



Ekotasarım Stratejileri ile Pop-Art Sandalye Tasarımlarının Karbon Ayak İzinin Azaltılması

Çağrı ULUDÜZ¹ Serkan SİPAHİ^{2*} Neslihan KULÖZÜ³

¹ Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Erzurum, Türkiye
² Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
³ Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Erzurum, Türkiye




Received: 04.10.2024

Accepted: 13.12.2024

Published: 31.12.2024

Atıf yapmak için: Uludüz, Ç. Sipahi, S. & Kulözü, N. (2024). Ekotasarım Stratejileri ile Pop-Art Sandalye Tasarımlarının Karbon Ayak İzinin Azaltılması. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(4), 676-686. <https://doi.org/10.35229/jaes.1514795>

How to cite: Uludüz, Ç. Sipahi, S. & Kulözü, N. (2024). Reducing Carbon Footprint of Pop-Art Chair Designs By Ecodesign Strategies. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(4), 676-686. <https://doi.org/10.35229/jaes.1514795>

 <https://orcid.org/0000-0002-9951-855X>
 <https://orcid.org/0000-0002-5684-8671>
 <https://orcid.org/0000-0002-1945-2635>

*Sorumlu yazar:

Serkan SİPAHİ

Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım
Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Erzurum,
Türkiye

✉: serkansipahi@hotmail.com

Öz: Endüstriyel ürünlerin karbon ayak izini tasarım aşamasından itibaren azaltmak, uygulayıcılar ve akademisyenler için modern bir endişe konusudur. Endüstriyel tasarım bağlamında ekotasarım yaklaşımı, ürün yaşam döngüsünün erken aşamalarından itibaren çevresel etkiyi en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), çevresel etkileri değerlendirmek için geniş çapta kullanılan ve beşikten mezara metaforuna dayanan bir metodolojidir. Bu makalenin amacı, YDD'nin ürünlerin tasarım aşamasındaki karbon ayak izlerini nasıl ve ne ölçüde azaltabileceğini belirlemektir. Araştırma, dokuz pop-art sandalye tasarımı üzerinden gerçekleştirilen bir çoklu vaka çalışmasıdır. Çalışmada, karbon ayak izlerini azaltmaya yönelik ekotasarım stratejileri temelinde özgün tasarımlar irdelenmiş; karbon ayak izlerinin hesaplanmasında CCaLC yazılımından yararlanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular; vintage özellikleri, estetik değerleri ve işlevselliği koruyarak bile anlamlı bir karbon ayak izi azalımı sağlanabileceğini göstermektedir. Çalışma, ekotasarım stratejileri sayesinde tasarım ürünlerinin, performansını tehlikeye atmadan, karbon ayak izlerinin önemli ölçüde azaltılabileceğinin mümkün olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ekotasarım, karbon ayak izi, pop-art, sandalye tasarımı, yaşam döngüsü değerlendirme (ydd).

Reducing Carbon Footprint of Pop-Art Chair Designs By Ecodesign Strategies

Abstract: Reducing the footprint of industrial pieces since the design stage is a modern concern of practitioners and scholars. In the context of industrial design, the ecodesign approach aims at minimizing environmental impact from the early stages of the product lifecycle. Life Cycle Assessment (LCA) is a widely used methodology to evaluate environmental impacts, relying on the cradle-to-grave metaphor. The purpose of this article is to identify how and to what extent LCA can reduce the carbon footprints of products in the early stage, the design. The research method is the multiple case study. The research object is a set of nine pop-art chairs. The CCaLC software supported the study. The study reviewed the original designs aiming at reducing carbon footprints by relying on ecodesign strategies. The findings show that expressive reduction can be achieved, even by preserving vintage features, aesthetic values, and usefulness. The study concludes that is possible, owing to ecodesign strategies, to significantly reduce the carbon footprints of design products without jeopardizing performance.

*Corresponding author:

Serkan SİPAHİ

Atatürk University, Faculty of Architecture
and Design, Department of Interior
Architecture, Erzurum, Türkiye

✉: serkansipahi@hotmail.com

Keywords: Carbon footprint, chair design, ecodesign, life cycle analysis (lca), pop-art.

GİRİŞ

Sanayi devrimleri, üretici toplumlarda ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçları olan önemli değişiklikler yaratmıştır. Bu önemli değişikliklerden biri, endüstriyel faaliyetlerde fosil yakıtların egemen kullanımı olmuştur (Barca, 2011). Endüstriyel gelişmenin beraberinde gelen diğer değişiklikler ise, üretim teknolojilerinde yaşanan gelişmelerin yanında üretimin oldukça artması olmuştur. Endüstriyel faaliyetler doğal kaynaklara bağlı olduğundan, böyle bir artışın sonuçlarından biri doğal kaynakların tükenme riskidir; bu da bazı hammaddelerin kıtlığı ve iklim değişiklikleri nedeniyle önemli çevresel felaketlere ait risklerin artması anlamına gelmektedir (Kulözü-Uzunboy ve Kocabaş, 2021; Stearns, 2020). Öte yandan, endüstriyel genişleme, gıda ürünleri de dahil olmak üzere artan üretim nedeniyle bazı ülkelerde benzersiz bir refah durumunu beraberinde getirmektedir.

Diğer taraftan, tarımda gerçekleşen makineleşme; dünya çapında büyük kentsel alanların oluşumuna katkıda bulunan, kentlere doğru yaşanan benzeri görülmemiş bir göç dalgasına neden olmuştur (Sipahi ve Yılmaz, 2022; Williamson, 2002). İnsanlık tarihinde ilk kez, insan nüfusunun çoğunluğu kentsel alanlarda yaşamaya başlamıştır. Bu durum, yaşam tarzıyla ilgili yeni gereksinimler ortaya çıkarmış; daha fazla endüstriyel faaliyet ve doğal kaynak kullanımı ihtiyacını pekiştirmiş; 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra, sanayileşme, nüfus ve doğa arasındaki dengeyi tehdit eden insan merkezli, sömürücü bir ilişki yaratmıştır (Kulözü-Uzunboy ve Kocabaş, 2021).

Üretim yönetimi alanındaki akademisyenler ve uygulayıcılar, özellikle ürün yaşam döngüsünün tamamı göz önünde bulundurulduğunda, üretim süreçlerinin sürdürülebilirliği ve tasarım ürünlerinin kullanımı konusunda artan endişelerini dile getirmişlerdir (Paul, 2008). Bu çalışmanın ana ilgi alanı, mobilya endüstrisi ve projelerinin kullanım ömrü boyunca çevresel etkileridir. Pop-art tasarım olarak adlandırılan bazı mobilya ürün grupları, 20. yüzyılın ortalarından itibaren "bugün kullan, yarın at" kültürünü benimsemiştir. Bu ürünler, kullan-at olarak tasarlanmış ve birkaç yıl sonra yeni modellerle değiştirilmesi gereken kitlesel tüketim kültürünü pekiştirmiştir (Antmen, 2009). Bu kültür, belirtilen döneme ait mobilya tasarımlarının üretimi için gerekli hammadde ve enerji tüketimini önemli ölçüde artırmıştır. Bunun önemli bir sonucu, özellikle kentsel alanlarda artan atık miktarını yönetmek için kamu politikalarına duyulan ihtiyaç olmuştur. Kısacası, pop-art mobilya tasarımı, sürdürülebilirlik kaygılarıyla çelişmektedir (Fiell ve Fiell, 2019).

Günümüz mobilya endüstrisi, ekotasarım stratejilerine dayanan ürün geliştirme uygulamalarını

dikkate almaktadır (Sellitto vd., 2017). Ekotasarım, bir ürünün çevreye olası etkilerini değerlendirmesinin yanı sıra tasarım aşamasından kullanım dışı bırakılana kadar geçen sürede ürünün çevreye olan etkilerini azaltan yönergeler önermektedir (Fiell ve Fiell, 2019). Bu stratejiler, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini azaltmayı, en aza indirmeyi ve hatta önlemeyi amaçlamaktadır (Parikka-Alhola, 2008). van Hemel (1998); van Hemel ve Cramer (2002) ve Parikka-Alhola (2008), ekotasarım uygulamalarını yönlendirmek için belirtilen genel yönergeleri önermişlerdir: (i) düşük etkili malzemeler (örneğin; düşük enerji içerikli, geri dönüştürülebilir malzemeler); (ii) malzeme gereksinimlerinin azaltılması (hammadde ağırlığının ve hacminin azaltılması); (iii) yeşil üretim (örneğin; temiz üretim, enerji verimliliği, azaltılmış atık ve yan ürünler); (iv) yeşil dağıtım (örneğin; güzergah optimizasyonu, geri dönüştürülebilir ambalajlar); (v) kullanımda verimlilik (örneğin; enerji verimliliği, uzun ömür, yeniden kullanım); (vi) ömür boyu performans (örneğin; artan güvenilirlik ve dayanıklılık, modülerlik, bakım ve onarım kolaylığı); (vii) ömür sonu performansı (örneğin; geri dönüştürme, yeniden kullanım veya yeniden üretme kolaylığı); ve (viii) dematerializasyon (örneğin; daha az malzeme, paylaşımlı ürün kullanımı, entegre veya optimize edilmiş işlevler).

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), bir ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirerek ekotasarım stratejilerinde önemli bir rol oynamaktadır (European Commission, 2016). Bu analiz, ürünlerin "beşikten mezara" şeklinde metaforik olarak tabir edilen "ham madde halinden doğaya" geri döndüğü haline kadar geçen sürede çevresel etkilerini analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir (Hartini vd. 2019). ISO standartlarına göre YDD yöntemi, bileşenlerin değerlendirilmesi, alternatif malzemelerin seçimi ve ürünle ilişkili hizmetlerin optimize edilmesi yoluyla üretim şirketlerinin tasarımlarının çevresel performanslarını iyileştirmesine yardımcı olmaktadır (Hahnel vd., 2021; Schramm vd., 2020; Finnveden vd., 2009). YDD, 1970-1990 yılları arasında ağırlıklı olarak Avrupa Birliği, ABD, Japonya, Kore, Kanada ve Avustralya'da kullanılmıştır. Sonraki yıllarda, Hindistan ve Çin gibi ülkelerin çevre politikalarında birincil faktör olarak kullanılmaya başlanmıştır (Guinee vd., 2011). YDD, tedarik aşamasını (özellikle hammadde tedarigi); üretimi (özellikle malzeme işleme ve enerji tüketimi); dağıtımını (özellikle ambalajlama, taşıma ve depolama); kullanımı (özellikle bakım ve onarım hizmetleri); ve kullanım sonu aşamasını (yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden üretim gibi tersine kanallar) kapsamaktadır (Cordella ve Hidalgo, 2016). YDD'yi destekleyen bilgisayar programları arasında OpenLCA, SimaPro, GaBI, Umberto ve CCaLC yaygın olarak kullanılmaktadır (Olagunju ve Olanrewaju, 2020;

Jeswani vd., 2013; Kulözü-Uzunboy ve Sipahi, 2020; Sipahi ve Kulözü-Uzunboy, 2021).

Yapılan bu çalışma, ekotasarım bağlamında mobilya endüstrisine odaklanmaktadır. Endüstri, atık ve yan ürün üretimi, enerji, su, hammadde kayıpları ve üretimde çözücüler gibi kimyasal ve tehlikeli maddelerin kullanımı ile ilgili çevresel gerekliliklere dikkat etmelidir (Xiong et al., 2020). Aynı zamanda ekotasarım hem ekonomik hem de çevresel olarak yüksek performanslar elde etmek üzere uygulanmaktadır (Sellitto et al., 2017).

Scopus ve Web of Science veri tabanlarında yapılan literatür taramasında, pop-art mobilya tasarımlarına ait Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) ile ilgili herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu makale, pop-art mobilya tasarımlarının çevresel etkilerini Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi yöntemi ile incelemeyi amaçlayan ilk çalışma olarak değerlendirilebilir. Önceki çalışmalar, mobilya tasarımı konusunu yalnızca ekotasarım yaklaşımı bağlamında ele almıştır. Bovea ve Vidal (2004), Wenker vd. (2018) ve Cinar (2005), ahşap malzemelerin kullanımının faydalarını tartışmaktadır. Mirabella vd. (2014), Gonzalez-Garcia vd. (2011), Cordero ve Polero (2012) ve Sellitto vd. (2017) ise, endüstride ekotasarım stratejilerinin deneysel uygulamalarına odaklanmaktadır. Iritani vd. (2015), Medeiros vd. (2017) ve Gonzalez-Garcia vd. (2012), mobilya üretiminde çevresel performansı iyileştirmek için sürdürülebilirlik stratejilerini incelemektedir. Pereira vd. (2018), Klinpikul ve Srichandr (2010), Borchardt vd. (2012) ve Landeta-Manzano vd. (2017), mobilya endüstrisinde ekotasarım süreçlerinin etkilerini tanımlamaktadır. Son olarak, Olkowicz ve Grzegorzewska (2014), mobilya endüstrisinde ekotasarımın ekonomik katkısını tartışmaktadır. Bahsedilen tüm çalışmalar, çoğunlukla üretim süreçlerine atıfta bulunarak üretimden önce gelen tasarım aşamasını göz ardı etmektedir. Bu makale, pop-art mobilya tasarımlarının yaşam döngüsü değerlendirmesine tasarım aşamasını dahil ederek bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Araştırma, 1970'lerde, pop-art döneminde üretilerek piyasaya sürülen dokuz ikonik sandalye tasarımını içermektedir. Bu çalışmayla, "ekotasarım stratejileri ile pop-art mobilya tasarımlarının çevresel etkileri ne ölçüde azaltılabilir?" sorusuna cevap aranmaktadır. Bir çoklu vaka çalışması olan bu çalışma, ekotasarım stratejilerini pop-art mobilya tasarımlarında uygulanması ile karbon ayak izindeki azalmanın değerlendirilmesini amaçlanmaktadır. Çalışma, malzeme değişimi ve demateryalizasyon gibi ekotasarım stratejilerinin bir tasarımın karbon ayak izini azaltabileceği varsayımına dayanmakta; orijinal ürünlerin ekotasarım stratejileriyle desteklenen yeni değerlendirmeler ışığında gözden geçirilerek orijinal ve değiştirilen tasarımların sırasıyla neden olduğu çevresel etkileri karşılaştırmaktadır.

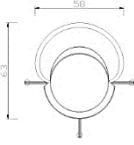
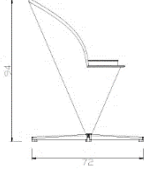
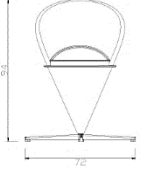

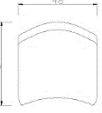
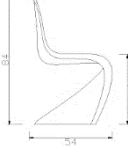
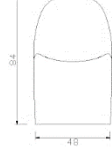

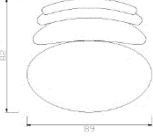

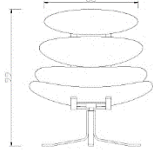

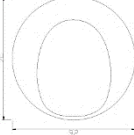


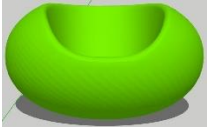
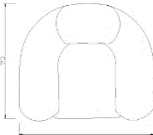
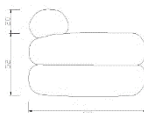
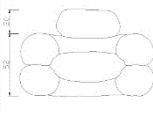
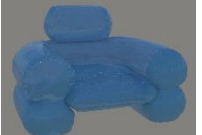
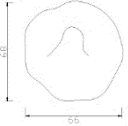



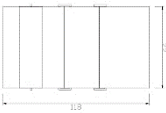
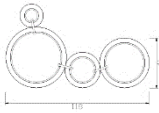
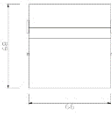
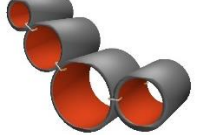

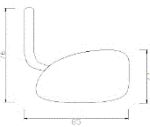
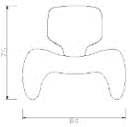

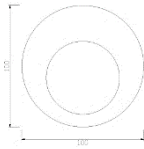
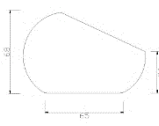
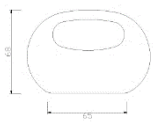
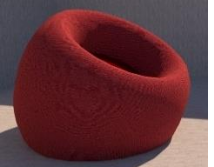
MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, tarihsel süreç içerisinde literatürde en sık karşılaştığımız ve üretilen tasarım sayısının fazla oluşu ile malzeme kullanımının kolay izlenebilirliği açısından insanların oturma ihtiyacını bireysel olarak karşılayan mobilya tasarımları olan sandalyeler kapsamında ele alınmıştır. II. Dünya Savaşı'nın ardından ortaya çıktığı kabul edilen pop-art döneminde yapılmış (Fiell ve Fiell, 2019) ve sanat ve tasarım tarihi literatüründe belirtilen dönemin ikonik temsilcileri olarak (Alderson vd., 2006; Anonim, 2018) dokuz sandalye tasarımı seçilmiş ve çalışmanın materyalini oluşturmuştur (Tablo 1). Tasarımlar, üretildiği dönemdeki tipik özellikleriyle günümüz ekotasarım ilkeleriyle çelişmektedirler.

Çalışmanın metodolojisi, Sipahi ve Kulözü-Uzunboy'un (2021) öncül çalışması ve CCaLC yazılımı tarafından desteklenen dört adımdan oluşmaktadır. CCaLC; PAS2050, ISO14040 ve ISO14044 yöntemleriyle uyumlu, geniş bir veritabanına erişim sağlayan ücretsiz bir yazılımdır (Jeswani vd., 2013). CCaLC programı, hammadde tedariki, üretim, depolama ve nihai kullanım ile atık yönetimi aşamalarında karbon ayak izlerini hesaplamaktadır (Sipahi ve Kulözü-Uzunboy, 2021). Bu çalışma, yalnızca hammadde tedarikinin ilk aşamasında YDD gerçekleştirmiştir. Hammadde değişiklikleri orijinal sonuçları değiştirmeyeceği için; üretim, dağıtım ve depolama ile kullanım sonu aşamaları kapsam dışı bırakılmıştır.

İlk adımda; malzemelerin tanımlanması ve boyutlar, miktarlar, yoğunluklar ve ağırlıkların tam ölçümlerinin yapılmasının ardından sandalyeler için YDD gerçekleştirilmiştir. CCaLC yazılımına ağırlık girdileri, atık ve sarf malzemelerini telafi etmek için %5 artırılmıştır (Sipahi ve Kulözü-Uzunboy, 2021). Karbon ayak izi ölçü birimi olarak kg CO₂ equivalent/functional unit (eşdeğer/fonksiyonel birim) (eq./f.u.) değeri kullanılmıştır. Bir sonraki adımda; araştırma, değişim için malzeme olasılıklarının bir envanterini ve her bir değişimle ilgili faydaların ve sorunların listesini oluşturmuştur. Sonraki adımda; orijinal tasarımlara iki ekotasarım stratejisi uygulanmıştır: düşük etkili malzemelerin seçimi ve kullanılan malzemenin azaltılması. Yeniden ele alınan tasarımların beklenen ömürleri ile işlevsel ve estetik değerleri aynı kalmış; orijinal tasarımlara ilişkin herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Araştırmacılar, revizyonu yönlendirmek için beyin fırtınası tekniğini uygulamışlardır. Son adımda, çalışmada orijinal ve yeniden ele alınmış tasarımların karbon ayak izleri karşılaştırılmıştır. Karbon ayak izindeki azalmalar, orijinal özellikleri ile karşılaştırıldığında, malzemelerin değiştirilmesi ve kullanılan malzeme miktarının azaltılmasından kaynaklanmıştır.

Table 1. Çalışmada ele alınan pop-art dönemine ait sandalye tasarımları
Table 1. Chair designs belonging to the pop-art period discussed in the study

No	Tasarım (Yılı)	Tasarımcı/lar	Plan	Yan Görünüş	Ön Görünüş	Görsel
1	Cone Chair (1958)	Verner Panton				
2	Panton Chair (1959)	Verner Panton				
3	EJ Corona Chair (1961)	Poul Volther				
4	Pastil Chair (1967)	Eero Aarnio				
5	Blow Chair (1962)	Gionatan de Pas, Donato D'Urbino, Paolo Lomazzi, Carla Scolari				
6	Sacco Chair (1968)	Piero Gatti, Cesare Paolini, Franco Teodoro				
7	Tube Chair (1969)	Joe Colombo				
8	Djinn Chair (1965)	Olivier Mourgue				
9	Up1 (1969)	Gaetano Pesce				

BULGULAR

Karbon Ayak İzleri: Yapılan inceleme; sandalye yapılarının plastik, krom kaplama, pamuk kumaş ve

polimer bazlı malzemeler kullandığını belirlemiştir. Oturma kısımlarının yüzeyleri, iç dolgu maddeleri ve çerçeve sırasıyla yapay deri, poliüretan köpük ve krom paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Çevresel etkinin metrik

değeri, 12,6 (Tasarım 9) ile 124,1 (Tasarım 1) kg CO₂ eq./f.u. arasında değişmektedir. CCaLC yazılımı, hammadde başına CO₂ eşdeğeri ağırlık ile çarparak her bileşenin karbon ayak izini hesaplamıştır. Tablo 2, dokuz sandalyeye ait hammaddelerinin payı için bireysel değerleri ve dokuz sandalyenin tüm tasarımı için toplam değerleri göstermektedir. Dört farklı standart spektrofotometrik (DPPH' radikal indirgeme kapasitesi, metal şelatlama, demir indirgeme kapasitesi (FRAP) ve fosfomolibdenyum) analizler ile özütlerin antioksidan aktivitesi test edilmiştir. Tablo 1'de gösterilen sonuçlara göre, DPPH' radikal giderme aktivitesi standart antioksidan olan troloks ile karşılaştırılarak mg troloks eşdeğeri (TE)/g olarak hesaplanmıştır. Pyrus sp. ve Crithmum sp. özütlerin DPPH' sırasıyla %87 (0.56 mg TE/g) ve %85 (0.54 mg TE/g)'dir.

Tablo 2. Tasarımların ilk haline ait karbon ayak izleri
Table 2. Carbon footprints of the initial designs

Tasarım	kg CO ₂ eq./ f.u.	Ham maddeler	kg CO ₂ eq./ f.u.
1	124,1	poliüretan köpük	50,0
		krom çelik	48,2
		poliüretan suni deri	25,9
2	108,2	krom çelik	41,9
		poliüretan köpük	32,4
		pamuk	25,7
		polipropilen	7,97
		polipropilen lif	0,23
3	98,4	polipropilen lif	77,6
		poliüretan suni deri	9,7
		krom çelik	1,09
		poliüretan köpük	9,4
		sentetik kauçuk	0,54
4	52,6	krom çelik	21,4
		pamuk	21,3
		poliüretan köpük	9,9
5	40,3	poliüretan suni deri	33,6
		pamuk	6,17
		polipropilen	0,5
6	29,7	fiberglas	29,7
7	23,8	poliüretan suni deri	18,2
		polistiren	5,6
8	21,1	ABS	21,1
9	12,6	polivinil klorür	12,6

Alternatif Malzeme Envanteri: Çalışma, her bir ilk hammadde için çeşitli alternatifler önermektedir. Tablo 3'ten Tablo 5'e kadar olan tablolar, her bir malzeme türü için alternatiflerin yanı sıra yazarlar tarafından belirtilen faydaları ve sorunları göstermektedir.

Tablo 3. Metal için alternatifler
Table 3. Alternatives for metal

Özgün Malzeme	Alternatif Malzeme	Avantajlar	Dezavantajlar
Krom Çelik	Doğal Rattan	Esnek ve ergonomik	Dayanaksız
	Su Sümbülü	Antibakteriyel	Dayanaksız
	Bambu	Esnek ve ergonomik	Dayanaksız
	Kenevir Lifi	Kolay bakım	Yüksek maliyet
	Ahşap	Kolay bakım ve düşük maliyet	Dayanaksız
	Dökme Demir	Ergonomik	Konforsuz
	Oluklu Mukavva	Dayanıklı	Dayanaksız
	İnek Kemiği	Antimikrobiyal ve hipotalerjenik	Dayanaksız
	Çelik	Kolay üretim	İşlenmesi zor
	Kenevir Beton	Yenilenebilir	-

Tablo 4. Sentetikler için alternatifler

Table 4. Alternatives for synthetics

Özgün Malzeme	Alternatif Malzeme	Avantajlar	Dezavantajlar
Polipropilen, Polivinil klorür (PVC), Akrlonitril Bütadim Süren (ABS), Polistiren granül, Polietilen, Polistiren Köpük ve Poliüretan	Bambu	Kolay üretim ve düşük maliyet	Dayanaksız
	Ahşap	Ergonomik	Dayanaksız
	Doğal Kauçuk	Kolay üretim	Dayanaksız
	Jelatin	Yenilenebilir	Dayanaksız
	Mısır Koçanı	Sağlığa zararlı madde içermez.	Yüksek maliyet
	Zig Deri	Esnek	Bakımı zor
	Hayvan Mide ve Bağırsağı	Kolay bakım	Dayanaksız
	Polilaktik asit (PLA)	Esnek	Koku
	Polimorf Plastikler	Hidrokolloid	Dayanaksız
	Plastarch (PSM)	Dayanıklı	Koku
	Kâğıt	Hafif	Termoplastik
	Manila Keneviri	Sağlığa zararlı madde içermez.	Dayanaksız
	Doğal Rattan	Esnek	-
	Hasır	Yenilenebilir	Dayanaksız
	Miselyum	Esnek	Dayanaksız
	Fibrolon	Düşük karbon ayakizi	Dayanaksız
	Çavdar Hasır	Dayanıklı	Dayanaksız
	Kenevir Plastiği	Hafif ve esnek	Dayanaksız
Doğal Hasır	Düşük maliyet	Yüksek maliyet	
Kapak Lifi	Parlaklık	Dayanaksız	
Ahşap Yünü	Esnek ve ergonomik	Yüksek maliyet	
Deniz Süngeri	Antibakteriyel	Koku	
Rami Lifi	-	Dayanaksız	
Selüloz	Hafif ve esnek	Dayanaksız	

Tablo 5. Bitkiler ve sentetikler için alternatifler

Table 5. Alternatives for plants and synthetics

Özgün Malzeme	Alternatif Malzeme	Avantajlar	Dezavantajlar
Pamuk, Yün Kumaş, Deri Kumaş, Poliüretan, Poliüretan Köpük	Jüt Elyaf	Düşük maliyet Yenilenebilir	Dayanaksız
	Pamuk	Antialerjik Dayanıklı	Yüksek maliyet
	Manila Keneviri	Parlaklık	Dayanaksız
	Rayon Kumaş	Dayanıklı	Kaygan
	Modal	Esnek	Dayanaksız Üretiminde kimyasal kullanımı
	Bitkisel Kumaş	Renklendirilebilme	Yüksek karbon ayakizi
	Kamış Lifi	Antibacterial	Yüksek maliyet
	Eko-Deri	Hipoalerjenik, toksik olmayan Düşük maliyet	Yüksek maliyet
	Muz Lifi	Dayanıklı ve toksik olmayan	Yüksek maliyet
	Ananas Lifi	Kolay ulaşılabilme Yenilenebilir	Yüksek maliyet
	Mantar Kumaşı	Dayanıklı ve yenilenebilir	Yüksek maliyet
	Rami Kumaş	Esnek	Yüksek maliyet
	İpek Kumaş	Esnek ve dayanıklı	Yüksek maliyet
	Mylo Kumaş	Dayanıklı ve yenilenebilir	Yüksek maliyet
	Ahşap Yünü	Esnek ve ergonomik	Dayanaksız
	Jüt Kumaş	Yenilenebilir Düşük maliyet	Dayanaksız
	Kenevir	Dayanıklı Antimikrobiyal ve hipotalerjenik	Yüksek maliyet
	Liyosel	Üretiminde düşük su tüketimi	Üretiminde kimyasal kullanımı

Alternatif Malzeme Seçimleri: Alternatif malzeme envanterine üzerinden araştırmacılar malzeme kullanımında azalımı hedefleyen ekotasarım stratejisine göre yeni malzemeler belirlemişlerdir. Tablo 6, yapılan seçimleri göstermektedir.

Tablo 6. Alternatif malzeme seçimleri
Table 6. Alternative material selections

Tasarım	Özgün Malzeme / Alternatif Malzeme				
1	Poliüretan köpük / Jüt lifi	Krom çelik / Çelik	Poliüretan suni deri / Doğal kauçuk	-	-
2	Krom çelik/ Çelik	Polipropilen lif / Ahşap	Polipropilen/ Doğal kauçuk	Poliüretan köpük/ Doğal hasır	Pamuk/ Doğal pamuk
3	Krom çelik/ Çelik	Polipropilen lif / Ahşap	Poliüretan suni deri / Çavdar hasır	köpük/ Ahşap yünü	Sentetik Kauçuk / -
4	Krom çelik/ Ahşap	Poliüretan köpük/ -	Pamuk/ -	-	-
5	Polipropilen/ Ahşap	Pamuk/ Jüt lifi	Poliüretan suni deri / Çavdar hasır	-	-
6	Fiberglass / Hasır	-	-	-	-
7	Poliüretan suni deri/ Jüt lifi	Polistren/ Doğal hasır	-	-	-
8	ABS / Ahşap	-	-	-	-
9	Polivinil klorür/ Poliaktik asit	-	-	-	-

Çalışmada, değişen malzemelerin yanı sıra sırtlık, oturma yeri, ayaklar ve bağlantı elemanları gibi mobilya bileşenlerindeki malzeme kullanımı azaltılmıştır. Bu uygulama gerçekleştirilirken ilk düşünce, tasarım bütünlüğünün korunması olmuştur. Tablo 7, tasarımlardaki değişikliklerin etkilerini göstermektedir.

Yeniden Ele Alınan Tasarımların Değerlendirilmesi: Dokuz sandalyenin genel karbon ayak izinde belirgin azalmalar olsa da doğal kauçuk, çelik, polilaktik asit ve jüt lifi gibi bazı malzemeler hala yüksek karbon ayak izine sahiptir. Daha ileri iyileştirmeler için bu tür malzemelere odaklanmalıdır. Tablo 8, sandalyelerin yeni toplam karbon ayak izlerini ve yeni seçilen malzemelerin bireysel katkıları göstermektedir.

Tasarımların ilk ve ekotasarım stratejileri yönlendiriciliğinde yeniden ele alınmış durumlarının yanı sıra üst ve ön görünüşleri Tablo 9'da yer almaktadır.


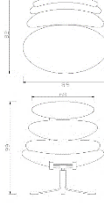

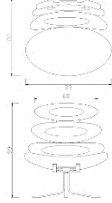

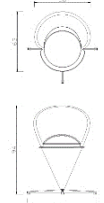

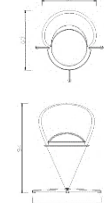
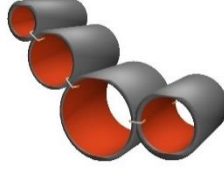
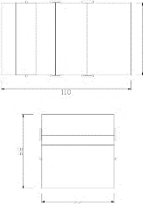
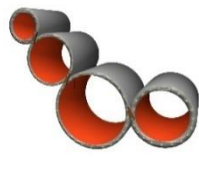
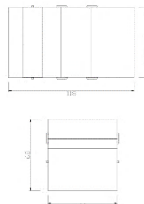
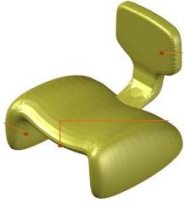
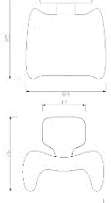

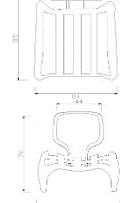

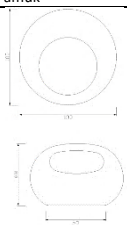
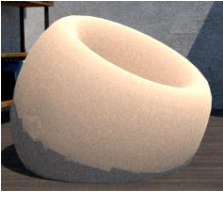
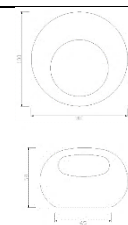
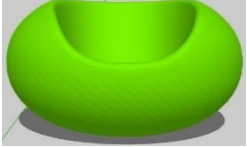
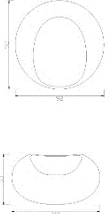


Tablo 7. Uygulanan Malzeme Azaltım Fikirlerinin Etkileri
Table 7. Effects of the Material Minimisation Ideas Implemented

Tasarım	Malzeme Azaltım Fikirleri		
	Azaltılan Bileşen	Avantajlar	Dezavantajlar
1	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Konforda azalma
	Arkalık	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma; konforda artış	Konforda azalma
2	Arkalık	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma
	Oturma yüzeyi ve ayaklar	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
3	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılıkta azalma, işçilik ve sandalye ağırlığında artış
	Bağlantı Elemanları	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Estetik değişim
4	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, dayanıklılık ve konforda artış	Karbon emisyonunda ve malzeme çeşitliliğinde artış
5	Ayaklar	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılıkta azalma
6	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Konforda azalma, estetik değişim
7	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma	Dayanıklılıkta azalma
8	Backrest	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Konforda azalma
	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılıkta azalma
9	Arkalık	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
	Ayaklar	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
9	Oturma yüzeyi	Malzeme kullanımında, karbon emisyonunda ve üretim maliyetinde azalma, konforda artış	Dayanıklılıkta azalma, estetik değişim
	Tüm tasarım	Malzeme kullanımında ve karbon emisyonunda azalma	Dayanıklılık ve konforda azalma


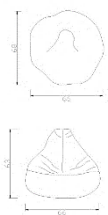

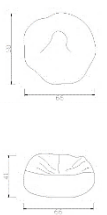

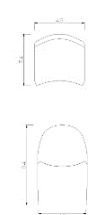

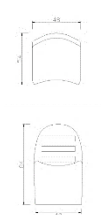

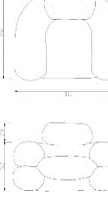

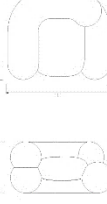
Tablo 8. Yeniden ele alınan tasarımların karbon ayak izleri
Table 8. Carbon footprints of reconsidered designs

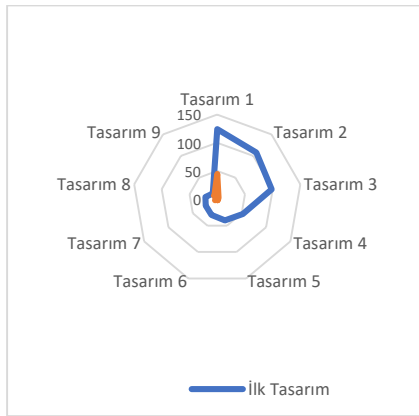
Tasarım	kg CO ₂ eq./f.u.	Ham malzemeler	kg CO ₂ eq./f.u.
1	44,9	jüt lifi	3,1
		çelik	10,7
		doğal kauçuk	31,1
2	3,303	çelik	2,61
		ahşap	0,041
		doğal kauçuk	-
		doğal hasır	0,022
		doğal pamuk	-
3	1,514	keten lifi	0,63
		çelik	0,386
		ahşap	0,248
		çavdar hasır	0,01
		ahşap yünü	0,498
4	0,115	doğal kauçuk	0,372
		ahşap	0,115
5	2,367	ahşap	0,01
		jüt lifi	2,21
6	0,152	çavdar hasır	0,147
7	4,508	hasır	0,152
8	0,07	jüt lifi	4,37
		doğal hasır	0,138
9	7,49	ahşap	0,07
9	7,49	polilaktik asit	7,49

Tablo 9. İlk ve Yeniden Ele Alınan Tasarımlara ait Çizimler ve Malzemeler
Table 9. Initial and Reconsidered Design Drawings and Materials

Tasarım	İlk Tasarım		Ekotasarım	
	Görsel	Plan Ön Görünüş	Görsel	Plan Ön Görünüş
1				
	Özgün Malzeme Poliüretan köpük-Krom çelik Poliüretan-Suni deri		Alternatif Malzeme Jüt lifi- Çelik- Doğal kauçuk	
2				
	Özgün Malzeme Krom çelik- Polipropilen lif- Polipropilen- Poliüretan köpük- Pamuk		Alternatif Malzeme Çelik- Ahşap- Doğal kauçuk- Doğal hasır- Doğal pamuk- Ketan Lifi	
3				
	Özgün Malzeme Krom çelik- Polipropilen lif- Poliüretan suni deri- Poliüretan köpük		Alternatif Malzeme Çelik- Ahşap- Çavdar hasırı- Ahşap yünü- Doğal kauçuk	
4				
	Özgün Malzeme Krom çelik- Poliüretan köpük- Pamuk		Alternatif Malzeme Ahşap	
5				
	Özgün Malzeme Polipropilen- Pamuk- Poliüretan suni deri		Alternatif Malzeme Ahşap- Jüt lifi- Çavdar hasırı	
6				
	Özgün Malzeme Fiberglass		Alternatif Malzeme Hasır	

Tablo 9. Devamı
Table 9. Continued

7				
	Özgün Malzeme Poliüretan suni deri- Polistren		Alternatif Malzeme Jüt lifi- Doğal hasır	
8				
	Özgün Malzeme ABS		Alternatif Malzeme Ahşap	
9				
	Özgün Malzeme PVC		Alternatif Malzeme Polilaktik asit	



Şekil 1. İlk tasarımlar ve ekotasarım ile yeniden ele alınmış tasarımlar arasında karbon ayak izlerinin karşılaştırılması (CO2 eq./f.u.)
Figure 1. Comparison of carbon footprints between initial designs and reconsidered designs by ecodesign (CO2 eq./f.u.)

Çalışmanın son aşamasında; ilk sandalye tasarımları ile ekotasarım stratejileri doğrultusunda geliştirilen ve önerilen tasarımlar karşılaştırıldığında tüm sandalye tasarımlarında çevresel etkilerin azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 1). İlk tasarımlarda sandalyelerin çevresel etkileri 12,6-124,1 CO2 eq./f.u. arasında değişirken (Şekil 1), önerilen tasarımlarda bu etkiler 0,07-44,9 CO2 eq./f.u. aralığında yer almaktadır (Şekil 1). Ayrıca, ilk sandalye tasarımlarının en yüksek ve en düşük çevresel etki değerleri arasındaki fark 111,5 CO2 eq./f.u. iken, önerilen tasarımlardaki fark ise 44,83 CO2 eq./f.u.'dur. Buna ek olarak, sandalye tasarımlarının

çoğunun çevresel etki düzeylerinin ekotasarım stratejilerinin rehberliğinde önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 1'de izlenebileceği üzere; ilk tasarımlar arasında en yüksek etkiye (124,1 CO2 eq./f.u.) sahip olan Tasarım 1'in çevresel etkisi, önerilen tasarımlar arasında da en yüksek (44,9 CO2 eq./f.u.) etki değerine sahiptir. Ayrıca, ilk tasarımlar arasında en düşük çevresel etkiye (12,6 CO2 eq./f.u.) sahip olan Tasarım 9'un, önerilen sandalye tasarımları arasında 2. en yüksek çevresel etki değerine (7,49 CO2 eq./f.u.) sahip olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan bu çalışmanın amacı, pop-art dönemine ait sandalye tasarımları üzerinden mobilya tasarımında eko-tasarım stratejilerinin uygulanmasının karbon ayak izinde sağlayabileceği azalmayı değerlendirmektir. Çalışmada, malzeme değişimi ve dematerializasyon gibi ekotasarım stratejilerinin bu amaca ulaşmaya yardımcı olabileceği varsayılmıştır. CO2 eq./f.u. cinsinden ölçülen tasarımlara ait karbon ayak izleri ile sonuçlar hakkında geri bildirim sağlanmıştır.

İlk tasarımların karbon ayak izlerini değerlendirdikten sonra, ikinci aşamada uygun eko-tasarım stratejileri ile karbon ayak izlerini azaltmaya çalışılmıştır. Bu aşamada kullanılan eko-tasarım stratejileri, "düşük

etkili malzemelerin seçimi" ve "malzeme kullanımının azaltılması" olmuştur. Bu stratejilerin uygulanmasıyla, sandalye tasarımlarının çevresel etkileri azaltılmıştır. Ancak; ekotasarım yönergeleri yönlendiriciliğinde daha az miktarda malzeme kullanılsa bile tasarımların ana özelliklerini korunmaya çalışılmıştır.

Sonuç olarak, incelenen sandalye tasarımlarının çevresel etkileri ilk tasarımlara kıyasla %41 ile %99 arasında azalmıştır. Ayrıca, dokuz sandalye tasarımından altısının çevresel etkisinin %97 ve üzerinde azalmış olması dikkat çekicidir. Bu sonuç, sandalyelerin ve dolayısıyla mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin ekotasarım stratejilerinin desteğiyle çok büyük ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, bu çalışmada ekotasarım stratejilerinin mobilya tasarımlarının çevresel etkilerini azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Araştırma kapsamında; "düşük etkili malzemeler" ekotasarım stratejisi ışığında, ilk sandalye tasarımlarının malzemeleri düşük karbon ayak izine sahip malzemelerle değiştirilmiştir. Düşük etkili malzemeler stratejisi kapsamında tüm malzemeleri değişen ilk sandalye tasarımlarında plastik bazlı malzemeler, kumaş ve sentetik deri yerine bitkisel malzemeler olan organik hasır, doğal kauçuk ve jüt lifleri tercih edildi. Tasarım 1, 2, 3 ve 4 sandalye tasarımlarında; krom çeliğin yerini çelik alarak daha düşük çevresel etkiler elde edilmiştir. Ayrıca, Tasarım 4'te kullanılan malzeme çeşitliliği tek bir malzemeye indirgenmiştir. Bu sandalye tasarımında; malzeme sayısının azaltılmasına ek olarak, yeni seçilen malzeme olan ahşap, çevresel etkiyi %99 oranında azaltmıştır. Bu açıdan bakıldığında, malzeme sayısını azaltan malzeme kullanımındaki değişimler, birden fazla seçeneğin bir araya gelmesine göre çevresel etkiyi azaltmak adına daha etkili olmuştur.

"Malzeme kullanımının azaltılması" ekotasarım stratejisi kapsamında; bazı tasarımların sırtlık, ayak, oturma ve bağlantı elemanlarında, bazılarının ise tüm bileşenlerinde malzeme azaltımına gidilmiştir. Bu durum, sandalye tasarımlarının karbon ayak izlerini ve bazılarının da üretim maliyetlerini düşürmüştür. Ancak, bazı tasarımlarda yer alan bileşenlerin değişmesi üretim maliyetlerinde herhangi bir farklılık yaratmamıştır. Öte yandan, ekotasarım stratejisini kullanmanın olumlu etkilerinin yanı sıra dayanıklılıkta azalma ve estetik değerlerde değişim gibi olumsuz sonuçlar da ortaya çıkabilmektedir. Konfor seviyesindeki değişimler açısından elde edilen sonuçlar ise, malzeme azaltma stratejisinin konfor üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkilerinin tasarımcının müdahalesine bağlı olduğunu vurgulamıştır. Başka bir deyişle bu çalışma, mobilya tasarımlarında ekotasarım stratejileri doğrultusunda gerçekleştirilecek olan doğru müdahalelerle malzeme

azaltılabılırken tasarımda konforun da artırılabilceği ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin ekotasarım stratejileri kullanılarak önemli ölçüde azaltılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, bu çalışmada kullanılanlar dışında farklı ekotasarım stratejileri de mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu anlamda ilk adım, öncelikle tasarımlara ait çevresel etkilerinin hesaplanmasıdır. Ardından, belirlenen ekotasarım stratejileri doğrultusunda, tasarımların mevcut estetik bütünlükleri bozulmadan, işlevsel ve ergonomik yeterlilikleri göz önünde bulundurularak bir ekotasarım çalışması yapılmalıdır. Dolayısıyla; tasarımcılar, üreticiler ve kullanıcılar, tasarım ürünlerinin çevresel etkilerine üretim aşamasından önce müdahale ederek sürdürülebilir bir geleceğe doğru adım atabilirler.

Mobilya tasarımında ekotasarım yaklaşımını temel alan bu çalışma kapsamında pop-art dönemine ait sandalye tasarımları ele alınmıştır. Dolayısıyla; bundan sonraki araştırmalarda farklı malzeme, tasarım elemanı ve teknolojilerin kullanıldığı diğer mobilya grupları için de çalışmalar yapılması anlamlı olacaktır. Bu sayede, mevcut çalışmanın sonuçları farklı mobilya grupları ile test edilebilecek ve ekotasarım yaklaşımının mobilya sektörü geneli için sonuçları ortaya konulabilecektir.

Çalışmada, sandalye tasarımlarının yaşam döngüsündeki hammadde aşamasına odaklanıldığı için bu aşamada elde edilen bulgular üzerinden belirlenen yöntem ile bir süreç yürütülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmanın konusu olmayan ve yaşam döngüsünün üretim, depolama ve kullanım aşamalarının çevresel etki değerlerinin ortaya konulması ve bu aşamaların karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılması faydalı olacaktır. Mobilya tasarımlarının YDD aşamaları ve ekotasarım stratejileri kullanılarak tartışılması, asitleşme, ozon tabakası tahribatı ve toksik madde üretimini ölçen literatüre de katkı sağlayacaktır. Ayrıca, sonraki çalışmalarda mobilya tasarımlarının çevresel etkilerinin azaltılmasında diğer YDD ölçüm programlarının kullanılması, ölçümlerin doğruluğunun test edilmesi açısından anlamlı olacaktır.

Tasarım ve üretim sürecinin başlangıcından itibaren, ekotasarım sürecindeki tüm yaşam döngüsü aşamaları mobilya endüstrisi tarafından dikkate alınmalıdır. Bu sayede, üreticiler ve kullanıcılar bu konuda hemfikir olacak ve çevresel etkiyi etkili bir şekilde azaltacaklardır. Kullanıcıların sürece dahil edilmesi, mobilya endüstrisindeki tüm aktörlerin "beşikten mezara" dahil olduğu bir eko-tasarım süreci anlamına gelmektedir. Tasarımcıların, üreticilerin ve kullanıcıların katıldığı, ortak akıl ile hareket edildiği ekotasarım sürecine sahip olan bir

mobilya endüstrisinde çevresel etkisi azaltılmış üretim ve tüketim mümkün olacaktır. Böylece, mobilya endüstrisinin uygulayıcıları sorumluluklarını yerine getirebilir ve sürdürülebilir bir geleceğe ulaşılmasına katkıda bulunabilirler.

KAYNAKLAR

- Alderson, S., Ball, R. & Barber, E. (2006).** *Pioneers: Products from Phaidon design classics: 1,2,3.* Phaidon Press, Londra.
- Anonymous. (2018).** *Chair: 500 designs that matter.* Phaidon Publishing, London.
- Antmen, A. (2009).** *20. yüzyıl batı sanatında akımlar.* Sel Yayıncılık, İstanbul.
- Barca, S. (2011).** Energy, property, and the industrial revolution narrative. *Ecological Economics*, *70*(7), 1309-1315. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2010.03.012](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.012)
- Borchardt, M., Sellitto, M.A., Pereira, G.M. & Gomes, L.P. (2012).** Eco-design case studies for furniture companies using the analytic hierarchy process. *International Journal of Industrial Engineering*, *19*(8), 330-340.
- Bovea, M.D. & Vidal, R. (2004).** Materials selection for sustainable product design: A case study of wood-based furniture eco-design. *Materials & Design*, *25*(2), 111-116. DOI: [10.1016/j.matdes.2003.09.018](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2003.09.018)
- Cinar, H. (2005).** Eco-design and furniture: Environmental impacts of wood-based panels, surface and edge finishes. *Forest Products Journal*, *55*(11), 27-33.
- Cordella, M. & Hidalgo, C. (2016).** Analysis of key environmental areas in the design and labelling of furniture products: Application of a screening approach based on a literature review of LCA studies. *Sustainable Production & Consumption*, *8*: 64-77. DOI: [10.1016/j.spc.2016.07.002](https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.07.002)
- Cordero, M. P., & Poler, R. (2012).** Eco-Design in the furniture and wood-processing sector in Spain: Benefits and constraints. In *Industrial Engineering: Innovative Networks*, 147-155p. Springer London, Londra. DOI: [10.1007/978-1-4471-2321-7_17](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2321-7_17)
- European Commission. (2016).** Life Cycle Assessment (LCA). <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/lifecycleassessment.html>. (24 Aralık 2020).
- Fiell, C. & Fiell, P. (2019).** *100 Ideas that changed design.* Laurence King Publishing, Londra.
- Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D. & Suh, S. (2009).** Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, *91*(1), 1-21. DOI: [10.1016/j.jenvman.2009.06.018](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018)
- Guinee, J.B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T. & Rydberg, T. (2011).** Life cycle assessment: Past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, *45*(1), 90-96. DOI: [10.1021/es101316v](https://doi.org/10.1021/es101316v)
- Gonzalez-Garcia, S., Gasol, C.M., Lozano, R.G., Moreira, M.T., Gabarrell, X., Rieradevall Pons, J. & Feijoo, G. (2011).** Assessing the global warming potential of wooden products from the furniture sector to improve their ecodesign. *Science of The Total Environment*, *410-411*, 16-25. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2011.09.059](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.059)
- Gonzalez-Garcia, S., Garcia Lozano, R., Moreira, M.T., Gabarrell, X., Rieradevall i Pons, J., Feijoo, G. & Murphy, R.J. (2012).** Eco-innovation of a wooden childhood furniture set: An example of environmental solutions in the wood sector. *Science of The Total Environment*, *426*, 318-326. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2012.03.077](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.077)
- Hahnel, G., Whyte, A. & Biswas, W.K. (2021).** A comparative life cycle assessment of structural flooring systems in Western Australia. *Journal of Building Engineering*, *35*, 102109. DOI: [10.1016/j.jobe.2020.102109](https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102109)
- Hartini, S., Wicaksono, P.A., Prastawa, H., Hadyan, A.F. & Sriyanto. (2019).** The environmental impact assessment of furniture production process using the life cycle assessment. *IOP Conference Series: Materials Science & Engineering*, *598*(1), 012078. DOI: [10.1088/1757-899x/598/1/012078](https://doi.org/10.1088/1757-899x/598/1/012078)
- Hill, M.K. (2020).** *Understanding environmental pollution.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Iritani, D.R., Silva, D.A.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)
- ISO14040. (2006).** International standard. Environmental management-life cycle assessment-principles and framework; International Organization for Standardization.
- ISO14044. (2006).** International Standard. Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines; International Organization for Standardization.
- Jeswani, H.K., Smith, R.W. & Azapagic, A. (2013).** Energy from waste: Carbon footprint of incineration and landfill biogas in the UK. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *18*(1), 218-229. DOI: [10.1007/s11367-012-0441-8](https://doi.org/10.1007/s11367-012-0441-8)
- Klinpikul, N., & Srichandr, P. (2009).** Status of eco-design in Thai furniture industry. *Key Engineering Materials*, *419-420*: 769-772. DOI: [10.4028/www.scientific.net/kem.419-420.769](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.419-420.769)
- Kulözü-Uzunboy, N. & Sipahi, S. (2020).** Mimaride karbon ayak izini azaltmaya yönelik uygulamalı bir ders deneyimi. *Journal of International Social Research*, *13*(73), 517-525.

- Kulözü-Uzunboy, N. & Kocabaş, A. (2021).** Aydınlanma ekseninde insan-çevre ilişkisinde yaşanan değişime odaklanılarak modernitenin çevresel sonuçlarının kentleşme ve planlama ile birlikte irdelenmesi. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, *1*(2), 13-24.
- Landeta-Manzano, B., Arana-Landín, G., RuizdeArbulo, P. & DíazdeBasurto, P. (2016).** Longitudinal analysis of the eco-design management standardization process in furniture companies. *Journal of Industrial Ecology*, *21*(5), 1356-1369. DOI: [10.1111/jiec.12479](https://doi.org/10.1111/jiec.12479)
- Mirabella, N., Castellani, V. & Sala, S. (2014).** LCA for assessing environmental benefit of eco-design strategies and forest wood short supply chain: A furniture case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *19*(8), 1536-1550. DOI: [10.1007/s11367-014-0757-7](https://doi.org/10.1007/s11367-014-0757-7)
- Medeiros, D.L., Tavares, A.O. do C., Raposo, A.L.Q.R. e S. & Kiperstok, A. (2017).** Life cycle assessment in the furniture industry: The case study of an office cabinet. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *22*(11), 1823-1836. DOI: [10.1007/s11367-017-1370-3](https://doi.org/10.1007/s11367-017-1370-3)
- Olagunju, B.D. & Olanrewaju, O.A. (2020).** Comparison of life cycle assessment tools in cement production. *South African Journal of Industrial Engineering*, *31*(4). DOI: [10.7166/31-4-2317](https://doi.org/10.7166/31-4-2317)
- Olkowicz, M. & Grzegorzewska, E. (2014).** Eco-design as a strategic way to competitiveness in global markets for furniture family-owned MSMEs. *Journal of Intercultural Management*, *6*(4-1), 203-214. DOI: [10.2478/joim-2014-0046](https://doi.org/10.2478/joim-2014-0046)
- Parikka-Alhola, K. (2008).** Promoting environmentally sound furniture by green public procurement. *Ecological Economics*, *68*(1-2), 472-485. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2008.05.004](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.05.004)
- Paul, B.D. (2008).** A History Of The Concept Of Sustainable Development: Literature Review, The Annals Of The University Of Oradea. *Economic Sciences Series*, *17*, 576-580.
- Pereira, D., Cunha, S.K. da. & Pereira, L. (2018).** Ecodesign in the furniture industry: opportunities and challenges for organizational insertion. *Ambiente & Sociedade*, *21*, 1-17. DOI: [10.1590/1809-4422asoc0079r1vu1811ao](https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0079r1vu1811ao)
- Schramm, A., Richter, F. & Götze, U. (2020).** Life Cycle Sustainability Assessment for manufacturing – analysis of existing approaches. *Procedia Manufacturing*, *43*, 712-719. DOI: [10.1016/j.promfg.2020.02.115](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.115)
- Sellitto, M.A., Luchese, J., Bauer, J.M., Saueressig, G.G. & Viegas, C.V. (2017).** Ecodesign practices in a furniture industrial cluster of southern brazil: From incipient practices to improvement. *Journal of Environmental Assessment Policy & Management*, *19*(01), 1750001.
- Sipahi, M. & Yilmaz, H. (2022).** Planning experience on the factors affecting the physical land use change and temporal change in the Eastern Black Sea coastal settlements; the case of Çayeli. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, *7*(4), 397-405. DOI: [10.35229/jaes.1153664](https://doi.org/10.35229/jaes.1153664)
- Sipahi, S. & Kulözü-Uzunboy, N. (2021).** A study on reducing the carbon footprint of architectural buildings based on their materials under the guidance of eco-design strategies. *Clean Technologies & Environmental Policy*, *23*(3), 991-1005. DOI: [10.1007/s10098-020-02009-4](https://doi.org/10.1007/s10098-020-02009-4)
- Stearns, P.N. (2020).** The industrial revolution in world history. Routledge, New York.
- van Hemel, C. (1998).** *Ecodesign empirically explored: Design for environment in Dutch small and medium sized enterprises*. University of Technology, Doktora Tezi. Delft, Hollanda.
- van Hemel, C. & Cramer, J. (2002).** Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs. *Journal of Cleaner Production*, *10*(5), 439-453. DOI: [10.1016/s0959-6526\(02\)00013-6](https://doi.org/10.1016/s0959-6526(02)00013-6)
- Wenker, J.L., Richter, K. & Rüter, S. (2017).** A methodical approach for systematic life cycle assessment of wood-based furniture. *Journal of Industrial Ecology*, *22*(4), 671-685. DOI: [10.1111/jiec.12581](https://doi.org/10.1111/jiec.12581)
- Williamson, J.G. (2002).** *Coping with city growth during the British industrial revolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Xiong, X., Ma, Q., Yingying Yuan, Wu, Z. & Zhang, M. (2020).** Current situation and key manufacturing considerations of green furniture in China: A review. *Journal of Cleaner Production*, *267*, 121957. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.121957](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121957)