		Compression	Bending
Pre- treatment	Air dry	12.56	11.64
	FSP	30.51	34.95
	Steamed	32.28	35.9

#### 3.1 Bending strength and MOE

In the Table 2, mean values of the results of bending strength and MOE were shown and Duncan test results were given as letters A, B and C, and every letter indicates different group values.

**Table 2.** Results of bending strength and MOE

Process	$\sigma_{EM}$	$\sigma_{EK}$	EL		$F_{2B}$	$F_T$	MOE
			$\sigma$	F			
Air - Dry	87.39	87.39	36.82	2.81	8.78	11.59	10090.12
	(A)	(A)	(A)	(A)	(C)	(C)	(A)
Over-FSP	48.41	41.40	24.89	2.19	17.46	19.65	8197.24
	(B)	(B)	(B)	(B)	(B)	(B)	(B)
Steamed	38.11	32.18	14.19	1.58	22.27	23.85	6905.12
	(C)	(C)	(C)	(C)	(A)	(A)	(C)

$\sigma_{EM}$ : Maximum Stress in bending (MPa)  $\sigma_{EK}$ : Fracture stress in Bending (MPa) EL: Elastic Limit  $\sigma$ : Stress (MPa) F: Deformation (mm)  $F_{2B}$ : 2<sup>nd</sup> zone length (mm)  $F_T$ : Total Deformation (mm) MOE: Modulus of Elasticity (MPa)

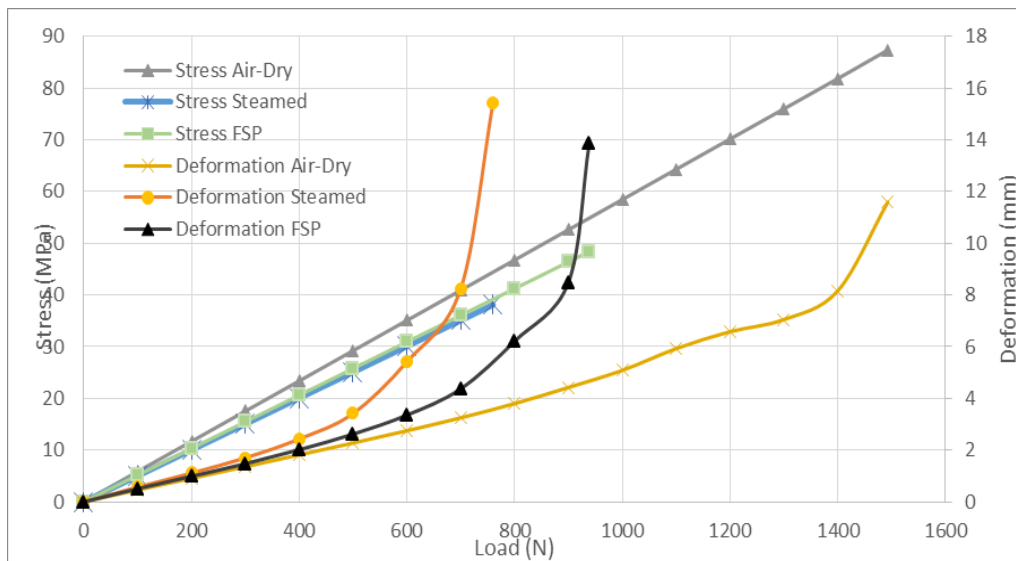
When the bending strength data were examined, the decrease in the fracture stress in bending of the over FSP and steamed samples compared to the air-dried samples was determined as 50.62% and 61.62%, respectively. The fracture occurred at maximum stress in air-dried samples after 14.40% stress loss in over-FSP samples and 15.56% stress loss in steamed samples. When the maximum stress comparison was made, it was determined that there was a significant difference between the averages of all pre-treatment groups for maximum stress in bending and fracture stress in bending at a 95% confidence level as a result of the Duncan test.

It is seen that the amount of deformation increased as a result of pretreatments, but the maximum stress and load values decreased. In other words, it was observed that more deformation occurred at lower load and stress values. This can be explained by the increase in humidity and steaming. As a result of the analysis of variance for elastic limit values, it was observed that there was a difference between the averages of all pretreatment groups for both stress and deformation values. The elastic limits of the pretreatment groups were 36.82 MPa stress and 2.81 mm deformation in air-dried materials, 24.89 MPa stress and 2.19 mm deformation in materials above FSP and 14.19 MPa stress and 1.58 mm deformation in

steamed samples. For pine wood, it is seen that as the total load carried by the material decreases, the elastic limit load and deformation values also decrease. Wangaard (1950) states that the elastic limit occurs with a stress of 25.51 MPa for pine wood in fresh state and 41.37 MPa for air-dried materials. In the literature, the decrease in the elastic limit stress value was 38.33%. In the study, the decrease in stress from air dry material to moisture above FSP was determined as 32.40%.

When the total deformations of the samples were compared, there was a difference between the averages of all groups. While the least deformation was measured in air-dried samples, the most deformation was measured in steamed samples. The highest deformation was obtained in steamed samples with 23.85 mm while the lowest deformation was obtained in air-dried samples with 11.59 mm. The total deformation of the samples above FSP was measured as 17.46 mm. When the deformations occurring at the fracture loads were compared with the air-dried material, it was observed that the samples over FSP fractured at 803 N and the air-dried samples had a deformation of 3.80 mm at 800 N load. The vaporized specimens fractured at 641 N and the air-dried specimens had a deformation of 2.75 mm at 600 N. A 459% increase occurred in the samples above FSP and an 867% increase occurred in the steamed samples compared to the air-dried samples. According to these values, it can be said that high humidity and steaming significantly increase the deformation ability of pine wood. The stress and deformation data for bending stress obtained from the samples are presented in relation to the load in Figure 3.

It was determined in the analysis of variance performed of the pre-treatment group averages of the modulus of elasticity of scotch pine wood that there was a difference between the group averages and it was seen that the averages of all groups were different from each other as a result of the Duncan test. The decrease in the modulus of elasticity values of the FSP and steamed samples compared to the air-dried state was determined as 18.26% and 31.57%, respectively. While the modulus of elasticity of pine wood is given as 12410.56 MPa at the air-dry state, it is stated as 9514.76 MPa in a fresh state. The amount of decrease in the literature values was determined as 23.34% (Wangaard, 1950). In other study, Korkut et al. (2008) stated that stress loss of scotch pine due to heat on modulus of elasticity was 7,39 % for 120 °C for 2 hours and 32,12 % for 180 °C for 10 hours.



**Figure 3.** Stress – Deformation graph depending on load for bending

### 3.2 Compression strength parallel to the grain

Mean values of compression test were given in Table 3. The mean of maximum compression stress of air-dry samples was statistically different from the mean of the other groups. The amount of decrease in the maximum compression stress of the FSP and steamed samples compared to the air-dried state is 54.68% and 55.68%, respectively. Dündar (2005) reported that the compression strength of scotch pine wood was between 50,69 Mpa and 57,58 Mpa. In this respect, the strength of air dry materials is close to the literature values. Wangaard (1950) stated the compression strength of scotch pine wood is 21,23 Mpa in green condition and 50,61 Mpa in an air-dry state. In a different study, Korkut et al., (2008) state that heat treatment affects the strength of scotch pine. They stated that the strengths decreased as the amount and duration of temperature increased. The amount of decrease between these values is 58,05%. In this respect, the data are consistent with previous studies.

**Table 3.** Results of compression tests.

Process	$\sigma_b$	$\sigma_{bk}$	EL		$F_{2B}$	$F_T$
			$\sigma$	F		
Air - Dry	43.97 (A)	43.97 (A)	33.78 (A)	0.95 (A)	0.73 (B)	1.69 (B)
Over-FSP	19.53 (B)	17.39 (B)	14.08 (B)	0.61 (B)	1.58 (A)	2.19 (A)
Steamed	19.98 (B)	17.43 (B)	13.64 (B)	0.59 (B)	1.55 (A)	2.14 (A)

$\sigma_b$ : Maximum Stress in compression (MPa)  $\sigma_{bk}$ : Fracture stress in compression (MPa) EL: Elastic Limit  $\sigma$ : Stress (MPa) F: Deformation (mm)  $F_{2B}$ : 2<sup>nd</sup> zone length (mm)  $F_T$ : Total Deformation (mm)

In the case of fracture strength of compression, it was observed that the average of the air-dry samples was different and higher than the other two groups. The decrease in the fracture strength of compression of the FSP and steamed samples was determined 60,54 % and 60,47%, respectively.

It was determined that the average of air-dried samples was different and higher than the other two groups in the analyses on elastic limit stress and deformation values. The elastic limit of the air-dried samples was determined as 33.78 MPa stress and 0.95 mm deformation. While it was determined as 14.08 MPa stress and 0.61 mm deformation in the samples over FSP, it was determined as 13.64 MPa stress and 0.59 mm deformation in the steamed samples. The amount of decrease in elastic limit stress values compared to air-dried samples was determined as 58.32% and 59.62% for FSP and steamed samples, respectively. Wangaard (1950) gives the elastic limit stress value of pine wood as 36.74 MPa for air-dried material and 16.61 MPa for green material. The decrease in the literature values is 54.79%. It is clearly seen that the obtained values are compatible with the literature values. The growing conditions and anatomical and chemical structure of wooden material can be effective in this situation. Figure 4 shows the stress and deformation values depending on load for compression strength.

A statistically significant difference was found between the 2<sup>nd</sup> zone lengths of scotch pine wood compression samples at a 95% confidence level. The average of air-dried samples differed from the other two groups. When the pine wood compression samples were analyzed in terms of total deformations, it can be said that the average of air-dry samples showed a significant difference compared to the other two groups and a low value was obtained. The minimum deformation was measured in air-dried samples with 1.68 mm and the maximum deformation was measured in samples over-FSP with 2.19 mm. The total deformation amount of the steamed samples is 2.14 mm. When the deformation amounts shown by the air-dried

samples are compared, the samples above FSP carried a maximum load of 8317 N and 0.58 mm deformation was measured in air-dry samples at 8000 N load. The steamed samples carried a maximum load of 8512 N and 0.65 mm deformation was measured at 9000 N load in air-dry samples. Considering these values, the deformation of the samples over FSP increased by 378% and the deformation of the steamed samples increased by 329%.

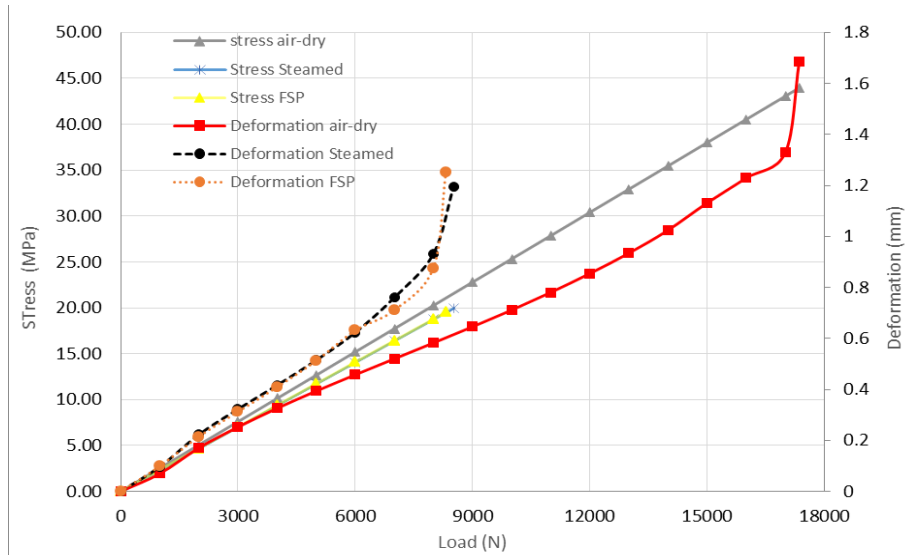


Figure 4. Stress – Deformation graph depending on load for compression

#### 4 Conclusions

- It can be said that the increase in moisture content and steaming process significantly decreases the resistance properties of wood material according to the findings obtained from this study. Deformation values are affected by moisture increase and steaming, but the effect varies according to the type of stress.
- In bending stresses, increase of moisture content and steaming of wood caused a decrease in strength and an increase in deformation. The growing conditions and anatomical chemical structure of the wood are thought to be effective in this situation.
- Similarly, increased moisture content and steaming of material affect the strength and deformations of material in compression strength parallel to the grain.
- Steaming and moisture increase affect material differently on compression and bending strength. While the means of all 3 groups were different in bending strength, no difference was found between steaming and humidity in compressive strength.
- The allowable stresses remain within the elastic limit when calculating the safety stresses. It can be said that deformation values at the elastic limit are also important depending on material size, moisture and material properties in addition to the stress and maximum load at the elastic limit.
- In this study, elastic limit deformation values were determined for different properties. It is thought that the allowable deformation values should be determined according to the wood species, sample sizes, humidity and defect properties in addition to the stresses allowed in practice with the determination of these values. Data will be provided to the practitioners and safer use of wood in structural use will be ensured.
- In addition, reductions in strength values should be taken into account in the use of wood material as a load carrier, especially in areas with high equilibrium humidity or waterlogged areas, and design calculations should be made accordingly.



### Acknowledgments

This study derived from MSc thesis of Akın Şendağ titled “stress - strain relations of some domestic tree species in different conditions”.

### Author Contributions

**Akın Şendağ:** Conceptualization, Data curation, Formal Analysis, Investigation, Methodology, Resources, Validation, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Nusret As:** Conceptualization, Data curation, Formal Analysis, Funding acquisition, Investigation, Methodology, Project administration, Supervision, Validation, Writing – review & editing.

### Funding statement

No financial support was received for the study.

### Conflict of interest

We confirm that there is no conflict of interest.


### References

- As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., & Erdinler, S. (2014). Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1), 71-88. DOI: [10.17099/jffiu.15049](https://doi.org/10.17099/jffiu.15049)
- Berkel, A., (1970). Ağaç mekaniği ve teknolojisi Cilt, I. İÜ Yayın No: 1148. OF Yayın, 147, 168–169.
- Bozkurt, A., & Erdin, N. (2013). Odun anatomisi, İstanbul üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları.
- Bozkurt, A. Y., & Erdin, N. (2011). Ağaç teknolojisi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları.
- Bozkurt, A. Y., & Göker, Y. (1987). Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları.
- Bozkurt, Y. (1966). Ağaç malzemenin mekanik özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40–60.
- Büyüksarı, Ü., As, N., & Dündar, T. (2017). Mechanical properties of earlywood and latewood sections of Scots pine wood. *BioResources*, 12(2), 4004–4012. DOI: [10.15376/biores.12.2.4004-4012](https://doi.org/10.15376/biores.12.2.4004-4012)
- Dündar, T. (2005). Sarıçamda değişik silvikültürel müdahalelerin odunun teknolojik özellikleri üzerine etkisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, İstanbul.
- Güntekin, E., & Akar, S. (2019). Influence of moisture content on elastic constants of Scots pine wood subjected to compression. *Drewno*. 62(204).41-53 DOI: [10.12841/WOOD.1644-3985.220.09](https://doi.org/10.12841/WOOD.1644-3985.220.09)
- Güntekin, E., Aydın, T. Y., & Niemi, P. (2015). Prediction of compression properties in three orthotropic directions for some important Turkish wood species using ultrasound, *BioResources*, 10(4), 7252–7262. DOI: [10.15376/biores.10.4.7252-7262](https://doi.org/10.15376/biores.10.4.7252-7262)
- Kantay, R. (1990). Kereste buharlamanın temel esasları ve etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40(1), 25–38. DOI: [10.17099/jffiu.68904](https://doi.org/10.17099/jffiu.68904)

- Korkut, S., Akgül, M., & Dündar, T. (2008). The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Bioresource Technology*, 99(6), 1861–1868. DOI:[10.1016/j.biortech.2007.03.038](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.038)
- Kurul, F. (2023). Sarıçam ve kızılçam yapı kerestelerinde mukavemet sınıflarının dinamik yöntemlerle belirlenme olanakları, *İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi*, İstanbul.
- Lawrence, J., Ae, K., Spencer, P., Yong, A. E., Ae, W., Misra, A., Orestes, A. E., Ae, M., & Friis, L. (2007). On the anisotropic elastic properties of woods. *Journal of Materials Science*, DOI: [10.1007/s10853-007-2121-9](https://doi.org/10.1007/s10853-007-2121-9)
- Öktem, E. (1994). Sarıçam Odununun Özellikleri ve Kullanım Yerleri, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi*, 251–285.
- Panshin, A. J., & Zeeuw, C. de. (1970). Textbook of wood technology, *Volume I. Structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States and Canada*, 3rd ed.
- Renaud, M., Rueff, M., & Rocaboy, A. C. (1996). Mechanical behaviour of saturated wood under compression, *Wood Science and Technology*, 30(3), 153–164. DOI: [10.1007/BF00231630](https://doi.org/10.1007/BF00231630)
- Ross, R. J. (2021). Wood handbook: wood as an engineering material.
- Şendağ, A. (2018). Yerli Ağaç Türlerinde Farklı Koşullarda Gerilme - Deformasyon İlişkileri, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- TS ISO 13061-17 (2019). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Küçük kusursuz odun numuneleri için deney yöntemleri – Bölüm 17: Liflere paralel basınç altında nihai gerilimin belirlenmesi. International Organization for Standardization (ISO) Geneva Switzerland.
- TS ISO 13061-1 (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi.
- TS ISO 13061-4 (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 4: Statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini.
- Wangaard, F. F. (1950). The mechanical properties of wood, *The mechanical properties of wood*, John Wiley & Sons, Inc., New York.



### Geleneksel ile günceli bir araya getirme çabası: Safranbolu evlerinin otel dönüşümünde odalarda görülen iç mekân değişiklikleri

Gözde Zengin \*

**ÖZ:** Kültür turizmi, çeşitli kültürlerin tarihini, sanatını, mimarisini ve geleneklerini keşfetmek amacıyla yapılan bir seyahat türüdür. Bu turizm biçimi, ziyaretçilere bölgenin zengin kültürel mirasını deneyimleme olanağı sunar ve bu tecrübe, kültürel mirasın korunmasının önemini vurgular. Safranbolu, kültür turizmi açısından özellikle eski çarşı bölgesi ve koruma altındaki tarihi evleri ile ünlüdür. Bu nedenle, bölge hem yerli hem de yabancı turistler için popüler bir ziyaret noktası haline gelmiştir. Bu çalışmada, tarihi evlerin otellere dönüştürülme sürecinde yaşanan değişimler ele alınmıştır. UNESCO tarafından koruma altına alınan tarihi Safranbolu konaklarından otel olarak hizmet verenler araştırma kapsamında incelenmiştir. Geleneksel mimari unsurlar ile modern tasarım anlayışının iç içe geçtiği bu süreçte, iç mekânlardaki değişiklikler otel odaları özelinde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Geleneksel yapı elemanlarının korunarak modern konfor ve estetik anlayışının entegre edildiği örnekler, Safranbolu evlerinin otel fonksiyonu için nasıl uyarlandığını göstermektedir. Bu örnekler, tarihi dokunun korunması ve turistik konaklama ihtiyaçlarının dengelenmesi üzerine bir bakış sunmaktadır. Sonuç olarak başarılı bir dönüşüm için dikkatli planlama, yerel yönetimlerle işbirliği ve sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Yeniden işlevlendirme, Tarihi Otel Mobilyaları, Safranbolu Turizmi

### The effort to combine the traditional with the contemporary: interior changes observed in rooms during the hotel conversion of Safranbolu houses

**ABSTRACT:** Cultural tourism is a type of travel aimed at exploring the history, art, architecture, and traditions of various cultures. This form of tourism offers visitors the opportunity to experience the rich cultural heritage of a region and emphasizes the importance of preserving this heritage. Safranbolu is particularly renowned for cultural tourism, especially for its old market area and its historically preserved houses. Therefore, the region has become a popular destination for both domestic and international tourists. This study examines the changes that occur during the conversion of historical houses into hotels. The historic Safranbolu mansions, protected by UNESCO and now serving as hotels, were examined within the scope of the research. In this process, where traditional architectural elements and modern design concepts intertwine, changes in the interiors were analyzed in detail, specifically focusing on hotel rooms. Examples where traditional structural elements are preserved while integrating modern comfort and aesthetics show how Safranbolu houses are adapted for hotel use. These examples provide insight into balancing the preservation of historical texture with the needs of tourist accommodations. Consequently, successful transformation necessitates careful planning, collaboration with local authorities, and the development of sustainable methods.

**Keywords:** Refunctioning, Historical Hotel Furniture, Safranbolu Tourism

## 1 Giriş

Kültürel miras, günümüz ile geçmiş arasında biriktirilen derin değerleri gelecek nesillere aktarmayı mümkün kılan; böylece kuşaklar arası iletişimi güçlendiren, bir yerin veya ulusun sahiplik duygusunu yaratıp ahenkli bir birliktelik hissi oluşturan hayati bir unsur olarak öne çıkmaktadır (Kiper, 2004). Bu bağlamda kültür turizmi, farklı kültürlerin tarihini, sanatını, mimarisini ve geleneklerini keşfetmek amacıyla gerçekleştirilir ve bu tür turizm, ziyaretçilere bölgenin zengin kültürel mirasını deneyimleme fırsatı sunar. Bu deneyimi yaşamayı tercih eden turistlerin yaş cinsiyet ve eğitim gibi bazı özellikler açısından benzerlik gösterdiği düşünülmektedir ((Richards. 2001). Bu bağlamda; genel olarak yüksek sosyo-ekonomik düzeye sahip görece ileri yaşlarda olan kişilerin kültür turizmini daha çok tercih ettikleri ortaya konulmaktadır (Falk ve Katz-Gerro, 2016). Sosyo-ekonomik düzeyin yüksek olması sebebiyle kültürel turistler gittikleri bölgede harcamak için normalin üzerinde bir bütçeye sahiptir ve bu bütçeyi daha çok yerel ve kaliteli ürünlere harcama eğilimindedir. Bu eğilim aynı zamanda bölgenin yerel ekonomisine katkı sağlamaktadır (Figini ve Vici, 2012; Jamen-Verbeke, 1997). Dolayısı ile kültür turizmi geleneksel endüstriler için ciddi gelir kaynakları sağlayabilmektedirler (Smith, 2015 Kültür turizminin mevsimsel bir yapıya sahip olmaması (Butler ve Mao, 1997) diğer bir deyişle kültürün iklimle sınırlanmaması bu deneyimin yıl boyu sunulabilmesine olanak tanımaktadır (Butler, 2001; Liu, 2014; Cuccia ve Rizzo, 2011). Özellikle yerli turistlerin yabancı turistlere göre kültür turizmini daha çok tercih ettikleri düşünülmektedir (Cisneros-Martínez ve Fernández-Morales, 2015).

Karabük ilinin bir ilçesi olan Safranbolu, Roma Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerine ait belirli izleri günümüze taşımaktadır (Hacısalıhoğlu, 1995). Safranbolu çevresi, Homeros tarafından Paflagonya olarak anılan bir bölge olarak bilinir ve Paleolitik Çağ'dan bu yana kesintisiz bir yerleşim ev sahipliği yapmıştır. Bu alan, tarihsel derinliğiyle dikkat çeken 24 adet tümülüse ev sahipliği yapmaktadır. Pers ve Helenistik dönemleri sonrasında Roma ve Bizans dönemlerinde yerleşim alanı olarak kullanılmıştır. Safranbolu'nun tarih boyunca aldığı isimler arasında Germia, Zafaran Boli, Flaviopolis, Dadybra, Zalifre, Zağfiranbolu ve Safranpolis bulunmaktadır (Günay, 2004). UNESCO Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Korunmasına Dair Sözleşme'yi 1972 yılında imzalayarak taraflarından biri olan Türkiye'nin günümüzde Dünya Mirası Listesinde 19 miras alanı bulunmaktadır. Safranbolu söz konusu listeye 1994 yılında dahil olarak geleneksel evleri ile dikkat çeken kültürel destinasyonlardan biri haline gelmiştir (UNESCO Türkiye Milli Komisyonu, 2023).

Türklerin Anadolu'ya özellikle 1071 Malazgirt Savaşından sonra göç yoluyla yerleşmesi Anadolu topraklarının, Türklerle kültürel etkileşime girmesini sağlamıştır. Türk boyları, Anadolu'nun verimli topraklarına yönelerek yerleşik hayata uyum sağlama sürecine girmişlerdir. Böylece Türkler kendi yaşam tarzını ve kültürünü bölgeyle bütünleştirmiştir (Bazancir, 2023). Türk evlerindeki kültürel bütünleşme örnekleri, özellikle çadır yaşamına özgü benzersiz yaşam biçimlerinin evlerde kendini ifade etmiş hali olarak gözlemlenebilir. Yerleşik hayata geçişle birlikte, Türk evlerinin mekan kimliği, içinde bulunduğu coğrafyanın iklim yapısına uyum sağlamasıyla belirginleşmiştir. Her bölgenin özelliklerine göre değişen bileşenlerin yanı sıra, sabit mekan düzenlemeleri de dikkat çeker. Bu sabit özelliklerden biri, "yaz odası" ve "kış odası" şeklinde düzenlenen iki mekan tanımının varlığıdır. Bu düzenlemeler, Türk evlerinin iç mekanlarında sıcak ve soğuk mevsimlere uygun konforlu alanlar oluşturulmasını sağlamıştır (Küçükerman, 1995). Evlerde görülen bir diğer ortak özellik mekanların çok işlevli olarak kurgulanmasıdır. Bu durum, çadır iç mekan kurgusunun yerleşik hayata bir yansıması olarak düşünülebilir. Çadır, tek mekanın gün içindeki gerekli tüm işlevleri karşılaması üzerine kurgulanmıştır. Bu durum evlerde bir odanın hareketli mekan

bileşenleri ile tüm işlevleri yerine getirmesi olarak Türk evlerinde kültürel yansımaları göstermektedir (Küçükerman, 1995; Günay, 2004).

Türk evlerinin bir örneği olan Safranbolu evleri; evin temelini oluşturan taş zemin katı, ahşap çatmalı alçak tavan ve az pencereci orta katları, bol pencereci ve çıkıntılarla hareketlendirilmiş üst katları ile kendi kimliğini ifade etmektedir (Günay, 2004). Safranbolu Evlerinin tipolojik özelliklerine bakıldığında birden dörde kadar değişen oda ve eyvan sayısına sahip olduğu görülmektedir. Ataerki geniş aile yapısına sahip toplum özelliklerinin bir yansıması olarak ev içerisinde çekirdek ailelere birer yaşam alanı verilerek günlük gereksinimlerini bu alan içerisinde karşılamaları beklenmiştir. Evin planını oluşturan temel bileşenler: odalar, sofalar, merdivenler, ahırlar ve taşlıklar olarak sıralanabilir (Bayazıt, 2014). Dünya Mirasları Listesi'ne girmeden önce harabe durumunda olan, çoğu kullanılmayan bu evler, koruma altına alınmasıyla birlikte restorasyon geçirerek kullanılabilir mekanlar haline gelmiştir. Tarihi evler "Eski Çarşı" ve "Bağlar" bölgeleri olmak üzere iki ayrı yerleşim alanında bulunmaktadır. Bu evler 18. ve 19. yy. kültürü, ekonomisi, teknolojisi ve günlük yaşamı konusunda Türk hayatının geçmişine ışık tutmaktadır. Bölgede bulunan yaklaşık 2000 geleneksel Safranbolu evinden 800'e yakını yasal koruma altındadır (Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 2024). Safranbolu ilçesinde 33 adet turizm işletme belgesi, 64 adet basit konaklama belgesi ve 5 adet kamu misafirhanesi olmak üzere toplam 102 konaklama tesisi bulunmaktadır (Safranbolu Kültür Turizm Danışma Bürosu, 2024).

Son yıllarda konutların otele dönüşümü ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında yeniden işlevlendirme ile ilgili önemli bilgiler sağlanmıştır. Örneğin, Tapkı (2018), tarihi kentlerde konaklama tesisi yapılabilecek boş arazilerin bulunması zorluğunun konutların yeniden işlevlendirilerek otele dönüşümü ile çözülebildiğini paylaşmaktadır. Benzer şekilde Safranbolu tarihi çarşı bölgesinde bulunan konaklardan birinin yeniden işlevlendirme sürecine odaklanan çalışmada, konaklardan otellere dönüşüm sürecinde restorasyon çalışmaları, restorasyon sonrası fiziksel durumu, sorunları ve gereksinimleri ortaya konulmuştur (Aydoğan Evirgen, 2019). Ciritci (2020), bölgede bulunan diğer tarihi yapıların da benzer dönüşümlerden geçme potansiyelinin olduğuna dikkat çekerek dönüşümü yapılan konutların mekânsal ve yapısal özelliklerinin incelenmesinin önemine vurgu yapmaktadır.

Safranbolu tarihi çevrede bulunan koruma altındaki konakların bazıları hala ev olarak kullanılırken bazılarının yeniden işlevlendirildiği görülmektedir Ahunbay (2007) yeniden işlevlendirme sürecini tarihi yapının yok olmasına engel olacak güçlü koruma yöntemlerinden biri olarak tanımlamaktadır. Bu, kültürel mirasın gelecek nesillere doğru bir şekilde aktarılmasını sağlamak için izlenen politika ve uygulamaların bütünü olarak kabul edilir. (Levent, 2014). Bu tanıma paralel olarak yapıların asıl işlevine uygun olarak ve yapının korunmasına katkıda bulunarak yeniden işlevlendirme sürecinde bazı tarihi konaklar otellere dönüştürülmüştür. Eskiden konut olarak kullanılan yapıların otele dönüştürülmesi sıkça kullanılan yöntemlerden biridir (Yalçın ve Açıcı, 2023). Otel kavramının, seyahat edenlere konforlu bir konaklama hizmeti sunmasını içermesi sebebiyle tarihi konakların otele dönüşümünde yeniden işlevlendirme sürecinin nasıl işlediği önem kazanmaktadır. Otel hizmetleri bağlamında sunulan konforlu konaklama kavramının tarihi konak otellerde nasıl yorumlandığı bu çalışmanın özünü oluşturmaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı eski çarşı bölgesinde faaliyet gösteren otellerin, otel odaları özelinde nasıl bir dönüşüm geçirdiği ve günümüz koşullarına nasıl uyumlu hale getirildiğini ortaya koymaktadır.

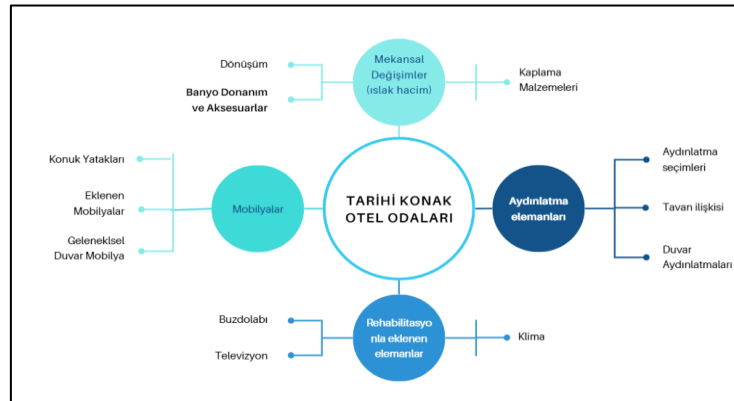
## 2 Yöntem

Bu çalışma nitel araştırma yaklaşımını benimsemekte olup, çalışmada nitel yaklaşımın durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Safranbolu'da UNESCO tarafından koruma altına alınmış tarihi konaklardan belirlenen örnekler üzerinden derinlemesine bir inceleme yapılmıştır. Bu durum çalışması, özellikle tarihi konakların otel olarak dönüşüm sürecine odaklanarak zengin bir içgörü elde etmeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın veri toplama sürecinde, Safranbolu'nun otel olarak hizmet veren tarihi konaklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda, otellerin dönüşüm süreçlerini gösterebilmek adına, çeşitli otel rezervasyon uygulamalarındaki görseller incelenmiştir. Araştırmaya sadece Safranbolu'nun eski çarşı bölgesinde yer alan oteller dahil edilmiştir. Otel seçiminde, birden fazla otel arama sitesinde aktif oda satışı bulunan otellerden aynı görsellere sahip olan oteller tercih edilmiştir. Bu seçim, görsellerin doğruluğundan emin olunması amacıyla yapılmıştır. Seçim kriterlerinden biri de aynı otel içinde farklı odaların fotoğraflarının bulunması olarak belirlenmiştir. Bu kriter, otellerin genel yapısını ve oda çeşitliliğini gösterebilmek için belirlenmiştir. Bu bağlamda, farklı odalara ait nitelikli görsellerin bulunduğu ve en az 10 yatak kapasiteli oteller seçilmiştir. Bu kriterlere uyan toplamda 12 otel araştırmaya dahil edilmiştir. Otellerin ticari itibarını zedelememek ve işletmeler arasında kıyaslama yapılmaması adına çalışmada oteller O1, O2, O3... şeklinde kodlanmıştır. Veri toplanan siteler ve erişim tarihleri kaynakçada belirtilmiştir (Url 1, Url 2, Url3, Url 4, Url 5, Url 6). Bu doğrultuda farklı görseller üzerinden elde edilen veriler tematik analiz yöntemiyle farklı kategorilere ayrılmış ve anlamlı temalar ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen temalar; mobilyalar, ıslak hacimler, aydınlatma elemanları, rehabilitasyonla eklenen elemanlar şeklindedir. Mobilyalar başlığında var olan mobilyaların günümüzde nasıl kullanıldığı ve yeni eklenen mobilyalar arasındaki uyum incelenmiştir. Islak hacim başlığında odaların içerisinde gelenekselde bulunan yıkanma alanlarının ıslak hacimlere dönüşümünde yapılan değişikliklere odaklanılmıştır. Aydınlatma elemanları başlığında günümüz teknolojisine sahip aydınlatma birimlerinin gelenekselle olan uyumu incelenmiştir. Ve son olarak rehabilitasyonla eklenen elemanların (buzdolabı, televizyon, klima) geleneksel doku ile nasıl bir araya geldiği incelenmiştir. Bu analizler, tarihi evlerin otellere dönüşüm sürecindeki değişimleri, geleneksel ve güncel unsurların otel odası özelinde nasıl bir araya getirildiğini ve bu sürecin kültürel mirasın korunması ile nasıl dengelediğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

## 3 Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada elde edilen veriler temalara ayrılarak incelenmiştir. Elde edilen temalara ait kavramsal şema, Şekil 1'de gösterilmektedir.



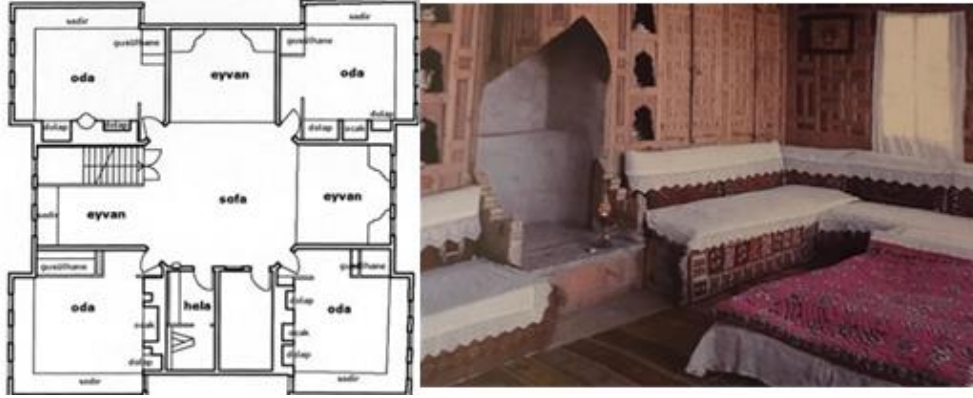
Şekil 1. Bulguların kavramsal olarak şeması



### 3.1 Mobilyalar

#### 3.1.1 Konuk Yatakları

Türk odasının en önemli özelliği çok işlevli olarak kullanılmasıdır. Yatak odası olarak özelleşmiş mekanlarda, oturulur, uyunur, çalışılır, yemek yenir, yıkanılır. Eşyalar gerekli olduğu zamanlarda ortaya getirilir, kullanılmadığı zamanlarda kaldırılır. Bu amaçla orta alan boş bırakılır.



Şekil 2. Geleneksel Safranbolu evi kat planı örneği (Bayazıt, 2020) ve iç mekan kurgusu (Günay, R., 2004)

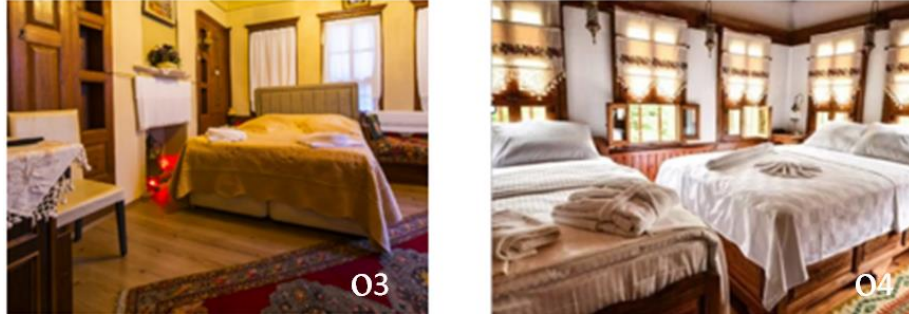
Otel işlevlerine dönüşümde ise mekanlar tek işlev için kullanılır hale getirileceği için karyolar taşınabilirlik özelliğine sahip değildir. Bazı otellerin konakla uyumlu ölçekte sabit yatak yaptırdıkları gözlemlenirken bazı otellerin hazır bazalı yatakları oda içerisine yerleştirdikleri görülmektedir. Buna paralel olarak geleneksel mimaride sabit mobilyalar mekân ölçeği ile ilişkilendirilmiştir. Geleneksel yatak örneğinde de görülebileceği gibi yatakların yastık yükseklikleri oturma birimi ile aynı hizaya gelecek biçimde yerleştirilmiştir. Bu haliyle mekânın bileşenleri arasında ölçek uyumundan söz edilebilir. Günümüz otel örneklerine bakıldığında ise mobilya seçimlerinde ve yerleştirme biçimlerinde farklı çözüm arayışları olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Otel Yatak odası örnekleri

Bazı konak otellerin mekânsal auranın yani fiziksel olarak hissedilen unsurların yanında duygusal olarak da algılanan mekan kavramının bozulmasını engellemek adına konuk yataklarını geleneksel sabit mekan bileşenleri ile uyumlu ölçekte seçmeye ve konumlamaya özen gösterdiği görülmektedir. Şekil 2'de Geleneksel Safranbolu evinde yatak yüksekliğinin sabit mobilyaların oturma yüksekliğinden daha aşağıda konumlandığı görülmektedir. Şekil 3'de paylaşılan modern örneklerimize baktığımızda ise yatak yüksekliğinin oturma yüksekliği ile

aynı seviyeye geldiğini görmekteyiz. Yatağın yüksekliğinin odanın iç bileşenlerinden alınan referansla tasarlanması oda içerisindeki mekânsal uyumun sürdürülmesine katkı sağlamaktadır.

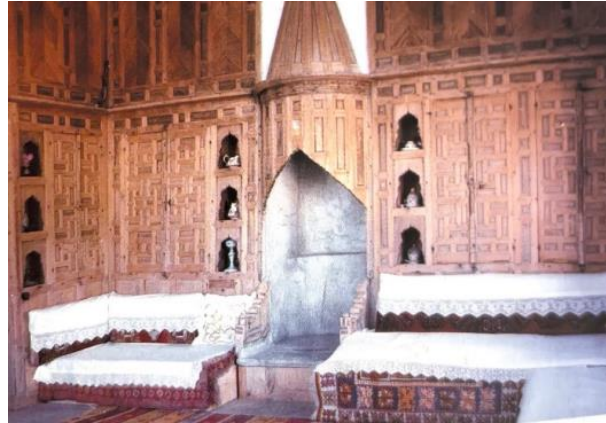


Şekil 4. Otel yatak odası örnekleri

Bazı otellerin konuk konforunu vurgulayarak geniş ve gösterişli yatak ve yatak başlıklarını tercih ettiği gözlemlenmiştir. İlk bakışta oldukça rahat görünen bu yatakların, mekanla ilişkisi incelendiğinde, odanın pencere yüksekliğine kadar uzandığı fark edilmektedir (Şekil 4). Bu durum, bazı örneklerde pencerelerin kullanılmasını tamamen engellemekte, diğer örneklerde ise pencerelerin bazı kanatlarını işlevsiz bırakmaktadır. Yatak, mekanın diğer unsurlarından önemli ölçüde daha büyük olduğunda, hiyerarşik olarak yatak odasının en belirgin ögesi haline gelmektedir. Bu durumun, geleneksel Safranbolu evinin iç mekan bileşenlerinin görünürlüğüne veya algılanmasına engel olduğu düşünülmekte ve bu nedenle tarihi konak deneyimini kısıtladığı düşünülmektedir.

### 3.1.2 Eklenen Mobilyalar

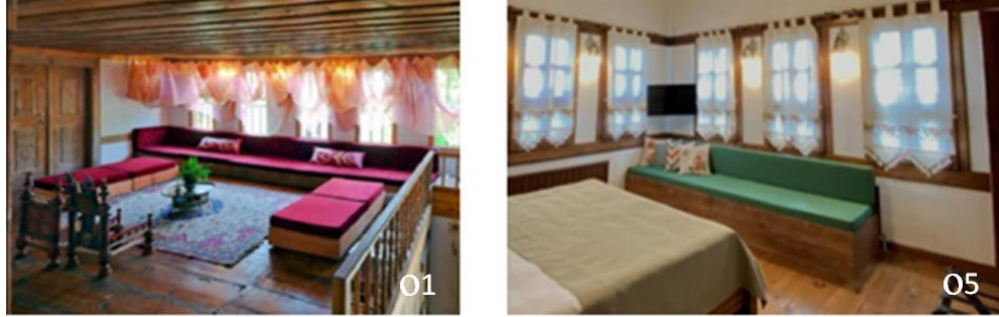
Geleneksel Safranbolu evlerinde oturma birimi olarak sedirler bulunmaktadır. Sedirde oturma, yerde oturma ile benzerlik gösterdiği için sedirlerin oturma alanı geniş tutulmuştur. Sırt kısmı yastıklarla desteklenmektedir. Sedirlerin duvar mobilyaları ile birleşerek oturma birimi haline gelmesi Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Geleneksel Safranbolu evi sedir yerleşimi (Günay, R., 2004)

Konakların otellere dönüşümünde bazı konaklar sedirleri orijinallerine uygun biçimde yenileyerek kullanırken bazılarının bu işlevi yerine getirmek için sedirleri kaldırarak odalara yeni mobilyalar eklediği gözlemlenmiştir. Geleneksel Safranbolu evinde bulunan yere yakın konumlanmış, geniş oturma alanlı sedirlere öykünen mobilya tasarımları bazı konak otellerde modernize edilerek kullanılmaktadır. Bu mobilyalara özellikle ortak kullanım alanlarında başka mobilyaların da eşlik ettiği görülmektedir. Kullanılan mobilya örnekleri Şekil 6'da

gösterilmektedir. Auranın bozulmasının istenmediği mekanlarda eklenecek mobilyaların seçiminde eski dönem mobilyaları kullanılarak geçmişe referans verilmeye devam edilmektedir. Aynı otelin farklı odalarında farklı dönemlere ait mobilyaların kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum mekanda ortak bir tasarım dili oluşturmayı zorlaştırmaktadır.



Şekil 6. Oturma birimi örnekleri

Kullanılan mobilyaların her biri, belirli bir dönemin özgün tasarım ve estetik anlayışını yansıtarak, tarihi çevreye uyum sağlamaktadır. Ancak, mobilyaların her biri ait olduğu dönemin ruhunu yansıtmaktadır. Sonradan eklenen mobilyalar özelinde, Safranbolu evinin karakteristik özellikleri ile yapılan seçimlerin ne kadar uyumlu olduğunu değerlendirmek gerekmektedir. Eklenen mobilya örnekleri Şekil 7’de gösterilmiştir. Eklenen mobilyaların taşınabilir özellikte olduğu gözlenmiştir. Mobilyalar, belirli bir sosyal, kültürel ve estetik kaygı taşınarak tasarlanır. Buna paralel olarak tasarlandığı dönemin izlerini taşır. Her dönemin estetik özellikleri ve tasarım prensiplerinin farklı olduğu dikkate alınırsa Safranbolu evi özelinde aynı mekanda farklı dönemlere ait mobilyalar kullanmak mekânın geçmişle bütünsel bir ilişki içinde olmasını zorlaştırmaktadır.



Şekil 7. Eklenen mobilya örnekleri

### 3.1.3 Duvar Mobilyaları

Safranbolu evlerinin öne çıkan özelliklerinden biri de duvar mobilyalarıdır. Bu evlerde kullanılan duvar mobilyaları sadece işlevsel bir amacı yerine getirmekle kalmaz aynı zamanda estetik olarak da mekana kimlik kazandırmaktadır. Duvar mobilyaları, bölgede yetişen ağaçlardan seçilmiş ahşap malzemelerden üretilmektedir. Safranbolu’nun geleneksel el sanatları konusunda ustalığını yansıtan bu ahşap işlemeli dolap kapakları odaların kullanım alanlarını genişletmek amacıyla tasarlanmıştır. Genellikle yatak, yastık, yorgan gibi kişisel eşyaların depolanmasında kullanılır. Ayrıca odun gibi yakacak unsurların düzenli bir şekilde saklanması için özel dolaplar bulunmaktadır. Oda içerisinde yıkanmak için tanımlanmış alan yine bu dolaplar aracılığı ile gizlenmektedir. Günlük yaşamı kolaylaştırmak için kurgulanmış bu alanlar tarihi evlerin karakteristik özelliklerinden biri haline gelmiştir.

Depolama alanı, otel işlevi için doğal bir bileşen olup, oda içinde zaten mevcut olan bir özelliktir. Buna paralel olarak bu mobilyalar oda içerisinde konukların eşyalarını depolaması,



otelin konuklarına sunduğu bazı eşyaların depolanması ve sunulması, oda içerisinde görünür olmasına gerek duyulmayan bazı bileşenlerin saklanması gibi amaçlarla etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 8). Ancak, bazı otellerin yoğun bir depolama alanına ihtiyaç duymamaları sebebiyle bu potansiyeli tam olarak kullanamadıkları düşünülmektedir.



Şekil 8. Geleneksel Safranbolu evi duvar mobilyaları (Günay, R., 2004)

Safranbolu evlerinin belirgin özellikleri arasında yer alan duvar mobilyaları, evlerin otellere dönüşüm sürecinde çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu özellik, bazı oteller tarafından başarıyla kullanılarak mekanları zenginleştirirken, bazı oteller için mekansal kurgunun tasarlanmasına engel teşkil ettiği gözlenmiştir. Duvar mobilyaları, mekan içinde yoğun bir görüntü oluşturduğunda veya tercih edilen mobilyalar mekan ölçeğinden farklılaştığında, bu mobilyaların kullanımında zorluklarla karşılaşmaktadır. Özellikle seçilen mobilyaların dolap kapaklarının açılmasına engel olması gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

### 3.2 Mekansal Değişimler: Islak Hacim

İlk bakışta duvar mobilyası gibi görünen gusülhaneler geleneksel Safranbolu evlerinde odaların içinde bulunan yıkanmak için tanımlanmış mekanlardır. Şekil 9'da da görüldüğü üzere bu mekanlar bir kişinin yıkanmasına izin verecek büyüklükte, su tesisatının bulunmadığı alanlardır. Özellikle odadaki ocak yakınında konumlandırılmaları, sıcak su ve ısınma ihtiyaçlarının pratik bir şekilde karşılanmasını sağlar (Tuluk, 2010).



Şekil 9. Safranbolu evinde duvar mobilyaları içine gizlenmiş yıkanma alanları (Günay, R., 2004)

Islak hacimler Geleneksel Safranbolu evinde var olan bir bileşen olsa da otellere dönüşüm sürecinde önemli değişikliklere maruz kalan alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu mekanların modern ıslak hacim gereksinimlerini karşılamaması nedeniyle, modern konuk ihtiyaçlarına uygun hale getirilmesi ve bu çaba sırasında geleneksel dokunun korunarak konforlu bir hale getirilmesi gerekmektedir. Konakların otellere dönüşümünde bazı konaklar sedirleri orijinallerine uygun biçimde yenileyerek kullanırken bazılarının bu işlevi yerine getirmek için sedirleri kaldırarak odalara yeni mobilyalar eklediği gözlemlenmiştir.

### 3.2.1 Kaplama Malzemeleri

Islak hacimlerin kurgulanması esnasında otellerin farklı kaygılarla mekan bileşenlerini seçtikleri gözlenmiştir. Şekil 10'da ıslak hacim örneği paylaşılmaktadır. Kaplama malzemesi seçimleri bu bağlamda kolayca ayırt edilebilen bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı oteller bu mekanlarda günümüz estetik kaygılarına yakın çizgilerin bulunduğu kaplama malzemeleri kullanırken bazı otellerin sadece beyaz seramikler kullanarak dikkati diğer bileşenlere çektiği görülmektedir. Ancak, bazı otellerin bu seçimde geleneksel dokuyu koruma konusunda yeterince özen göstermediği görülmektedir.



Şekil 10. Fayans örneği

### 3.2.2 Banyo Donatım ve Aksesuarları

Yeniden işlevlendirme sürecinde konakların otellere dönüşümünde ıslak hacimlerin günümüz konuk ihtiyaçlarına göre yeniden düzenlenmesini gerektirmiştir. Düzenleme yapılırken temizlik, hijyen, sıcak suya erişim, gibi ihtiyaçların planlanması söz konusu olmaktadır. Bunun yanında tüm bu modern bileşenlerin geleneksel ortamla entegre olabilecek şekilde seçilmesi gerekmektedir. Düzenleme yapılırken mekanın konuk ihtiyaçlarına uygun hale getirilmesi için bazı ürünlerin eklendiği görülmektedir. Eklenen ürünler, banyo donatım ve aksesuarları, kişisel bakım aletleri, aydınlatma ve ayna ürünleri, dekoratif ve fonksiyonel aksesuarlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 11'de ıslak hacim örnekleri paylaşılmaktadır. Modern bileşen seçiminde bazı otellerin tarihi çevre ile uyumlu tasarım yapmakta zorlandıkları düşünülmektedir.



Şekil 11. Islak hacimlere eklenen modern bileşen örnekleri

### 3.2.3 Dönüşüm

Gelenekseli yeniden işlevlendirirken iç mekan tasarımında, geleneksel dokunun korunması ve detaylara özen gösterilmesi önemlidir. Bu, Safranbolu evi özelinde bakıldığında minimal ve incelikli seçimlerin yapılmasını gerektirmektedir. İncelenen örneklere bakıldığında, gelenekselden moderne dönüşüm esnasında bazı otellerin ıslak hacim için ankastre ürünleri tercih ettiği görülmektedir. Ankastre ürünler duvara bağlandıkları için mekanı daha ferah, düzenli göstermektedir. Ankastre ürünler az yer kaplayarak mekanda geniş bir alan hissi yaratmaktadır. Bu etkinin geleneksel Safranbolu evinin yalınlığı ile örtüştüğü düşünülmektedir. Şekil 12’de ıslak hacimlerde ankastre ürünlerin tercih edildiği bir banyo örneği paylaşılmaktadır.



Şekil 12. Islak hacimlerde dönüşüm örneği

Geleneksel dokunun hakim olduğu odaların içinde yer alan ıslak hacimlerin, dönüşüm sürecinde odanın bütününden ayrı olarak tasarlanması aura kayıplarına neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için otellerin ıslak hacim kapılarını oda içerisindeki ahşap dokunun devamı niteliğinde düşünerek aura kayıplarının önüne geçmektedir. Bu seçim aynı zamanda duvar mobilyaları algısının da korunmasına yardımcı olarak gelenekselden moderne dönüşümde geçmişin estetik mirasını günümüze entegre edilmesini sağlamıştır. Mekansal atmosfer kayıplarının önüne geçmek için yapılan çabaların yanı sıra bazı otellerin söz konusu hedefe ulaşma konusunda zorlandıkları gözlemlenmiştir. Özellikle gelenekselde ahşap olan detayların ahşap renginde plastik elemanlar ile değiştirilmesi, ıslak hacim dönüşümünde geleneksele atıf yapmadan modern bileşenlerin kullanılması aynı mekanda iki farklı aura yaratılması ile sonuçlanmaktadır.

### 3.3 Aydınlatma Elemanları

Geleneksel Safranbolu evleri günümüz aydınlatma sistemlerinden önce lamba, fener, kandil gibi araçlar kullanılarak aydınlatılmaktadır. Bu aydınlatma elemanları için mekanda tanımlanan alanlar ve elde edilen ışığın kalitesi mekana ait auranın güçlenmesine katkı sağlamaktadır. Teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte geleneksel Safranbolu evleri de bu anlamda günümüze uyarlanmıştır. Konakların otellere dönüşümü esnasında seçilen aydınlatma elemanlarının geleneksel ile bir bütün oluşturacak biçimde kullanılması ve mekânsal auranın korunması bu anlamda önem arz etmektedir. Tarihi dokunun korunması ve ürün seçim ve yerleşiminde gelenekselden referans alınması bu auranın korunmasına yardımcı olmaktadır.



### 3.3.1 Aydınlatma Elemanı Seçimleri

Aydınlatma elemanları yeni bir bileşen olarak odalara eklendiği için otellerin aydınlatma seçimi yaparken farklı mekânlara farklı aydınlatma elemanı çözümleri aradıkları gözlenmiştir. Aydınlatma seçimlerinde sıklıkla aplikler, avizeler, sarkıt lambalar, led avizeler, geri tavan sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Mekanlara göre değişen aydınlatma çözümleri geleneksel ile uyumun yanı sıra birbirileri ile de uyum sorununu beraberinde getirmektedir. Geleneksel konakların otellerin dönüşümü sürecinde aydınlatma elemanı seçiminin tutarlılığı konusunda zorlanıldığı düşünülmektedir. Bu durum geleneksel ile modern bir araya getirirken estetik bütünü sağlamanın önemini ortaya koymaktadır.

### 3.3.2 Aydınlatma- Tavan İlişkisi

Geleneksel Safranbolu evlerinin tavan döşemeleri, dönemin ahşap işleme yeteneklerini ustalıkla sergileyen, geometrik desenlerle süslenmiş detaylara sahiptir. Safranbolu evlerinin tavan döşeme detayları Şekil 13'te bir örnekle gösterilmektedir. Tavan işlemlerinin bu denli kıymetli olması aydınlatma seçimlerinde tavan ile kurulan ilişkiyi zorlamaktadır.



Şekil 13. Emirhocazade Ahmet Bey Bağ Evi Tavan Döşemesi (Günay, 2004).

Seçilen aydınlatma elemanının hem konuk konforunda öne çıkan ihtiyaçları gidermesi hem de geleneksel doku ile uyum içerisinde olması beklenmektedir. Buna paralel olarak sarkıt aydınlatma elemanlarının seçildiği görülmektedir. Sarkıt elemanlar tavan döşemeleri ile doğrudan ve kapatıcı bir etki içerisinde olmadıkları için aydınlatma elemanları tavana bağlı değil havada asılı duruyor hissi vermektedir. Böylece tavan bütünlüğü ve tavan döşemelerinin estetiğinin kaybolmasının önüne geçilmektedir. Şekil 14'te sarkıt aydınlatma örneği paylaşılmaktadır. Söz konusu estetik kaygıların aydınlatma seçiminde başat olmadığı durumlarda aura kayıpları yaşandığı görülmektedir.



Şekil 14. Restoran bölümü aydınlatma- tavan ilişkisi örneği

Bazı otellerin aydınlatma seçimlerinde kararsızlık yaşadığı düşünülmektedir. Bu kararsızlığın temel sebepleri arasında farklı tasarım kaygıları ile tasarlanmış aydınlatma

elemanlarının bir arada kullanılması, aynı mekanda kullanılan aydınlatma elemanları arasında dil birliği sağlanamaması ve seçilen aydınlatma elemanlarının mekanın dokusu ile uyum sağlayamaması yer almaktadır. Buna paralel olarak aydınlatma seçiminde estetik kaygıların, fonksiyon beklentilerinin yanı sıra mekanın dokusuna uygun tasarımın seçilmesi de göz önünde bulundurulması gereken bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

### 3.3.3 Duvar Aydınlatmaları

Geleneksel Safranbolu evinde yaygın olarak kullanılan kandil ve fener gibi aydınlatma araçlarının yerini modern yaklaşımda apliklerin aldığı görülmektedir. Hem toplu kullanım alanlarında tavan aydınlatmalarını desteklemek için hem de odaları aydınlatmak için kullanıldığı görülmektedir. Aplikler kandil ve fener gibi yumuşak ışık sağladıkları için geçmiş ile olan bağları koruyarak sıcak bir mekan yaratılmasına katkı sağlamaktadır. Bu sayede mekânsal auranın aktarılması konusunda geleneksel ile modern arasında bir köprü oluşturmaktadır.

Bazı örneklerde apliklerin yerleşiminde mekanın bir parçası olarak görülmesi ve izlenmesi amaçlanmıştır. Şekil 15'te bu yaklaşımın bir örneği paylaşılmaktadır. Bazı örneklerde ise apliklerin kendisinin de görülmesine perdeler aracılığı ile engel olunmuş sadece aplikten yayılan yumuşak ışığın hissedilmesi sağlanmıştır. Her iki örnekte de aplikler sadece aydınlatma amacıyla kullanılmamış aynı zamanda gelenekselin ruhunu yansıtmaya amacıyla da kullanılmıştır. Bu sayede mekanlar gelenekselde olduğu gibi yumuşak ışıkla aydınlatılmış ve modern bileşenlerle mekansal atmosferini kaybetmemiştir.



Şekil 15. Oda ve ortak alanlarda duvar aydınlatması kullanım örnekleri

## 3.4 Rehabilitasyonla Eklenen Ürünler

Geleneksel konaklardan otellere dönüştürülen mekânlar her ne kadar tarihi dokunun deneyimini yaşatmak istese de konuk memnuniyeti bağlamında günümüz teknolojik bileşenleri ile birlikte konforu da barındırmakla yükümlüdür. Bu konfor beklentilerini sağlamak adına otellerin konuk odalarında buzdolabı, klima ve televizyon gibi öğeleri yaygın olarak kullandıkları görülmektedir. Modern bir otelde bu bileşenlerin kullanılması olağan karşılanırken tarihi mekânda bu bileşenlerin kullanılması beraberinde bir takım sorunlar getirmiştir. Bunlardan başlıcası tarihi atmosfer ile bu bileşenler arasında uyum sağlama çabası olarak görülmektedir. Konuk konforunu artırmak amacıyla yapılan müdahalelerin bazı örneklerde aura kayıplarına neden olduğu görülmektedir.

### 3.4.1 Buzdolabı

Buzdolabı, konukların konforunu artırmak için tarihi mekânlara eklenen bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Modern otel bileşenleri arasında yer alan buzdolabının, tarihi dokuya entegre edilmesi bazı zorlukları da beraberinde getirmiştir. Mekânın hacmi göz önünde bulundurulduğunda, buzdolaplarının yerleştirilmesi konusunda çeşitli çözüm yolları geliştirilmiştir. Genellikle beyaz renkli ofis tipi buzdolaplarının, ahşap ağırlıklı mekanlarda

kullanılması bileşeni istenmeyen bir biçimde odak noktası haline getirmektedir. Bazı oteller estetik kaygılarla bu sorunu çözmek için buzdolabını ahşap bir dolap içine yerleştirerek veya kapağını ahşap panellerle kapatarak çözüm yolu aramışlardır. Ayrıca, buzdolabını odanın duvar mobilyalarının içine gizlemek de otellerin tercih ettikleri başka bir çözüm olmuştur.

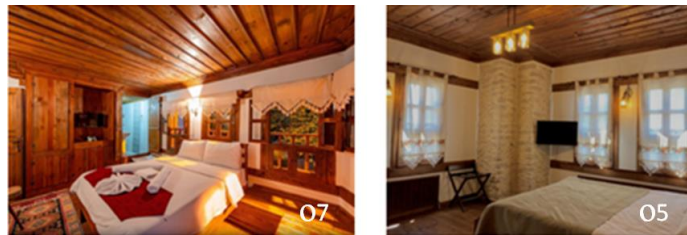
Ancak, bazı oteller mekânın dokusunu bozmamak adına buzdolabını odalardan tamamen çıkarmayı tercih etmişlerdir. Bu yaklaşımın, mekânın bütünlüğünü koruyarak geleneksel aurayı deneyimlemeyi amaçladığı düşünülmektedir. Buzdolabı gibi modern bileşenlerin tarihi mekanlara entegrasyonu hem konforu sağlamak hem de mekânın karakterini korumak adına dikkatle ele alınması gereken bir konudur. Her otelin sahip olduğu fiziksel özellikler bağlamında farklı çözüm yolları bulması, mekânsal zenginliğin ve estetiğin korunması için önemli bir adımdır.

### 3.4.2 Klima

Safranbolu karasal iklim özellikleri gösteren bir bölgede yer almaktadır. En sıcak aylar olan temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık ortalama max 40° seviyesinde ölçülmektedir (Günay, 2004). Bu nedenle yaz aylarında konaklamayı tercih eden konukların konforu için bazı otellerin konuk odalarında klima kullanmayı tercih ettikleri görülmektedir. Klima da buzdolabı gibi modern bileşen olarak kanıksanmış bir öğe olsa da tarihi çevre ile uyumlu hale getirmek beraberinde birtakım zorlukları getirmiştir. Klimanın yerleşiminde, hacimce büyük olması, mekanın diğer bileşenleri ile aynı ölçekte olmaması ve mekânsal auranın zedelenmesine neden olması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle klima tercih edilirken fonksiyona paralel olarak tasarım seçiminde de tarihi çevrenin estetik kaygıları ile uyumlu ürünlerin seçilmesine özen gösterilmelidir. Bazı otellerin bu sorunlarla karşı karşıya kalmamak adına odalarda klimaya yer vermediği görülmüştür.

### 3.4.3 Televizyon

İncelenen otellerin çoğunda günümüz konfor beklentilerine cevap verebilmek adına oda içlerine televizyon eklendiği görülmektedir. Düzlem biçiminde olan bu televizyonların mekana yerleştirilmesi konusunda sıkıntılar yaşandığı görülmektedir. Geleneksel Safranbolu evlerinde; odaların bazı duvarlarında duvar mobilyalarının yer almakta diğer duvarlarda ise küçük ve sık aralıklarla pencereler bulunmaktadır. Bu durumun televizyonun mekan içerisindeki yerleşimini zorlaştıran faktörlerden biri olduğu düşünülmektedir. Bazı oteller mekanla estetik olarak ilişki kuramasa da televizyonu mekana entegre ederken bazı mekanlar televizyonu duvar mobilyalarının içine saklamışlardır. Televizyon yerleşim örnekleri Şekil 16'da paylaşılmaktadır. Bu çözümde televizyon, ihtiyaç duyulması durumunda dolapların kapakları açılarak izlenmekte, ihtiyaç duyulmadığı durumlarda ise kapakların arkasında kalarak gizlenmektedir. Böylece hem geleneksel Safranbolu evinin fonksiyonel yapısına atıfta bulunulmakta hem de ihtiyaç duyulmadığı durumlarda görünmesi engellenerek geleneksel dokunun değer kaybı yaşamaması engellenmektedir. Televizyon yerleşiminde gözlenen bir diğer zorluk ise kabloların, bağlantıların görünür olmayacak şekilde çözülmesi gerekliliğidir.



Şekil 16. Televizyon yerleşim örnekleri

#### 4 Sonuçlar ve Öneriler

- Çalışmada geleneksel Safranbolu evlerinin otellere dönüştürülmesi sürecinde görülen iç mekan değişiklikleri incelenmiştir. Yeniden işlevlendirme sürecinde geleneksel ve modern arasındaki uyum, oluşturulan beş tema üzerinden açıklanmıştır. Bu temalar: mobilya, ıslak hacim, aydınlatma, eklenen iç mekan bileşenleri ve bahçe bileşenleri biçimindedir. Tarihi mekanların yeniden işlevlendirmesinin başarılı bir biçimde uygulandığı durumlarda hem mekanın tarihi dokusunun ve kültürünün aktarılması sağlanmış hem de tarihi yapıların bakım, onarım, korunma gibi gereksinimleri karşılanmış olmaktadır. Böylece hem kültürel mirasın korunmasına katkı sağlanmış hem de turizmin gelişmesi ile bölge ekonomisine katkı sağlandığı görülmektedir.
- Ancak bu sürecin beraberinde birtakım zorluklar getirdiği gözlenmiştir. Mimari özelliklerin korunması ve konakların özgün değerinin korunmasıyla birlikte, modern konuk beklentilerine de uyum sağlanması gerekmektedir. Bu dengeyi sağlamak zaman zaman zorlayıcı olabilmektedir. Tarihi yapıların otel olarak kullanılması sürecinde, korunması gereken unsurların belirlenmesi, modern konukların beklentilerine cevap verebilme yeteneği ve işlevselliğin sağlanması gibi faktörler, bu zorlukların ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamaktadır.
- Günümüz konfor beklentilerini karşılamak adına eklenen teknolojik cihazların mekanın ölçeği ile uyumlu hale gelememesi ya da uygun ürünlerin seçilmemesi oda içerisinde odak noktasının söz konusu ürünler olmasına neden olmaktadır. Odağın geleneksel dokudan modern ürünlere kayması, mekânsal aura kayıplarına neden olmaktadır. Bu durum içinde bulunan mekanın hissedilmesini, anlaşılmasını ve deneyimlenmesini engellemektedir.
- Geleneksel Safranbolu evlerinin bulunduğu tarihi çarşı bölgesi Dünya Miras Listesinde yer alması sebebiyle koruma altındadır. Tarihi bölgenin sokaklarında gezerken tarihi mirası deneyimlemek bu nedenle oldukça kolaydır. Fakat tarihi yapıların iç mekanları incelendiğinde yapılan uygulamaların farklılaştığı ve bunun tarihi dokuyu deneyimleme imkanını kısıtladığı görülmektedir. Bu nedenle mekan içinde yapılan müdahaleler ya da eklenen mobilyalar gelenekselle uyumlu bir biçimde estetik kaygılar gözetilerek seçilmelidir. Bu bağlamda otel sahiplerinin böyle bir nosyona sahip olmaması ya da profesyonel destek almamaları durumlarında mekan içerisinde dil uyumsuzlukları, farklı dönem, üsluplara ait ürünlerin ilişkisiz olarak yerleştirilmesi gibi auranın bozulmasına neden olan çözümler üretildiği görülmektedir. Buna paralel olarak otel sahiplerinin tarihi çevrede mekânsal auranın korunması konusunda bilgi eksikliği olduğu düşünülmektedir. Bölgede bulunan otel işletmecilerinin konu ile ilgili bilgilendirilmesi, eğitimler verilmesi, hatta ürün değişikliğine gidilmesi durumlarında tasarım desteği alabilecekleri bir birimin olması gerekliliği bu çalışmanın bir diğer sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Sonuç olarak, tarihi konakların otellere dönüşümü, kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilir turizm açısından önemli bir stratejidir. Ancak, başarılı bir dönüşüm için dikkatli planlama, yerel yönetimlerle işbirliği ve sürdürülebilir yöntemler geliştirilmesi gerekmektedir. Gelecekteki araştırmalar, farklı coğrafi ve kültürel bağlamlarda bu dönüşüm sürecinin etkilerini daha detaylı olarak inceleyebilir.

#### Yazar Katkıları

**Gözde Zengin:** Kavramsallaştırma, metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, kaynaklar, görselleştirme, makale taslak oluşturma, makale yazma, inceleme ve düzenleme.

### **Finansal destek beyanı**

Finansal destek alınmamıştır.

### **Çıkar çatışması**

Yazar çıkar çatışması beyan etmemiştir.

### **Kaynaklar**

- Ahunbay, Z. (2007). Tarihi çevre koruma ve restorasyon (4. Baskı). İstanbul: Yem Yayınları (İlk baskı 1996).
- Aydoğan Evirgen N. (2019). Konaklama işlevi ile restore edilen geleneksel safranbolu evlerinde iç mekân düzenlemelerinin irdelenmesi ve bir yöntem önerisi. *Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Bazancir, R. (2023). Orta asya'dan Anadolu'ya göç sonrasında türklerin yaşadığı kültür değişimlerinin ve göç unsurlarının bazı folklorik metinlere yansımaları. *Uluslararası Dil Edebiyat Halkbilimi Araştırmaları Dergisi*, 11(33), 108-122. DOI: [10.12992/turuk1315](https://doi.org/10.12992/turuk1315)
- Bayazıt, N. (2014). Safranbolu evlerinin plan tipolojisi ve kullanıcı ihtiyaçları hiyerarşisi. *Tasarım + Kuram*, 10(17). DOI: [10.23835/tasarimkuram.239609](https://doi.org/10.23835/tasarimkuram.239609)
- Butler, R. W.; Baum, Tom and Lundtorp, Svend, eds. (2001), Seasonality in tourism: issues and implications. In: Seasonality in Tourism. Pergamon, Abingdon, Oxon, pp. 5-22. eBook ISBN9780080516806.
- Butler, R. W., Mao, B., (1997). Seasonality in tourism: problems and measurements. in: quality management in urban tourism. Murphy, P. E. (Ed.). Chichester, John Wiley & Sons: 9–23.
- Ciritci, İ. (2020). İstanbul 19. yüzyıl konut yapılarını koruma ve yeniden kullanım kararları: fatih ilçesi, emin sinan mahallesi'nde otel örneği. *Mimarlık ve Yaşam*, 5(2), 335-359. DOI: [10.26835/my.743893](https://doi.org/10.26835/my.743893)
- Cuccia, T., & Rizzo, I. (2011). Tourism seasonality in cultural destinations: Empirical evidence from Sicily. *Tourism management*, 32(3), 589-595.
- Falk, M., & Katz-Gerro, T. (2017). Modeling travel decisions: Urban exploration, cultural immersion, or both?. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 34(3), 369-382. DOI: [10.1080/10548408.2016.1182455](https://doi.org/10.1080/10548408.2016.1182455)
- Figini, P., & Vici, L. (2012). Off-season tourists and the cultural offer of a mass-tourism destination: The case of Rimini. *Tourism Management*, 33(4), 825-839. DOI: [10.1016/j.tourman.2011.09.005](https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.09.005)
- Günay, R. (2004). Safranbolu evleri. Yapı Yayın.
- Hacısalıhoğlu, İ. Y. (1995). Şehir coğrafyası açısından Safranbolu- Karabük ikilemi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*, İstanbul.
- Jamen-Verbeke, M. (1997). Urban tourism: managing resources and visitors, (Edited by S. Wahab and JJ Pigram). *Tourism, Development and Growth: The Challenge of Sustainability*.
- Kiper, P. (2004) Küreselleşme sürecinde kentlerimize giren yeni tüketim mekanları ve yitirilen kent kimlikleri, *Planlama*, 2004/4, s.14-18.



- Küçükerman, Ö., & Güner, Ş. (1995). Anadolu mirasında Türk evleri (Vol. 117, No. 9). T.C. Kültür Bakanlığı, Yayınlar Dairesi Başkanlığı.
- Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü (2024). <https://kvmgm.ktb.gov.tr/> Erişim: 14.03.2024
- Levent, Y. S. (2014). Kültür mirasına ilişkin koruma politikaları ve uygulamalarında kamu yararı ilkesi. *Toplum ve Demokrasi Dergisi*, 5(11), 115-132.
- Liu, Y. D. (2014). Cultural events and cultural tourism development: Lessons from the European Capitals of Culture. *European planning studies*, 22(3), 498-514. DOI: [10.1080/09654313.2012.752442](https://doi.org/10.1080/09654313.2012.752442)
- Richards, G. (Ed.). (2001). Cultural attractions and European tourism. CABI publishing. DOI: [10.1079/9780851994406.0000](https://doi.org/10.1079/9780851994406.0000)
- Safranbolu Kültür Turizm Danışma Bürosu (2024). T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. <https://safranboluturizmdanismaburos.ktb.gov.tr> Erişim: 7.06.2024
- Smith, M. K. (2015). Issues in cultural tourism studies, Routledge. DOI: [10.4324/9781315767697](https://doi.org/10.4324/9781315767697)
- Tapkı, S. (2018). Tarihi Konut Yapılarının Turizm İşlevine Dönüşümünde Kimliğin Bilimsel Açıdan İzlenimi. *Journal of History School*, XXXIV, 1109-1131. DOI : [10.14225/Joh1247](https://doi.org/10.14225/Joh1247)
- Tuluk, Ö. İ. (2010). Erken 20. Yüzyıl çorum evlerinde banyo teknolojisi. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2), 61–82. DOI: [10.4305/METU.JFA.2010.2.4](https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2010.2.4)
- UNESCO Türkiye Milli Komisyonu (2023). <https://www.unesco.org.tr/Pages/125/122/UNESCO>Listesi> Erişim: 29.08.2023.
- URL 1 (2023), Safranbolu otelleri, <https://www.trivago.com.tr/tr/lm/otel-safranbolu> Erişim: 03.10.2023
- URL 2(2023) [https://www.etstur.com/?gad\\_source=](https://www.etstur.com/?gad_source=) Erişim: 03.10.2023
- URL 3 (2023) <https://www.jollytur.com/safranbolu-otelleri> Erişim: 03.10.2023
- URL 4 (2023) <https://tr.hotels.com/Hotel-Search?destination=Safranbolu> Erişim: 05.10.2023
- URL 5 (2023) <https://www.otelz.com/safranbolu-otelleri> Erişim: 05.10.2023
- URL 6 (2023)<https://www.tripadvisor.com.tr/Hotels-g298009-Safranbolu-Hotels.html> Erişim: 05.10.2023
- Yalçın, İ. C., & Açıcı, F. K. (2023). Yeniden işlevlendirme kapsamında tarihi Tahir ağa konağı. *Medeniyet Sanat Dergisi*, 9(1), 7-23. DOI: [10.46641/medeniyetsanat.1152447](https://doi.org/10.46641/medeniyetsanat.1152447)





### Effect of 3D printing speed on mechanical and thermal properties of wood-PLA composite filament

Nasır Narlıoğlu\* 

**ABSTRACT:** This study was carried out to examine the effect of the change in printing speed on the material properties of printing wood flour-filled filaments on a 3D printer. First, hornbeam wood flour was added to the Polylactic acid (PLA) polymer and then mixed in a twin-screw extruder, and then a wood-PLA composite filament with a diameter of 1.75 mm was produced. Then, test samples were printed from the produced wood-PLA composite filament at different printing speeds (40-50-60 mm/s) using a 3D printer. Tensile strength and hardness tests were performed to determine the mechanical properties of the 3D printed samples. According to the tensile strength test results, the tensile strengths of the 3D printed samples exhibited different values with the change in printing speed. The highest tensile strength value was determined as 23.02 MPa at a printing speed of 50 mm/s, and the lowest tensile strength value was 22.14 MPa at a printing speed of 40 mm/s. According to the Shore D test results, the lowest hardness value was measured as 85.33 at a printing speed of 40 mm/s, and the highest value was measured as 86.1 at a printing speed of 60 mm/s. The crystallinity percentage of PLA first increased and then decreased with the increase in 3D printing speed according to the Differential Scanning Calorimetry (DSC) results. In addition, 3D printing speed did not have much effect on the melting temperatures of PLA.

**Keywords:** Wood flour, composite, 3D printing speed, tensile strength, DSC analysis

### 3B baskı hızının odun-PLA kompozit filamentin mekanik ve termal özelliklerine etkisi

**ÖZ:** Bu çalışma, odun unu dolgululu filamentlerin 3 boyut (3B) yazıcıda yazdırılmasında, baskı hızındaki değişikliğin malzeme özellikleri üzerindeki etkisini incelenmek amacıyla yapılmıştır. İlk önce gürgen odun unu Polilaktik asit (PLA) polimerine ilave edildikten sonra çift vidalı ekstruderde karıştırılmış ve ardından 1.75 mm çapında odun-PLA kompozit filamenti üretilmiştir. Daha sonra, üretilen odun-PLA kompozit filamentinden 3B yazıcı kullanılarak farklı baskı hızlarında (40-50-60 mm/s) test numuneleri yazdırılmıştır. 3B yazdırılmış numunelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme mukavemeti ve sertlik testleri yapılmıştır. Çekme mukavemeti testi sonuçlarına göre 3B yazdırılmış örneklerin çekme mukavemetleri baskı hızındaki değişiklik ile farklı değerler sergilemiştir. En yüksek çekme mukavemeti değeri 50 mm/s baskı hızında 23.02 MPa, en düşük çekme mukavemeti değeri ise 40 mm/s baskı hızında 22.14 MPa olarak tespit edilmiştir. Shore D testi sonuçlarına göre en düşük sertlik değeri 40 mm/s baskı hızında 85.33 olarak, en yüksek değer ise 60 mm/s baskı hızında 86.1 olarak ölçülmüştür. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) sonuçlarına göre 3B baskı hızı artışı ile PLA'nın kristallik yüzdesi önce artmış, sonra azalmıştır. Buna ek olarak, 3B baskı hızının PLA'nın erime sıcaklıklarına çok fazla etkisi olmamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Odun unu, kompozit, 3B baskı hızı, çekme direnci, DSC analizi

## **1 Introduction**

The impact of technological developments that can be seen in many areas has also manifested itself in manufacturing methods. Nowadays, the mechanized systems of the past have been replaced by modern production systems. One of these production systems is additive manufacturing and it has become increasingly widespread with technological developments and has become accessible to many users including amateur users. Developments in manufacturing methods have also been felt clearly in production methods such as rapid prototyping. A common type of rapid prototyping fused deposition model (FDM) 3D printer has attracted the attention of material scientists and manufacturers with their ease of use and reasonable prices. Biopolymers such as Polylactic acid (PLA) and PHB (Polyhydroxybutyrate) are widely used as polymers in FDM type 3D printers. Improving material properties and reducing production costs have recently aroused the interest of researchers by adding various organic and inorganic filler/reinforcement materials to polymers.

3D printing known as additive manufacturing or rapid prototyping is the process of obtaining objects from 3D models drawn with computer-aided design (CAD) or similar programs. There are many 3D printing methods with different working principles. Among these methods, the most common 3D printing methodology is FDM in which suitable polymers (such as PLA and ABS) are generally melted from a hot nozzle and constructed in a stack on top of each other. The FDM method is preferred because it is reliable, simple, affordable and requires minimal material waste. 3D structures are printed layer by layer by depositing filament heated to the melting temperature region and extruded through the extrusion nozzle (Tao et al., 2017; Tümer et al., 2021). This technique allows complex shapes to be made with a degree of design freedom unattainable through traditional manufacturing methods (Blok et al., 2018). The properties of the parts depend on the correct selection of process parameters in the FDM method (Alkahari et al., 2021). In the FDM method, the mechanical strength and surface quality of printed parts can be controlled by changing the properties of polymeric filaments as well as printing parameters such as nozzle temperature, polymer flow, layer thickness and scanning angle (Khosravani et al., 2020).

The integration of wood materials into additive manufacturing is interesting due to their positive impact on the environment and better properties (Tao et al., 2017). Wood-filled PLA is preferable to solid wood considering the cost-strength balance (Karabağ et al., 2023). In recent years, great attention has been paid to the development of 3D printing materials including the use of biodegradable, natural or recycled materials such as wood fibers, cellulose and lignin. Wood waste is an interesting and relatively inexpensive material that can be processed and used as a 3D printing material (Wimmer et al., 2015; Kuo et al., 2016; Kariz et al., 2018). The low price of waste wood particles is one reason why they are used in wood plastic composites (WPC) which limits the use of more costly thermoplastic polymers. Using natural materials such as wood helps reduce the use of petroleum-based plastics and reduces environmental impact (Kim and Pal 2010). Composite materials have been produced by mixing wood flour with waste and neat polymers (Bal 2023; Bal et al., 2023). In addition, it has been stated that the produced composite materials can be used in some application areas where high rigidity and low strength are required (Bal et al., 2023).

PLA composite filaments can be used in 3D printing due to the good interfacial bond between biomaterials and PLA matrix (Tisserat et al., 2015). PLA is a promising biopolymer that can replace traditional petroleum-based polymers due to its renewability, recyclability

and biodegradability. Additionally, PLA has excellent fabrication capability as it is suitable for processing by various methods. The excellent mechanical properties of PLA can be used in the production of biomaterials suitable for a variety of applications. PLA is one of the most produced biopolymers among the biopolymers available in the world. Therefore, the effectiveness of PLA composites has been examined by researchers as an alternative material to replace non-renewable petroleum-based materials (Ilyas et al., 2021).

The biggest disadvantage of the FDM method, which is a common technique of the additive manufacturing method, is that it takes more time for the production of 3D materials than traditional manufacturing methods (such as machining and welded manufacturing). A few scientific studies have been conducted to determine the effect of printing speed on the properties of materials in the FDM method. However, commercial filaments were used in all previous studies. In previous studies, it has been observed that there are limited studies on converting wood flour and other lignocellulosic materials into filaments after mixing them with PLA and then examining the effect of printing speed on material properties from 3D printing parameters. In this study, wood-PLA composite filament was produced by mixing wood flour with PLA polymer. After, test samples were printed from wood-PLA composite filament using a 3D printer working according to the FDM method. Then, the mechanical and thermal properties of the 3D printed test samples were examined.

## 2 Material and Method

### 2.1 Material

In this study, hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood flour was used to produce wood-PLA composite filament (Figure 1a). The hornbeam tree is a broad-leaved tree species seen in mountainous and hill forests of Europe and Asia. They are widespread in Romania, Croatia, France, Iran and Turkey (Fodor et al., 2018). Hornbeam wood was obtained from local timber producers in İzmir Türkiye. PLA polymer (FKUR Bioflex® 3D Clear) was used as the polymer matrix (Figure 1b). PLA polymer was obtained through purchase. Bio-Flex® 3D Clear is a biodegradable polymer compound suitable for the production of 3D printing filaments. The biobased carbon content is 90%. Melt flow rate (190 °C/2.16 kg) is 10 (g/10 min) and density is 1.25 g/cm<sup>3</sup>.



**Figure 1.** Wood flour (a) and PLA (b)

### 2.2 Method

#### 2.2.1 The production of wood-PLA composite filament

Hornbeam wood was ground in a laboratory type grinder (Loyka LKD 100) and then sieved in a shaker sieve and the wood flour remaining under an 80 mesh sieve (149 to 177 µm) was used for the production of composite filament. Wood flour was dried in an oven set at 103±2 °C until it reached full dry weight before the production of composite filament.

25% wood flour by weight was added to the PLA polymer and mixed in a twin-screw extruder with a mold opening of 1.75 mm and an L/D ratio of 20 for the production of wood-PLA composite filament. The extruder temperature profile was adjusted to 90-120-150-165-180 degrees from the feeding section to the exit section, respectively, and the screw speed was adjusted to 50 rpm. Extruded 1.75 mm diameter wood PLA composite filament was produced in the desired length with a filament winder (Figure 2).



**Figure 2.** Wood-PLA composite filament

### **2.2.2 Printing wood-PLA composite filament on a 3D printer**

Extruded wood-PLA composite filament with a diameter of 1.75 mm was printed using an open source 3D printer (Sigma 3D printer) with a 0.6 mm nozzle. A 0.3 mm layer thickness, 100% print infill density, 50°C printing bed temperature, 190 °C nozzle temperature, and 30° raster angle parameters were selected to print the tensile test samples.. Test samples were produced at printing speeds of 40, 50 and 60 mm/s using the same printing parameters to determine the effect of 3D printing speed on the properties of composite materials (Figure 3).



**Figure 3.** 3D printed tensile test sample

### **2.2.3 Mechanical properties**

Tensile test specimens were printed according to ASTM D638 (Type-IV). Tensile strength tests were carried out with an electromechanical universal mechanical testing device (AL-UN 20; Alarge) with a capacity of 20 kN. The clamp movement speed was set to 2 mm/min in the tensile test. The hardness tests were carried out according to ASTM D2240 using the Shore D hardness device to determine the hardness of 3D printed composite samples.

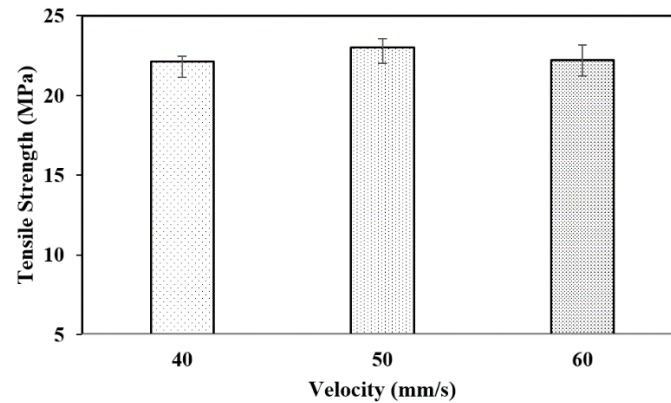
### **2.2.4 Thermal properties**

Differential Scanning Calorimetry (DSC) analyzes were performed between 30 °C and 200 °C using the Shimadzu DSC-60 device set to 100 ml/min nitrogen gas flow rate and 10 °C/min heating rate. All samples were weighed to about 10 mg for DSC analyses.

## **3 Results and Discussion**

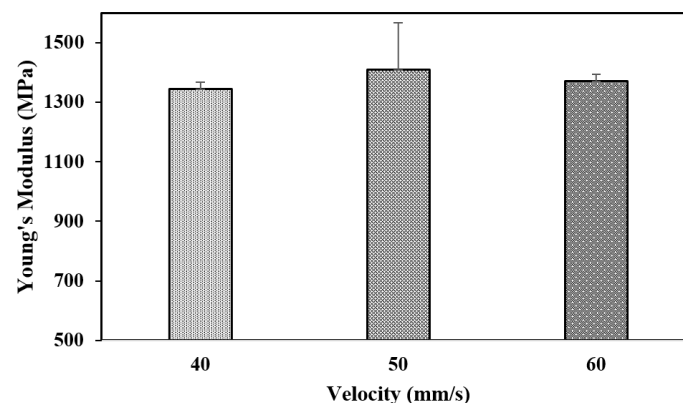
Tensile strengths of 3D printed wood-PLA filaments at different printing speeds are given in Figure 4. The tensile strength first increased slightly and then decreased as the printing speed increased. The tensile strength values of the test samples printed at 40-50 and 60 mm/s

printing speeds were determined as 22.14, 23.02 and 22.21 MPa, respectively. Yang and Yeh (2020) examined the properties of 3D printed composites using commercial WPC filament (40% wood fiber and 60% PLA). In the study, they reported that the printing speed did not have a significant effect on the tensile strength properties of the composites.



**Figure 4.** Tensile strengths of 3D printed samples

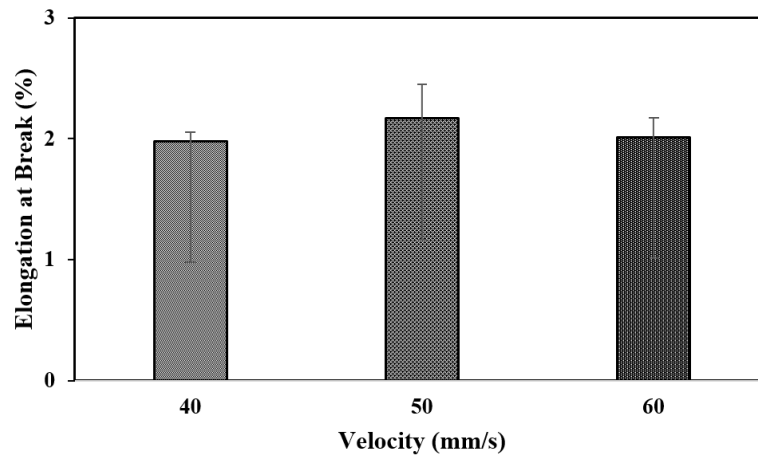
The Young's modulus of the 3D printed wood-PLA composite samples is shown in Figure 5. The effect of 3D printer printing speed on Young's modulus of wood-PLA composites was parallel to the tensile strength values. The lowest Young's modulus was determined as 1344 MPa in the test sample printed at 40 mm/s printing speed, and the highest Young's modulus was determined as 1410 MPa in the test sample printed at 50 mm/s printing speed. In addition, the Young's modulus of the test sample printed at a printing speed of 60 mm/s was calculated as 1369 MPa. As a result of comparing the Young's modulus of 3D printed composites from commercial filament, it was reported that the Young's modulus values of composites produced at 30-50 and 70 mm/s printing speed were 1731, 1650 and 1682 MPa, respectively (Yang and Yeh 2020). This study determined that Young's modulus of 3D printed test samples first increased and then decreased with the increase in printing speed.



**Figure 5.** Young's modulus of 3D printed samples

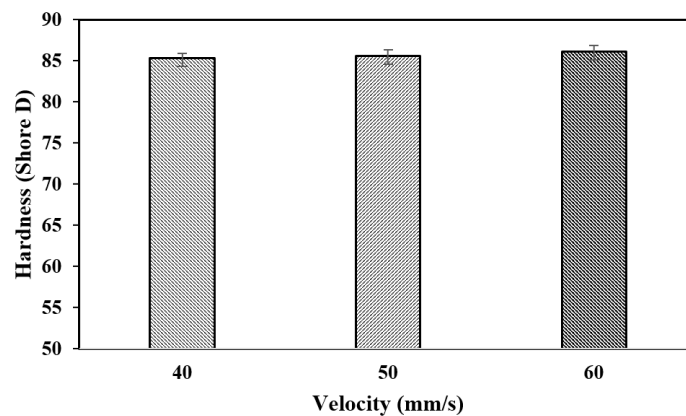
The elongation at break values obtained from the tensile strength test results of 3D printed test samples from wood-PLA composite filaments are shown in Figure 6. The highest elongation at break was determined as 2.17% in the test sample printed at 50 mm/s printing speed among 3D printed wood-PLA composite samples. The lowest elongation at break was determined as 1.98% in the test sample printed at 40 mm/s printing speed. In addition, the

elongation at break of the test sample printed at a printing speed of 60 mm/s was determined as 2.01%.



**Figure 6.** Elongation at break of 3D printed samples

Figure 7 shows the effect of printing speed on the hardness of 3D printed wood-PLA composites. The effect of printing speed on the hardness of composites was different from the tensile strength. Shore D hardness of the test sample printed at 40 mm/s printing speed was measured as 85.33. Shore D hardness of the test samples printed at 50 mm/s and 60 mm/s printing speeds were calculated as 85.6 and 86.1, respectively. The hardness of the composites increased slightly by increasing the 3D printing speed as seen from the Shore D results.

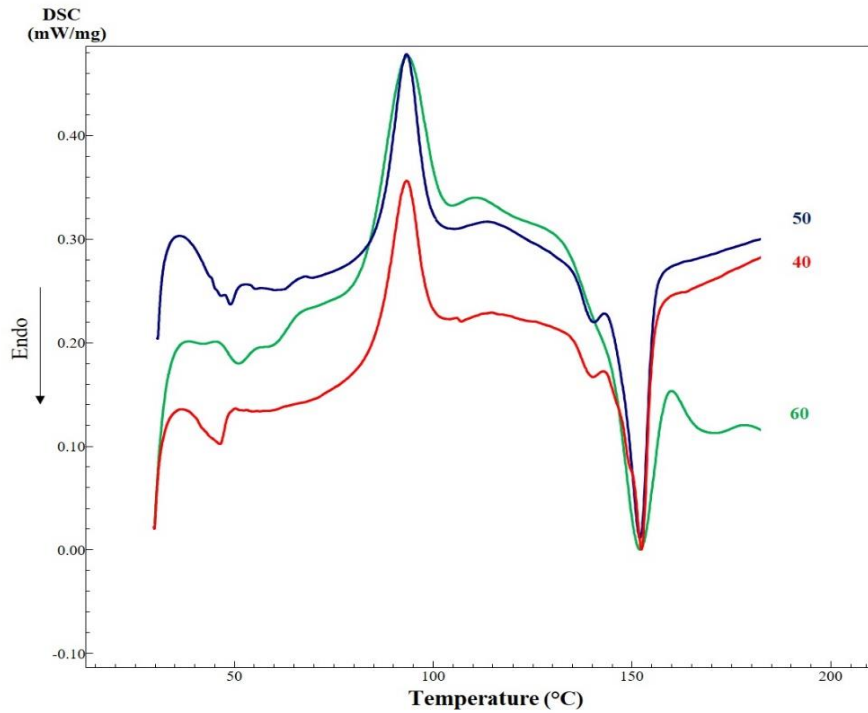


**Figure 7.** Shore D hardness of 3D printed samples

DSC curves of samples printed at different printing speeds using wood-PLA composite filaments are shown in Figure 8. DSC analysis is a type of thermal analysis that shows the change of the material according to the flow rate of heat under the programmed temperature. Typical DSC curve represents the endothermic and exothermic performance of the sample with varying temperature and heat flow rate (Höhne et al., 2003). The glass transition refers to the segmental movement of amorphous polymer chains that begin to freeze or unfreeze for polymers (Forrest and Veress 2001). The curves similar to the characteristic DSC curve of PLA composites were revealed as a result of the DSC analysis of 3D printed samples. Three different DSC peaks namely glass transition temperature ( $T_g$ ), crystallization temperature ( $T_c$ )



and melting temperatures ( $T_m$ ) were observed as distinct endothermic and exothermic peaks in all DSC curves.



**Figure 8.** DSC curves of 3D printed samples

In addition to the  $T_g$ ,  $T_c$  and  $T_m$  obtained as a result of DSC analysis of 3D printed test samples, enthalpy values ( $\Delta_{hm}$  and  $\Delta_{cc}$ ) recorded as a result of endothermic and exothermic reactions and DSC crystallite percentages ( $X_{cr}$ ) calculated from these values are given in Table 1. The  $T_g$  increased slightly with the increase in the 3D printing speed of wood-PLA composites. The highest  $T_g$  was measured as 47.80 °C in the sample printed at 50 mm/s printing speed, and the lowest  $T_g$  was 46.02 °C at 40 mm/s printing speed.  $T_g$  depends on the molecular properties, composition and compatibility of the components in the composite (Chung et al., 2002). The effect of changing printing speed on  $T_c$  and  $T_m$  is similar. It was determined that as the printing speed increased, both temperature values ( $T_c$  and  $T_m$ ) first decreased and then increased. There were significant changes in the  $X_{cr}$  with the change in the printing speed of 3D printed wood-PLA composites. The highest  $X_{cr}$  value was calculated as 38.37% in the test sample printed at 50 mm/s printing speed, and the lowest  $X_{cr}$  value was calculated as 30.02% in the sample printed at 60 mm/s printing speed among the samples.

**Table 1.** DSC values of 3D printed samples

Velocity (mm/s)	$T_g$ (°C)	$T_c$ (°C)	$T_m$ (°C)	$\Delta_{hm}$ (j/g)	$\Delta_{cc}$ (j/g)	$X_{cr}$ (%)
40	46.02	92.59	151.21	-10.60	13.14	34.04
50	47.80	91.70	149.89	-12.05	14.71	38.37
60	47.28	92.83	151.27	-9.17	11.77	30.02

#### 4 Conclusion

In this study, wood flour-filled PLA filament was produced and research was conducted on optimizing and characterizing the 3D printing processes of the produced filament. Among these studies, the effect of 3D printing speed on the mechanical and thermal properties of materials has aroused curiosity, and as a result, the necessary investigations have been carried out using relevant tests and analysis methods. The results obtained from the research and investigations are summarized below.

- It has been determined that the printing speed in the 3D printing process affects the tensile strength properties of the materials. It was observed that tensile strength properties first increased and then decreased with increasing printing speed.
- As a result of mechanical tests, changes in the properties of the materials were observed when the printing speed was low or high. The mechanical properties of the materials exhibited optimum values at speeds between the two printing speeds, low and high.
- The increase in 3D printing speed had a significant effect on DSC values according to the thermal analysis results. In general, it was observed that the test sample printed at medium speed had a higher crystallite ratio.
- In future studies, significant contributions can be made to this research field by producing PLA composite filaments reinforced with different wood flour or fibers to optimize the 3D printing of biocomposites and then printing them by changing the printing parameters (such as temperature, nozzle tip diameter, printing angle) in the 3D printer.

#### Acknowledgement

None.

#### Author Contributions

**Nasır Narlıoğlu:** Conceptualization (developing the research idea and objectives), Investigation, Determining the methodology, Resources, Visualization, Conducting Research, Performing Analyses, Validation, Drafting Manuscript, Manuscript Writing, Review and Editing.

#### Funding statement

This work wasn't supported by any organization.

#### Conflict of interest statement

The author declares no conflict of interest.

#### References

- Alkahari, M. R., Rosli, N. A., Majid, S. N. A., Maidin, S., Herawan, S. G., Ramli, F. R. (2021). Properties of 3D printed structure manufactured with integrated pressing mechanism in FDM. *J. Mech. Eng. Res. Dev*, 44(2), 122-131
- ASTM D2240 (2021), Standard test method for rubber property-durometer hardness, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States, 1–27 s.
- ASTM D638 (2022), Standard test method for tensile properties of plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1–24 s.

- Bal, B. C., (2023), Comparative study of some properties of wood plastic composite materials produced with polyethylene, wood flour and glass flour, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 6(1), 70-79, DOI: [10.33725/mamad.1301384](https://doi.org/10.33725/mamad.1301384)
- Bal, B. C., Altuntaş E., Narlıoğlu N., (2023), Some selected properties of composite material produced from plastic furniture waste and wood flour, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 6 (2), 233-244, DOI: [10.33725/mamad.1384214](https://doi.org/10.33725/mamad.1384214)
- Blok, L. G., Longana, M. L., Yu, H., Woods, B. K. (2018). An investigation into 3D printing of fibre reinforced thermoplastic composites. *Additive Manufacturing*, 22, 176-186, DOI: [10.1016/j.addma.2018.04.039](https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.04.039)
- Chung, H. J., Lee, E. J., Lim, S. T. (2002). Comparison in glass transition and enthalpy relaxation between native and gelatinized rice starches. *Carbohydrate Polymers*, 48(3), 287-298, DOI: [10.1016/S0144-8617\(01\)00259-4](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00259-4)
- Fodor, F., Németh, R., Lankveld, C., Hofmann, T. (2018). Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science & Engineering*, 13(5), 271-278, DOI: [10.1080/17480272.2017.1316773](https://doi.org/10.1080/17480272.2017.1316773)
- Forrest, J. A., Veress, K. D (2001). The glass transition in thin polymer films. *Advances in Colloid and Interface Science*, 94(1-3), 167-195, DOI: [10.1016/S0001-8686\(01\)00060-4](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(01)00060-4)
- Höhne, G. W. H., Hemminger, W., Flammersheim, H. J. (2003). Differential scanning calorimetry, Vol. 2, pp. 9-30. Berlin: Springer, DOI: [10.1007/978-3-662-06710-9](https://doi.org/10.1007/978-3-662-06710-9)
- Ilyas, R. A., Sapuan, S. M., Harussani, M. M., Hakimi, M. Y. A. Y., Haziq, M. Z. M., Atikah, M. S. N., Asyraf, M. R. M., Ishak, M. R., Razman, M. R., Nurazzi, N. M., Norrrahim, M. N. F., Abrial, H., Asrofi, M. (2021). Polylactic acid (PLA) biocomposite: Processing, additive manufacturing and advanced applications. *Polymers*, 13(8), 1326, DOI: [10.3390/polym13081326](https://doi.org/10.3390/polym13081326)
- Karabağ, D., Tekkanat, M. A., Anaç, N., Koçar, O. (2023). Investigation of adhesive bonding strength of wood added PLA materials. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 6(1), 26-38, DOI: [10.33725/mamad.1304449](https://doi.org/10.33725/mamad.1304449)
- Kariz, M., Sernek, M., Kuzman, M. K. (2018). Effect of humidity on 3D-printed specimens from wood-PLA filaments. *Wood Res*, 63(5), 917-922.
- Khosravani, M. R., Reinicke, T. (2020). Effects of raster layout and printing speed on strength of 3D-printed structural components. *Procedia Structural Integrity*, 28, 720-725, DOI: [10.1016/j.prostr.2020.10.083](https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.10.083)
- Kim, J. K. Pal, K. (2010). *Recent Advances in the Processing of Wood-Plastic Composites*, Springer Science & Business Media.
- Kuo, C. C., Liu, L. C., Teng, W. F., Chang, H. Y., Chien, F. M., Liao, S. J., Kuo, W. F., Chen, C. M. (2016). Preparation of starch/acrylonitrile-butadiene-styrene copolymers (ABS) biomass alloys and their feasible evaluation for 3D printing applications. *Composites Part B: Engineering*, 86, 36-39, DOI: [10.1016/j.compositesb.2015.10.005](https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.10.005)

- Tao, Y., Wang, H., Li, Z., Li, P., Shi, S. Q. (2017). Development and application of wood flour-filled polylactic acid composite filament for 3D printing. *Materials*, 10(4), 339, DOI: [10.3390/ma10040339](https://doi.org/10.3390/ma10040339)
- Tisserat, B., Liu, Z., Finkenstadt, V., Lewandowski, B., Ott, S., Reifschneider, L. (2015). 3D printing biocomposites. *J. Plast. Res. Online*, 1-3, DOI: [10.2417/spepro.005690](https://doi.org/10.2417/spepro.005690)
- Tümer, E. H., Erbil, H. Y. (2021). Extrusion-based 3D printing applications of PLA composites: a review. *Coatings*, 11(4), 390, DOI: [10.3390/coatings11040390](https://doi.org/10.3390/coatings11040390)
- Wimmer, R., Steyrer, B., Woess, J., Koddenberg, T., Mundigler, N. (2015). 3D printing and wood. *Pro Ligno*, 2015, 11(4), 144-149.



### Türkiye'nin mobilya sektöründe uluslararası rekabet gücü: Seçilmiş ülkeler ile karşılaştırmalı analiz

Serdar Özözen<sup>1\*</sup>

**ÖZ:** Mobilya sektörü Türkiye'nin en eski sektörlerinden biridir. Önceleri düşük teknolojiye ve emek yoğun üretim yapısına sahip olan mobilya sektörü günümüzde daha fazla bilgi ve sermaye yoğun bir sektör olma yolunda ilerlemektedir. Sektör, üretim ve istihdam ile ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Ayrıca sektörün ülke ihracatına net katkısıyla Türkiye, dünya mobilya ihracatında önemli ihracatçı ülkeler arasında yer almaktadır. Çalışmanın amacı, dünya mobilya ihracatında öne çıkan ülkeler arasında yer alan Türkiye'nin 2012-2021 dönemi için uluslararası mobilya ticaretinde rekabet gücünü belirlemek ve bu ülkeler karşısında Türkiye'nin uluslararası rekabet gücünü karşılaştırmalı analiz etmektir. Çalışmada, mobilya sektörüne ilişkin toplam 7 alt ürün grubu için Balassa'nın Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler Endeksi hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular, Türkiye'nin mobilya sektöründe toplam 7 alt sektörden 6'sında zayıf, sadece 1 alt sektörde orta derecede rekabet üstünlüğüne sahip olduğunu göstermiştir. Türk mobilya sektörünün rekabet gücünün artırılması için inovasyon, özgün tasarım, markalaşma ve Ar-Ge faaliyetlerine ağırlık verilmesi gerekmektedir. Hammadde tedarikinde yaşanan sorunlar mobilya sektörünü olumsuz etkilemektedir. Yeterli miktarda ve kalitede hammaddenin uygun fiyatla tedarigi sağlanmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** Mobilya Sektörü, Uluslararası Rekabet Gücü, Karşılaştırmalı Üstünlükler

### International competitiveness in Türkiye's furniture sector: A comparative analysis with selected countries

**ABSTRACT:** The furniture sector is one of the oldest sectors in Türkiye. In the past, it had a low-tech and labor-intensive production structure, but now it is on the way to becoming a more information and capital-intensive sector. The sector contributes to the country's economy with production and employment. In addition, with the sector's net contribution to the country's exports, Türkiye is among the major exporter countries in world furniture exports. The study aims to determine the competitiveness of Türkiye in the international furniture trade and to analyse comparatively the international competitiveness of Türkiye against the leading (selected) countries in the world furniture export for the period 2010-2021. In this study, Balassa's Revealed Comparative Advantage (RCA) index was calculated for seven sub-products group. The findings showed that Türkiye had a weak competitive advantage in 6 out of 7 sub-sectors in the furniture sector and a moderate competitive advantage in only 1 sub-sector. In order to increase the competitiveness of the Turkish furniture sector, it is necessary to focus on innovation, original design, branding and R&D activities. Problems in the supply of raw materials negatively affect the furniture sector. It should ensure the supply of raw materials in sufficient quantity and quality at an affordable price.

**Keywords:** Furniture Sector, International Competitiveness, Comparative Advantage

Makale tarihçesi: Geliş:13.05.2024, Kabul:28.05.2024, Yayınlanma:30.06.2024,\*e-posta: serdarozzen.1905@gmail.com

\*Bağımsız araştırmacı, Bursa/Türkiye.

**Atıf:** Özözen S., (2024). Türkiye'nin mobilya sektöründe uluslararası rekabet gücü: seçilmiş ülkeler ile karşılaştırmalı analiz, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi* 7(1), 107-120. DOI: [10.33725/mamad.1483546](https://doi.org/10.33725/mamad.1483546)

## 1 Giriş

Mobilya, gündelik yaşamın her alanında kullanılan, birey ya da toplumun yaşamını kolaylaştırıp, refahını sağlayan, yaşama ilişkin gerek sosyal gerekse de kültürel ihtiyaçlara hizmet eden, mekân ile insanın hayat kalitesine direkt etki eden, herkesçe ihtiyaç duyulan ve kullanılan ürün olarak tanımlanabilmektedir (Şen ve Çınar, 2017). Mobilya kullanımı eski çağlara kadar uzanmaktadır. Eski çağlara ait mobilya örnekleri Mezopotamya, Mısır ve Ege etrafındaki Tunç Çağı (MÖ.3500-1000) ve Yunan, Etrüsk ve Roma'ya ait Demir Çağı (MÖ.1000- MS.350) medeniyetlerinden günümüze ulaşmıştır (Boyla, 2012).

Yaşamın her alanında kullanılan mobilyalar, özelliklerine göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır (Sakarya ve Canlı, 2011; Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı, 2014; Usta ve Güray, International Furniture Congress). *Kullanıldığı yere göre*, iç mekân ve dış mekân mobilyaları; *konuşlandırma durumuna göre*, hareketli ve sabit mobilyalar; *üretimi için kullanılan yapım malzemesinin türüne göre*, ahşap, metal, plastik, mermer ya da taş, cam ve kompozit mobilyalar; *kullanımlarına göre*, bireysel kullanıma yönelik ve toplu kullanıma yönelik mobilyalar ki bunlar, kentsel mobilyalar (iç mekân, dış mekân mobilyaları) ve endüstriyel mobilyalar (endüstriyel ürünler üreten mekanlarda imalat sanayi alanında kullanılan mobilyalar); *coğrafi bölge tarzına göre* İngiliz, İtalyan, İskandinav mobilya; *mekana göre* mutfak, salon, yatak odası, ofis mobilyaları olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca, modüler mobilya, lamine mobilya, fonksiyonel mobilya, klasik veya modern mobilya, demonte ya da monteli mobilya olarak sınıflara da ayrılabilir.

Dış ticareti yapılan mobilya ürünlerini Standart Uluslararası Ticari Sınıflandırmaya (SITC Rev.3- Standart International Trade Classification) göre, 821. ve 872.4. ürün tanımları içinde sınıflandırmak mümkündür: 821.1 Oturmaya mahsus mobilyalar (yatak haline getirilebilen türden olsun olmasın), bunların aksam ve parçaları, 821.2 Yatak takımı eşyası ve benzeri eşya, 821.3 Metalden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan), 821.5 Ahşap mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan), 821.7 Diğer maddelerden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan), 821.8 – 821.3, 821.5 ve 821.7 grubundaki mobilyaların aksam ve parçaları, 872.4 Tıpta, cerrahide, diş hekimliğinde ve veterinerlikte kullanılan mobilyalar, bunların aksam ve parçaları (UN Comtrade, 2023).

**Tablo 1:** Dünya Mobilya İhracatında İlk 10 Ülke (\$)¹

Sıralama	Ülkeler	2019	Pay (%)	2020	Pay (%)
1	Çin	64.480.044.897	33,3	70.068.357.552	36,0
2	Polonya	13.399.545.759	6,9	13.112.859.495	6,7
3	Almanya	13.784.667.960	7,1	12.916.111.036	6,6
4	Vietnam	8.984.680.731	4,6	11.364.266.868	5,8
5	İtalya	11.681.260.871	6,0	10.679.762.022	5,5
6	Meksika	8.108.452.469	4,2	7.055.424.150	3,6
7	ABD	7.862.605.704	4,1	6.586.745.913	3,4
8	Çekya	4.516.534.220	2,3	4.274.633.414	2,2
9	Kanada	4.698.348.515	2,4	3.967.494.316	2,0
10	Türkiye	3.415.112.557	1,8	3.426.582.776	1,8
	Dünya	193.916.384.522	100,0	194.904.600.625	100,0

¹ Sıralamada 2020 yılı esas alınmıştır. Literatür göz önünde bulundurularak ülkelerin mobilya ihracatı SITC 821.1, SITC 821.2, SITC 821.3, SITC 821.5, SITC 821.7, SITC 821.8 ve SITC 872.4 toplamından oluşmaktadır.



Emek yoğun bir sektör olan mobilya sektörü, bilgi ve teknolojinin kullanımı ile sermaye yoğun bir sektör olma yolunda ilerlemektedir. Sektörde gelişmekte olan ülkeler kadar gelişmiş ülkelerinde dünya mobilya ihracatında üst sıralarda yer aldığı görülmektedir. Dünya mobilya ihracatındaki ilk 10 ülke Tablo 1’de verilmiştir (UN Comtrade, 2023).

Tablo 1’e göre, 2019 yılında dünya mobilya ihracatı 193,9 milyar dolar iken, 2020 yılında 194,9 milyar dolara ulaşmıştır. Çin, 2020 yılında yapmış olduğu 70,1 milyar ihracatla dünyanın en büyük mobilya ihracatçısı konumundadır. 2020 yılında toplam 194,9 milyar ihracatın %36’sı Çin’e aittir. Çin’i, Polonya, Almanya, Vietnam ve İtalya takip etmektedir. Türkiye, 2020 yılında 3,4 milyar dolar ihracatıyla dünya mobilya ihracatında 10. sırada yer almaktadır.

2020 itibariyle AB içinde Polonya, Almanya ve İtalya en büyük 3 ihracatçı ülkedir. AB’de mobilya sektörü ileri derecede uzmanlaşmıştır. Döşenmiş-kaplanmış mobilyalar ve mutfak mobilyaları en büyük alt sektör grubudur. Ahşap mobilya transit ticareti AB ülkeleri içinde önemli bir yere sahiptir (Ticaret Bakanlığı, 2021). Dünya mobilya ithalatında ilk 10’da yer alan ülkeler Tablo 2’de verilmiştir (UN Comtrade, 2023).

**Tablo 2.** Dünya mobilya ithalatında ilk 10 ülke (\$)²

Sıralama	Ülkeler	2019	Pay (%)	2020	Pay (%)
1	ABD	56.004.616.226	30.0	55.102.419.413	30.8
2	Almanya	15.800.606.320	8.5	16.139.060.923	9.0
3	Fransa	9.425.218.153	5.0	8.649.971.372	4.8
4	İngiltere	9.652.368.554	5.2	8.518.436.523	4.8
5	Japonya	7.228.355.454	3.9	7.005.229.421	3.9
6	Kanada	7.303.119.881	3.9	6.547.921.676	3.7
7	Hollanda	5.718.720.687	3.1	6.188.687.583	3.5
8	Avustralya	3.785.840.700	2.0	4.003.279.791	2.2
9	İsviçre	3.412.296.560	1.8	3.502.655.778	2.0
10	İspanya	3.629.814.058	1.9	3.324.497.148	1.9
	Dünya	186.813.518.826	100.0	178.749.229.340	100.0

Tablo 2’ye göre, dünya mobilya ithalatı 2019 yılında 186,8 milyar dolar iken 2020 yılında 178,7 milyar dolara gerilemiştir. Dünyanın en büyük mobilya ithalatçısı konumundaki ülke ABD’dir. ABD 2020’de 55,1 milyar dolar değerindeki ithalatı ile tek başına, dünya mobilya ithalatının yaklaşık %30,8’lik kısmını gerçekleştirmiştir. ABD’den sonra en büyük ithalatçı ülke Almanya’dır. Almanya, 2020’de gerçekleştirdiği 16,1 milyar dolarlık ithalat ile dünya mobilya ithalatının %9’unu gerçekleştirmiştir. 2020 yılı itibariyle diğer önemli ithalatçı ülkeler ise sırasıyla Fransa, İngiltere, Japonya, Kanada, Hollanda, Avustralya, İsviçre ve İspanya’dır. Almanya, Fransa, Hollanda ve İspanya AB’nin en büyük mobilya tüketicileridir (Ticaret Bakanlığı, 2021).

Dış pazarlara yönelen Türk mobilya sektörü, net ihracatçı yapısıyla ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. 2001 yılından itibaren sürekli dış ticaret fazlası veren mobilya sektörü (Ekici,

² Sıralamada 2020 yılı esas alınmıştır. Literatür göz önünde bulundurularak ülkelerin mobilya ihracatı SITC 8211, SITC 8212, SITC 8213, SITC 8215, SITC 8217, SITC 8218 ve SITC 8724 toplamından oluşmaktadır.

2021) ihracata artan katkısı yanında sağladığı istihdam ile ülke ekonomisinin önemli sektörlerinden birisidir (TOBB, 2017). Türk mobilya sektörü panel mobilya-masif mobilya (yatak odası, yemek odası, genç ve çocuk odası, giyinme odası, aksesuar modeller), döşemeli mobilyalar (koltuk, köşe takımları, kanepeler, uzanma ve dinlenme üniteleri), mutfak, banyo ve ofis mobilyaları, bahçe mobilyaları, mobilya aksam ve parçaları, taşıt mobilyaları, hastane mobilyaları, otel mobilyaları, aksesuarlar gibi geniş kullanım alanına sahip ürünler üreten bir sektördür (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015). Mobilya sektöründe üretilen ürünler arasında en çok ev ve bahçe mobilya sınıfında oturma grubu, yemek odası mobilyaları ile ofis mobilyalarına talep olmaktadır (Aşarkaya, 2015).

Türkiye’de mobilya sektörünün geçmişi eskilere dayanmaktadır. Önceleri atölye tipi küçük işletmelerin üretim yaptığı mobilya sektöründe 1970’li yıllarda endüstriyel üretim yapan orta ve büyük ölçekli işletmeler ortaya çıkmıştır (Yılmaz, 2014; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021). Mobilya girişimlerinin %99,9’u KOBİ işletmelerinden oluşur. Son yıllarda küçük işletmeler yanında orta ve büyük ölçekli işletmelerin sayısında artış gözlemlenmektedir. Her geçen gün fabrikasyon türü üretim yapan işletmelerin sayısında artış olmaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022).

Mobilya üretimi için kullanılan ahşap, metal, cam, kumaş ve deri gibi birçok malzeme maliyetlerin en büyük kalemlerinden birini oluşturmaktadır (İstanbul Sanayi Odası, 2023). Sektörün üretim maliyetlerinin %91’ini hammadde oluşturmaktadır. Mobilya sektörü üretimde bölgesel yoğunlaşmanın en fazla olduğu sektörlerden biridir (MÜSİAD, 2018). Türkiye’de mobilya sektörü pazar ve hammaddeye yakın yerlerde yoğunlaşmaktadır. İstanbul, Bursa (İnegöl), Ankara, İzmir, Kayseri ve Adana illeri ön plana çıkmaktadır (Yazıcı ve Karayılmazlar, 2001; Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, 2016; Terece, Edirne ve Karıptaş, 2020; Çınar, Yıldırım ve Karataş, 2021).

Türk mobilya sektörü güçlü yönler, zayıf yönler, sektördeki fırsatlar ve sektöre yönelik tehditler gibi 4 ana kritere göre değerlendirilmektedir. Bu kriterlere göre, *sektörün güçlü yönleri* geniş iç pazarı sayesinde talep gören bir sektör olması, Asya, Avrupa ve Orta Doğunun arasında stratejik bir konum yer alıyor olması nedeniyle coğrafi avantaja sahip olması, nitelikli işgücü, ürün çeşitliliği, üretim için gerekli birçok hammaddenin yurtiçinden temin edilebilir olması, *sektörün zayıf yönleri* Ar-Ge yatırımlarının düşük seviyede kalması, vergi oranlarının yüksekliği, yüksek katma değerli ürünlerden çok düşük katma değerli ürünlerin üretimi, teknolojik altyapının yetersizliği, kayıt dışılık, yetersiz pazarlama, markalaşmanın istenilen seviyede olmaması, enerji maliyetlerinin yüksekliğidir. Ayrıca, *sektöre yönelik fırsatlar* büyümekte olan ihracat pazarlarına sahip olması, iç talep artışı, yenilikçi ürünler geliştirilebilmesi ve teknolojiden yararlanılması, dijitalleşme ile daha geniş müşteri kitlelerine ulaşabilme imkanı ile yüksek ihracat potansiyeli olurken, *sektöre yönelik tehditler* ise hammadde fiyatlarındaki istikrarsızlık, hammadde temininde belirsizlikler, çoğu hammaddenin ithal edilmesi nedeniyle artan maliyetler, yüksek enerji, işgücü ve lojistik maliyetleri, Ar-Ge ve inovasyonun yeterli düzeyde olmaması, sektörde yüksek rekabet ortamı, dış politika ve güvenlik riskleri olarak karşımıza çıkmaktadır (İstanbul Sanayi Odası, 2023).

Teknolojideki hızlı değişim, dijitalleşme sonucu bilgiye kolay erişim, küresel çevreye duyarlılığın artması sonucu tüketici tercihlerinde önceliğin değişmesi, sürdürülebilir üretimin ön plana çıkması gibi birtakım gelişmeler mobilya sektörünün geleceği ile ilgili projeksiyonlarda değişime neden olduğu söylenebilir.

Bu gelişmeler ışığında mobilya sektöründe klasik mobilya ürünleri yanında çok fonksiyonlu ve alandan tasarruf sağlayan mobilyalar, akıllı mobilyalar, kolayca taşınabilir,

farklı kombinasyonlarda kullanılabilen modüler ve hafif mobilyalar, çevreye duyarlı, enerji tasarruflu, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışabilen çevre dostu sürdürülebilir ürünlerin ön plana çıkması beklenmektedir (Siyasal, 2021). Gerek ulusal pazarda gerekse de uluslararası pazarlarda yer edinmek isteyen işletmelerin üretimini yeni trende göre şekillendirmeleri kaçınılmazdır.

Bu çalışmanın amacı, ticaret sonrası verilerle rekabet gücünün ölçümünde kullanılan Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler (Revealed Comparative Advantage-RCA) endeksi kullanılarak 2012-2021 dönemi için Türkiye'nin mobilya sektöründeki rekabet gücünü dünya mobilya ihracatında söz sahibi ülkeler ile karşılaştırmalı bir şekilde analiz etmektir. Çalışmanın önceki çalışmalarından farkı, Türkiye'nin mobilya sektöründeki rekabet gücü analiz edilirken Türkiye'nin de dahil olduğu küresel ölçekte en fazla ihracat payına sahip ilk on ülkenin mobilya sektöründeki rekabet güçleri alt sektörler ile karşılaştırmalı bir şekilde ortaya konulmuştur. Türkiye ve rakiplerinin mobilya sektöründeki rekabet gücü karşılaştırmalı olarak ortaya konulurken rekabet gücü seviyesi de ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Materyal

Türkiye mobilya sektörünün rekabet gücünü 2012-2021 dönemi için inceleyip sektörün rekabet gücünü mobilya sektörü ihracatında öne çıkan ülkeler ile karşılaştırmalı bir şekilde ortaya koyma çabasında olan bu çalışmada sektöre ait ihracat verileri UNCOMTRADE veri tabanından Standart Uluslararası Ticaret Sınıflaması Rev.3 (Standart International Trade Classification SITC Rev.3) temelinde dört haneli sınıflandırma sistemi kullanılarak derlenmiştir.

Mobilya sektörü SITC Rev.3'e göre 821. ve 872.4. bölümlerinde sınıflandırılmış ve literatüre uygun bir şekilde 7 alt sektöre ayrılarak incelenmiştir. Mobilya sektörü alt sektör grupları şunlardır:

SITC 821.1 Oturmaya mahsus mobilyalar (yatak haline getirilebilen türden olsun olmasın), bunların aksam ve parçaları

SITC 821.2 Yatak takımı eşyası ve benzeri eşya

SITC 821.3 Metalden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan)

SITC 821.5 Ahşap mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan)

SITC 821.7 Diğer maddelerden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan)

SITC 821.8 821.3, 821.5 ve 821.7 grubundaki mobilyaların aksam ve parçaları

SITC 872.4 Tıpta, cerrahide, diş hekimliğinde ve veterinerlikte kullanılan mobilyalar, bunların aksam ve parçaları

### 2.2 Metot

Çalışmada, Türkiye'nin mobilya sektörü ihracatına dayalı rekabet gücünün karşılaştırmalı bir şekilde belirlenmesi amacıyla Balassa'nın Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük (Revealed Comparative Advantage-RCA) endeksi kullanılmıştır.

Balassa tarafından geliştirilen Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksi şu şekilde formüle edilir:

$$RCA_{ij} = (X_{ij} / X_{it}) / (X_{wj} / X_{wt})$$

Burada  $RCA_{ij}$  i ülkesinin j ürünü/sektörü için açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler endeksini,  $X_{ij}$  i ülkesinin j ürünü/sektörü ihracatını,  $X_{it}$  i ülkesinin toplam ihracatını,  $X_{wj}$  dünyanın j ürünü/sektörü ihracatını ve  $X_{wt}$  dünya toplam ihracatını ifade etmektedir.

Buna göre, eğer  $RCA > 1$  ise söz konusu ülke o ürün ya da sektörde karşılaştırmalı üstünlüğüne ya da rekabet avantajına sahiptir;  $RCA < 1$  ise ülke o ürün ya da sektörde karşılaştırmalı dezavantaja ya da rekabet dezavantajına sahiptir.

Söz konusu endeks katsayılarını daha ayrıntılı yorumlamak için sonuçlar aşağıdaki gibi 4 gruba ayrılabilir (Hinloopen & Marrewijk, 2001):

Grup-1  $\rightarrow 0 < RCA < 1$  ise karşılaştırmalı üstünlük/rekabet gücü yoktur.

Grup-2  $\rightarrow 1 \leq RCA < 2$  ise zayıf bir karşılaştırmalı üstünlük/rekabet gücü vardır.

Grup-3  $\rightarrow 2 \leq RCA < 4$  ise orta derecede karşılaştırmalı üstünlük/rekabet gücü vardır.

Grup-4  $\rightarrow RCA \geq 4$  ise güçlü bir karşılaştırmalı üstünlük/rekabet gücü vardır.

### 3 Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde ilk olarak Türkiye'nin mobilya sektörünün rekabet gücü mobilya sektörü ihracatında öne çıkan ülkeler ile karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuş, ardından rekabet gücünün derecesi ayrıntılı analiz edilmiştir. Tablo 3'te dünya mobilya sektörü ihracatında öne çıkan ülkeler için hesaplanan RCA endeks değerleri yer almaktadır.

**Tablo 3.** Dünya mobilya sektöründe öne çıkan ülkelerin mobilya sektöründeki RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	1.39	1.02	3.10	0.57	3.58	1.87	2.43	5.41	1.80	0.98
2013	1.57	0.99	2.98	0.57	3.37	2.13	2.45	5.31	1.93	0.95
2014	1.56	0.95	2.70	0.56	3.30	2.17	2.36	5.41	2.01	0.91
2015	1.47	0.87	2.56	0.55	3.05	2.13	2.20	4.87	1.91	1.02
2016	1.45	0.87	2.49	0.55	2.93	2.37	2.15	5.04	1.96	1.12
Ortalama	1.49	0.94	2.77	0.56	3.25	2.13	2.32	5.21	1.92	1.00
2017	1.45	0.87	2.52	0.53	2.84	2.42	2.15	5.06	1.94	1.07
2018	1.67	0.88	2.53	0.49	2.83	2.33	2.19	5.03	1.79	1.02
2019	1.79	0.87	2.44	0.45	3.21	2.14	2.06	5.04	1.67	1.00
2020	1.78	0.82	2.38	0.40	3.55	1.95	1.88	4.53	1.49	0.90
2021	1.70	0.84	2.37	0.37	3.51	1.89	2.00	4.57	1.61	0.82
Ortalama	1.68	0.86	2.45	0.45	3.19	2.15	2.05	4.85	1.70	0.96

Tablo 3'ye göre, mobilya sektöründe ele alınan ülkeler arasında Türkiye ile birlikte Çin, Vietnam, Çekya, İtalya, Polonya, Meksika'nın rekabet gücüne sahip olduğu görülmektedir ( $RCA > 1$ ). Bu ülkeler arasında Polonya güçlü rekabet üstünlüğü ile ön plana çıkmaktadır ( $RCA \geq 4$ ). Çin, Vietnam ve Çekya İtalya orta derecede rekabet gücüne sahiptir ( $2 \leq RCA < 4$ ). Türkiye ve Meksika zayıf derecede rekabet gücüne sahip ülkeler arasında yer almaktadır

( $1 \leq RCA < 2$ ). Mobilya sektöründe, gelişmiş ülkeler kategorisinde, Almanya, ABD ve Kanada'nın rekabet dezavantajı bulunmakta olup diğer deyişle rekabet üstünlüğü yoktur ( $0 < RCA < 1$ ).

Mobilya sektöründe Çekya'nın "orta" düzeyde rekabet gücü olmakla birlikte 2020 ve 2021 yılları arasında rekabet gücünün "zayıf" düzeyde seyrederek gerilemesi dikkat çekicidir. Kanada mobilya sektöründe her ne kadar 2015 ile 2019 yılları arasında "zayıf" düzeyde rekabet gücüne sahip olsa da 2020 yılı sonrası rekabet gücü dezavantajlı ülkeler arasında yer almıştır.

SITC 821.1 Oturmaya mahsus mobilyalar (yatak haline getirilebilen türden olsun olmasın), bunların aksam ve parçaları alt sektörüne ilişkin hesaplanan RCA endeks değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** SITC 821.1 Oturmaya mahsus mobilyalar (yatak haline getirilebilen türden olsun olmasın), bunların aksam ve parçaları alt sektörüne ilişkin RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	1.19	0.84	2.98	0.67	2.17	3.20	1.76	7.05	3.51	1.02
2013	1.25	0.80	2.83	0.69	2.00	3.76	1.77	6.66	3.78	0.98
2014	1.20	0.76	2.56	0.70	1.96	3.82	1.70	6.53	3.99	0.91
2015	1.13	0.72	2.38	0.69	1.86	3.69	1.59	6.07	3.78	0.98
2016	1.17	0.69	2.30	0.70	1.82	4.10	1.59	6.13	3.81	1.00
Ortalama	1.19	0.76	2.61	0.69	1.96	3.72	1.68	6.49	3.77	0.98
2017	1.20	0.69	2.36	0.65	1.85	4.29	1.60	6.11	3.70	0.92
2018	1.56	0.71	2.42	0.60	2.00	4.05	1.62	5.78	3.34	0.90
2019	1.62	0.69	2.39	0.54	2.46	3.67	1.53	5.74	3.06	0.84
2020	1.50	0.61	2.46	0.46	2.92	3.11	1.44	5.13	2.74	0.79
2021	1.46	0.61	2.51	0.41	3.32	2.90	1.65	5.21	2.80	0.70
Ortalama	1.47	0.66	2.43	0.53	2.51	3.61	1.57	5.60	3.13	0.83

Tablo 4'e göre, SITC 821.1 oturmaya mahsus mobilyalar (yatak haline getirilebilen türden olsun olmasın), bunların aksam ve parçalarının üretildiği alt sektörde Türkiye, Çin, Vietnam, Çekya, İtalya, Polonya ve Meksika rekabet gücüne sahiptir ( $RCA > 1$ ). Rekabet gücüne sahip ülkeler arasında Polonya "güçlü" ( $RCA \geq 4$ ), Çin, Vietnam, Çekya ve Meksika "orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ), Türkiye ve İtalya "zayıf" ( $1 \leq RCA < 2$ ) düzeyde rekabet gücüne sahiptir. Almanya, ABD ve Kanada'nın rekabet gücü bulunmamaktadır ( $0 < RCA < 1$ ). Ele alınan ülkeler içerisinde Polonya'nın "güçlü" rekabet üstünlüğü ile ön plana çıktığı görülmüştür.

SITC 821.2 Yatak takımı eşyası ve benzeri eşya alt sektörüne ilişkin hesaplanan RCA endeks değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'e göre, SITC 821.2 yatak takımı eşyası ve benzeri eşyaların üretildiği alt sektörde rekabet gücüne sahip olan ülkeler Türkiye, Çin, Vietnam (özellikle 2015 yılı sonrası) ve Polonya'dır ( $RCA > 1$ ).

Rekabet gücüne sahip ülkeler arasında Polonya "güçlü" ( $RCA \geq 4$ ), Çin "orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ), Türkiye ve Vietnam "zayıf" ( $1 \leq RCA < 2$ ) düzeyde rekabet gücüne sahiptir. Almanya, ABD, Çekya, İtalya, Meksika (2021 yılı hariç) ve Kanada'nın ise bu alt sektörde rekabet dezavantajı bulunmaktadır ( $0 < RCA < 1$ ) Bu alt sektöründe, Çin 2012-2014 yılları arasında "güçlü" rekabet gücüne sahipken 2014 yılı sonrası rekabet gücünün "orta" düzeye gerilediği

görülmüştür. Türkiye'nin "zayıf" düzeydeki rekabet gücünün 2020 yılında "orta" düzeye yükseldiği tespit edilmişse de, 2021 yılında ise "zayıf" düzeye geriye gözlemlenmiştir.

**Tablo 5.** SITC 821.2 Yatak takımı eşyası ve benzeri eşya alt sektörüne ilişkin RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	0.90	0.52	4.59	0.30	1.08	0.38	0.83	6.37	0.94	0.20
2013	1.11	0.52	4.36	0.30	0.95	0.42	0.84	6.50	0.82	0.19
2014	1.10	0.49	4.04	0.29	0.95	0.41	0.80	6.59	0.79	0.16
2015	1.05	0.43	3.72	0.31	0.83	0.42	0.71	5.98	0.74	0.18
2016	1.07	0.40	3.84	0.30	1.05	0.46	0.66	5.60	0.74	0.20
Ortalama	1.05	0.47	4.11	0.30	0.97	0.42	0.77	6.21	0.81	0.19
2017	1.23	0.42	3.92	0.31	1.20	0.49	0.65	5.35	0.65	0.20
2018	1.32	0.43	3.93	0.30	1.07	0.45	0.66	5.32	0.63	0.17
2019	1.58	0.43	3.68	0.26	1.96	0.43	0.61	4.96	0.63	0.17
2020	2.11	0.44	3.18	0.27	1.93	0.47	0.68	4.39	0.57	0.18
2021	1.90	0.44	3.07	0.27	1.13	0.50	0.61	4.56	1.00	0.24
Ortalama	1.63	0.43	3.55	0.28	1.46	0.47	0.64	4.92	0.70	0.19

SITC 821.3 Metalden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektörüne ilişkin hesaplanan RCA endeks değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'ya göre, SITC 821.3 metalden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektöründe tüm dönem boyunca Türkiye (2012 yılı hariç), Çin, Çekya, İtalya, Polonya ve Kanada rekabet gücüne sahipken ( $RCA > 1$ ), ABD ve Meksika'nın rekabet gücü bulunmamaktadır ( $0 < RCA < 1$ ). Rekabet gücü bulunan ülkelerden Çin "orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ), Türkiye, Çekya, İtalya, Polonya ve Kanada "zayıf" ( $1 \leq RCA < 2$ ) düzeyde rekabet gücüne sahiptir.

**Tablo 6.** 821.3 Metalden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektörüne ilişkin RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	0.94	1.16	4.16	0.77	0.74	1.35	1.57	1.14	0.80	1.41
2013	1.34	1.19	4.07	0.74	0.81	1.40	1.61	1.25	0.70	1.31
2014	1.39	1.21	3.50	0.77	0.94	1.48	1.69	1.29	0.70	1.36
2015	1.37	1.07	3.25	0.70	0.99	1.25	1.68	1.22	0.59	1.58
2016	1.41	1.12	3.19	0.67	0.98	1.39	1.64	1.37	0.65	1.87
Ortalama	1.29	1.15	3.63	0.73	0.89	1.38	1.64	1.25	0.69	1.50
2017	1.45	1.14	3.29	0.64	0.91	1.30	1.65	1.42	0.61	1.79
2018	1.58	1.11	3.40	0.62	1.05	1.29	1.62	1.61	0.59	1.60
2019	1.51	1.03	3.30	0.54	1.46	1.24	1.47	1.68	0.58	1.99
2020	1.47	0.91	3.26	0.44	2.05	1.80	1.22	1.52	0.48	1.61
2021	1.53	0.97	3.12	0.39	2.14	1.60	1.31	1.56	0.56	1.37
Ortalama	1.51	1.03	3.27	0.52	1.52	1.45	1.45	1.56	0.56	1.67



Söz konusu alt sektörde Vietnam'ın rekabet gücündeki yükselmeye karşın Almanya'nın rekabet gücündeki düşüş göze çarpmaktadır. 2012-2017 döneminde rekabet gücüne sahip olmayan Vietnam 2019 sonrası orta düzeyde rekabet gücüne ulaşmıştır. 2012-2019 döneminde zayıf düzeyde rekabet gücüne sahip olan Almanya'nın 2019 yılı sonrası rekabet gücünü tamamen kaybederek rekabet dezavantajına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 7'de SITC 821.5 Ahşap mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektörüne ilişkin hesaplanan RCA endeks değerleri verilmiştir. Tablo 7'ye göre, SITC 821.5 ahşap mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektöründe Türkiye, Almanya, Çin, Vietnam, İtalya ve Polonya ele alınan dönem boyunca rekabet gücü bulunan ülkelerdir ( $RCA > 1$ ). Bu ülkeler arasında Polonya ve Vietnam "güçlü" ( $RCA \geq 4$ ), Türkiye ve İtalya "orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ), Almanya ve Kanada "zayıf" ( $1 \leq RCA < 2$ ) düzeyde rekabet gücüne sahiptir. Söz konusu sektörde Polonya ve Vietnam güçlü rekabet gücü ile dikkat çekmektedir. ABD, Çekya (2021 yılı hariç) ve Meksika'nın rekabet gücü bulunmamaktadır ( $0 < RCA < 1$ ).

2012-2018 döneminde Çin'in "orta" düzeyde olan rekabet gücünün 2019 yılı sonrası "zayıf" düzeye gerilediği gözlemlenmiştir. Ahşap mobilyalar alt sektöründe Kanada'nın, 2021 yılında rekabet avantajı bulunmamakla birlikte, incelenen dönemin tümü dikkate alındığında rekabet gücünün "zayıf" düzeyde olduğunu söylemek mümkündür.

Diğer alt sektörlerden farklı olarak Türkiye'nin ahşap mobilya alt sektöründe rekabet gücü seviyesinin daha yüksek olmasına etki eden faktörler arasında Türkiye'nin ahşap esaslı levha sektöründe dünya ve Avrupa'da üst sıralarda yer alması sayılabilir. Örneğin, Türkiye ahşap esaslı levha sektöründe dünyanın 5. ve Avrupa'nın ise 2. en büyük üreticisidir. Ayrıca Türkiye, MDF/HDF levha üretiminde Avrupa'da 1. dünyada 2., yonga levha üretiminde Avrupa'da 3. ve dünyada 5., laminat parke üretiminde ise Avrupa'da 2. dünyada 3. sırada yer almaktadır (İstek ve ark., 2017).

**Tablo 7.** SITC 821.5 Ahşap mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektörüne ilişkin RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	2.23	1.29	2.44	0.33	7.88	0.65	3.22	5.26	0.35	0.97
2013	2.53	1.24	2.33	0.32	7.52	0.67	3.29	5.36	0.43	0.99
2014	2.52	1.16	2.31	0.29	7.07	0.68	3.09	5.37	0.34	0.94
2015	2.34	1.09	2.28	0.28	6.31	0.70	2.81	4.51	0.35	1.11
2016	2.11	1.11	2.28	0.25	5.84	0.80	2.66	4.91	0.37	1.25
Ortalama	2.35	1.18	2.33	0.29	6.92	0.70	3.02	5.08	0.37	1.05
2017	2.06	1.11	2.24	0.25	5.65	0.83	2.62	5.02	0.50	1.23
2018	2.25	1.14	2.08	0.25	5.57	0.77	2.76	5.40	0.53	1.19
2019	2.58	1.17	1.79	0.24	5.93	0.77	2.67	5.82	0.58	1.17
2020	2.45	1.15	1.60	0.23	5.98	0.81	2.54	5.58	0.61	1.03
2021	2.31	1.19	1.62	0.22	5.43	1.00	2.60	5.56	0.78	0.96
Ortalama	2.33	1.15	1.87	0.24	5.71	0.84	2.64	5.48	0.60	1.11

Tablo 8'de SITC 821.7 Diğer maddelerden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektörüne ilişkin hesaplanan RCA endeks değerleri verilmiştir. Tablo 8'e göre, 2012-2021 dönemi boyunca SITC 821.7 diğer maddelerden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan)

alt sektöründe rekabet gücüne sahip olan ülkeler arasında Türkiye, Çin, Vietnam, İtalya ve Polonya yer alırken ( $RCA > 1$ ); Almanya, ABD ve Meksika'nın rekabet gücü bulunmamaktadır ( $0 < RCA < 1$ ). Rekabet gücüne sahip ülkeler arasında Çin, Vietnam, Polonya ve İtalya "orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ), Türkiye "zayıf" ( $1 \leq RCA < 2$ ) düzeyde rekabet gücüne sahiptir.

**Tablo 8.** SITC 821.7 Diğer maddelerden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan) alt sektörüne ilişkin RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	1.10	0.41	4.79	0.53	1.47	0.18	3.50	2.72	0.20	0.51
2013	1.23	0.44	4.48	0.63	1.42	0.25	3.67	2.96	0.10	0.56
2014	1.11	0.38	4.43	0.56	1.18	0.21	3.18	3.58	0.09	0.54
2015	1.20	0.30	4.15	0.54	1.60	0.27	3.16	2.99	0.12	0.56
2016	1.50	0.40	3.37	0.73	2.04	1.34	3.88	3.70	0.14	0.84
Ortalama	1.23	0.38	4.24	0.60	1.54	0.45	3.48	3.19	0.13	0.60
2017	1.52	0.40	3.26	0.71	2.59	0.36	4.11	4.36	0.12	0.94
2018	1.53	0.35	3.25	0.62	2.03	1.59	4.15	4.44	0.16	1.25
2019	1.51	0.35	3.40	0.57	1.98	1.77	3.59	3.91	0.19	1.14
2020	1.35	0.32	3.45	0.50	2.88	1.40	3.13	2.33	0.16	0.90
2021	1.46	0.31	3.36	0.51	2.65	1.13	3.45	2.13	0.14	0.85
Ortalama	1.48	0.34	3.34	0.58	2.43	1.25	3.69	3.43	0.15	1.02

Söz konusu alt sektörde 2012-2015 döneminde "güçlü" düzeyde rekabet gücüne sahip Çin'in 2015 yılı sonrası rekabet gücünün "orta" düzeye düştüğü, buna karşın 2015 yılı sonrasında (2019 yılı hariç) "zayıf" düzeyde olan Vietnam'ın rekabet gücünün "orta" düzeye yükseldiği gözlemlenmiştir.

Ele alınan dönem başında rekabet dezavantajına sahip Çekya'nın rekabet gücü özellikle 2018 yılı sonrası dikkate alındığında "zayıf" düzeyde seyretmiştir.

"Orta" düzeyde rekabet gücüne sahip İtalya ve Polonya, rekabet güçlerini artırarak 2017-2018 yılları arasında güçlü rekabet gücüne sahip olmuş, ancak 2019 yılı sonrası bu ülkelerin rekabet güçleri "orta" düzeye düşmüştür.

Rekabet gücü 2018 ve 2019 yıllarında "zayıf" bir görünüm sergilemiş olsa da, incelenen dönem bir bütün olarak değerlendirildiğinde Kanada rekabet dezavantajına sahip ülkeler arasında yer almıştır.

SITC 821.8 821.3, 821.5 ve 821.7 grubundaki mobilyaların aksam ve parçaları alt sektörüne ilişkin hesaplanan RCA endeks değerleri Tablo 9'da gösterilmiştir. Tablo 9'a göre, 2012-2021 dönemi boyunca SITC 821.8 821.3, 821.5 ve 821.7 grubu mobilyaların aksam ve parçaları alt sektöründe Türkiye, Almanya, Çin, Vietnam, Çekya, İtalya ve Polonya rekabet gücüne sahipken ( $RCA > 1$ ), ABD'nin rekabet gücü bulunmamaktadır ( $0 < RCA < 1$ ).

Vietnam ( $RCA_{ortalama (2012-2021)} = 4,10$ ) "güçlü" rekabet gücüne sahiptir ( $RCA \geq 4$ ). "Güçlü" ( $RCA_{ortalama (2012-2021)} = 4,09$ ) düzeyde rekabet gücü bulunan Polonya'nın rekabet gücü düzeyinin 2020-2021 yılları arasında düşüş eğilimi göstererek "orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ) düzeye

gerilemesi, 2018 yılı sonrası Kanada'nın ( $RCA_{\text{ortalama}}(2012-2021) = 1,20$ ) rekabet gücünün ise "dezavantajlı" ( $0 < RCA < 1$ ) düzeyde olması dikkat çekicidir.

**Tablo 9.** SITC 821.8 821.3, 821.5 ve 821.7 grubundaki mobilyaların aksam ve parçaları alt sektörüne ilişkin RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	1.00	1.38	2.59	0.46	4.34	1.74	5.71	4.14	0.95	1.14
2013	1.01	1.26	2.81	0.44	3.95	1.85	5.43	3.92	1.00	1.05
2014	1.12	1.41	1.86	0.45	4.45	1.92	5.83	4.63	1.05	1.23
2015	1.05	1.22	1.85	0.42	4.58	2.08	5.61	4.24	1.01	1.39
2016	1.20	1.20	1.81	0.44	4.31	1.77	5.32	4.29	0.97	1.61
Ortalama	1.08	1.30	2.19	0.44	4.33	1.87	5.58	4.24	1.00	1.29
2017	1.08	1.17	1.84	0.48	3.67	1.63	5.36	4.02	0.94	1.52
2018	1.06	1.19	1.80	0.44	3.48	1.57	5.48	4.17	0.98	1.36
2019	1.03	1.21	1.98	0.40	3.72	1.37	5.00	4.09	1.01	0.92
2020	1.03	1.13	2.01	0.34	4.24	1.32	4.06	3.74	1.02	0.84
2021	1.07	1.15	1.99	0.34	4.30	1.48	4.06	3.63	1.09	0.89
Ortalama	1.05	1.17	1.92	0.40	3.88	1.47	4.79	3.93	1.01	1.10

Rekabet gücü bulunan ülkeler arasında İtalya "güçlü" ( $RCA \geq 4$ ), Türkiye, Almanya, Çin, Çekya ve Meksika ise "zayıf" ( $1 \leq RCA < 2$ ) düzeyde rekabet gücüne sahiptir.

Tablo 10'da SITC 872.4 Tıpta, cerrahide, diş hekimliğinde ve veterinerlikte kullanılan mobilyalar, bunların aksam ve parçaları alt sektörüne ilişkin hesaplanan RCA endeks değerlerine yer verilmiştir.

**Tablo 10.** SITC 872.4 Tıpta, cerrahide, diş hekimliğinde ve veterinerlikte kullanılan mobilyalar, bunların aksam ve parçaları alt sektörüne ilişkin RCA endeks değerleri

Yıllar	Türkiye	Almanya	Çin	ABD	Vietnam	Çekya	İtalya	Polonya	Meksika	Kanada
2012	1.07	2.03	1.32	2.06	1.16	3.86	1.41	3.39	2.14	1.62
2013	1.69	2.09	1.36	1.94	1.08	4.09	1.54	3.54	2.80	1.35
2014	1.30	1.91	1.39	1.91	1.13	3.77	1.41	3.95	2.48	1.13
2015	1.02	1.74	1.47	1.89	0.55	4.17	1.31	3.53	2.49	1.01
2016	1.10	1.80	1.31	1.95	0.89	3.67	1.41	3.40	2.49	1.07
Ortalama	1.24	1.91	1.37	1.95	0.96	3.91	1.42	3.56	2.48	1.24
2017	1.41	1.77	1.35	1.91	1.09	3.66	1.33	4.14	2.21	1.25
2018	1.50	1.87	1.43	1.76	1.00	4.12	1.32	4.40	2.02	1.22
2019	1.56	1.85	1.53	1.66	0.94	3.79	1.34	4.17	1.63	1.18
2020	2.49	1.58	1.45	1.83	0.84	4.29	1.24	3.88	1.48	1.14
2021	1.81	1.69	1.51	1.56	1.03	3.92	1.29	4.01	1.29	1.13
Ortalama	1.75	1.75	1.45	1.75	0.98	3.96	1.30	4.12	1.73	1.18

Tablo 10'a göre, SITC 872.4 tıpta, cerrahide, diş hekimliğinde ve veterinerlikte kullanılan mobilyalar, bunların aksam ve parçaları alt sektöründe Vietnam ( $RCA_{\text{ortalama (2012-2021)}} = 0,97 - 0 < RCA < 1$ ) dışındaki ele alınan ülkelerin hepsinin rekabet gücü bulunmaktadır. Bu ülkeler arasında Polonya "güçlü" ( $RCA \geq 4$ ), Türkiye, Almanya, Çin, ABD, İtalya ve Kanada "zayıf" ( $1 \leq RCA < 2$ ) düzeyde rekabet gücüne sahiptir. "Orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ) seviyede rekabet gücü bulunan Meksika'nın bu rekabet gücünün 2019 yılından itibaren "zayıf" düzeye gerilemesi dikkat çekmektedir. İnişli çıkışlı bir seyir izleyen Çekya'nın rekabet gücünün ( $RCA_{\text{ortalama (2012-2021)}} = 3,93$ ) "orta" ( $2 \leq RCA < 4$ ) düzeyde olduğunu söylemek mümkündür.

#### 4 Sonuçlar ve Öneriler

- Türkiye'nin mobilya sektöründeki rekabet gücü seviyesinin karşılaştırmalı olarak analiz edildiği bu çalışmada elde edilen bulgulara göre; 2012-2021 döneminde Türk mobilya sektörü için hesaplanan RCA endeks değerleri 1'den büyüktür. Elde edilen endeks sonuçları, Türkiye'nin mobilya sektörünün rekabet gücüne sahip olmakla birlikte rekabet gücünün zayıf olduğunu ortaya koymaktadır ( $1 \leq RCA < 2$ ). Ele alınan dönemde Türk mobilya sektörünün RCA endeks değerleri 1'den büyük olmakla birlikte endeks değerlerinin yatay bir seyir izlediği söylenebilir.
- İncelenen dönemde, Türkiye'nin mobilya sektörüne ait toplam 7 alt sektörden 6'sında (SITC 821.1 Oturmaya mahsus mobilyalar (yatak haline getirilebilen türden olsun olmasın), bunların aksam ve parçaları, SITC 821.2 Yatak takımı eşyası ve benzeri eşya, SITC 821.3 Metalden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan), SITC 821.7 Diğer maddelerden mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan), SITC 821.8, 821.3, 821.5 ve 821.7 grubundaki mobilyaların aksam ve parçaları, SITC 872.4 Tıpta, cerrahide, diş hekimliğinde ve veterinerlikte kullanılan mobilyalar, bunların aksam ve parçaları) zayıf derecede rekabet gücüne sahip olduğu ( $1 \leq RCA < 2$ ), sadece 1 alt sektörde ise (SITC 821.5 Ahşap mobilyalar (başka yerde sınıflandırılmayan)) orta derecede rekabet gücünün bulunduğu tespit edilmiştir ( $2 \leq RCA < 4$ ).
- Dünya mobilya sektörü ihracatında öne çıkan ülkeler arasında Türkiye ile birlikte Çin, Vietnam, Çekya, İtalya, Polonya ve Meksika'nın rekabet gücüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu ülkeler arasında Polonya güçlü rekabet üstünlüğü ile ön plana çıkmaktadır ( $RCA \geq 4$ ). Çin, Vietnam, İtalya ve Çekya (2020 ve 2021 yılı hariç) orta derecede rekabet gücüne sahiptir ( $2 \leq RCA < 4$ ). Türkiye ve Meksika zayıf derecede rekabet gücüne sahip ülkeler arasında yer almaktadır ( $1 \leq RCA < 2$ ). Gelişmiş ülkeler kategorisinde yer alan Almanya, ABD ve Kanada'nın mobilya sektöründe rekabet üstünlüğü bulunmamaktadır ( $0 < RCA < 1$ ).
- Türk mobilya sektörünün ihracat potansiyeli yüksektir. Sektörün yüksek olan ihracat potansiyelini kullanabilmesi ve uluslararası piyasalarda rakip ülkeler karşısında rekabet gücü seviyesini artırabilmesi için sektöre özgü sorunların çözülmesi gerekmektedir.
- Sektörün sorunları arasında enerji maliyetlerinin yüksekliği, pazarlama faaliyetlerinin ve sermayenin yetersizliği, finansman maliyetlerinin yüksekliği, kayıt dışılık yer almaktadır. Türk mobilya sektörünün KOBİ olarak tanımlanan küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşan bir yapıya sahip olduğu dikkate

alındığında sektörün üretim maliyetlerinin düşürülmesini sağlayacak adımların atılması ihracatın ve rekabet gücünün artırılması için gereklidir.

- Rekabet seviyesinin üst seviyelere çıkarılabilmesi için markalaşma, Ar-Ge faaliyetleri ve tasarım hayati öneme sahiptir.
- Mobilya sektöründe pazarlamanın etkin bir şekilde kullanımına destek olabilecek dijital dönüşüm gerçekleştirilmelidir.
- Türk mobilya sektörü üretim girdilerinde ithalata bağımlı bir sektördür. Bu durum üretim maliyetlerini artırdığından sektörün rekabet gücünü olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle hammadde kullanımında dışa bağımlılığı azaltacak projeksiyonlar geliştirilmelidir. Bunun için yurtiçinden hammadde temininde endüstriyel ormancılık ile ilgili atılacak adımlar önemli bir girişim olabilir.
- Mobilya sektörü değişime açık bir yapıya sahip olduğundan, ihracatçı firmaların tüketici tercihlerinde ön plana çıkan çevreci/sürdürülebilirlik özelliği taşıyan, fonksiyonel ürünlerin üretimine ağırlık vermeleri pazar payını arttırmaları açısından faydalı olabilecektir.
- Özgün, kaliteli, sürdürülebilir katma değerli ürünlerin üretimi için kalifiye personelin yetiştirilmesi gerekmektedir.
- Mobilya üreticilerinin bir arada yer aldığı kümelenmeler, ihtisaslaşmış Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) kurulmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Bu girişim KOBİ ölçeğindeki firmaların ağırlıklı olarak yer aldığı bu sektörde üretim ölçeğinin büyümesine katkı sağlayabilecektir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma, 01-03 Nisan 2023 tarihleri arasında düzenlenen kongrede (8. International Paris Congress on Social Sciences & Humanities) sözlü olarak sunulan ve özeti yayımlanan bildirinin gözden geçirilmiş ve yeniden düzenlenmiş halidir.

### **Yazar Katkıları**

**Serdar Özözen:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), Metodolojinin belirlenmesi, Araştırmanın yapılması, Analizlerin yapılması, Veri iyileştirme, Kaynaklar, Denetleme, Doğrulama, Görselleştirme, Makale Taslak oluşturma, Makale Yazma, inceleme ve düzenleme.

### **Finansal destek beyanı**

Finansal destek alınmamıştır.

### **Çıkar çatışması**

Yazar çıkar çatışması beyan etmemiştir.

### **Kaynaklar**

Aşarkaya, A. (2015). Mobilya sektörü. Türkiye İş Bankası, İktisadi Araştırmalar Bölümü, Aralık 2015.

Balassa, B. (1965). Trade liberalization and revealed comparative advantage. *Manchester School*, 33(2): 99-123.

Boyla, O. (2012). Mobilya tarihi. İstanbul, Ocak 2012.





Çınar, H., Yıldırım, K., ve Karataş, H. (2021). Türkiye mobilya sektörüne ilişkin ithalat ve ihracat değerleri ile tasarım, patent ve marka tescil sayılarının analizi. *IDA: International Design and Art Journal (Online)*, 3(2), 246 - 257.

- Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (2014). TR63 bölgesi mobilyacılık sektör raporu. Erişim: [www.dogaka.gov.tr](http://www.dogaka.gov.tr) (17.03.2024)
- Ekici, A. (2021). Mobilya sektör raporu. Torbalı Ticaret Odası, İzmir.
- Hinloopen, J., Marrewijk, C. V., (2001). On the empirical distribution of the Balassa index. *Review of World Economics*, 137(1), 1-35.
- İstanbul Sanayi Odası (2023). Mobilya imalatı sanayi. Sektör Raporları, İSO Yayın No: 4, İstanbul, Aralık 2023.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., ve Kızılkaya, A. (2017). Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 132-138. DOI: [10.24011/barofd.297231](https://doi.org/10.24011/barofd.297231)
- Kalkınma Bakanlığı (2015). Mobilya çalışma grubu raporu. Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018), Ankara, Yayın No: KB: 2915- ÖİK: 751, ISBN 978-605-9041-19-5
- MÜSİAD (2018). DTM mobilya ve orman ürünleri sektörel raporu. Mobilya ve Orman Ürünleri Sektörü, İstanbul, Nisan 2018.
- Orta Anadolu Kalkınma Ajansı (2016). TR72 mobilya sektörü raporu. Haziran 2016.
- Sakarya, S., ve Canlı, Ş. (2011). Mobilya sektörü raporu, Orta Anadolu Ağaç Mamulleri ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliği, Ağustos 2011.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2021). Mobilya sektörü raporu. Sanayi Genel Müdürlüğü, Sektör Bazlı Raporlar ve Analizler Serisi.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2022). Mobilya sektörü raporu 2021. Sanayi Genel Müdürlüğü.
- Siyasal, Ş. (2021). Mobilya sektör raporu. Avrupa Perakende Mobilya Sektörü, Orta Anadolu Mobilya, Kâğıt ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliği.
- Şen, H., ve Çınar, H. (2017). Mobilya ürün yaşam döngüsünde iş sağlığı ve güvenliği analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5, 235-246. DOI: [10.21923/jesd.18553](https://doi.org/10.21923/jesd.18553)
- Terece, Z., Edirne, J., ve Kariptaş, F. S. (2020). Türkiye’de mobilya sektörünün durumu ve 2000’li yıllardan sonra küreselleşme etkisi ile değişimi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 159-180. DOI: [10.46373/hafebid.682892](https://doi.org/10.46373/hafebid.682892)
- Ticaret Bakanlığı (2021). Mobilya sektör raporu. İhracat Genel Müdürlüğü Maden, Metal ve Orman Ürünleri Dairesi.
- TOBB (2017). Türkiye mobilya ürünleri meclisi sektörü raporu. TOBB Yayın No: 2018/304, ISBN: 978-605-137-684-4.
- UN Comtrade Database (2023). International Trade Statistic, Erişim: <https://comtrade.un.org> (10.12.2023)
- Usta, İ., ve Güray, A. (tarih yok). Mobilya sınıflandırması. International Furniture Congress.
- Yazıcı, H., ve Karayılmazlar, S. (2001). Türkiye ahşap mobilya sektörü ve ekonomik gelişimi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 3(3), 3-17.
- Yılmaz, N.N. (2014). Türkiye ev mobilyası sektörünün değer zinciri yaklaşımıyla incelenmesi. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Yayın No: 2881.





### Human-centered approach for furniture design studio course in interior design education: A case study

Mehmet Uğur Kahraman<sup>1</sup> , Yaren Şekerci<sup>1</sup> , Hakan Bal<sup>1\*</sup> , Kadir Emre Bakır<sup>1</sup> 

**ABSTRACT:** This study at Antalya Bilim University's Interior Architecture and Environmental Design Department explores an innovative educational model that combines the "Human Factors in Interior Space" and "Furniture Design" courses. This approach aimed to construct a bridge theoretical understanding with practical application for third-year students focusing on ergonomic design principles to create functional and human-centered furniture. The study employs a two-phased methodology. In the first phase, students engage with traditional anthropometric methods to construct a standard-sized seating element. In the second phase, they advance to digital techniques including photogrammetry to design a custom cardboard seating element tailored to individual needs. The incorporation of digital tools such as Agisoft and Autodesk ReCap alongside traditional plaster molding facilitates a comprehensive understanding of ergonomic design. This educational model highlights the importance of integrating manual and digital methodologies in interior design education enhancing students' ability to innovate and adapt to modern design challenges. It aims to prepare students with the skills and knowledge necessary for creating ergonomic and user-centered designs ensuring that they can meet the demands of contemporary interior design.

**Keywords:** Furniture design, human-centered design, interior design education

### İç mimarlık eğitiminde mobilya tasarımı stüdyo dersi için insan merkezli yaklaşım: Bir vaka çalışması

**ÖZ:** Antalya Bilim Üniversitesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümünde yapılan bu çalışma, "İç Mekânda İnsan Faktörleri" ve "Mobilya Tasarımı" derslerini birleştiren yenilikçi bir eğitim modelini araştırmaktadır. Üçüncü sınıf öğrencilerini hedefleyen bu yaklaşım, teorik anlayışı pratik uygulamayla birleştirerek, ergonomik tasarım prensiplerine odaklanarak işlevsel, insan odaklı mobilyalar yaratmayı amaçlamaktadır. Böylece öğrencilerin antropometri ve ergonomi kavramlarını birleştirmesine olanak sağlar. Çalışma, iki aşamalı bir metodoloji kullanmaktadır. İlk aşamada, öğrenciler geleneksel antropometrik yöntemlerle standart boyutlu bir oturma elemanı oluştururlar. İkinci aşamada ise, fotogrametri gibi dijital tekniklere geçerek bireysel ihtiyaçlara uygun özel bir karton oturma elemanı tasarlarlar. Agisoft ve Autodesk ReCap gibi dijital araçların yanı sıra geleneksel alçı kalıp yapımının kullanılması, ergonomik tasarımın kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Bu eğitim modeli, iç mimarlık eğitiminde manuel ve dijital metodolojilerin entegrasyonunun önemini vurgulamakta, öğrencilerin modern tasarım zorluklarına yenilikçi ve adapte olabilme yeteneklerini geliştirmektedir. Amacı, öğrencilerin ergonomik ve kullanıcı odaklı tasarımlar yaratmak için gerekli beceri ve bilgileri kazanmalarını sağlamak, böylece çağdaş iç mimarlık taleplerini karşılayabilmelerini güvence altına almaktır.

**Anahtar kelimeler:** Mobilya tasarımı, insan merkezli tasarım, iç mimarlık eğitimi

Article history, Received: 16.05.2024, Accepted: 27.05.2024, Published: 30.06.2024, \*email: hakan.bal@antalya.edu.tr

<sup>1</sup>Antalya Bilim University, Faculty of Fine Arts and Architecture, Department of Interior Architecture and Environmental Design, Antalya/Türkiye

**To cite:** Kahraman, M.U., Şekerci, Y., Bal, H. & Bakır, K.E., (2024). Human-centered approach for furniture design studio course in interior design education: a case study, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 7 (1), 121-135. DOI: [10.33725/mamad.1485323](https://doi.org/10.33725/mamad.1485323)

## **1 Introduction**

The Gestalt principle "The whole is greater than the sum of its parts" resonates strongly in the fields of design and education demonstrating the crucial interconnectivity of various pieces within a system. This approach is particularly relevant in the context of curriculum development for interior design education where the integration of related courses can considerably increase the learning experience and outcomes for students (Ozmehmet & Alakavuk, 2016; Kaup et al., 2013; Afacan, 2013; Guerin & Thompson, 2004; Smith et al., 2009; Liu et al., 2005; Basa, 2010; Caldwell, 1992; Clemons, 2002; Beşgen et al., 2011; Schwarz, 1997; Halstead-Nussloch & Carpenter, 2004). The courses "Human Factors in Interior Design" and "Furniture Design" are crucial to this integration within a junior class of an interior design department. They serve as exceptional representations of how integrated learning may create a more thorough understanding of design ideas and methods.

"Human Factors in Interior Design" is a basic course that aims to give students a thorough understanding of anthropometric data and ergonomics. This understanding is critical for interior designers because it affects how spaces and furnishings are built to fit human requirements and limits. The course emphasizes the necessity of taking into account numerous human measures and ergonomic principles when creating living and working settings ensuring that designs are not only visually appealing but also useful and comfortable for all users.

In contrast, the "Furniture Design" course requires students to use their theoretical knowledge in a practical setting with the expectation that they make 1:1 scale furniture models or even full-size productions on an annual basis. Students are encouraged to take physical measurements (with equipment like tape measures) to collect anthropometric data important to seating designs using the anthropometric and ergonomic ideas taught in the "Human Factors in Interior Design" course. This hands-on experience is supplemented with exercises that compare their measurements to standard dimensions reinforcing the practical application of theoretical information.

Building on these manual procedures, the next step introduces students to digital methodologies for collecting anthropometric data and building 3D models of persons. Students work in pairs to create a chair that meets their partner's precise anthropometric criteria putting their knowledge of the human-centered design method into practice. This dual method, which combines theoretical teachings with practical, hands-on and digital techniques, aims to improve students' grasp of anthropometric data and its application in design while also raising awareness of how academic information may be applied in a variety of ways. Furthermore, it encourages students to stay up to date on technology breakthroughs and get familiar with the digital tools that are becoming increasingly important in the design process.

The interior design program's integrated educational approach seeks to build a holistic understanding of design that is responsive to human needs, varied in knowledge application, and forward-thinking in its use of technology (Watson et al., 2003; Guerin & Thompson, 2004; Case & Matthews, 1999; Kucko et al., 2005). This methodology not only trains students to handle the demands of today's design world but also instills in them a greater awareness of the interconnection of human aspects and design emulating the Gestalt principle in a modern educational context.

Under these conditions, this paper suggests an educational paradigm that connects the "Human Factors in Interior Design" and "Furniture Design" courses. The "Human Factors in Interior Design" course begins with a theoretical explanation of anthropometry and

ergonomics followed by manual anthropometric measurements. Then, these anthropometric measurements are acquired using digital and other means for a chair design assignment in the “Furniture Design” course. The outcome includes reviewing the chair products and debating the methodologies taught in this course model is intended to improve the understanding and application of these integrated disciplines.

### **1.1 Anthropometry & Ergonomics**

The technical design process is fundamental to the ergonomic design. It prioritizes the needs and features of humans in shaping structures. Furniture especially seating and resting pieces forms part of an anthropotechnic system comprising the human body and the furniture. Therefore, the design process must ensure the product functions well by considering all interactions between the user and object including visual, auditory, and tactile stimuli. When designing new furniture, it is essential to critically assess its form, construction, technology, functionality, and ergonomics focusing on the human-technical relationship (Smardzewski, 2015).

Under these circumstances, it is understood that anthropometry and ergonomics are two closely related sciences that play an important role in designing products and surroundings that are appropriate for the human body. Anthropometry is the measuring and analysis of human body dimensions, proportions, and physical abilities (Karwowski, 2005). This data is used to create standards and recommendations for designing everything from furniture and apparel to cars and work environments. On the other hand, Ergonomics is concerned with producing goods and systems that are designed for human usage taking into account elements such as posture, movement, and comfort (Haubner & Haubner, 2015). Ergonomics by incorporating anthropometric data into the design process guarantees that products and settings are custom made to a wide range of users, reducing the risk of discomfort, injury, and inefficiency. The use of anthropometry and ergonomics in the design process is critical for optimizing product functionality and cost ratio (Chen, 2011; Incorporating Anthropometry into Product Design, n.d.; Dianat et al., 2018). Ergonomics, which incorporates anthropometric data into the design process, ensures that products and settings are adapted to a wide range of consumers. This technique increases user pleasure, improves user performance, and reduces physical strain. Furthermore, anthropometry and ergonomics contribute to persons' overall safety and well-being by lowering the risk of musculoskeletal illnesses and other work-related ailments (Dianat et al., 2018).

There is a misconception that is stated as “designs are satisfactory for average people thus be satisfactory for everybody else”. Human-centered design is an essential aspect of ergonomics contrary to this misconception and it mainly focuses on experimentation and user participation. Therefore, anthropometric dimensions and physical characteristics of users that are revealed by measurements provide essential data for “tailored designs” (Pheasant, 1996).

### **1.2 Anthropometric measurement techniques**

Individual anthropometric measures can be taken in a variety of ways. In traditional methods, designers prefer easily shapeable materials such as sand or foam to take an exact mold of the body to create custom and ergonomic seating units like chairs. For example, Turkish sculptor and designer Sadi Özis, who designed the 'Flying Rumi' chair in 1964 (URL 1), used sand in his workshop to find the most accurate measurements needed for chair design. He sat on the sand and conducted trials to find the most comfortable measurements. Once the ideal measurements were found, he took a plaster mold. He created plaster casts from this mold and tested the accuracy of the forms by having everyone sit on them. Then, he

arranged iron rods on these molds to explore the inclinations of the chairs and armchairs (Özkaraman Şen, 2015).

Similarly, Danish designer Hans Wegner found himself at the beach using a shovel to carve out the sand and find the perfect reclining position in 1949. Upon discovering the ideal lean-back angle for relaxation by the seaside, he decided to translate this comfort into a more durable form. This led to the creation of the Flag Halyard chair which featured a steel frame wrapped in rope typically used for flagpoles. The ergonomic, spaceship-like design, later enhanced with a sheepskin cover offered a versatile and comfortable lounge chair. This design allowed users to sit in various positions with Wegner himself adding two side pillows and a signature neck rest for added comfort (URL 2).

Moving into more recent times, Italian designer Fabio Novembre created the 'Him & Her' chairs in 2008 which are molded in the form of the human body. These chairs inspired by classic Eames chairs emphasize the contours of the human figure creating a striking and intimate design. Novembre's work showcases the ongoing evolution of ergonomic and human-centered design highlighting how contemporary designers continue to innovate by using the human form as a central element in their creations (URL 3).

Following this trend, American designer Kelly Wearstler introduced the 'Butt Stool' as part of her 2021 holiday collection. This playful yet sophisticated design takes inspiration from the human body specifically the lower torso and transforms it into a functional piece of art. The stool available in various colors emphasizes the aesthetic appeal of the human form while providing a unique seating solution (URL 4).

As can be understood from these examples, designers have been striving to perfect the art of ergonomic seating by carefully capturing body measurements and molds for nearly a century. The success of those, who have mastered this approach, is evident in the timeless appeal and enduring functionality of their furniture which continues to grace our living spaces today. Therefore, it is crucial to instill human-centered and ergonomic approaches in furniture design courses for students ensuring that they carry forward these essential principles in their future designs.

As technology advances, more precise and efficient measurements are now possible using digital anthropometry instruments and software. These technologies can provide extensive information about body dimensions and proportions enabling even more custom made and optimized designs. Furthermore, photogrammetry and photo-to-3D technology are being used to gather precise body measurements resulting in a thorough grasp of human body shapes and sizes for design reasons. For example, Park et al. (2001) showed that a critical assessment of a comfortable mattress should include evaluating the shape of the spine line, the size, and the distribution of pressures on the human body, and the quality of the mattress. Deformations of the spine line were studied by comparing the spatial (3D) image of the shape of the spine of the user during sleep with the 3D shape of the spine of a standing person using the Root Mean Square (RMS) method. These advancements in assessment techniques enhance our understanding of ergonomic design and improve our ability to create furniture that supports the human body more effectively.

Incorporating these advanced anthropometric measurement techniques into the design process provides a more comprehensive understanding of human variability resulting in products and surroundings that are better suited to a wide range of users. This can lead to even greater benefits in user satisfaction, performance, and overall well-being.

Photogrammetry is based on creating 3D models from photographs. Basically, multiple photographs of an object from various angles are taken, and these photographs can be referenced with the help of photogrammetry software. A 3D model of the object can be created with different levels of details after referencing these photographs. The advantage of this method is relatively accessible and easy to apply. A camera and photogrammetry software are enough to create 3D models from photographs. Furthermore, these 3D models can be imported to another modeling software for further processing such as detailing and prototyping (Mongeon, 2016).

The resolution and number of photographs, and correct positioning of frames determine the model quality and its details. In general, the algorithm of photogrammetry software mostly depends on bringing common parts of the photographs together and sensing dimensions according to the angles of photographs and positions of the camera. Thus, the object must not be moved during the photography. If the number of photographs is inadequate to triangulate surfaces or create other triangles, there will be possible missing parts and details of the 3D model. Correct lighting of objects is another important factor for retrieving details. Shadows or poorly lit areas prevent gathering geometrical information of the object and cause foreground-background distinction problem (Foster & Halbstein, 2014).

## **2 Method**

In this case study, a multi-purpose program has been designed and examined due to the nature of the concept of interior architecture. One of the courses subject to the study of Furniture Design course is taught through the concept of "seating element" and is directly related to anthropometric user measurements and ergonomics. On the other hand, the Human Factors in Interior Space course deals with standard human measurements, ergonomics and standardized design approaches in accordance with these dimensions as well as user-specific measurements required for a personalized design.

These two 15-week courses were taught in the first 8 weeks taking into account the concept of "average user" and standard human ergonomics and anthropometric measurements. In this section, it is planned to examine the seating action and the seating element designs that allow it and to design and produce a solution in accordance with the standards in real dimensions (1/1 scale) by the students. Thus, it is aimed to reinforce the concept of "universal standards". The concept of "custom made" is taught in line with the user's body measurements and the ergonomic solutions required by these measurements in the following 7-week period. In this part, it is planned to practically design and produce a personalized real size seating element designed by students as a result of measurements taken from the user's own body. This section aims to reinforce the concept of customization.

On the other hand, one of the important skills required by the discipline of interior architecture is the ability to solve problems. In this context, it is planned to solve two different seating element problems given to students within the scope of the furniture design course by blending conventional (manual) and innovative (CAD) methods. In this context, it is aimed to gain a new perspective for students by introducing some software and applications used in fields such as surveying and scanning. Then, it is aimed to have a practical experience about concepts for the students such as creative approaches in producing solutions by combining these computer skills with manual methods such as mold making. In addition, since all these productions are planned to be carried out with cardboard material, how the cardboard material should be used to support human weight was experienced in practice. Here, it is aimed to reinforce the concept of design in accordance with the nature of the material. Another aim of

the study is to gain unique experiences that can be obtained in the process from a simple measurement data to a realized design product prototype.

## 2.1 Course structure and project phases

The project is divided into two distinct phases aligning with the coursework over a semester.

### 2.1.1 Phase 1: Foundation in anthropometry: human factors in interior space course

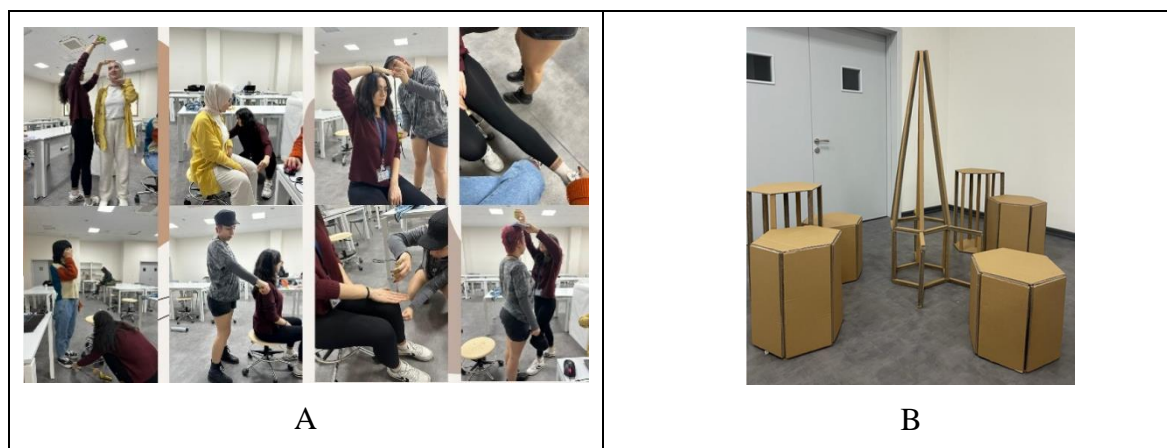
A wide range of topics at the intersection of humans and design are covered over 15 weeks in the Human Factors in Interior Space course. The course content and the assignments conducted within the course are shown in Table 1.

**Table 1.** Human factors in interior space course's 15-week course curriculum

Week	Chapter Topic	Take-home Exercise
1	Introduction to Human Factors	N/A
2	Environmental Psychology Theories	N/A
3	Place, Sense of Place, Place Identity, and Place Attachment	N/A
4	Spatial Behavior: Crowding, Privacy, Personal Space, and Territoriality Behavioral Mapping and Tracking	Redesigning the studio environment to create the place attachment and positive emotions.
5	Student Presentation & Critiques	Finalizing the design, doing the research
6	<b>Physical Factors Detailed review for human dimensions and anthropometrics- anthropometric data</b>	Taking the anthropometric dimensions of the pair.
7	<b>Detailed review for human dimensions and anthropometrics- anthropometric data</b>	N/A
8	Midterm Submission	N/A
9	Principles of Universal Design National and International Universal Standards and Codes	N/A
10	Universal Toilet Design	Creating a universal public toilet design
11	Accessibility in Built Environment	N/A
12	In class exercise on Accessibility: Experiencing Antalya Bilim University Dosemealti Campus with wheelchair	Creating a report on the campus's deficient/problematic areas in terms of accessibility.
13	Presentations *Deciding which student will go to which coffee/restaurant	Visiting one coffee/restaurant and creating a report in terms of accessibility/universal design
14	Student Presentation & Critiques	N/A
Final	Final Submission	N/A

Initially, the course covers topics related to the mental and psychological aspects of humans, space, and design falling under the field of environmental psychology. The focus shifts to the physical relationships concentrating entirely on anthropometry and ergonomics in weeks 6 and 7. In these course weeks, students focus on understanding and applying standard anthropometric measurements and traditional methods (Figure 1A) for designing seating solutions. This phase emphasizes group collaboration to design and construct a 1:1 scale model of a standard-sized seating element using cardboard (Figure 1B). This hands-on experience allows students to apply standard ergonomic dimensions learned in the course ensuring the design's comfort and functionality.





**Fig. 1.** Students' taking the anthropometric dimensions of their friends by manual methods (A), Students' 1/1 cardboard standard-sized seating elements' model examples (B)

### 2.1.2 Phase 2: custom made cardboard seating element design: furniture design course

The Furniture Design course is separate from the Construction Techniques and Materials of Furniture course. It is like a regular design studio course with critique-based sessions conducted by the instructors. The course runs for 3 hours each week. Two main topics focusing on furniture design are covered over 15 weeks in the Furniture Design course: one for standard size bench design and the other for custom made seating element design. The course content and the assignments conducted within the course are shown in Table 2.

**Table 2.** Furniture Design course's 15-week course curriculum

Week	Chapter Topic	Take-home Exercise
1	Introducing the Design Subject (Groups will build up a standard size bench)	Finding design concept, theme
2	Concept presentation of each group and critiques	Design proposal and progress
3	Group critiques for concept and cardboard bench	Design progress
4	Group critiques to the standard size bench	Design progress
5	Group critiques to the standard size cardboard bench	Design progress
6	Prejury	
7	Group critiques to the standard size cardboard bench	Development for Midterm
8	Midterm Jury (Group submission for the built standard size cardboard bench)	N/A
9	<b>Introducing to the second subject of the course and grouping to pairs</b> <b>Designing a custom made seating element design</b>	Finding design concept according to the group pair Analyzing the user optimum comfort dimensions, needs, expectations and likes etc.
10	<b>Presentation of the concept/ The user needs, expectations and likes</b>	Design studies according to the user ergonomics
11	<b>Critiques on Design Development</b>	Continue with Design Development
12	<b>Critiques on Design Development</b>	Continue with Design Development
13	<b>Prejury for the custom made seating element</b>	Finalizing Design Development
14	<b>Last critiques</b>	Preparation for Final Jury
Final	<b>Final Jury</b>	N/A

Students investigate the sophisticated realm of digital measurement techniques within the "Furniture Design" course essential for crafting a "Custom Made Cardboard Seating Element" in the second half of the semester. A process blending technology and manual methods were designed for this "custom made cardboard seating element" design study which was carried out in pairs of students. Apart from the standards, the primary purpose here is to design a seating element that is suitable for the user's individual anthropometric measurements. The

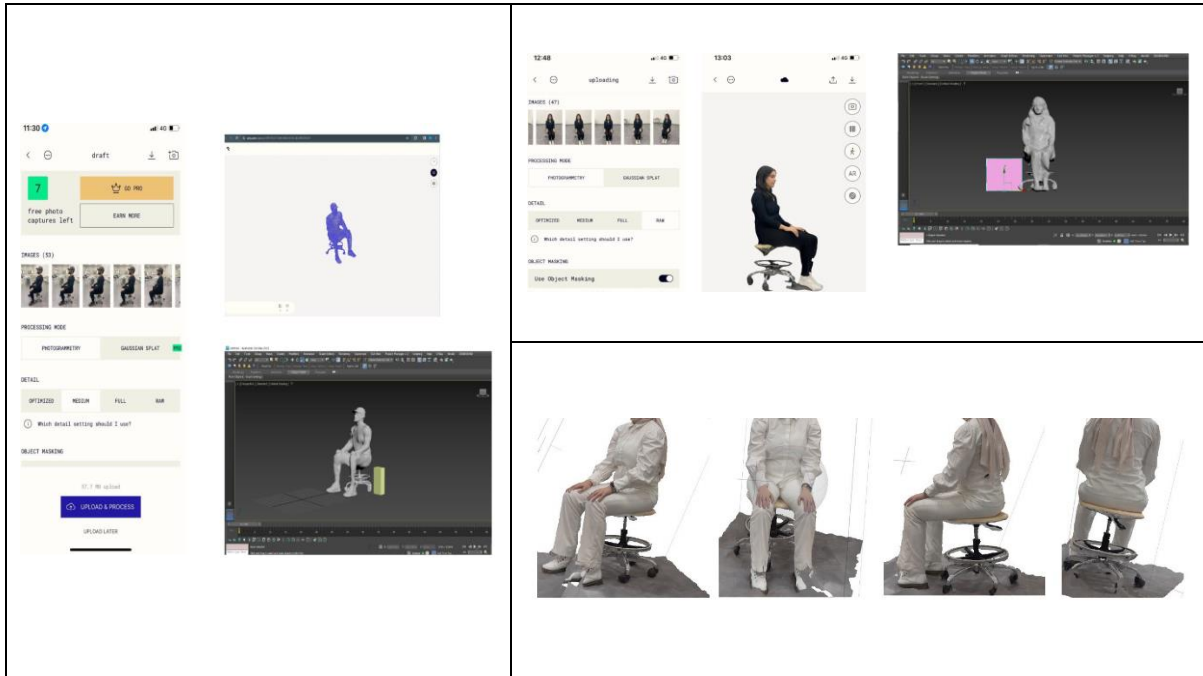
experience of blending traditional and contemporary approaches to find original solutions for one-of-a-kind issues through the seating element in question serves as the secondary goal. However, students have been given the task of resolving the requirement by taking into account the goals of the study to gather personal data such as the user's preferred sitting height, posture, and sitting trace to figure out the ergonomic design of the seating element.

In this context, two solution methods of plaster molding and photogrammetry have been used together. The first method was the photogrammetric approach which is the science of gathering accurate data on an object's or surface's characteristics by collecting patterns of electromagnetic radiation energy mostly in the form of photographic images (Schenk, 2005). The most crucial point in digitizing the created mold and students in a seated position was to ensure that the photographs were taken from all sides and in high resolution. In this context, videos demonstrating how to take the shots were shown (Figure 2).

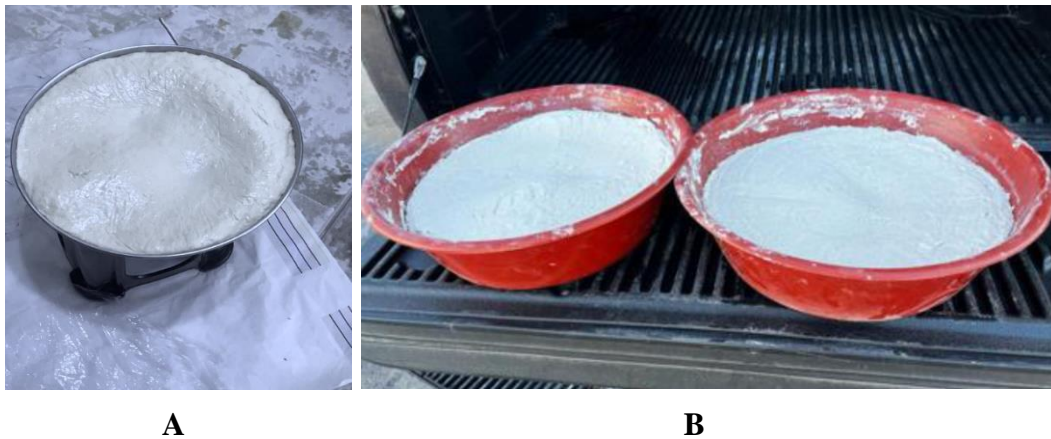


**Fig. 2.** A video shown for informational purposes about how to take photographs in the course content (Autodesk ReCap, 2014)

The user's optimal sitting height and position captured by a series of photos taken from different perspectives have been translated into processable data through straightforward apps and 3D modelling programs developed specifically for this subject (Figure 3). On the other hand, the second phase employed the conventional plaster molding procedure to process the user's "sitting trace" mold in the computer environment (Figure 4).



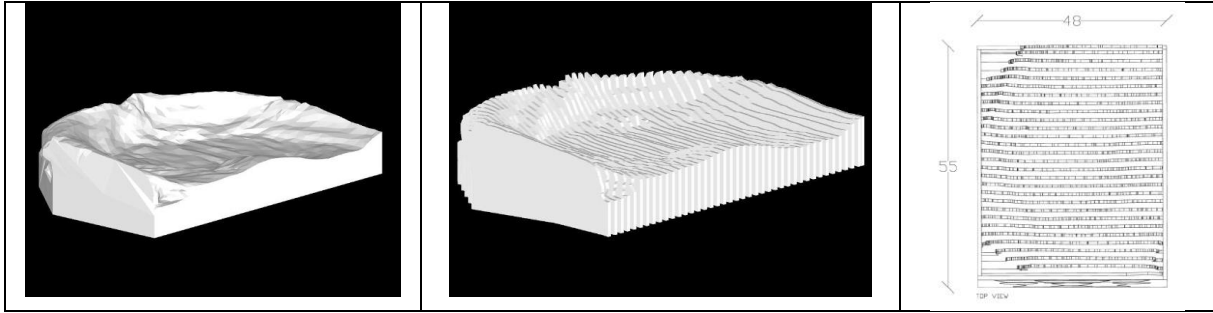
**Fig. 3.** Transferring the captured photographs to three-dimensional modeling software



**A** **B**  
**Fig. 4.** **A** and **B** examples of a mold created with mortar

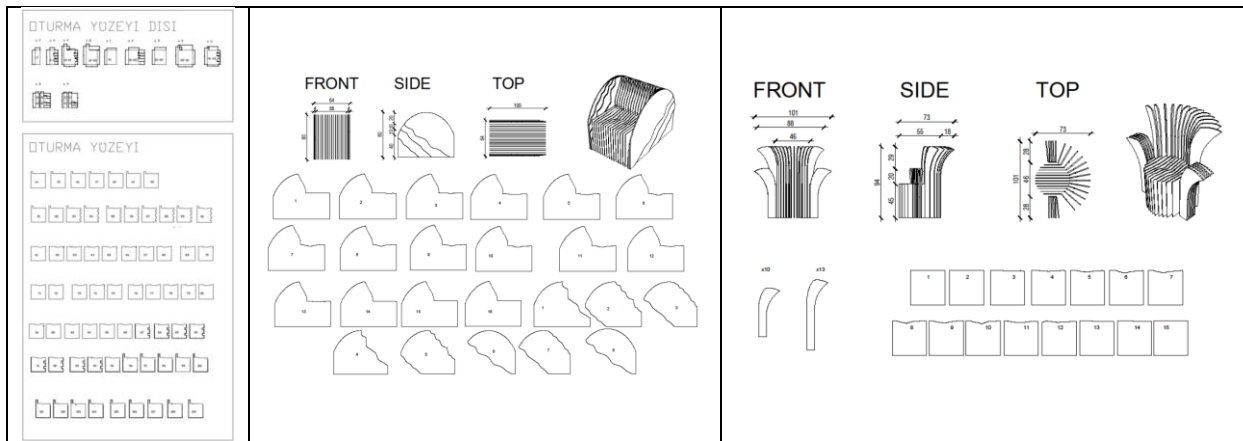
The user's unique ergonomic mold obtained from the sitting trace left by the user was imported into the computer environment using photogrammetry while the user was seated at the proper height in a plaster filled container. The curves of the mold surface were transformed into data with the aid of software resulting in a 3D model that could be used in the CAD environment (Figure 5). At this stage, it was decided that the parametric design approach, which is a computer-based method that views the design's geometric elements as variables, was suitable for carrying out the study further (Schumacher, 2015).





**Fig. 5.** Transferring the mold model to the 3D program and dividing it into slices

As a result, slices of the 3D ergonomic seat surface were created accounting for the thickness of the cardboard selected for construction (Figure 5). Each slice was ready for CNC cutting as numbered and supported with necessary technical drawings with the appropriate ergonomic curvature (Figure 6). The process to be followed is left open even when the components other than ergonomics are fashioned in accordance with user expectations. The majority of the students still favored CNC cutting. The students assembled these parts and applied the final touches.



**Fig. 6.** Numbering the created slices and supporting them with technical drawings

### 3 Results and Discussion

Each student project in Figure 3 was created with consideration for the groupmate's expectations, individual body measurements and the custom-made design approach. In the beginning, the photogrammetry approach was used to transfer the user's determined "comfortable" sitting height and posture to the 3D software environment. Subsequently, the plaster mold process was used to collect the required dimensions for customization including the user's sitting trace in the same position and its depth and curves. Once more, the mold surface was processed for CNC cardboard cutting after being transformed into data using the photogrammetry approach.

"A seating element that can be used while camping in nature and can stand properly on uneven ground is portable in size and has a compartment where camping equipment can be placed" was the user's expectation which served as the foundation for the design in the Student A's work (Figure 3). The sitting component is made to resemble a stool without backrests or armrests for mobility. Additionally, the form of the seat surface follows the user's

sitting trace. Footings that may pierce soft floors were added in consideration of a sturdy stance, and the storage compartment is situated in front of this stool. This allows for convenient access to the contents of this compartment while seated. The study was able to finish the ergonomics and expectation process effectively in terms of function but it was unable to base its look on its concept and maintained a poor shape.

"A seating element themed around the comic book character Dr. Strange and suitable for home use" was the user expectation for Student B's work (Figure 3). Dr. Strange is a superhero who employs magic and a variety of talismans within the theory of multiple universes and astral realms. The magical safety chest idea was developed with a "seat" placed on top that is also appropriate for use at home. There are no backrest or armrest components in this design which features Dr. Strange-related talismans all over its surfaces. The footing was designed as a solid whole due to the user's "home use" expectation. Smooth surface is intended using it on a flat. On the other hand, the surface of the seat is custom made to meet the specific ergonomics of the user. While its functionality fulfills the requirements of tailored ergonomics and user expectations, its cosmetic look design may be argued against.

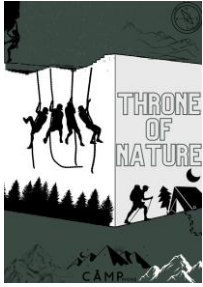
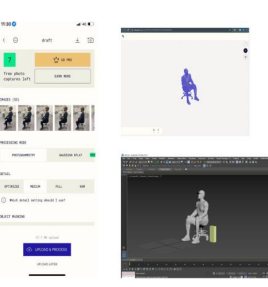

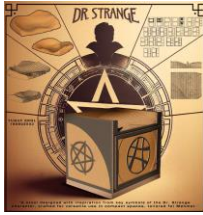
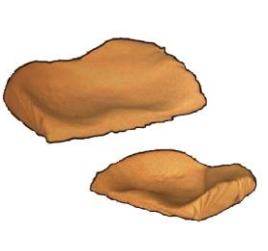
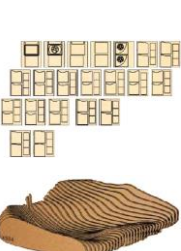


	Concept chosen by the student	Exporting to 3D programs	Dividing the mold into slices	Render	Product
Student A's work	 <p>"Throne of Nature"</p>				
Student B's work	 <p>"Dr. Strange"</p>				
Student C's work	 <p>"Loki"</p>				

Fig. 7. Students' works

The user expectation was defined as a seating element suitable for home use themed around "Loki" a superhero character in Student C's work (Figure 7). The most well-known figure in Norse mythology among these comic book characters is the god of mischief, Loki. He is dressed in a green colored costume with a dark green cloak, and his helmet features exquisite golden horns that curve back. The sitting aspect of the student work was modelled after a small throne fitting the godlike nature of the Loki figure. Therefore, the continuously curving armrest design at the sides, which is inspired from the horns of Loki's helmet, also turns into a back post component at the back side of the seating element. Its one-piece solid footing design for levelled surfaces has been chamfered slightly on the front edge considering the heel distance to provide an effortless "stand up" action. It has been determined that the study is functionally effective in terms of user expectations and custom made ergonomics. Furthermore, the design of its appearance has also been evaluated to be rather good with its overall form in comparison to other student works.

#### **4 Conclusion**

- The "Human-Centered Approach in Interior Design Education" project at Antalya Bilim University has demonstrated the efficacy of integrating theoretical coursework with practical design exercises in preparing students for the challenges of contemporary interior design. This study conducted within the Interior Architecture and Environmental Design Department has reinforced the Gestalt principle that the whole is greater than the sum of its parts by synergistically combining the "Human Factors in Interior Space" and "Furniture Design" courses.
- Students engaged with both the conceptual and tangible aspects of design beginning with manual anthropometric methods and evolving into advanced digital techniques throughout the semester. The hands-on experience with plaster molding and photogrammetry allowed for a profound understanding of ergonomic considerations directly influencing the design and functionality of the final seating elements.
- The dual approach employing both manual and digital methodologies has equipped students with a versatile skill set. Students not only have learned to assess and implement anthropometric data but also have become adept at using sophisticated software for design conceptualization and execution. The process from molding to model construction—using software like Agisoft, Polycam, Autodesk ReCap, and the 3D Scanner App culminated in the production of seating elements that are a testament to personalized ergonomic design.
- This holistic educational model has implications beyond the classroom. It fosters creativity, encourages the adoption of emerging technologies, and emphasizes sustainable practices of all crucial components in the development of future interior design professionals. As students transition from academia to the professional sphere, they carry forward the lessons of functionality, user-centered design, and the seamless integration of technology in creating spaces that enhance human well-being and productivity.
- Moreover, the collaborative aspect of the project, which is partnering with peers, sharing feedback, and iterative design, instilled in students a deeper appreciation for collective effort and the iterative nature of design. The educational paradigm suggested by this paper not only aims to improve students' understanding and application of integrated disciplines but also prepares them to contribute meaningfully to the evolving field of interior design.



- As we reflect on the accomplishments of this project, it is clear that the integration of human factors and furniture design within an educational setting can significantly elevate the students' learning experience equipping them with the knowledge and skills necessary for success in the ever-changing landscape of interior design.

### Author Contributions

**Mehmet Uğur Kahraman:** Conceptualization, Data curation, Formal Analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Resources, Supervision, Validation, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing, **Yaren Şekerci:** Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Project administration, Resources, Validation, Visualization, Writing – original draft **Hakan Bal:** Data curation, Formal Analysis, Investigation, Methodology, Visualization, Writing – original draft, **Kadir Emre Bakır:** Data curation, Formal Analysis, Methodology, Writing – original draft, Writing – review & editing.

### Funding statement

No financial support was received for the study.

### Conflict of interest statement

The authors declare no conflict of interest.

### References

- Afacan, Y. (2013). Introducing sustainability to interior design students through industry collaboration. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 15(1), 84-97. DOI: [10.1108/IJSHE-01-2013-0002](https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2013-0002)
- Autodesk ReCap. (2014, May 21). Autodesk ReCap photo - how to take the right photos [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-F-mBJQcthE>
- Basa, İ. (2010). Project selection in the design studio: Absence of learning environments. *The Educational Forum*, 74(3), 213-226.
- Beşgen, A., Engin, E., & Aydınlan, E. (2011). First term interior design studio as a process of teaching, learning and expressing. *Scientific Research and Essays*, 6(16), 3461-3473. DOI: [10.5897/SRE11.652](https://doi.org/10.5897/SRE11.652)
- Caldwell, B S. (1992, October 1). Human factors and educational quality. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 36(6), 548-552.
- Case, F D., & Matthews, C. (1999). Integration of student owned computers into the design curriculum: Policy, issues, and experience. *Journal of Interior Design*, 25(1), 45-56.
- Cheng, C X. (2011). Emphasizing the roll of ergonomics in industrial design and its wide application in the media industry. *Applied Mechanics and Materials*, 71-78, 2063-2067. DOI: [10.4028/www.scientific.net/AMM.71-78.2063](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.71-78.2063)
- Clemons, S. (2002). Collaborative links with K-12: Proposed model integrating interior design with national education standards. *Journal of Interior Design*, 28(1), 40-48.

- Dianat, I., Molenbroek, J., & Castellucci, I. (2018). A review of the methodology and applications of anthropometry in ergonomics and product design. *Ergonomics*, 61(12), 1696-1720. DOI: [10.1080/00140139.2018.1502817](https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1502817)
- Foster, S., & Halbstein, D. (2014). Photogrammetry and design workflows. In *Photogrammetry and Design Workflow*, 59–68. Essay, Springer London.
- Guerin, D A., & Thompson, J A A. (2004). Interior design education in the 21st century: An educational transformation. *Journal of Interior Design*, 30(2), 1-12.
- Halstead-Nussloch, R., & Carpenter, W T. (2004, January 1). Teaching and learning design: Commonalty and diversity in ergonomics, HCI and architecture design education. PsycEXTRA Dataset.
- Haubner, P J., & Haubner, P 1. (2015, October 31). Ergonomics in industrial product design. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140139008927154>
- Incorporating Anthropometry into Design of Products. (n.d). <https://www.intechopen.com/chapters/32385>
- Karwowski W. (2005). Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems. *Ergonomics*, 48(5), 436–463. <https://doi.org/10.1080/00140130400029167>
- Kaup, M L., Kim, H., & Dudek, M. (2013). Planning to learn: The role of interior design in educational settings. *International Journal of Designs for Learning*, 4(2).
- Kucko, M S J., Prestwood, M F A L., & Beacham, C. (2005). The consortium for design education: A model for internationalizing interior design programs. *Journal of Interior Design*, 31(1), 25-42.
- Liu, D., Baskin, A., Greene, F., & Frederick-Recascino, C. (2005, September 1). Designing human factors courses with a human factors mind. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 49(7), 783-787.
- Mongeon, B. (2016). 3D Printing. In *3D technology in fine art and craft: exploring 3D Printing, Scanning, Sculpting, and Milling*, 56–99. Essay, Focal Press, Taylor & Francis Group.
- Özkaraman Şen, M. (2015). Türkiye'de modernist ilk metal mobilya üreticisi: Kare Metal Atölyesi. *Mimarlık*, (383).
- Ozmehmet, E., & Alakavuk, E. (2016, January 1). Integration process of theoretical courses with design studios in undergraduate education: Case studies of architecture and interior design studios. *SHS Web of Conferences*, 26, 01112-01112.
- Park, S. J., Lee, H. J., Hong, K. H., & Kim, J. T. (2001, October). Evaluation of mattress for the Koreans. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 45, No. 7, pp. 727-730). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Pheasant, S. (1996). Introduction. In *bodyspace: anthropometry, ergonomics, and design of work*, 3–14. Essay, Taylor & Francis.

- Schenk, T. (2005). Introduction to photogrammetry. The Ohio State University, Columbus, 106(1).
- Schumacher, P. (2015). Design parameters to parametric design. In *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice*, 3-20. Routledge.
- Schwarz, B. (1997). Learning to write and diagram, writing and diagramming to learn. *Journal of Interior Design*, 23(2), 42-50.
- Smardzewski, J. (2015). *Furniture design* (Vol. 6, pp. 226-249). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Smith, D., Hedley, P E., & Molloy, M. (2009). Design learning: A reflective model. *Design Studies*, 30(1), 13-37.
- URL 1: <https://karredesign.net/product/flying-rumi/>, Access Date: 25.06.2024.
- URL 2: <https://www.architecturaldigest.com/story/the-story-behind-hans-wegners-flag-halyard-chair>, Access Date: 25.06.2024.
- URL 3: <https://www.dezeen.com/2008/05/30/him-and-her-by-fabio-novembre/>, Access Date: 25.06.2024.
- URL 4: <https://www.kellywearstler.com/2021-holiday-gifts-1> ,Access Date: 25.06.2024.
- Watson, S A., Guerin, D A., & Ginthner, D A. (2003). Educators and practice: How to stay current. *Journal of Interior Design*, 29(1-2), 97-103.
- Xiao-Cong, H. (2021, January 1). Research on the teaching reform of “Interior Design” specialized and creative integration course in application oriented universities. Proceedings of the 6th International Conference on Arts, Design and Contemporary Education (ICADCE 2020).