

Editörler

Dr. Öğr. Üyesi Güven MERAL | Doç. Dr. Bekir KESKİN

Tasarım,

Teknoloji ve

Sürdürülebilirlik

Üzerine Akademik Yaklaşımlar

Tasarım, Teknoloji ve
Sürdürülebilirlik Üzerine
Akademik Yaklaşımlar

Editörler

Dr. Öğr. Üyesi Güven MERAL

Doç. Dr. Bekir KESKİN

ARALIK 2024

ANKARA

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Editörler / Editors • Dr. Öğr. Üyesi Güven Meral & Doç. Dr. Bekir Keskin

Kapak Tasarım / Cover Design • Arş. Gör. Sare Şeyma Duran

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2024

ISBN • 978-625-5955-13-5

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla

çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing.

Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak Ümit

Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....5

BÖLÜM 1

İNTERAKTİF TASARIMIN BUGÜNÜ VE GELECEĞİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ GÜVEN MERAL.....7

ARŞ. GÖR. VİLDAN YİĞİT.....7

BÖLÜM 2

GELECEĞİN TASARIM YAKLAŞIMLARI: TEKNOLOJİ, SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE İNSAN-MERKEZLİ İNOVASYONLAR

DR. ÖĞR. ÜYESİ TANER AŞÇI.....29

BÖLÜM 3

DİJİTAL ÇAĞDA TASARIM: PARAMETRİK VE GENERATİF TASARIM SİSTEMLERİ

BEYZA GÜRGEN, DİLARA UZUNDERE.....55

BÖLÜM 4

ENDÜSTRİYEL TASARIM VE GÖRSEL TASARIMDA AMBALAJIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

DOÇ. DR. BEKİR KESKİN.....72

ARŞ. GÖR. VİLDAN YİĞİT.....72

BÖLÜM 5

SANAT VE TASARIM EĞİTİMİNDE AR TEKNOLOJİSİ: TARİHİ YAPILARDA GEOMETRİK DESEN İNCELEMESİ

ÖZGÜN DEVRİM.....118

BÖLÜM 6

HAT SANATINDA ÜÇ BOYUTLU MODELLEME: MA'KİLİ YAZILARIN REKONSTRÜKSİYONU

METİN ÜNAL.....157

ÖNSÖZ

Sanayi Devrimi'nden dijital devrime uzanan süreçte, insanlık tasarım ve teknoloji alanında kayda değer bir ilerleme göstermiştir. Günümüz dünyasında bu iki alan, çevresel ve toplumsal sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu perspektiflerle ele alınmaktadır. Bu eser, tasarım, teknoloji ve sürdürülebilirlik ilişkilerini bir arada değerlendirerek, günümüzün önemli meselelerini anlamaya ve çözüm üretmeye yönelik bir yaklaşım sunmaktadır.

Burada amaç, yalnızca bilgi aktarmak değil, aynı zamanda okuyucuyu daha geniş bir düşünce alanına davet etmektir. Tasarım süreçlerinin yaratıcı dinamikleri ile teknolojik yenilikler bir araya getirilerek sürdürülebilirlik ekseninde yeni bir bakış açısı oluşturulmaktadır. Bu yaklaşım, bireysel ve toplumsal düzeyde çözüm yolları geliştirebilme potansiyelini artırma hedefi taşımaktadır. Çalışma, alanında uzman kişilere olduğu kadar, disiplinler arası düşünüp bu meselelerde katkı sunmak isteyen herkese ulaşmayı amaçlamaktadır.

Kitapta öne çıkan temel eğilim, tasarım ve teknolojiyi yalnızca teknik ilerlemenin bir aracı olarak değil, aynı zamanda etik ve sosyal bağlarla birlikte değerlendirmektedir. Bölümler, teorik arka planlarla desteklenirken pratik çıkarımlarla da zenginleştirilmiştir. Bu durum, okuyuculara hem derinlemesine bir bilgi kaynağı hem de somut çözüm önerileri sunmayı amaçlamaktadır.

Disiplinlerin ortak bir zeminde bulunduğu bu çalışma, tasarım ve teknolojiyi salt birer araç olarak görmek yerine, bunları insan deneyiminin

ve değer oluşturmaın birer parçası olarak değerlendirmektedir. Farklı alanların katkılarıyla çeşitlenen bu bakış açısı, yeni düşünce yollarının açılmasına katkı sağlayabilir.

Tasarım, teknoloji ve sürdürülebilirlik kapsamında farklı perspektifler geliştirebilmeniz ve bu konuları daha derinlemesine değerlendirebilmeniz dileğiyle. Verimli okumalar dileriz.

BÖLÜM 1

İNTERAKTİF TASARIMIN BUGÜNÜ VE GELECEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Güven MERAL¹

Arş. Gör. Vildan YİĞİT²

1. GİRİŞ

Modern dünyada, teknolojinin hızla gelişimi ve dijitalleşmenin insan hayatına olan etkisi göz önüne alındığında, interaktif tasarım, hem bireysel hem de toplumsal boyutta güçlü bir dönüşüm aracı olarak öne çıkmaktadır. İnteraktif tasarım, yalnızca estetik bir düzenlemenin ötesine geçerek, kullanıcıların dijital ortamlarla olan etkileşimini şekillendiren temel bir disiplin haline gelmiştir. Bu bağlamda, interaktif tasarım kavramı, kullanıcı merkezli yaklaşımlar, yaratıcı teknolojiler ve inovatif düşünce süreçlerinin birleşiminden doğan kapsayıcı bir alanı ifade etmektedir.

Günümüzde interaktif tasarım, farklı sektörlerde geniş bir uygulama alanı bulmakta ve dijital medya, eğitim teknolojileri, sağlık sistemleri, oyun endüstrisi ve akıllı şehir tasarımları gibi birçok alanda büyük bir etkiye sahiptir. İnteraktif tasarım, durağan bir kavramdan ziyade, sürekli evrimleşen, dinamik bir yapıya sahiptir. Teknolojik gelişmelerle paralel

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, guvenmeral@aybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0744-2165.

² Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Resim Bölümü, vildan.yigit@hbv.edu.tr, ORCID:0000-0003-4150-3328

olarak, interaktif tasarımın sınırları genişlemekte ve gelecekte bizi bekleyen yeniliklerin zeminini oluşturmaktadır. Özellikle yapay zekâ, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti gibi devrimsel teknolojiler, interaktif tasarımın potansiyelini ve etki alanını yeniden tanımlamaktadır.

Bu bölümde, interaktif tasarımın mevcut durumuna ve bu alandaki güncel eğilimlere odaklanılacak; gelecekte beklenen gelişmeler ve bunların topluma, teknolojiye ve kültürel pratiklere olası etkileri ele alınacaktır. Bu doğrultuda, interaktif tasarımın günümüzdeki etkilerini değerlendirirken, gelecekteki potansiyel yönelimlerini de ele alarak, bu alanın kapsamlı bir analizini sunmayı amaçlıyoruz. Bu analiz, sadece akademik bir tartışma niteliğinde olmayıp, aynı zamanda uygulamalı yaklaşımlar için de zengin bir kaynak teşkil edecektir.

2. İNTERAKTİF TASARIMIN TANIMI VE KAPSAMI

İnteraktif tasarımın temelini, kullanıcı ile ürün arasındaki çok boyutlu ve dinamik etkileşimler oluşturur. Bu etkileşimler, bireyin bir dijital platform ya da fiziksel cihazla ilişkisindeki davranış modellerini analiz ederek kişiselleştirilmiş, etkili ve anlamlı deneyimler sunmayı hedefler. Kullanıcı deneyimi odaklı bir tasarım alanı olarak interaktif tasarım; estetik, işlevsellik ve kullanıcı memnuniyetini birleştirirken, teknolojik yenilikleri uygulayarak sürekli gelişen bir disiplin özelliği taşır. Özellikle son yıllarda, bu alan hızla büyüyerek bir ürünün başarı kriterlerinden biri haline gelmiştir.

2.1. İnteraktif Tasarımın Tanımı

İnteraktif tasarım, kullanıcı ve ürün ya da hizmet arasındaki etkileşim süreçlerini detaylı bir şekilde ele alır. Tanım itibariyle, bu disiplin; dijital veya fiziksel platformlar aracılığıyla bireylerin anlamlı bir deneyim yaşamasını sağlayan yaratıcı bir tasarım süreci olarak değerlendirilebilir.

Shneiderman (2022), interaktif tasarımı "kullanıcı ihtiyaçlarına uygun bilişsel ve duygusal bağlamlar yaratarak insanların deneyimlerini dönüştüren bir süreç" olarak ifade etmektedir.

Dinamik yapısı nedeniyle interaktif tasarım, sürekli evrimleşmektedir. Örneğin, artırılmış gerçeklik (AR), yapay zekâ (AI) ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojiler, bu kavramın günümüzdeki anlamını daha ileri boyutlara taşımış ve kullanıcı deneyimini hiper kişiselleştirilmiş bir düzeye getirmiştir. Tasarım sürecinde kullanılan araç ve yöntemler, sadece kullanıcı memnuniyetini artırmakla kalmaz, aynı zamanda hem bireysel hem de toplumsal dönüşümleri tetikleyen yenilikçi çözümler sunar.

2.2. Tarihsel Gelişim

İnteraktif tasarımın kökenleri, dijital teknolojilerin erken dönemlerine kadar uzanmaktadır. İnsan-bilgisayar etkileşimleri (HCI) alanındaki çalışmalar, interaktif tasarımın temellerini oluşturmuş ve bu alandaki çığır açan gelişmeler, tasarım disiplininin evriminde itici bir güç olmuştur. Kay (1977), "kişisel bilgisayarların yaratıcılık üzerindeki etkisinin artırılması gerekliliğini" vurgulayarak grafik kullanıcı arayüzlerinin (GUI) geliştirilmesinin önünü açmıştır. Bu gelişme, modern interaktif tasarım anlayışının mihenk taşı olarak değerlendirilmektedir.

1980'lerde Xerox PARC ve ardından Apple gibi şirketlerin masaüstü metaforunu geliştirmesiyle birlikte interaktif tasarım, günlük kullanıcıların erişimine daha açık hale gelmiştir. Sadece bu değil, internetin ve mobil teknolojilerin hızlı yükselişi, tasarım süreçlerini daha erişilebilir, adaptif ve esnek kılmıştır. Dijital teknolojilerin yanı sıra, analog dönemden miras alınan tasarım ilkeleri de bugünkü interaktif tasarımın zenginleşmesine katkıda bulunmuştur.

2.3. İnteraktif Tasarımın Kapsamı

İnteraktif tasarım, yalnızca görsel estetikle sınırlı bir süreç değildir; aynı zamanda bilişsel, fiziksel ve duygusal etkileşimleri içeren geniş bir kapsamı bulunmaktadır. Bu disiplin, temel olarak şu unsurları kapsar:

- **Görsel Tasarım:** Kullanıcı arayüzlerinin (UI) görsel elemanlarının, sezgisel bir deneyim sağlamak için düzenlenmesidir. Renk, simge tasarımı ve tipografi gibi öğeler ön plandadır. Örneğin, Norman (2013), "tasarımın görsel sadelik ve kullanım kolaylığı sunarak kullanıcıda güven yaratması gerektiğini" vurgulamaktadır.
- **Kullanıcı Deneyimi Tasarımı (UX):** Kullanıcıların bir ürünle etkileşime geçtiği tüm aşamaları optimize etmeyi amaçlar. Bu süreç, kullanıcı araştırmalarından prototip geliştirmeye kadar geniş bir yelpazeyi kapsar ve bireylerin platformdaki davranışlarını anlamaya odaklanır.
- **Veri Odaklı Tasarım:** Kullanıcı etkileşimlerinden elde edilen verilerin analiz edilmesiyle daha etkili çözümler üretilir. Google Analytics gibi araçlar, kullanıcı hareketlerini ölçümleyerek daha bilinçli tasarım kararları alınmasını sağlar.
- **Teknolojik Entegrasyon:** Yeni nesil teknolojilerin tasarım süreçlerine entegre edilmesi, kullanıcı deneyimini daha yaratıcı ve etkileyici bir hale getirmektedir. Özellikle, artırılmış gerçeklik ve yapay zekâ gibi teknolojiler, kullanıcılarla çok daha kişisel bir bağ kurulmasını sağlamaktadır.

Sonuç olarak, interaktif tasarım, kullanıcı memnuniyetini artırmaya yönelik çok boyutlu bir süreçtir ve tek bir sektöre bağlı kalmadan, farklı bağlamlarda etkili olabilmektedir. Mobil uygulamalardan sağlık sistemlerine, eğitim teknolojilerinden akıllı şehir çözümlerine kadar geniş

bir uygulama alanına sahiptir. İnteraktif tasarımın bu geniş kapsamı, hem tasarımcılar hem de kullanıcılar için sınırsız fırsatlar yaratmaktadır.

3. GÜNÜMÜZ İNTERAKTİF TASARIM YAKLAŞIMLARI

Modern interaktif tasarım yöntemleri, teknolojik yeniliklerin hızla artması ve kullanıcı gereksinimlerinin daha karmaşık hale gelmesiyle katlanarak gelişmektedir. Bu tasarım yöntemleri, kullanıcı odaklı yaklaşımlarla birlikte estetik, işlevsellik ve teknolojik entegrasyonun uyumunu sağlayarak bireysel ve toplumsal ihtiyaçlara cevap verebilecek çözümler sunmayı hedefler. Bu bölümde, günümüzde yaygın olarak benimsenen kritik interaktif tasarım yöntemleri detaylı şekilde inceleyeceğiz.

Kullanıcı Merkezli Tasarım (User-Centered Design)

Kullanıcı merkezli tasarım, tüm tasarım sürecinin odağına bireyin ihtiyaçlarını ve beklentilerini yerleştiren bir yaklaşımdır. Bu tasarım prensibi, kullanıcıdan alınan sürekli geri bildirimlerle tasarım sürecini yönlendirirken, aynı zamanda ürünün kullanıcıda tatmin yaratmasını hedefler. Shneiderman (2022), kullanıcı merkezli tasarımı "kullanıcıların etkileşim sürecinde zorlanmadan, anlamlı ve keyifli deneyimler yaşamasını sağlayan metodolojik bir yaklaşım" olarak tanımlamaktadır. Günümüzde, özellikle e-ticaret platformlarındaki ara yüz tasarımları ve mobil uygulama geliştirme süreçlerinde bu yöntemin etkileri açıkça görülmektedir.

Kullanıcı merkezli tasarımın temel adımları genellikle şunlardan oluşur: kullanıcı araştırmaları, prototipleme, kullanıcı testleri ve yinelemeli (iteratif) geliştirme. Örneğin, Google'ın "Design Sprint" metodolojisi, karmaşık kullanıcı sorunlarını analiz etmek ve çözmek için bu tasarım sürecini hızlandıran etkili bir örnek olarak gösterilebilir. Bu yöntemle, tasarım ekipleri kullanıcıların ihtiyaçlarını daha verimli şekilde

belirleyebilmekte ve kısa sürede optimize edilmiş ürünler ortaya çıkarabilmektedir.

Çevik Yöntemler (Agile Methodologies)

Çevik yöntemler, yazılım geliştirme süreçlerinde ön plana çıkan ve interaktif tasarım süreçlerine de uygulanabilen iteratif bir yaklaşımdır. Bu yöntemin temel avantajı, sürekli geri bildirim döngüleri aracılığıyla hızlı iyileştirmeler yapmayı kolaylaştırmasıdır. Özellikle proje yönetiminde kullanılan Scrum ve Kanban gibi çevik çerçeveler, interaktif tasarımda ekiplerin iş birliğini artırarak, disiplinlerarası çalışmaları desteklemektedir.

Çevik yöntemlerin modern dijital tasarım süreçlerine etkisi oldukça büyüktür. Brown (2019), çevik yöntemlerin "ürün geliştirme süreçlerini hem hızlı hem de kullanıcı merkezli bir yolla tamamlamayı mümkün kıldığını" belirtmiştir. Bu sayede, hem kullanıcı geri bildirimleri daha hızlı şekilde tasarıma entegre edilmekte hem de tasarım süreci daha esnek bir yapıya kavuşmaktadır. Çevik yöntemlerin, iş akışını optimize etmenin yanında ekip içi iletişimi ve iş birliğini güçlendirdiği de gözlemlenmektedir.

Görselliğin Önemi ve Basitlik

Modern interaktif tasarımda, görsellik, kullanıcıların platformla etkileşime geçtiği ilk andan itibaren kritik bir rol oynamaktadır. Görsel hiyerarşi ilkesi, bilgilerin kullanım sırasına ve önemine göre düzenlenmesini sağlayarak, kullanıcılar için sezgisel ve yönlendirici bir deneyim oluşturur. Özellikle minimalist yaklaşımlar, karmaşık bilgilerin veya süreçlerin kullanıcılar tarafından daha kolay anlaşılmasına katkı sağlar. Norman (2013), "görselliğin, birey üzerinde estetik bir ilgi yaratırken aynı zamanda işlevselliği de artırması gerektiğini" vurgulamaktadır.

Görsellikte renk kullanımının akıllıca yapılması, kullanıcıların duyuşsal algısını ve duyuşsal bağıını güçlendirmektedir. Örneğın, mobil uygulamalarda kullanılan mikro etkileşimler, kullanıcıların platformla daha yakın bir bağı kurmasını sağılayan unsurlar arasında yer alır. Ayrıca ikonografi, kullanıcıların bilgiye daha hızlı ve kolay erişmesini sağılar. Tasarım unsurlarında görsel basitliğin ön planda tutulması, kullanıcıların zaman kaybetmeden hedeflerine ulaşmalarını destekler.

Teknolojik Uyumluluk

Teknolojik uyumluluk, özellikle günümüzde çok farklı cihaz ve işletim sistemi ekosistemleri dikkate alındığında, interaktif tasarım için vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Responsive tasarım teknikleri, bir web sitesinin veya dijital platformun ekran boyutlarına ve cihaz türüne göre otomatik olarak uyum sağılayarak, kusursuz bir kullanıcı deneyimi sunar. Önceden tanımlı grid sistemlerine sahip Bootstrap gibi frameworkler, bu süreçte tasarımcıların iş yükünü hafifletmektedir.

Özellikle mobil cihaz kullanımının masaüstü cihazları geçtiğı günümüz ortamında, mobil öncelikli tasarım stratejileri daha fazla önem kazanmaktadır. Ayrıca, "dark mode" (karanlık mod) gibi özellikler, kullanıcıların kişiselleştirilmiş deneyimler yaşamasını desteklemektedir. Tasarımların teknolojik yeniliklerle uyumlu olması, sadece kullanıcı deneyimini artırmakla kalmayıp aynı zamanda sürdürülebilirlik hedeflerine de katkı sağılar.

Hikâyeleştirme (Storytelling) Yöntemleri

Hikâyeleştirme, interaktif tasarım sürecine duyuşsal bir boyut katar ve kullanıcıların tasarımla bağı kurmasını sağılar. Bu yöntem, özellikle reklamcılık ve eğitim platformları gibi alanlarda etkili kullanıcı deneyimleri yaratmak adına yaygın olarak uygulanmaktadır. Digital Storytelling Alliance (2021), "hikâyeleştirmenin, karmaşık bilgilerin

basitleştirilmiş bir anlatı yoluyla daha kolay benimsenmesini sağladığını" belirtmiştir.

Hikâyeleştirme; metin, görsel ve ses unsurlarının uyum içinde kullanılmasıyla güçlenen bir yöntemdir. Örneğin, Adobe'nin "Create Interactive Stories" kampanyası, hikâye anlatımı yöntemlerinin dijital platformlara entegrasyonunda çığır açıcı bir örnek sağlamıştır. Kullanıcıların bir ürün ya da hizmetle arasında duygusal bağ kurması, onların daha uzun süreli etkileşimler içinde bulunmasını sağlamaktadır.

4. TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN İNTERAKTİF TASARIMA ETKİSİ

Teknolojinin hızla ilerlemesi, interaktif tasarım süreçlerinin hem araç gereç bakımından hem de metodoloji açısından dönüşümüne sebep olmuştur. Bu bölümde, farklı teknolojik yeniliklerin interaktif tasarıma olan etkileri ele alınmıştır.

Yapay Zekâ (AI) ve Makine Öğrenimi (ML)

Yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi (ML), interaktif tasarıma yön veren en önemli teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu teknolojiler, kullanıcıyla daha bireysel ve akıllı etkileşimler kurmak için veriyi güçlü bir araç olarak kullanmaktadır. AI, kullanıcı davranışlarını anlamak ve analiz etmek için gelişmiş algoritmalarından faydalanır. Bu analiz sonucunda, bireyselleştirilmiş öneriler sunarak kullanıcı deneyimini optimize eder. Netflix gibi dijital platformların kullanıcı tercihlerini analiz ederek kişisel öneriler sunması, bu sürece örnek teşkil etmektedir. Bu bağlamda, yapay zekâ yalnızca kullanıcı deneyimini geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda kullanıcı memnuniyetinde kayda değer bir artış sağlar.



Görsel 1. Yapay Zekâ (URL 1)

Tasarım süreçlerinde özellikle AI destekli araçların kullanımı büyük bir değişim yaratmıştır. Örneğin, otomatikleştirilmiş prototipleme araçları, tasarımcıların hızlıca kullanıcı odaklı çözümler üretmesine olanak tanır. Makine öğrenimi algoritmaları ayrıca, kullanıcı test sonuçlarını analiz etmede ve tasarım iyileştirme kararlarını almada değerli içgörüler sunar. Brown (2021), "AI'nin kullanıcı etkileşimlerini daha sezgisel hale getirmek için tasarım ekiplerine eşsiz bir fırsat sunduğunu" belirtmiştir.

Daha ileri seviyede, yapay zekâ ile desteklenen chatbotlar ve sanal asistanlar da interaktif tasarımın bir parçası olarak işlev görmektedir. Örneğin, sağlık sektöründe kullanılan sanal asistan sistemleri, kullanıcıların sağlık durumlarını kontrol etmelerini ve bireysel öneriler almalarını sağlamaktadır.

Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR)

Sanal Gerçeklik (Virtual Reality - VR) ve Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality - AR), kullanıcıya eşsiz ve sürükleyici deneyimler sunan teknolojiler arasında yer almaktadır. Özellikle son yıllarda, bu teknolojiler interaktif tasarıma entegre edilerek hem eğlence hem de eğitim alanlarında yeni perspektifler yaratmıştır. Örneğin, VR gözlükleri sayesinde kullanıcılar bir mekâna fiziksel olarak gitmeden o alanda bulunuyormuş gibi hissetmektedir. Bu durum, özellikle mimarlık

projelerinde müşteriye son ürünün nasıl görüneceğini göstermek için etkili bir araç haline gelmiştir.



Görsel 2. VR sistem (URL 2)

Artırılmış gerçeklik ise, fiziksel dünya ile dijital içeriğin bir araya geldiği bir metot olarak bilinir. IKEA'nın mobil uygulaması, kullanıcıların mobilyaları odalarının içinde sanal olarak yerleştirebilmesine imkân tanımaktadır. Bu, kullanıcıların satın alma kararlarını desteklemek amacıyla geliştirilmiş yaratıcı bir interaktif tasarım örneğidir (Wilson, 2022).



Görsel 3. AR Sistem (URL 3)

Eğitim ve sağlık alanlarında da bu teknolojilerin etkisi büyüktür. Tıp öğrencileri için sunulan VR simülasyonları, ameliyat pratiği yapma gibi yüksek risk içeren eğitimleri daha güvenli bir ortamda gerçekleştirme imkânı sağlar. AR ise, sağlık çalışanlarına gerçek zamanlı bilgi sağlayarak daha hızlı ve doğru kararlar almasına yardımcı olur.

Gelecekte VR ve AR teknolojilerinin artan uygulamaları göz önüne alındığında, bu teknolojilerin interaktif tasarımdaki etkisinin giderek büyüyeceği öngörülmektedir. Bu durum, kullanıcı ile tasarım arasındaki sınırların kaldırılmasını sağlayarak daha etkili ve bireysel odaklı deneyimler yaratacaktır.

Bulut Teknolojileri ve IoT (Nesnelerin İnterneti)

Bulut teknolojileri ve Nesnelerin İnterneti (IoT), interaktif tasarım süreçlerinin ölçeklenebilirlik ve erişilebilirlik yönlerini genişleten iki önemli etken olarak öne çıkmaktadır. Bulut tabanlı platformlar sayesinde kullanıcılar, herhangi bir cihazdan ve lokasyondan içeriklere erişim sağlayarak daha esnek ve kesintisiz bir deneyim yaşamaktadır. Örneğin, Google Drive ve Dropbox gibi bulut hizmetleri, kullanıcıların belgelerini düzenlemesi, paylaşması ve eş zamanlı olarak başkalarıyla çalışması için güvenilir ve erişilebilir bir altyapı sunmaktadır (Smith, 2019).



Görsel 4. Bulut sistem (URL 4)

IoT ise, cihazlar arasında bağlantıyı sağlayarak daha etkileşimli bir çevre oluşturur. Akıllı ev sistemleri buna iyi bir örnek teşkil eder. Örneğin, IoT destekli bir termostat, kullanıcıların davranışlarını öğrenerek oda sıcaklığını otomatik olarak ayarlayabilir. Bu durum, hem enerji tasarrufu sağlamakta hem de kullanıcı deneyimini özelleştirmektedir.

İnteraktif tasarım açısından, IoT aynı zamanda çoklu cihaz kullanıcı deneyimlerini birleştirerek kompleks sistemlerin tasarımında yeni bir çağ başlatmıştır. Bir akıllı ev ekosisteminde, kullanıcıların telefonlarından garaj kapısını açabilmesi veya televizyon ekranında bir alarm sistemiyle entegrasyona geçebilmesi, bu teknolojilerin interaktif tasarım süreçlerine entegrasyonunun büyüklüğünü gösterir (Brown, 2021).



Görsel 5. Iot sistem (URL-5)

Bulut teknolojileri ve IoT'nin gelecekteki etkileri göz önünde bulundurulduğunda, daha kişisel, sürekli ve bağlantılı kullanıcı deneyimlerinin yaratılacağı tasarım çözümleri beklenmektedir. Bu yenilikler, sadece bireysel kullanıcıları değil, aynı zamanda iş dünyası ve toplumu da dönüştürme potansiyeline sahiptir.

Büyük Veri ve Kullanıcı Analitiği

Günümüz dijital dünyasında büyük veri (Big Data), interaktif tasarım süreçlerini dönüştüren temel bileşenlerden biridir. Platformlarda kullanıcıların oluşturduğu davranış modelleri, tercihler ve geçmiş etkileşimler analiz edilerek kullanıcı odaklı tasarım süreçlerini destekleyen değerli içgörüler elde edilmektedir. Chen ve diğerleri (2020), büyük verinin kullanıcı eğilimlerini doğru şekilde analiz ederek bireyselleştirilmiş deneyimler sunmada kritik öneme sahip olduğunu belirtmektedir.

Kullanıcı analitiği araçları, örneğin Google Analytics, Hotjar gibi uygulamalar, interaktif tasarım ekiplerine ürünlerinin hangi alanlarının etkileşim aldığını, kullanıcıların hangi noktalarda sorun yaşadığını ayrıntılı bir şekilde sunar. Bu veriler, tasarım süreçlerinin optimize edilmesi ve daha etkili kullanıcı deneyimlerinin oluşturulması adına stratejik kararların alınmasını sağlar.

Büyük veri ayrıca, pazarlama stratejilerinden sağlık uygulamalarına kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır. Örneğin, online alışveriş platformları kullanıcıların geçmiş satın alma alışkanlıklarını analiz ederek kişisel alışveriş önerileri sunmaktadır. Bu, kullanıcıların zaman kazanması ve ihtiyaçlarına hızlı çözümler sağlanması açısından büyük bir avantaj sunar.

Büyük veri ve kullanıcı analitiği, yalnızca bugünkü interaktif tasarım süreçlerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda ileride daha yenilikçi ve sezgisel kullanıcı deneyimlerinin önünü açar. Gelecekte, büyük veriyle desteklenen tasarım kararlarının daha kişisel, tahmine dayalı ve proaktif deneyimler yaratacağı öngörülmektedir.

Sesli ve Dokunsal Arayüzler

Sesli komut sistemleri ve dokunsal geri bildirim arayüzleri, kullanıcılarla daha doğal ve sezgisel bir etkileşim sağlamak amacıyla geliştirilen yenilikçi teknolojilerdir. Özellikle Amazon Alexa, Google Assistant gibi sesli asistan çözümleri, kullanıcıların akıllı cihazlarla daha hızlı ve kolay iletişim kurabilmesini mümkün kılmaktadır. Sesli arayüzler, etkileşim tasarımına yalnızca bir kullanım kolaylığı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda engelli bireyler için erişilebilirlik standartlarını yükselten bir araç sunar (Liu, 2022).



Görsel 6. Dokunmatik ekran (URL-6)

Dokunsal geri bildirim ise, kullanıcıya fiziksel olarak hissedebileceği bir deneyim sunarak cihaz kullanıcı etkileşimini güçlendiren önemli bir inovasyon alanıdır. Dokunsal ekranlar, özellikle mobil cihazlarda ve akıllı saatlerde oldukça yaygındır. Örneğin, Apple'ın "Haptic Touch" özelliği, kullanıcıların cihazla yaptıkları her işlemi daha duyuşsal bir deneyime dönüştürmektedir.

Gelecekte, sesli asistanların duygu algılama yeteneklerinin artması ve dokunsal geri bildirimlerin daha sofistike hale gelmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, daha doğal ve bireyselleştirilmiş kullanıcı deneyimlerini destekleyen interaktif tasarım çözümlerini mümkün kılacaktır. Bu tür teknolojiler, eğitimden sağlığa birçok sektörde yeni fırsatlar yaratmak üzere kullanılmaya devam edecektir.

5. KULLANICI DENEYİMİ VE İNTERAKTİF TASARIM İLİŞKİSİ

Kullanıcı deneyimi (UX) ve interaktif tasarım, çağdaş dijital dünyada birbirleriyle kopmaz bir bağ içinde olan iki temel kavramdır. Kullanıcı deneyimi, bir ürün ya da hizmetin bireylerle olan etkileşimlerinden doğan memnuniyet ve algı süreçlerini kapsarken; interaktif tasarım, bu sürecin pratiğe döküldüğü mekanizmaları planlar ve geliştirir. Bu iki alan, kullanıcı merkezli bir yaklaşımın temel taşlarını oluşturarak kullanıcıların ihtiyaçlarını en etkin biçimde karşılamayı hedefler.

Kullanıcı Deneyiminin Temel Unsurları

Kullanıcı deneyimi, çok boyutlu bir süreçtir ve başarılı bir UX tasarımı için bir dizi kritik unsur göz önünde bulundurulmalıdır. Bu unsurlar hem ürünün kullanıcılar için değerini artırır hem de sadakat oluşturarak uzun vadede marka başarısına katkı sağlar:

1. Kullanılabilirlik: Kullanılabilirlik, kullanıcı deneyimi tasarımındaki en temel gerekliliktir. Bir tasarımın açık, anlaşılır ve işlevsel olması kullanıcıların hedeflerine zahmetsizce ulaşmalarını sağlar. Örneğin, bir navigasyon menüsünün mantıksal bir sıralamada düzenlenmiş olması, kullanıcının içerik arama sırasında karşılaşılabileceği zorlukları en aza indirir. Jakob Nielsen'in kullanılabilirlik ilkelerine göre, etkin bir tasarım, parola kurtarma gibi sık karşılaşılan sorunlarda bile kullanıcıyı yönlendirme açısından net olmalı ve her adımda geribildirim sağlamalıdır ([Nielsen, 1995).

2. Erişilebilirlik: Erişilebilirlik, UX tasarımı sürecinde eşitliği sağlamaya yönelik bir girişimdir. Farklı yeteneklere ve sınırlamalara sahip tüm bireylerin tasarımı etkili bir şekilde kullanmasını sağlamak, modern tasarım dünyasında etik bir sorumluluktur. Örneğin, bir web sitesinde ekran okuyucu uyumlu metin etiketlerinin bulunması ya da kontrast ayarlarının görme engelli bireyler için optimize edilmesi erişilebilirliği artırır. Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri içinde de erişilebilirlik konusu kritik bir öneme sahiptir (UN, 2015).

3. Kişiselleştirme: Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte kullanıcılar, kendi ihtiyaçlarına özel bir şekilde adapte olmuş sistemlerden faydalanmayı beklemektedir. Kişiselleştirme, kullanıcıların hizmetle daha güçlü duygusal bağlar kurmalarını sağlar. Örneğin, Netflix'in kullanıcı tercihlerini analiz ederek kişiselleştirilmiş öneriler sunması, bu tür bir stratejinin başarılı bir uygulamasıdır. Araştırmalara göre kişiselleştirilmiş

öneriler, tüketicilerin satın alma kararlarını %75 oranında etkileyebilmektedir (Accenture, 2018).

4. Duygusal Bağlantı: Bir ürünün sadece işlevsel olması yeterli değildir; aynı zamanda kullanıcıyla güçlü bir duygusal bağ kurması da gerekir. Duygusal bağlantının sağlanması, kullanıcıların marka sadakatini artırır ve tekrar kullanım olasılığını yükseltir. Örneğin, Apple'ın kullanıcı dostu tasarımları, minimalist estetik anlayışı ve ürünlerin "hikaye anlatımı" üzerine kurulu pazarlama stratejileri, müşteri bağlılığı oluşturmanın temel bir örneği olarak değerlendirilebilir (Aaker, 1997).

İnteraktif tasarım olmadan kullanıcı deneyiminden bahsetmek mümkün değilken, kullanıcı deneyimi olmadan da interaktif tasarım işlevselliğini yitirecektir. İkisinin bu sinerjik ilişkisi, gelecek trendleri anlamak açısından da büyük önem taşır.

6. GELECEĞİN İNTERAKTİF TASARIM TRENDLERİ

Teknolojinin evrimi ve kullanıcı davranışlarındaki değişimler, interaktif tasarımın gelecekte daha da dinamik bir yapı kazanacağını göstermektedir.

Yapay Zekâ ve Tahmine Dayalı Tasarım

Yapay zekâ, interaktif tasarım sürecinde devrim yaratmaya devam edecektir. Özellikle tahmine dayalı tasarım yaklaşımları, kullanıcı deneyimini optimize etme amacı ile ön plana çıkmaktadır. Yapay zekâ, kullanıcı deneyimini doğru bir şekilde anlamak ve gelecekteki kullanıcı davranışlarını öngörmek için büyük veri ve makine öğrenimi algoritmalarını kullanmaktadır. Örneğin, yapay zekâ tabanlı öneri algoritmaları, kullanıcıların önceki alışveriş ve arama davranışlarına dayanarak, gelecekte ihtiyaç duyabilecekleri hizmeti veya ürünü sunabilir. Bir diğer örnekte, Spotify gibi platformlar, dinleme geçmişine dayanarak kullanıcıların müzik zevklerini anlayan ve uygun playlist önerileri yapan ileri tahmine dayalı sistemler kullanmaktadır.

Bunun ötesinde, gelecekte yapay zekâ destekli tasarım sistemleri, gerçek zamanlı uygulamalar üzerinden kullanıcı deneyimini sürekli olarak adapte edebilir. Bu kişiselleştirmeler, sadece bireysel ihtiyaçlara yönelik değil, aynı zamanda sosyal bağlamlara ve çevresel faktörlere de uyabilir hale gelecektir.

Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR)

Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojilerindeki gelişmeler, interaktif tasarımın en hızlı ilerleme kaydedeceği alanlardan biridir. AR ve VR, kullanıcı deneyimlerini fiziksel ve dijital dünyaların kesişiminde yeniden tanımlar. Eğitim sektöründe, sanal gerçeklik sayesinde öğrenciler, laboratuvar koşullarını simüle ederek belirli bir deneyimi sahada gerçekleştirme olanaklarına erişebilir. Örneğin, Google Expeditions uygulaması, öğrencilerin dünya üzerindeki tarihi mekanları sanal olarak gezmelerini sağlamaktadır.

Alışveriş sektöründe ise AR, ürünlerin sanal olarak denenmesi için yeni olanaklar sunmaktadır. Büyük markaların AR teknolojisini entegre ederek hem mağaza içinde hem de çevrimiçi ortamda müşterilere daha etkili bir geri dönüş sağladığı gözlemlenmektedir. Bu teknolojiler, kullanıcıların alışveriş deneyimlerini kişiselleştirerek kolaylaştırmayı vaat etmektedir.

Sesli Arayüzler ve Doğal Dil İşleme

Sesli arayüzler, kullanıcıların dijital cihazlarla etkileşim kurma yöntemlerini dönüştürmeye devam etmektedir. Google Assistant, Alexa ve Siri gibi platformlar, sesli komut tabanlı kullanıcı deneyimini geliştirmekte ve standart hale getirmektedir. Ancak, gelecekte bu teknolojilerin "doğal dil işleme" süreçlerinde insan benzeri bir etkileşim seviyesi yakalayacağı düşünülmektedir.

Özellikle doğal dil işleme (NLP) alanındaki yeni algoritmalar, kullanıcı ile cihaz arasında daha derin ve etkili bir bağ kurulmasına olanak

sağlamaktadır. Kullanıcıların konuşma alışkanlıklarını ve dil dinamiklerini anlamada uzmanlaşan bu sistemler, ayrıca duygusal analiz yeteneğiyle etkileşimi kişiselleştirebilir. Bu durum, yalnızca bireysel kullanıcı deneyimi için değil, aynı zamanda müşteri hizmetleri gibi profesyonel alanlarda da büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Sürdürülebilirlik Odaklı Tasarım

Dijital dünyada sürdürülebilirlik, interaktif tasarımın geleceğinde giderek daha önemli bir yere sahip olmaktadır. Çevresel kaygılar doğrultusunda, enerji verimliliği yüksek, karbon ayak izi düşük tasarımlar ön plana çıkmaktadır. Örneğin, yazılım geliştirme süreçlerinde enerji yakıt tüketimini azaltmaya yönelik çalışmalar artış göstermektedir. Bunların içerisinde, düşük enerji tüketimli yazılım altyapıları ve çevrimdışı kullanılabilir modlar mevcuttur.

Ek olarak, fiziksel ürün tasarımlarında geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, çevreye duyarlı bir tasarım anlayışını mümkün kılmaktadır. Teknolojik inovasyon süreçlerinde bu yaklaşımlar, şirketlerin kurumsal sosyal sorumluluk hedeflerini yerine getirme yolunda bir adım olarak değerlendirilmektedir.

İnsan-Bilgisayar Arayüzünde Yeni Paradigmalar

İnsan-bilgisayar etkileşiminde yeni dönem yaklaşımları, interaktif tasarımda devrim yaratmaktadır. Dokunmatik ekranların ötesine geçen yenilikçi çözümler, beyin-makine arayüzlerini (Brain-Computer Interface - BCI) kapsamaktadır. BCI'nin kullanıcı ile cihaz arasında doğrudan iletişim sağlaması, tasarım süreçlerinde sezgisel ve doğrudan bir etkileşim yaratmayı hedeflemektedir. Tıp sektöründe, özellikle engelli bireylerin protezlerini bir zihin bağlantısıyla kontrol etmelerine olanak tanıyan bu arayüzler, yalnızca bu sektörde değil, aynı zamanda günlük yaşamda da radikal değişiklikler yaratabilir.

Sonuç olarak, interaktif tasarımın geleceği, teknolojinin yenilikçi uygulamalarını kullanıcıların kişisel ihtiyaçlarına uyarlayan bir yapı sunmaktadır. Bu trendler, yalnızca kullanıcının dijital teknolojilere uyum sağlamasını kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda yaşam tarzlarında değişiklik yapmalarını sağlayacak şekilde hayatlarına entegre olur. İnteraktif tasarım alanındaki bu güçlü gelişmeler, sektör dinamiklerini etkileyerek bireysel ve toplumsal boyutları bir arada ele alan yenilikçi çözümler sunma potansiyeline sahiptir.

7. SONUÇ

İnteraktif tasarım, çağdaş dijital ekosistemin dinamik ve dönüştürücü bir bileşeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, interaktif tasarımın tarihsel evrimini, güncel metodolojilerini ve geleceğe dönük potansiyellerini kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Disiplinin çok katmanlı doğası, teknolojik yeniliklerle insan deneyimi arasındaki hassas dengede kendini göstermektedir.

İnteraktif tasarımın salt teknik bir alan olmadığını, aksine sosyo-kültürel dönüşümlerin önemli bir aracı olduğunu ortadadır. Yapay zekâ, artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti ve büyük veri analitiği gibi teknolojik paradigmlar, tasarım süreçlerini radikal bir şekilde yeniden tanımlamaktadır. Bu teknolojik entegrasyon, kullanıcı deneyimini daha kişiselleştirilmiş, sezgisel ve erişilebilir kılmaktadır.

Kullanıcı merkezli tasarım yaklaşımları, çevik geliştirme stratejileri ve hikâyeleştirme teknikleri, interaktif tasarımın geleceğine yön veren temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımlar, teknolojik yenilikleri insan ihtiyaçlarıyla uyumlu hale getirerek, daha kapsayıcı ve anlamlı dijital deneyimler yaratmayı hedeflemektedir.

Gelecek perspektifinden bakıldığında, interaktif tasarımın üç temel eğilim etrafında şekilleneceği öngörülmektedir:

1. Yapay Zekâ Destekli Tahmine Dayalı Tasarımlar: Kullanıcı davranışlarını önceden anlama ve kişiselleştirilmiş deneyimler sunma potansiyeli
2. Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri: Fiziksel ve dijital dünyaların sınırlarını bulanıklaştıran immersif deneyimler
3. Sürdürülebilirlik Odaklı Tasarım Yaklaşımları: Çevresel ve sosyal etkileri dikkate alan, etik değerlere bağlı tasarım stratejileri

Disiplinin akademik ve pratik boyutları düşünüldüğünde, interaktif tasarımcıların rolü giderek daha kompleks ve çok boyutlu hale gelmektedir. Teknolojik yetkinliklerin yanı sıra, sosyal bilimlere dair derinlikli bir anlayış, psikolojik öngörüler ve etik farkındalık da kritik öneme sahip olacaktır.

Sonuç olarak, interaktif tasarım yalnızca bir teknoloji alanı değil, aynı zamanda insan deneyimini şekillendiren, toplumsal dönüşümlere katkı sağlayan stratejik bir disiplindir. Geleceğin tasarımcıları, teknolojiyi insani değerlerle uyumlu kılarak, daha kapsayıcı, sürdürülebilir ve anlamlı dijital ekosistemler inşa edebileceklerdir.

KAYNAKÇA

- Aaker, D. A. (1997). Dimensions of brand personality. *Journal of Marketing Research*.
- Accenture (2018). "Personalized Experiences, Profitable Outcomes." Accenture Reports.
- Brown, T. (2019). *Change by Design: How Design Thinking Creates New Alternatives for Business and Society*. Harper Business.
- Brown, T. (2021). *AI Design Revolution: Harnessing Artificial Intelligence in the Creative Process*. Princeton University Press.
- Chen, H., Chiang, R. H., & Storey, V. C. (2020). Big Data in Design: Generating Insights for Personalized User Experiences. *Journal of Big Data*, 7(14), 1-20.
- Digital Storytelling Alliance. (2021). *The Power of Storytelling in Interactive Design*. Alliance Press.
- Jakob Nielsen (1995). "Usability Engineering." Academic Press.
- Kay, A. (1977). Personal Dynamic Media. *Computer Science Literature*, 20(3), 23-29.
- Liu, Y. (2022). *Voice Interfaces and Accessibility: A New Horizon for Inclusive Design*. Wiley.
- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books.
- Shneiderman, B. (2022). *Human-Computer Interaction: Strategies for Excellence and Innovation*. Pearson Publications.
- United Nations (2015). "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development."
- URL-1: <https://www.digimondi.com/tr-TR/blog/yapay-zeka-ve-makine-ogreniminin-gelecegi>
- URL-2: <https://discovereyecare.com/wp-content/uploads/2024/01/Is-Virtual-Reality-VR-Bad-for-Your-Eyes-Hero-1-768x504.jpg>
- URL-3: <https://ioturkiye.com/wp-content/uploads/2022/10/Augmented-Reality.png>

- URL-4: <https://www.isnet.net.tr/blogicerik/bulut-bilisim-nedir-faydalari-nedir-isnet-blog>
- URL-5: <http://inovaenerji.com/2024/04/27/iot-sistemler/>
- URL-6: <https://prodisplay.com/touch-screens/interactive-screens/touch-table/>
- Xerox PARC. (1980). The Development of Desktop Metaphor Interfaces. HCI Archives.

BÖLÜM 2

GELECEĞİN TASARIM YAKLAŞIMLARI: TEKNOLOJİ, SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE İNSAN-MERKEZLİ İNOVASYONLAR

Dr. Öğr. Üyesi Taner AŞÇI¹

GİRİŞ

Tasarım, çağlar boyunca insan yaşamının merkezinde yer almış, her yeni dönemde teknolojik, kültürel ve sosyal değişimlerle yeniden şekillenmiştir. Özellikle 21. yüzyılın ikinci yarısına yaklaşırken, teknolojik yenilikler, sürdürülebilirlik kaygıları ve insan-merkezli yaklaşımlar, tasarım dünyasında köklü değişikliklere neden olmaktadır. Ancak bugünün teknolojisini doğru anlamak ve getirdiği olanakları keşfedebilmek için öncelikle yakın tarihte tasarım süreçlerinin nasıl işlediğini ve toplumsal hayata nasıl etki ettiğini anlamak gerekmektedir.

18.yy'ın başlarında birinci sanayi devrimi hissedilirken tasarımcılar tasarımlarını elle üretmekte, bu durum zaman ve maliyet problemlerini ortaya çıkarmaktaydı. Genişleyen toplumlar ve artan nüfusun ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanması noktasında sanatçı ve tasarımcıların özgün ürünlerinin yetersiz kalması, medeniyetleri

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Mail: tanerasci@aybu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5452-2670

endüstriyel olarak yeni devrimler gerçekleştirmeye itmiştir. Birbirini tetikleyen unsurlar olarak tasarım ve teknoloji kavramları, tasarım için teknolojiyi, teknoloji için ise tasarımı besleyen bir döngüyü merkeze alan gelişim sürecinin anahtar kelimeleri olarak benimsenmiştir. Geçmişte iş süreçlerini kısaltmaya ve zamandan ve mekândan tasarruf etmeye yönelik olarak icat edilen basit makinaları destekleyecek şekilde mekanizasyonu temel alan buharlı sistemler medeniyetin gelişmesinde önemli bir basamağı teşkil ederken, tasarım ve teknolojiye elektrik, elektromekanik, otomasyon, bilgisayar, yazılım ve bilişim, internet vb devrimlerle tepkisel bir momentum elde edilmiştir. İlk endüstriyel devrim için 18 yy çabalayan insanoğlu, 2. endüstriyel devrim için 1 yy. dahi beklemeden elektrikli makineler ve kitle üretimine uygun üretim tesisleri ile yepyeni bir devrin kapılarını aralamayı başarmıştı. Elektronik, bilgisayar sistemleri ve otomasyonun etkisi ile yepyeni bir yüzyıla göz kırılırken, internet ve makine haberleşmesinin merkezde yer aldığı 4. endüstriyel devrim yarım yüzyıl sürebilen 3. endüstriyel devrimi sonlandırmayı başarmış ve tasarım ve teknolojiye bambaşka bir boyut kazandırmıştır. Tüm bu süreçlerin yaşanmasında tasarım teknolojiyi desteklerken teknoloji de tasarıma yeni alanlar açmıştır.

Sanat ve tasarımda gerçekleşen gelişimin endüstriyel devrimlerden bağımsız olarak değerlendirilmesi düşünülemez. Her endüstriyel devrim tasarım ve imalatta insan etkisini biraz daha zayıflatırken, insana dair tüm bileşenlere ait detaylara daha fazla odaklanabilmiştir. Özel hedef gruplar için yapılan tasarım faaliyetleri önemli araştırma ve analiz faaliyetlerini kapsarken, büyük veri tabanları ve internet destekli yapay zekâ, bu analiz ve araştırma süreçlerini dramatik şekilde kısaltmayı başarmıştır. Diğer bir deyişle insana özgü olan sanatsal ve tasarım faaliyetleri Endüstri 4.0 devriminin de temel unsuru olan yapay zekâ eliyle tecrübe edilmektedir. Tasarımda hâlihazırda güçlü bir dijital

dönüşüm yaşanırken, giderek dijital mecralara kayan sanatsal çalışmalar ise “Dijital Sanatlar” kavramını görünür kılmaktadır. Bu durumun sanat ve tasarımı ne kadar ele geçireceğini görmek için ise çeyrek asır dahi beklemeye gerek kalmayacağı söylenebilir.

Bu çalışmada, geleceğin sanat ve tasarım yaklaşımlarını anlamak amacıyla, öne çıkan başlıca eğilimler, metodolojiler ve tasarım stratejileri akademik bir perspektifle incelenmektedir. Örnek eser ve tasarımların incelenmesi sayesinde günümüzün ve geleceğin tasarım metotlarını keşfetmeye yönelik değerlendirmelerde bulunulacaktır.

1. TASARIMDA TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜM: DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKÂ

Tasarım insana özgü “tasarlamak” eylemini ve bu eylemin sonucunu temsil eden “eş sesli” bir kavramdır. Her ne kadar bu yetenek insana özgü olsa da bu eylem yeryüzündeki her tür canlı için tasarımlar ortaya koymayı amaçlar. İnsan bir bitkinin yaşamını kolaylaştırmak için de bir hayvanın sağlıklı olarak var olabilmesi için de tasarlar ve üretir. Ancak doğal olarak insan temelde insan için tasarımlar yapar. Bunun etik, estetik, psikolojik, ekonomik, sosyolojik vb. birçok sebebi vardır. Çıkış noktası her ne olursa olsun benzer aşamaları kat ederek gerçekleştirilen tasarım faaliyetleri günümüzde gelişen tasarım araçları ve teknoloji ile adeta bir “metamorfoz” yaşamaktadır. Sanayi devrimleri boyunca benzer süreçleri bünyesinde barındıran tasarım eylemi 21.yy’ın ilk çeyreğinde yapay zekânın beraberinde getirdiği yıkıcı etkinin tesirini hissetmeye başlamıştır. Bu bölümde tasarım faaliyetlerinde yaşanan teknolojik dönüşüm maddeler halinde incelenmektedir.

1.1. Dijital Araçlar ve Platformlar

Geleceğin tasarım dünyasında dijitalleşmenin rolü giderek artmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarından artırılmış

gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) platformlarına kadar, dijital araçlar tasarım süreçlerini hızlandırmakta ve tasarımcıların fiziksel sınırlamalardan bağımsız bir biçimde çalışmasına olanak tanımaktadır. Ticari olarak hazırlanmış olan 3D Max, Maya, Blender, Rhino, SolidWorks, AutoCAD gibi tasarım araçları her yeni sürümlerinde tasarımcının işini kolaylaştıracak bileşenleri uygulamaya almaktadırlar. Özellikle mimarlık ve endüstri ürünleri tasarımında dijital modeller, prototip sürecini kısaltarak ürün geliştirme sürecini optimize etmektedir. CAD programlarının geldiği süreçte ürünün bitmiş modellemelerinin Render (İşleme, gerçekleştirme) ile malzeme, ışık, kamera ve diğer tüm detayları da içerecek şekilde fotoğraflık görüntü ile sunabilmesi tasarımcı ile kullanıcı arasındaki etkileşimi azami seviyeye çıkarmakta ve tasarımda gerçekliği desteklemektedir. CAD programı ile hazırlanan bir modelin son işlem olarak render ile yüksek çözünürlük ve gerçeklikte ürüne dönüşmesi ayrıca bir iletişim dili olarak tasarımcı-kullanıcı-üretici ekseninde yer almaktadır.

Bir sonraki adım olarak CAD modellerinin fiziki gerçeklikle işlenmesi, tasarım eyleminin tarafları arasında kurulan özgün iletişime boyut kazandırmaktadır. AR uygulamaları CAD modellerinin fiziki evrende uygulanabilmesine olanak sağlarken VR uygulamaları ise tasarımcının ve kullanıcının hayal gücünün sınırlarını zorlayacak şekilde sanal bir evrende tasarımların işlev ve kullanım senaryolarını zenginleştirmektedir. CG (Computer Graphics) evrende hazırlanan tasarımlar zaman, mekân ve maliyet kolaylıkları sağlarken, tasarımcıya da seçenek özgürlüğü sunmaktadır.

CG evrende hazırlanan modeller için hazırlanan ara yazılımlar tasarım sürecini “herkes için tasarım” felsefesine yaklaştırmayı başarmıştır. Öyle ki profesyonel bir tasarımcıya ihtiyaç olmaksızın temel parametrelerin girilmesiyle üst seviye ürünleri modelleyebilen yazılımlar

beraberinde AR destekli görüntü sunabilmektedir. Ticari olarak hazırlanan bu yazılımlar geleceğin tasarım araçları hakkında fikir verme noktasında nitelikli bir örnek işlevi görmektedir. Başka bir deyişle ticari markaların kendi ürünlerini yeniden modellemek ya da var olan kombinasyonları birlikte uygulamak amacıyla hazırlattıkları yazılımların gelecekte cep telefonları kanalı ile dahi çalışabilen pratik uygulamalara dönüşmesi beklenebilir. Bununla birlikte sanatçı ve tasarımcıları daha derinden etkileyebilecek potansiyele sahip bir diğer teknolojik devrim ise yapay zekâ uygulamalarıdır.

1.2. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi

Yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi (ML), tasarım dünyasında devrim yaratabilecek iki önemli teknolojidir. AI, yalnızca rutin tasarım süreçlerini otomatikleştirmekle kalmayıp, aynı zamanda veri analizine dayalı tasarım kararlarını optimize ederek daha verimli ve kullanıcı odaklı ürünler geliştirilmesine olanak tanır. Örneğin, parametreye dayalı tasarım (parametric design) kullanarak AI algoritmaları, hem estetik hem de işlevselliği bir arada barındıran tasarım alternatifleri üretebilmektedir. Giderek insan zekâsına daha fazla benzemeye başlayan ve elde ettiği sonuçlarla etkileyici çıktılar üretebilen AI uygulamaları teknolojik tasarım araçları için dahi bir sonun başlangıcını temsil edecek potansiyele sahiptir. İnsan makine iletişimini temel alan tasarım yazılımları – şimdilik – insan yapay zekâ iletişimini esas alan bambaşka bir boyuta taşımaktadır. “Prompt” adı verilen talimatlara göre sonuçlar türeten AI uygulamaları bu sonuçlar üzerinde de modifikasyon yapmaya olanak tanımaktadır. Mantıksal yorumlamaları ve düzeltmeleri de sürece dâhil ederek sanatçı ve tasarımcıya kolaylık sağlamaktadır.

AI uygulamaları kullanıcı tarafından prompt aracılığıyla sunulan parametreleri kendi kütüphanesi ile yorumlayarak çıktıya dönüştürebilmekte ve alternatifler üretebilmektedir. Görsel 1’de bir AI

yazılımına girilen prompt ile elde edilen sanatsal bir çalışma görülmektedir.



Görsel 1. Yapay Zekâ İle Hazırlanan Kurgu Görsel (Dall-E)

Görsel 1’de yer alan görselin bir AI yazılımında hazırlanabilmesi için temel parametrelerin uygulamaya tanıtılması gerekmektedir. Bu amaçla hazırlanan prompt aşağıdaki şekildedir.

“Duvarlarında erimekte olan duvar saatleri bulunan bir odada, masasında hüznle oturarak düşünen yaşlı bir adam ile karşısında yanan bir soba. Hüznü bir anı resmeden görselde eskimiş eşyalar ve dağınık bir oda görüntüsü”

Hazırlanan prompt ile elde edilen görüntünün yüksek oranda eşleştiği ve görüntü kalitesinin ise oldukça yüksek seviyede olduğu göze çarpmaktadır. Elde edilen görsel kalitesine etki eden en önemli unsur girilen parametrelerdir. Bu noktada prompt girişlerinde ne kadar fazla detaya yer verilirse o kadar etkili ve gerçekçi görüntünün elde edilmesi de mümkün olabilmektedir.

AI uygulamaları parametrelerin tanımlanmasıyla elde edilen içerik üzerinde modifikasyon yapılmasına da olanak tanımaktadır. Bu maksatla

üzerinde değişiklik yapılması beklenen element içerik üzerinde işaretlendikten sonra yapılmak istenen değişiklik yine bir parametre olarak tanımlanır. Bu sayede AI ile elde edilen içerikler yeniden düzenlenebilmekte ve istenen tasarımlara daha yakın görüntü elde edilebilmektedir. Görsel 2’de daha önce Görsel 1’de üretilen içerik üzerinde değişiklikler yapılarak yeniden üretilmesiyle elde edilen görsele yer verilmektedir.



Görsel 2. Üzerinde Modifikasyon Yapılan Görsel

Yeniden işlenen ve Görsel 2’de yer verilen görselde Görsel 1’den farklı olarak zemindeki sandalye kaldırılmış ve masada oturan şahsın saçları uzatılmıştır.

Prompt girişi sonucunda elde edilen görüntünün hangi stilde resmedilmesi gerektiği de bir parametre olarak tanımlanabilmektedir. En temel hali ile sunulan parametreler gerçeğe en yakın görüntü ile sunulabilirken stillerde değişiklik de yapılabilmektedir.



Görsel 3. Prompt Girişi Yapılan Görselin Suluboya (A) Ve Çizgi Roman (B) Stillerindeki Görünümleri

Sanat alanında oldukça başarılı tasarımlar sunan AI uygulamaları ürün tasarımında ve endüstriyel boyutta da bu başarısını sergileyebilmektedir. Tasarımcı yaklaşımı ile temel beklentilerin birer parametre olarak promptlar aracılığıyla AI yazılımına girilmesi vasıtasıyla render'ı alınmış CG evrende hazırlanmış tasarımlar kalitesinde görüntüler sunabilmektedir. Görsel 4'de AI yazılımı ile hazırlanan (Dall-E) kahve makinesi modeli görülmektedir.



Görsel 4. AI Yazılımı İle Elde Edilen Ürün Tasarımı Modeli – Kahve Makinesi (Dall-E)

Görselde görülen endüstriyel ürünün hazırlanması için temel parametreleri barındıran prompt örneği şu şekildedir:

“Yeni nesil, mat siyah renkli, sıradışı forma sahip, basit UI sunan, ofis ortamında kullanılacak, estetik bir kahve makinesi”

Girilen prompt kapsamında tanımlanan parametreler ile elde edilen görselin büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Sanat alanında olduğu gibi endüstriyel ürünlere ait görsellerin de farklı stillerde hazırlanması mümkündür. Görsel 5’de aynı ürüne ait farklı stillerde hazırlanan görsellere yer verilmektedir. Görsel 5’de de görüleceği üzere hazırlanan ürün üzerinde birçok parametre yeniden işlenebilmekte ve görsel modifiye edilebilmektedir.



Görsel 5. AI Yazılımının Ürün Tasarımında Stil Desteği İle Farklı Renkte (A), Farklı Açıdan (B) ve 3D Görselini (C) Oluşturma

Ürün tasarımının önemli aşamalarından olan eskiz çizimlerini yine AI ile elde etmek mümkündür. Görsel 6’da AI destekli eskiz çizim örneği görülmektedir.



Görsel 6. AI Destekli Eskiz Çizim Örneği

AI yazılımları günümüzde geldiği aşamada bir tasarımcının elde etmeyi planladığı ürüne dair önemli çıktılar sağlayabilmektedir. Bu durum sanat ve tasarım alanında insan etkisinin zamanla geri plana düşmesine neden olabilecek potansiyele sahiptir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM VE DÖNGÜSEL EKONOMİ

2.1. Ekolojik Tasarım ve Malzeme Bilimi

Küresel iklim değişikliği ve doğal kaynakların hızla tükenmesi, tasarım dünyasında sürdürülebilirlik yaklaşımını zorunlu hale getirmiştir. Geleceğin tasarımcıları, çevresel etkilerini en aza indiren, geri dönüştürülebilir ve doğa dostu malzemeleri tercih etmek zorundadır. Bu bağlamda biyomalzemeler, karbon nötr ürünler ve yenilenebilir kaynakların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Tasarımcı açısından ekolojik sorumluluk, empati fazı ve problemin tespiti ile başlamaktadır. Karşılaşılan durumun gerçekten bir problem olup olmadığı, çözüm önerisi geliştirme aşamasında ekolojik yaklaşımlara uyum sağlayıp sağlamadığı ya da prototip üretiminde

kullanılan malzemelerin geri dönüştürülmüş ve/ ya da geri dönüştürülebilir olup olmadığı gibi hususlar tasarımcının karşılaştığı meydan okumalar olarak değerlendirilmektedir. Bu noktada ortaya “ekolojik tasarım” kavramı gibi popüler ve ikonik bir kavram çıkmaktadır.

Yeang (2006) ekolojik tasarımı, sürdürülebilir bir yaşamsal çevrenin doğal ortamda, doğaya zarar vermeden tasarımı olarak nitelendirmektedir (Yeang, 2006). Öyle ki ekolojik tasarım, insan eliyle yapılan tasarım sistemlerinin doğal çevreyle uyumlu ve iyi bir şekilde bütünleşmesini sağlamak için belirlenmiş bir kavramdır (Yeang, 2008). Buna göre ekolojik tasarımda daha az kaynak kullanımı, daha yeniden kullanılabilir ve dönüştürülebilir malzeme seçimi, doğada ayrışmaya daha müsait materyal kullanımı ilkeleri benimsenmelidir. Tasarımcının sorumluluklarından biri olan ekolojik temelli yaklaşım ile sürdürülebilirliğin azami ölçüde desteklenmesi hedeflenirken, tasarımda canlı-çevre ilişkisinin en yüksek oranda ve en doğal haliyle korunması temel ilke olarak benimsenmektedir. Bogunovich (2008) ekolojik tasarım düşüncesini, daha fazla doğadan ziyade, beraberinde daha fazla temiz ve yeşil teknolojinin ile birlikte daha fazla akıllı teknoloji şeklinde tanımlamaktadır (Bogunovich, 2008).

Ekolojik tasarımın bir diğer amacı, insan eliyle gerçekleştirilen faaliyetleri, doğal sistemler ve malzeme, organizma ve enerji döngülerinin yapısı ve dinamikleriyle bütünleştirmektir. Bu, belirli tasarım problemlerinin ekolojik bağlamının anlaşılmasıyla ve ardından bu koşullarla tutarlı çözümler geliştirilmesiyle başlar. Bunu başarmak için ise, ekolojik tasarım yaklaşımını benimseyen tasarımcının hem düşünülen ekonomik faaliyet hem de bu girişimi desteklemek için doğanın sınırlamaları hakkında net bir fikri olmalıdır (Shu-Yang vd., (2004).

Ekolojik tasarım için geçerli nitelikleri Shu-Yang (2004) şu şekilde ifade etmektedir.

İnsanların doğal ihtiyaçlarını karşılama: İnsanlar ve ekonomileri, gıda, malzeme, üretilmiş ürün ve enerji kaynakları olarak doğal kaynakları kullanmadan var olamazlar. İnsanlar ayrıca geçim kaynaklarına katılma ve kabul edilebilir bir yaşam standardına sahip olma fırsatlarına sahip olurken, oluşan çevresel hasarı en aza indirme gerekmektedir. Buna göre eko-tasarımın bir hedefi, kaynak tüketimini azaltırken ve ekolojik hasarı önlerken, üretim inşa etmenin ve iş ve endüstri parkları gibi daha karmaşık girişimler planlamanın yollarını bularak bu ekolojik sürdürülebilirlik vizyonunu karşılamaya yardımcı olmaktır.

Kaynak sürdürülebilirliğine yönelme: Uzun vadede sürdürülebilir bir insan ekonomisi, hasattan sonra yenilenebilen ve potansiyel olarak birçok nesil boyunca mevcut olabilen yenilenebilir kaynakların akıllıca kullanımına dayanmalıdır.

Ekolojik bütünlüğü koruma: Ekosistemler yaşam sistemleridir; biyolojik çeşitliliği ve doğal toplulukları desteklerken aynı zamanda insan girişimine kritik destek sağlayan ortamlardır. Alternatif tasarımların bu doğal değerleri nasıl etkileyeceğini anlamak için tasarımcının iklim, topoğrafya, toprak, su, enerji ve malzeme akışları, biyotik topluluklar ve risk altındaki türlerin kritik yaşam alanları dâhil olmak üzere yerel ekosistemler ve çevreler hakkında ayrıntılı bir anlayışa sahip olması gerekir.

Doğal ekosistemleri taklit etme: Eko-tasarımın temel hedeflerinden bir diğeri antropojenik faaliyetlerin planlanmasında doğal ekosistemlere ait ekolojik nitelikleri taklit etmek ve böylece ortaya çıkan etkilerin nispeten “doğal” olmasını sağlamaktır.

Doğal borcu ortadan kaldırma: Birçok ekonomik faaliyet, rutin olarak onarılmayan veya telafi edilmeyen çevresel hasara neden olur.

Sonuç olarak, insan kar ederken çevresel etkilerinden dolayı doğadan borç alır. Tasarımcı bu borcu en aza indirme noktasında etkindir.

Doğal yaşam alanını koruma: İnsan eliyle yapılan faaliyetlerin doğaya zarar vermesinin kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Özellikle, yerel biyolojik çeşitliliğin bazı unsurları ekonomik faaliyetler tarafından tehdit edilebilir. Bu nedenle, insan ekonomisiyle uyumsuz türleri ve doğal ekosistemleri sürdürmeyi amaçlayan korunan alanlar belirleyerek dengelenmesi gerekip gerekmediğinin düşünülmesi önemlidir.

Çevre okuryazarlığını artırma: Çevre koruma geniş bir toplumsal sorumluluktur. Eko-tasarım yalnızca uzmanların değil, tüm toplulukların işidir; tasarımcılar, hükümet, işletmeler ve vatandaşlar arasında derin bir iş birliği gerektirir. Bu açıdan çevre okuryazarlığının çevre koruma bağlamının bir parçası olduğu kabul edilmelidir, çünkü insanların sürdürülebilir kalkınma için ne bedel ödemeye istekli olduklarını etkiler (Shu-Yang vd., 2004).

21.yy'da insanlığın karşılaştığı en büyük tehditlerden biri olan küresel iklim değişikliği göz önünde bulundurulduğunda toplumsal olarak hayati ekonomik faaliyetler gerçekleştirilirken, zaten iklim değişikliği sebebiyle hassas olan doğal dengenin korunmasına özen göstermek bir tercih olmaktan çıkmıştır. Ekolojik tasarım bu zorunluluğu tamamlayacak başat bir ekonomik faaliyet olarak değerlendirilmelidir. Tasarımcının bu noktadaki farkındalığı, büyük bir endüstrinin doğru alanlara yönlendirilebilmesine zemin hazırlayabilecek potansiyele sahiptir. Daha uygun malzeme ile daha çok işlevsellik, daha uzun kullanım ömrü, doğa dostu çözümler ve doğada kolay çözünürlük ilkeleri tasarımcı için daima anahtar kelimeler olmalıdır.

2.2. Döngüsel Tasarım İlkeleri

Döngüsel ekonomi, atık üretimini en aza indiren ve kaynakların yeniden kullanımını teşvik eden bir ekonomik modeldir. Tasarımda döngüsel ekonomi ilkeleri, ürünlerin ömrünün uzatılması, kullanım sonrası geri dönüşüm ve yeniden kullanım süreçlerinin tasarım aşamasında düşünülmesi anlamına gelir. Bu yaklaşım, özellikle endüstriyel tasarım ve moda sektöründe, 'kullan-at' kültüründen uzaklaşarak daha sorumlu bir üretim ve tüketim modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. McLennan (2024), geleneksel malzemelerden daha düşük çevresel etkiye sahip toksik olmayan, sürdürülebilir şekilde üretilen veya geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmasının başarılı bir tasarımcı için temel niteliklerden biri olduğu görüşündedir. Ayrıca malzemeler, kullanışlılıkları tükendiğinde kompostlanabilen, yakındaki, sürdürülebilir şekilde yönetilen, yenilenebilir kaynaklardan gelmelidir. (McLennan, İnternet -2). Ürün tasarımında tasarımcı açısından kritik başlıklardan biri olan malzeme ve imalat yöntemine karar verme hususu üründe sürdürülebilir niteliğin kazandırıldığı aşamadır. Tasarımcı sahip olduğu seçenek özgürlüğü ile tasarımda sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir niteliklere haiz bir sistematığı karakterize edebilir.



Görsel 7. Döngüsel Tasarım

Tasarımcının sorumluluğu yalnız ürüne işlevsellik ve estetik kazandırmak değil, bunun yanında düşük karbon salımı ve enerji tüketimini önceleyen ürünler sunmaktır. Gerek ürünün kullanım ve gerekse işlevselliğini yitiren ürünün bertarafı sırasında döngüsel ekonomiye en az zarar veren politikaları benimsemek ve bunları ürüne yansıtmak yine tasarımcının görev tanımı arasındadır. Ürünün kullanımını sırasında etkileri azaltmanın yolları arasında enerji tüketimini azaltmak, varsayılan durumu çevresel açıdan en çok istenen hale getirmek, ürünün kullanımının gizli ve zararlı emisyonlara ve atıklara yol açmamasını sağlamak, ihtiyaç duyulan sarf malzemelerini en aza indirmek ve hurda oluşumunu azaltmak yer almaktadır. (Shelly Martin, İnternet -1).

3. İNSAN MERKEZLİ TASARIM VE KULLANICI DENEYİMİ (UX)

3.1. Kullanıcı Odaklı Yaklaşımlar

Kullanıcı odaklı tasarım (KOT) (User-Centered Design - UCD), ürün ve hizmetlerin geliştirilmesinde kullanıcıların ihtiyaç, beklenti ve davranışlarını merkeze alan bir yaklaşım olarak öne çıkar. Bu yöntem, kullanıcı deneyimini iyileştirmeyi, işlevsellik ve estetik arasında bir denge kurmayı ve son kullanıcıya en uygun çözümleri sunmayı hedefler. Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımları, tasarım süreçlerinin temel bir parçası haline gelmiştir (Norman, 2013).

Kullanıcı odaklı tasarım (KOT), belirli ilkeler etrafında şekillenir. Bu ilkelerin en önemlilerinden biri kullanıcı ihtiyaçlarını anlamadır. Tasarım sürecinin ilk adımı olarak kullanıcıların ihtiyaçlarını, sorunlarını ve hedeflerini anlamak KOT yaklaşımının önceliklerindedir. Bu amaçla gözlem, anket, derinlemesine görüşmeler ve kullanıcı yolculuğu haritaları gibi yöntemler kullanılır. Kullanıcıların ürünle nasıl etkileşim kurduğunu

anlamak, tasarımın işlevselliğini artırmada kritik bir rol oynar (Brown, 2009). Bir sonraki aşama olarak katılımcı tasarım süreci, kullanıcıların, tasarım sürecinin bir parçası haline getirilmesi, daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar. Bu yaklaşım, tasarımın kullanıcı perspektifiyle zenginleşmesine olanak tanır (Sanders & Stappers, 2008).



Görsel 8. Kullanıcı odaklı yaklaşım

Tasarım süreci, sürekli iyileştirme döngüleri üzerine kuruludur. Prototipler geliştirilir, test edilir ve geri bildirimler alınarak tekrar tasarlanır. Bu döngüsel süreç, kullanıcının ihtiyaçlarına en uygun son ürünün ortaya çıkmasını sağlar (Cross, 2011). İteratif tasarım olarak adlandırılan bu süreçte yapılan tekrarlar ürünün en ideal hale geldiği noktaya kadar devam eder. Başlı başına bir iyileştirme süreci olarak da adlandırılabilir.

KOT yaklaşımı, tüm kullanıcı gruplarını kapsar. Engelli bireyler, farklı yaş grupları veya teknolojik yeterlilik düzeyine sahip kullanıcılar gibi geniş bir yelpazeyi dikkate almak, tasarımın daha etkili olmasını sağlar (Koskinen vd., 2011). Bu durum tasarımcının kapsayıcılık ve erişilebilirliği destekleme misyonunun bir tezahürüdür.

KOT süreci ilk olarak araştırma ve veri toplama aşaması ile başlar. Kullanıcıların davranışlarını ve ihtiyaçlarını anlamak için kapsamlı bir araştırma yapılır. Gözlem, anket, kullanım analizleri ve diğer araştırma teknikleri kullanılarak zengin bir veri seti oluşturulur (Norman, 2013). Ardından persona ve senaryo oluşturma süreci ile toplanan veriler ışığında, ideal kullanıcı profilleri (persona) ve onların ürünle olan etkileşimlerini temsil eden senaryolar oluşturulur. Bu araçlar, tasarımcıların kullanıcıyı daha iyi anlamasına yardımcı olur (Brown, 2009). Elde edilen tüm veriler tasarım için bir prototip oluşturmak amacıyla kullanılır. Prototipleme aşaması ile düşük veya yüksek sadakatli prototipler oluşturularak, tasarım fikirleri test edilir. Bu süreçte, tasarımın hem işlevselliği hem de estetik boyutu değerlendirilir (Cross, 2011).

Hazırlanan prototiplerin etkinliği ve verimliliğini test etmek yine potansiyel kullanıcılarla mümkün olur. Prototiplerin etkinliğinin ve verimliliğinin değerlendirilmesinde kullanılan kullanılabilirlik testleri vasıtasıyla kullanıcıların prototiplerle etkileşim kurması sağlanır ve geri bildirim toplanır. Bu aşamada, kullanıcının deneyimi detaylı bir şekilde analiz edilir ve tasarımda gerekli iyileştirmeler yapılır (Sanders & Stappers, 2008). Kullanıcı deneyimlerinin elde edilmesiyle sağlanan geri bildirimler tasarıma ait son ürünün geliştirilmesi ve uygulanmasına da zemin hazırlar. Geri bildirimler doğrultusunda son tasarım tamamlanır ve uygulama aşamasına geçilir. Bu süreçte, kullanıcıların memnuniyeti sürekli olarak izlenir ve gerekli görüldüğünde güncellemeler yapılır (Koskinen vd., 2011).

KOT yaklaşımının benimsenmesi, beraberinde birçok fayda sağlar. Bu yaklaşım kullanıcıların ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan bir tasarıma ulaşmayı sağlar. Dolayısıyla bu durum memnuniyeti artırır ve ürünün benimsenmesini kolaylaştırır (Norman, 2013). Bunun yanında kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda yapılan iyileştirmeler, ürünün

kullanılabilirliğini artırır (Brown, 2009). Bu geri bildirimler ayrıca iteratif tasarım sürecinde optimum tekrara, sorunların erken aşamalarda tespit edilmesine ve düzeltilmesine olanak tanır, böylece daha düşük maliyetle daha etkili sonuçlar elde edilir (Cross, 2011). KOT yaklaşımının kullanıcıların beklentilerini aşan bir tasarıma ulaşması, kullanıcılar bağlamında marka bağlılığını ve sadakatini güçlendirir (Sanders & Stappers, 2008).

3.2.Kullanıcı Odaklı Tasarımın Geleceği

Kullanıcı Ara yüzü (User Interface – UI) nesne ile kullanıcı arasında köprü vazifesi gören ve insan odaklı olarak tasarlanan birimdir. Kullanıcıların gözlerini en önemli parçalardan en önemsiz parçalara doğru doğal bir akışta yönlendirecek öğeleri düzenleyecek şekilde görsel bir hiyerarşinin oluşturulması beklenirken, aralıklı ve dengeli bir tasarımı temel alır. Ürün ve kullanıcı etkileşiminde ideal şartları sağlamak adına okunaklı ve ürün temasına uygun yazı tipleri UI tasarımda önemli başlıklardan biridir. Gerek yazı tipinde ve gerekse ürünün genelinde belirli duyguları uyandıran renklerin kullanılması bu etkileşimde bağlayıcı role sahiptir.

Kullanıcı ara yüzü ürün ve kullanıcı arasındaki iletişim noktasıdır. Ürünün işlev ve estetik dengesi korunurken UI tasarımı merkezde yer alır. Etkili bir iletişim sağlanabilmesi açısından sadelik ve anlaşılabilirlik ön planda olmalıdır. Geleceğin tasarımında insan merkezli yaklaşım, ürünlerin yalnızca estetik değil, aynı zamanda işlevsellik açısından da kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilir olmasını sağlamaktadır. Kullanıcı deneyimi (UX) tasarımı, sadece dijital ürünlerde değil, fiziksel ürünlerin ve hizmetlerin tasarımında da önemli bir rol oynamaktadır. Kullanıcıların duygusal, fiziksel ve bilişsel ihtiyaçlarını dikkate alan tasarımlar, daha yüksek memnuniyet seviyelerine ve uzun süreli kullanım sadakatine yol açmaktadır.

Kullanıcı odaklı tasarım, teknolojinin ve dijitalleşmenin etkisiyle sürekli olarak evrilmektedir. Yapay zekâ ve veri analitiği gibi teknolojiler, kullanıcı davranışlarının daha derinlemesine analiz edilmesine olanak tanıırken, kişiselleştirilmiş deneyimlerin önünü açmaktadır. Bunun yanı sıra, kapsayıcı tasarımın önemi giderek artmakta, farklı kullanıcı gruplarına hitap eden çözümler geliştirilmektedir (Koskinen vd., 2011). Kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımları, modern tasarım süreçlerinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bu yaklaşımlar, yalnızca kullanıcının ihtiyaçlarını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda onların yaşam kalitesini artırmayı da hedefler. Kullanıcıyı merkeze alan tasarım anlayışı, inovasyonu teşvik ederken, ürün ve hizmetlerin daha geniş bir kitle tarafından benimsenmesine olanak tanır (Norman, 2013).

3.3. Empati ve Tasarım Araştırmaları

Empati, tasarım sürecinin temel taşlarından biri olarak, kullanıcıların ihtiyaçlarını ve duygularını anlamanın en etkili yollarından biridir. Günümüzde kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımlarının ön planda olduğu bir dünyada, empati kurma yeteneği, tasarımcıların yalnızca estetik açıdan başarılı değil, aynı zamanda işlevsel ve anlamlı ürünler ve hizmetler de sunmasını sağlar (Brown, 2009). Bu noktada ön plana çıkan tasarım araştırmaları, kullanıcıların ihtiyaçlarını, davranışlarını ve motivasyonlarını anlamayı hedefler. Ancak bu araştırmaların gerçek değerini ortaya çıkarabilmesi, tasarımcının empati yeteneğine bağlıdır. Empati, tasarımcının kullanıcı ile özdeşleşmesini ve onların bakış açısından düşünmesini sağlar. Örneğin, bir yaşlı birey için bir ürün tasarlarlarken, onun yaşadığı fiziksel sınırlamaları ve günlük zorlukları anlamak, tasarım sürecinin başarıya ulaşmasında kritik bir rol oynar (Norman, 2013). Bu anlayış, yalnızca gözlem ve analizle değil, tasarımcının kendi perspektifinden çıkarak kullanıcıya odaklanmasıyla mümkün olur.



Görsel 9. Empati ve Tasarım

Empati temelli tasarım araştırmaları, çoğunlukla gözlem, derinlemesine görüşmeler ve katılımcı yöntemlerle gerçekleştirilir (Bkz. Görsel 9). Örneğin, bir topluluk için tasarım yapılacaksa, tasarımcının o topluluğun bir parçası gibi hissetmesi ve onların sosyal bağlamını anlaması önemlidir (Sanders & Stappers, 2008). Böyle bir süreç, yalnızca kullanıcının ihtiyaçlarını belirlemekle kalmaz, aynı zamanda onların kültürel değerlerini, beklentilerini ve hayallerini de kapsar. Bu, tasarım çözümlerinin hem işlevsel hem de duygusal bir bağlamda etkili olmasını sağlar (Cross, 2011). Empati ayrıca, inovasyonu da teşvik eder. Tasarımcı, kullanıcıların farkında bile olmadığı ihtiyaçlarını keşfetmek için empatiyi bir araç olarak kullanabilir (Koskinen vd., 2011). Örneğin, bir anne için bebek bakım ürünleri tasarlayan bir tasarımcı, yalnızca işlevsel özelliklere değil, aynı zamanda annenin duygusal bağ kurma ve güven duygusunu artıracak unsurlara da odaklanabilir.

Empati ve tasarım araştırmaları birbiriyle ayrılmaz bir bütün oluşturur. Empati olmadan, tasarım araştırmalarının derinlemesine bir anlam kazanması zordur. Kullanıcıyı merkeze alan ve onların dünyasını anlamayı hedefleyen tasarımcılar, yalnızca problem çözmekle kalmaz,

aynı zamanda insan deneyimini dönüştürme potansiyeline sahip çözümler sunar. Bu nedenle, tasarım dünyasında empatiyi geliştirmek, daha etkili ve anlamlı tasarımlar ortaya koymanın en güçlü araçlarından biridir.

4. GELECEKTE TASARIM EĞİTİMİNE YENİ YAKLAŞIMLAR

4.1. Disiplinlerarası Eğitim ve İşbirlikleri

Geleceğin tasarım eğitimi, yaratıcılık ve yenilikçiliğin ön plana çıktığı bir dönemi ifade etmektedir. Disiplinler arası eğitim ve işbirlikleri bu dönemde tasarım eğitiminin çekirdeğini oluşturacak şekilde önem kazanmıştır. Teknolojik gelişmeler, toplumsal değişimler ve küresel sorunlar karşısında tasarım alanının daha çözüm odaklı ve çok yönlü bir yapıya kavuşması gerekmektedir. Bu kapsamda disiplinler arası eğitim, farklı alanlardan gelen bilgi ve becerilerin harmanlanmasıyla tasarım eğitiminde yeni bir paradigma yaratmaktadır.

21.yüzyılda, küresel sorunların karmaşıklığı tasarım eğitiminde multidisipliner yaklaşımları zorunlu kılmıştır. İklim değişikliği, küresel yoksulluk ve teknoloji bağımlılığı gibi konular sadece bir disiplinin perspektifiyle ele alınamayacak kadar karmaşıktır (Brown & Wyatt, 2010). Geleceğin tasarımcıları, yalnızca kendi uzmanlık alanlarına değil, aynı zamanda farklı disiplinlere de hakim olmalıdır. Tasarım eğitiminde mimarlık, endüstriyel tasarım, yazılım geliştirme ve psikoloji gibi farklı disiplinlerin içiçe geçmesi, daha kapsamlı çözümler sunulmasını sağlamaktadır. Özellikle teknoloji, mühendislik ve sosyal bilimler gibi alanlarla işbirliği içinde çalışan tasarımcılar, daha yenilikçi ve kullanıcı odaklı çözümler üretebilirler. Bu nedenle, tasarım eğitiminde disiplinlerarası yaklaşımlar giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Tasarım eğitiminde işbirlikleri, hem akademik hem de sektörel açıdan büyük bir potansiyel taşımaktadır. Üniversiteler, endüstri ile

işbirliği yaparak öğrencilerin gerçek dünya problemleriyle başa çıkma becerilerini geliştirebilir. Örnek olarak Stanford Üniversitesinde uygulanan Design Thinking modeli, farklı disiplinlerden gelen bireylerin bir arada çalışmasına olanak tanıyan bir yapı sunmaktadır (Plattner vd., 2011). Bu model, öğrencilerin hem yaratıcı hem de analitik düşünme becerilerini geliştirmektedir.

Teknoloji, disiplinler arası eğitim ve işbirliklerinde kritik bir rol oynamaktadır. Sanal gerçeklik (VR), yapay zekâ (AI) ve dijital simülasyonlar gibi teknolojiler, farklı disiplinlerin bir araya gelmesini kolaylaştıran platformlar sunmaktadır (Cross, 2001). Bu teknolojiler sayesinde tasarımcılar, öğrendiklerini gerçek zamanlı olarak test edebilir ve çok daha etkili çözümler üretebilir.

Disiplinler arası eğitim ve işbirlikleri, geleceğin tasarım eğitiminde ana etkenlerden biridir. Bu yaklaşım, sadece tasarım alanında değil, toplumsal sorunlara yenilikçi çözümler bulunmasında da kilit bir öneme sahiptir. Teknolojik gelişmeler ve sektörel işbirlikleri entegre eden bu model, tasarım eğitiminin gelecekte daha etkin bir yapıya kavuşmasını sağlayacaktır.

4.2. Yaşam Boyu Öğrenme ve Adaptasyon

Teknolojinin hızla değiştiği bir dünyada, tasarımcıların sürekli olarak kendilerini güncellemeleri gerekmektedir. Yaşam boyu öğrenme, tasarım profesyonelleri için bir zorunluluğa dönüşmüştür. Yeni yazılımlar, araçlar ve metodolojiler, tasarım dünyasında rekabet avantajı elde etmek için sürekli takip edilmelidir. Geleceğin tasarım eğitimi, sürekli değişen ve dönüşen bir dünyada öğrenmenin sürekliliğini ve adaptasyonu temel alan bir yaklaşıma ihtiyaç duymaktadır. Bireylerin hem kişisel hem de mesleki gelişimlerini sürdürebilmeleri için kritik bir kavram haline gelen Yaşam boyu öğrenme, tasarımcı için de mesleki anlamda bir boyut

oluşturmaktadır. Bu bağlamda, tasarım eğitimi, öğrencilere yalnızca mesleki beceriler kazandırmakla kalmayıp, aynı zamanda değişen ihtiyaçlara uyum sağlama yetkinliği de kazandırmalıdır.

Çağımız, hızlı teknolojik ilerlemeler ve değişen iş piyasası dinamikleri ile karakterize edilmektedir. Bu ortamda, bireylerin yalnızca bir kez öğrendikleri bilgiyle hayatlarını sürdürebilmeleri mümkün değildir. Yaşam boyu öğrenme, bireylerin bilgiye erişim ve öğrenme becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır (Kolb, 1984). Tasarım eğitimi de bu süreci destekleyecek şekilde yapılandırılmalıdır. Öğrenciler, problem çözme, eleştirel düşünme ve yenilikçi yaklaşımlar geliştirme konusunda teşvik edilmelidir. Bunun yanında mezunların da mesleklerini icra ederken sürekli olarak yenilikçi düşünme ve yeniliklere açık olma gibi sorumlulukları bulunmaktadır.

Adaptasyon, tasarım eğitiminde hayati bir unsurdur. Öğrenciler, değişen toplumsal ve teknolojik koşullara hızlı bir şekilde uyum sağlayabilmelidir. Hızla gelişen dijital teknolojiler, tasarım süreçlerini de büyük ölçüde değiştirmiştir. Tasarımcılar, bu teknolojileri etkin bir şekilde kullanabilmek için sürekli olarak yeni beceriler edinmelidir (Schön, 1983). Eğitim programları, öğrencilerin bu becerileri kazanmasını sağlamak üzere esnek ve yenilikçi olmalıdır.

Teknoloji, yaşam boyu öğrenme ve adaptasyon süreçlerinde önemli bir araçtır. Online öğrenme platformları, sanal gerçeklik uygulamaları ve yapay zekâ destekli tasarım araçları, bireylerin sürekli öğrenme ve değişime ayak uydurma süreçlerini desteklemektedir (Siemens, 2005). Bu araçlar, tasarımcıların sadece bilgiye erişimini kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda onların uygulamalı deneyimlerle öğrenmelerini de sağlar.

5. SONUÇ

Geleceğin tasarım yaklaşımları, teknoloji, sürdürülebilirlik ve insan merkezli inovasyonların kesişim noktasında şekillenecektir. Dijitalleşme ve yapay zekâ, tasarım süreçlerini köklü bir şekilde dönüştürürken, sürdürülebilirlik ilkeleri ve kullanıcı odaklı yaklaşımlar, tasarımcıların sosyal sorumluluklarını artıracaktır. Veri odaklı karar alma süreçleri ve kişiselleştirilmiş deneyimlerle, tasarımın rolü yalnızca estetik değil, aynı zamanda toplumsal bir değer yaratma aracı haline gelecektir.

Yaşam boyu öğrenme ve adaptasyon, geleceğin tasarım eğitiminde merkezi bir yere sahiptir. Bu çerçevede tasarım eğitimi, bireylerin sürekli öğrenme ve değişime uyum sağlama becerilerini geliştirecek şekilde yeniden yapılandırılmalıdır. Teknoloji ve yenilikçi yaklaşımların entegrasyonu, bu süreci daha etkili hale getirecektir. Bu doğrultuda, tasarım eğitimi, bireylerin yalnızca başarılı birer tasarımcı değil, aynı zamanda öğrenmeye ve değişime açık bireyler olarak yetişmelerini sağlayacaktır.

Endüstri 4.0'ın toplumsal hayata giderek tesir etmesi ve Endüstri 5.0'a zemin hazırlaması dikkate alındığında IoT ve AI gibi teknolojilerin benimsenmesi ve hatta yönlendirilmesinin sağlanmasında tasarımcılara da önemli bir görev düşeceği dikkate alınmalıdır. Aksi halde günümüzün tasarım anlayışı gelecekte yerini “insansız tasarım” gibi sığ ve kıymetsiz kavramlara terk edebilecektir.

KAYNAKÇA

- Bogunovich, D. (2008). Eco-tech Urbanism: Merging Urban Design with Clean Technology. International Conference on Ecological and Technological Cities. Gazi University, Ankara.
- Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking creates new alternatives for business and society*. Harper Business.
- Brown, T., & Wyatt, J. (2010). Design thinking for social innovation. Stanford Social Innovation Review, 8(1), 30-35.
- Cross, N. (2001). Designerly ways of knowing: Design discipline versus design science. *Design Issues*, 17(3), 49-55.
- Cross, N. (2011). *Design thinking: Understanding how designers think and work*. Berg.
- İnternet-1, Shelly Martin, Design For Sustainability, Erişim:18.11.2024
<https://www.textileworld.com/textile-world/features/2016/02/design-for-sustainability/>
- İnternet -2 Jason F. McLennan, Sustainable Product Design: Sustainable Design Principles, Erişim:18.11.2024
<https://guides.library.illinois.edu/c.php?g=347670&p=2344606>
- İnternet -3 What is Upcycling? How is it different from Recycling? Portland State University, Erişim:06.01.2024,
<https://greenempowermentproject.weebly.com/thoughts>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Koskinen, I., Zimmerman, J., Binder, T., Redström, J., & Wensveen, S. (2011). *Design research through practice: From the lab, field, and showroom*. Morgan Kaufmann.

- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things (Revised edition)*. Basic Books.
- Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (2011). *Design thinking: Understand–improve–apply*. Springer Science & Business Media.
- Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign*, 4(1), 5–18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Shu-Yang, F., Freedman, B., and Cote, R. (2004). Principles and practice of ecological design. *Environmental Review* 12, 97–112.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3-10.
- Yeang, K. (2006). *Ecodesign: A Manual For Ecological Design*. Wiley-Academy, Great Britain.

BÖLÜM 3

DİJİTAL ÇAĞDA TASARIM: PARAMETRİK VE GENERATİF TASARIM SİSTEMLERİ

Beyza Gürgen¹, Dilara Uzundere²

1. GİRİŞ

Dijital teknolojilerin hızla gelişmesi, tasarım dünyasında köklü bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Geleneksel tasarım yöntemleri yerini dijital çağın olanaklarına bırakırken, bilgisayar destekli araçlar ve yazılımlar, tasarımın temel bileşenleri haline gelmiştir. Bu dönüşüm sürecinde parametrik ve üretken tasarım sistemleri, tasarım alanlarını yeniden şekillendirerek yenilikçi çözümler geliştirmek için güçlü bir zemin sağlamaktadır. Parametrik tasarım, belirli parametreler ve kurallar çerçevesinde şekillenen bir tasarım süreci olarak tanımlanırken; üretken tasarım, teknolojiyi bir adım öteye taşıyarak, algoritmalar ve yapay zeka yardımıyla tasarım süreçlerini otonom bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Bu bağlamda, her iki yaklaşım da karmaşık problemlere yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunmanın yanı sıra zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

¹ Beyza GÜRGEN, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü byzagrgnnn22@gmail.com ORCID: 0009-0005-7999-1875

² Dilara UZUNDERE, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güze Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü dilarauzundere06@gmail.com ORCID: 0009-0009-2047-5226

Parametrik tasarım, estetik bir disiplinden öteye geçerek tasarım süreçlerini matematiksel bir mantık ve sayısal kontrol çerçevesinde yeniden ele alır. Mimarlık, ürün tasarımı ve kentsel planlama gibi geniş bir alanda uygulama bulan bu yaklaşım, tasarımcılara karmaşık yapıları daha hızlı, esnek ve yaratıcı bir şekilde üretme imkânı sunar. Parametrik yöntem, yalnızca tasarım sonuçlarını değil aynı zamanda süreçlerin kendisini de optimize ederek bireysel ve özgün çözümler geliştirmeyi mümkün kılar. Bu yönüyle, parametrik tasarım, tasarımcının sürecin doğrudan bir parçası olmasını teşvik eder ve böylelikle daha etkin kontrol olanakları sunar.

Üretken tasarım ise insan-makine etkileşimini daha ileri bir seviyeye taşıyarak, dijital teknolojilerin sunduğu olanakları sınırların ötesine taşır. Yapay zekâ ve algoritmaların etkin kullanımıyla çalışan bu tasarım yaklaşımı, belirlenen kriterler ve parametreler doğrultusunda binlerce, hatta milyonlarca alternatif tasarım olasılığı üretebilir. Üretken tasarım sistemleri, yalnızca estetik açıdan çekici sonuçlar üretmekle kalmaz; aynı zamanda verimlilik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik unsurlarını da iç içe geçirerek çok boyutlu yenilikçi çözümler oluşturur. Bu özellikleri, üretken tasarımı sadece bir araç değil, aynı zamanda yaratıcı düşüncenin bir uzantısı haline getirir.

Bu bağlamda, "Dijital Çağda Parametrik ve Üretken Tasarım: Kuramsal ve Uygulamalı Bir Bakış" başlıklı bu bölüm, günümüz tasarım dünyasında ön plana çıkan bu yenilikçi yaklaşımları teorik ve uygulamalı bir perspektiften incelemeyi amaçlamaktadır. Bölümün temel hedefi, okurları parametrik ve üretken tasarım sistemlerinin kuramsal çerçevesi ve uygulama alanları hakkında bilgilendirirken; bu yöntemlerin yaratıcı olanaklarını detaylı bir şekilde tartışmaktır. Hem kuramsal bilgiler hem de pratik uygulama örnekleriyle desteklenen bu inceleme, okuyuculara kapsamlı bir anlayış sunmayı hedeflemektedir.

2. PARAMETRİK TASARIM

Parametrik tasarımı ele almadan önce, "parametre" teriminin netleştirilmesi önemlidir. Türk Dil Kurumu'na göre parametre, "değişken" anlamına gelir. Fransızcadan dilimize geçmiş olan bu kelimenin kökeni ise Eski Yunanca'daki "para" ve "metron" sözcüklerine dayanmaktadır (Oxford: Oxford University Press, 2010). Kısaca, parametre; bir durumu tanımlayan ve gerektiğinde değiştirilebilen bir nicelik olarak tanımlanabilir (Erbaş, 2013).

Parametrik tasarımın temel bileşenlerinden biri de "tasarım" kavramıdır. Tasarım, özünde bir problemi çözmekten çok, doğru soruları nasıl sorulacağına ve bu sorular üzerinden düşünmeye odaklanır (Donald ve Schon, 1985).

Parametrik tasarım kavramı detaylı incelendiğinde tasarımı şekillendiren parametrelerin bir arada, bütüncül ve çok yönlü bir yaklaşımla ele alındığı anlaşılmaktadır (Şekerci ve Yıldız, 2020). İlişkisel düşünceye dayanan parametrik tasarım, mevcut değişkenlerin birbirleriyle etkileşim halinde varyasyonlar oluşturarak modeller ortaya koyduğu bir yaklaşımdır (Şekerci vd., 2023).

Parametrik tasarım, bilgisayar destekli tasarım yöntemidir. Bilgisayar ortamında kurgulanan sistem içerisindeki, parametrelere girilen farklı değerler sonucu oluşan değişim, tasarım aşamasında form üretimi için ya da fiziksel mekânda ışık-ses-biçim değişimleri için kullanılır. Parametrik tasarım detay çözümleri ve strüktür tasarımları için de kullanılmaktadır. Bu tür örneklerde, tek bir temel formül oluşturulup, ölçü, açı ve kalınlık gibi değişimlerin gerektiği durumlarda parametre değerleri değiştirilerek, tek bir temel detay çözümü üzerinden farklı çözümler üretilebilir (Baykara, 2011).

Parametrik tasarımda, algoritmik düşünce tasarım sürecinin temel yapı taşını oluşturur. Algoritmalar, 0 ve 1'den oluşan ikili sayı sistemine dayanır ve bu sistem, bilgisayarların etkin çalışmasını sağlar. Algoritma, bir problemin çözümü için gerekli adımların sıralanmasıdır; en uygun çözüm bilgisayar tarafından seçilir. Algoritmik düşünce, programlama dilleri aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılır (Erbaş, 2013).

Parametrik tasarım, çizgiler çizmek yerine, parametreler belirlenerek oluşturulur ve sonrasında asıl geometri, programa önceden girilen kısıtlamalar ve kurallar doğrultusunda ortaya çıkar (Baykara, 2011). Parametrik tasarım yaklaşımı ile daha karmaşık formlar tasarlanabilir hale gelmekte ve basit biçimler yerine kontrol edilebilir değişken eğrilere sahip formlarda oluşturulabilmektedir (Oktan, 2017).

Parametrik tasarım, hem tasarım sürecinde hem de üretim aşamasında hızlı bir şekilde farklı fikirlerin oluşturulmasına olanak tanır. (Şekerci ve Yıldız, 2020). Bu yaklaşım, yalnızca bir tasarım yöntemi olmanın ötesinde, tasarım ve üretim sürecinde daha pratik, hızlı (Basu-Ghosh, 2017 akt. Şekerci ve Yıldız, 2020), kaliteli, güvenilir, ekonomik ve çeşitli alternatif çözümler sunan bir araç olarak öne çıkar. (Şekerci ve Yıldız, 2020). Zorlu ve karmaşık formlara sahip tasarımlar parametrik tasarım yöntemi ile çözüme ulaşmak ve sürdürülebilir tasarımlar elde etmek için yarar sağlamaktadır (Suyabatmaz ve Aytar Sever, 2023).

Parametrik tasarım mimari yapılar başta olmak üzere iç mekân tasarımları, endüstri, moda, mühendislik, sanat gibi daha birçok alanda yaratıcı ve inovatif projeler geliştirmek için kullanılan çok yönlü bir yaklaşımdır.

2.1. Parametrik Tasarım Araçları

Parametrik modelleme araçları, tasarımcının ilişkisel düşünce ile tasarım parametreleri arasındaki bağlantıları modellemesine ve

oluşturduğu algoritmalar aracılığıyla farklı tasarım alternatifleri geliştirmesine imkân tanır (Woodbury, 2010). Bu araçlar, tasarım sürecini esnek ve dinamik hale getirir.

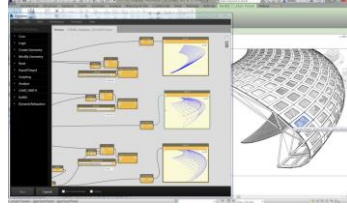
Catia, 3Ds Max, Maya, Revit, Rhino tabanlı Grasshopper, Dynamo, Generative Components, Marionette ve Modelur gibi yazılımlar, parametrik modelleme süreçlerinde yaygın olarak kullanılan araçlardır (Öner, 2019). Parametrik tasarım yazılımları ilk kez 2008 yılında ortaya çıkmış ve o tarihten bu yana birçok firma ve geliştirici tarafından sürekli olarak yeni özellikler eklenmiştir (Eltaweel ve Su, 2017,akt. Öner, 2019).

En yaygın kullanılan parametrik tasarım yazılımı Grasshopper'dır. Grasshopper, farklı disiplinlerde çeşitli eklentiler sunarak mimari, kentsel planlama, yapısal analiz, çevre değerlendirmesi, mekanik mühendislik, akustik analiz, tıp, moda ve dekorasyon gibi birçok alanda kullanılabilir. Ayrıca, birden fazla eklentiyi aynı anda çalıştırarak disiplinler arası projelerde iş birliğini kolaylaştırır (Öner, 2019).

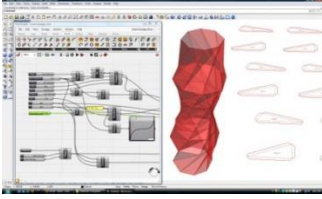
Parametrik tasarım araçları, tasarla ve değiştir stratejisiyle hareket etmekle birlikte, yazılı ve görsel algoritma düzenleyiciler olarak iki gruba ayrılır. Her iki ortamda da kullanıcılara iki farklı modelleme penceresi sunar. Yazılı algoritma düzenleyicilere örnek olarak Rhinoscript (McNeel), Generative Components (Bentley) ve Mayascript (Autodesk) verilebilir. Görsel algoritma sistemiyle çalışan parametrik programlar ise Grasshopper (McNeel) ve Dynamo (Autodesk) programlarıdır. (Kaçmaz, 2019). Bu parametrik programlarında ise yazılı kod bilgisine ihtiyaç duyulmadan tasarımlar yapılmaktadır.



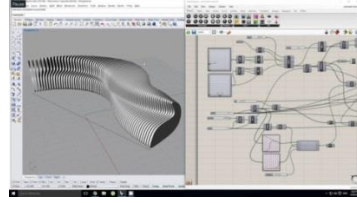
Görsel 1. Solidworks Çalışma Ekranı (URL1)



Görsel 2. Revit-Dynamo Çalışma Ekranı (URL2)



Görsel 3. Grasshopper 3D (URL 3)



Görsel 4. Grasshopper 3D (URL4)

2.2. Parametrik Tasarımın Avantajları

Parametrik tasarım, mimarlık, mühendislik ve tasarım dünyasında devrim niteliğinde bir araç olarak ön plana çıkmaktadır. Bu tasarım yöntemi, kullanıcıların belirli parametreler üzerinden tasarımı şekillendirmesine olanak tanıyarak, hem süreç hem de sonuç bağlamında birçok avantaj sunar. En belirgin avantajlarından biri, değişkenlerin sisteme kolayca entegre edilebilmesi ve bu sayede tasarımın dinamik bir yapıya bürünmesidir. Bu özellik, tasarımların hızlı bir şekilde özelleştirilmesini ve günümüzün hızla değişen ihtiyaçlarına uyarlanmasını mümkün kılar.

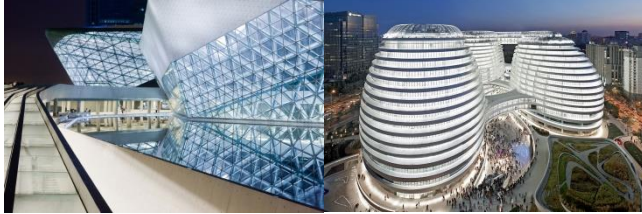
Bir diğer önemli avantaj, parametrik tasarımın yüksek doğruluk ve tutarlılık sağlamasıdır. Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında, bu yaklaşım hataları en aza indirerek, zamandan ve kaynaklardan tasarruf edilmesine olanak tanır. Parametrik modelleme, tasarım sürecinde otomasyonu artırarak, karmaşık geometrilerin ve yapısal formların

oluşturulmasını kolaylaştırır. Böylece, tasarımcılar benzersiz estetik değerler ve işlevsel çözümler elde edebilirler.

Ayrıca, parametrik tasarım çevresel ve sürdürülebilir çözümler sunma konusunda da oldukça etkilidir. Parametreler sayesinde enerji verimliliği, malzeme kullanımı ve iklimsel koşullar göz önünde bulundurularak daha sürdürülebilir projeler geliştirilebilir. Bu yaklaşım, tasarım süreçlerini daha bilinçli ve sorumlu bir hale getirerek, çağdaş tasarım anlayışının gereksinimlerini karşılamaktadır.

Son olarak, parametrik tasarım, iş birliğini ve disiplinler arası etkileşimi teşvik eder. Farklı ekiplerin aynı model üzerinde çalışmasına olanak tanıyarak, daha entegre ve koordineli bir proje yönetimi sunar. Bu avantajlar, parametrik tasarımı modern tasarım süreçlerinde vazgeçilmez bir araç haline getirmektedir.

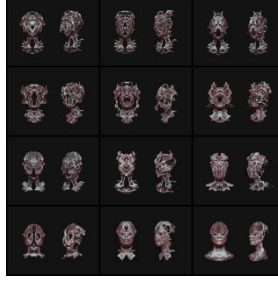
2.3. Parametrik Tasarım Örnekleri



Görsel 6. Zaha Hadid tarafından tasarlanan parametrik mimari (Url5)



Görsel 7. Moda sektöründe parametrik tasarım (Url6-Url7)



Görsel 8. Çok malzemeli 3D baskı kullanılarak basılan parametrik tasarım maskeler (Url8)



Görsel 9. Parametrik Tasarım yöntemiyle üretilen bank (Url9)

3. ÜRETKEN TASARIM

Üretken tasarım İngilizce kaynaklarda “generative design” olarak geçmektedir. Türkçe literatürde yapılan bazı çalışmalarda ise “generatif tasarım” ya da “jeneratif sanat” olarak kullanılmaktadır (Altak, 2021; Güney ve Uysal, 2019). Üretken kelimesinin Türk Dil Kurumu sözlüğündeki karşılığı “üretme gücü olan, çok üreten.” şeklindedir (Sozluk.gov.tr: çevrimiçi).

Üretken tasarım, probleme yönelik çözüm üretmek amacıyla dijital hesaplamayı ve insan yaratıcılığını birleştiren bir sistem olarak söylenebilir. Yapay zeka, optimizasyon, tasarım simülasyonu ve parametrik tasarım tekniklerindeki son gelişmelerle birlikte, bilgisayarların tasarım alanındaki rolü değişmektedir ve geleneksel CAD modelleme tekniklerine kıyasla, bu yeni teknikler tasarımcıların ve mühendislerin çok sayıda tasarım alternatifini tekrarlamasına izin verir (Khan ve Awan, 2018).

Üretken tasarım, optimize edilmiş karmaşık formlar ve kafes yapıda zengin çözümler sunan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Bu formlardan bazıları geleneksel üretim yöntemleriyle yapılması imkansız formlar olabilmekte, tasarım katmanlı imalat gibi gelişen teknolojilerle birlikte düşünülen sonuçlara da hazırlık sunmaktadır (Autodesk). Üretken tasarım sistemleri, kullanıcı tarafından belirlenen performans hedefleri doğrultusunda alternatif tasarımlar oluşturmak için tasarım alanını keşfetmek ve umut verici bir yol sağlamak için kullanılır. Tipik bir üretken tasarım sistemi bir problemi girdi olarak alır ve verilen bir problem için tek veya bir dizi optimum çözüm üretir. (Khan ve Awan, 2018)

Üretken tasarım, “Üretken Yerleşim” (Generative Gestaltung) kitabında belirli kurallar veya algoritmalarla şekillendirilmiş, soyut bir fikir etrafında döngüsel bir süreç olarak açıklanmaktadır (Gross, Bohnacker, Laub, ve Lazzaroni, 2018). Döngüsel ve kendi içerisinde sürekli tekrara dayalı tasarım süreçlerine sahip olan (Walmsley, 2018) dijital çağın etkisiyle gelişen üretken tasarım ilk olarak bilişim alanında, ardından mimarlıkta uygulanmaya başlanmıştır (Lobos, 2018).

Gelişmiş algoritmalarla desteklenen üretken tasarım, mühendisler veya tasarımcılar tarafından belirlenen kritere göre yapay zeka tarafından yönlendirilen ve çok sayıda tasarım olasılığını incelemeyi mümkün kılar. Bu yöntem, tasarım sürecini daha yaratıcı ve yenilikçi hale getirir (Autodesk).

3.1. Üretken Tasarımda Kullanılan Araçlar ve Teknolojiler

Üretken tasarım yazılımları, form üretme yöntemlerine göre form tabanlı ve fonksiyon tabanlı olmak üzere iki ana kategoride incelenebilir. Form tabanlı üretken tasarım yazılımları, tasarımcının tanımladığı kurallar doğrultusunda form seçenekleri üretirken; fonksiyon tabanlı üretken tasarım yazılımları ise belirlenen kurallar çerçevesinde fonksiyonu yerine

getirecek en uygun formu tasarımcıya sunmaktadır. Her ikisi de tasarım sürecinde kuralların belirleyici bir öneme sahip olmasıyla benzerlik gösterir. Form tabanlı üretken tasarımda, tasarımcı seçtiği formu belirledikten sonra, üretim aşamasına geçmeden önce analizlerin yapılacağı başka bir uygulamaya yönlendirilir. Fonksiyon tabanlı üretken tasarımda ise tasarımcıya, o fonksiyonu yerine getirecek en uygun tasarım önerisi doğrudan sunar (Kocaman, 2023).

Form Tabanlı

Rhinoceros: 3D modelleme yazılımı olan Rhinoceros, genellikle mobilya tasarımı, takı tasarımı, mimarlık, otomotiv tasarımı endüstriyel tasarım ve deniz araçları gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Karmaşık tasarımların yüksek hassasiyetle oluşturulmasına olanak tanır.

Bentley Generativecomponents: Bentley Systems tarafından geliştirilen bir yazılımdır. Mühendislik, mimarlık ve endüstriyel tasarım gibi modelleme alanlarında yaratıcı bir tasarım aracıdır.

Revit: 3D görselleştirme ve veri yönetimi gibi araçlarla modelleme aşamasını geliştiren bir yazılımdır. Mühendisler ve mimarlar, projelerini hatasız ve hızlı bir şekilde geliştirebilir.

Fonksiyon Tabanlı

Ansys Discovery: Mühendisler ve tasarımcılar için bir modelleme ve simülasyon programıdır. Eş zamanlı simülasyon yapabilmesi sayesinde, tasarım süreçlerini hızlandırır ve sorunsuz bir şekilde geliştirip test edebilir.

Fusion 360: 3D tasarım, modelleme ve simülasyon yazılımıdır. Tasarım sürecinden üretime kadar uzanan her basamakta güçlü analiz ve optimizasyon sunarak kullanıcıların kaliteli tasarımlar üretmesini sağlar.

Catia: Dassault Systemes tarafından geliştirilmiştir. Otomotiv, makine mühendisliği, mimarlık, endüstriyel tasarım, havacılık, uzay mühendisliği gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Tasarım ve üretim arasındaki geçişi kolaylaştırır. Her aşamada analiz, simülasyon ve optimizasyon araçları sunar.

SolidWorks: Dassault Systemes tarafından geliştirilmiştir. Mühendislik, imalat sektörü ve endüstriyel tasarım alanlarında kullanılan bir 3D yazılım aracıdır. Parça ve ürün tasarımı için kapsamlı bir CAD yazılımıdır.

Siemens NX: Mühendislik, simülasyon, üretim ve veri yönetimi aşamalarını bir araya getiren kapsamlı bir yazılımdır.

3.2. Üretken Tasarım Araçlarının Kullanıldığı Alanlar

Endüstri Ürünleri Tasarımı, Mimarlık, Mühendislik, Savunma Sanayi gibi birçok disiplini bir araya getiren üretken tasarım, çok yönlü bir üretim yaklaşımı olarak kabul edilmektedir. Bu alanlar yaratıcı ve sürdürülebilir üretim süreçlerine katkı sağlamaktadır. Tasarımcıların yazılımlar aracılığıyla yeni bir bakış açısıyla sonsuz üretim olanaklarını farklı bir perspektiften keşfetmelerini hedefleyen bu vizyon niyet ve icra arasındaki sürenin zenginleştirilerek kısaltılmasını hedeflemektedir. Üretken çağda yaratım ve üretim arasındaki süreç daha zengin ve verimli denemelere olanak sağlamaktadır. (Bayar, 2023).

Yapay zeka destekli tasarım yazılımları, endüstride birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Yapay zeka özellikle veri analizi, modelleme ve simülasyon yapma gibi tasarım sürecindeki nice aşamada kullanılabilir. Gelişmiş bilgi işlem gücü, büyük veri depolama ve hızlı hesaplama yetenekleri sayesinde özellikle karmaşık tasarım problemlerinin çözülmesinde etkili olabilir. (Yeşim, 2023).

Üretken tasarım, birçok sektörde yenilikçi ve verimli çözümler üreterek devrim yaratıyor. Üretimde karmaşık yapıların ve kaynakları verimli bir şekilde kullanan parçaların tasarımını kolaylaştırırken, inşaat ve mimarlık alanlarında ise sürdürülebilir ve uzay bakımından optimize edilmiş tasarımların önünü açıyor. Havacılık ve otomotiv endüstrisi alanlarında daha hafif yapılar ve performansta iyileştirmeler sağlarken, sağlık sektöründe ise protezler, bireye özel tıbbi cihazlar, hastaların anatomik yapısına uygun implantlar tedavi sürecinde önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Eğlence ve medya dünyasında, sahne ve ortam tasarımı, 3D Simülasyonlar üretken tasarım sayesinde alanlarında daha yenilikçi ve hızlı hale getiriliyor (Autodesk).

4. SONUÇ

Parametrik ve üretken tasarım sistemleri, tasarım alanında çağın ihtiyaçlarına uygun çözümler geliştirmek ve inovasyonu artırmak adına eşsiz fırsatlar sunmaktadır. Bu yöntemlerin başarısı, algoritmaların mekanik yapılarından çok; yaratıcı düşüncenin, bilimsel verilerin ve dijital teknolojinin bir araya gelmesiyle ortaya çıkmaktadır. Teknolojinin gücünü etkin bir şekilde kullanan bu tasarım yaklaşımları, yalnızca estetik ihtiyaçlara yanıt vermekle kalmamakta; sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarda da çözüm odaklı bir yaklaşım benimsemektedir.

Parametrik ve üretken tasarım, günümüzde sürdürülebilirlik açısından büyük bir fırsat penceresi sunmaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin ve doğal kaynakların hızla tükenmesinin gündemde olduğu bu dönemde, tasarımdan üretim süreçlerine kadar her aşamada bu sistemlerin kullanılması çevresel etkileri önemli ölçüde azaltabilme potansiyeline sahiptir. Parametrik modeller, yapıların enerji verimliliğini artırma ve çevresel ayak izini küçültme gibi amaçlarla optimize edilerek doğal kaynak kullanımını dengeli bir hale getirebilir. Benzer şekilde üretken tasarımın

gücü, çok sayıda veriyi eşzamanlı olarak değerlendirebilmesi ve ideal çözümleri hızlı bir şekilde sunabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Bu tasarım yaklaşımlarının yalnızca çevre dostu projelere değil; aynı zamanda bireysel ve toplum temelli yeniliklere de değer katması beklenmektedir. Mimarlıktan mühendisliğe, sanattan moda kadar birçok sektöre entegre edilebilen bu yöntemler, tasarımcıların hayal gücünü artırarak sınırları yeniden tanımlamalarına yardımcı olmaktadır. Örneğin, bir şehir planlama projesinde parametrik araçlarla altyapı ve ulaşım sistemleri optimize edilebilirken, üretken tasarımlar, daha yaşanabilir ve özelleştirilmiş bir kent inşa etme yolunda ideal alternatifler sunabilir.

Gelecekte, parametrik ve üretken tasarım teknolojilerinin yalnızca uzmanlar tarafından değil, geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından erişilebilir olması amaçlanmalıdır. Bu hedefin gerçekleştirilmesi ise eğitim ve bilgi paylaşımıyla mümkün olacaktır. Üniversitelerde ilgili disiplinlerde bu yöntemlerle ilgili dersler artırılabilir, profesyonel eğitim programları yaygınlaştırılabilir ve uluslararası iş birliği projeleri desteklenebilir. Ayrıca, yazılım araçlarının açık kaynaklı hale getirilmesi, daha fazla tasarımcının bu teknolojilere erişim sağlamasını kolaylaştıracaktır.

Bununla birlikte, parametrik ve üretken tasarımın önündeki zorluklar da göz ardı edilmemelidir. Tasarım sürecinin başında doğru parametrelerin seçilmesi, hesaplama süreçlerindeki teknik zorluklar ve yüksek işlem maliyetleri bu alanların gelişiminin yavaşlamasına neden olabilir. Bu konularda yapılacak yatırımlar ve iyileştirmeler, söz konusu engellerin aşılmasına katkıda bulunabilir.

Sonuç olarak, parametrik ve üretken tasarım sistemleri, sadece yaratıcılığı desteklemekle kalmayarak aynı zamanda ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarda büyük bir değer yaratmaktadır. Bu yöntemlerin daha geniş çapta benimsenmesi ve geliştirilmesi, geleceğin sürdürülebilir ve

yenilikçi tasarım anlayışını şekillendirecektir. Uzmanlar ve araştırmacılar, bu teknolojilerin sunduğu potansiyeli tam anlamıyla kullanabilmek için farkındalık çalışmalarına odaklanmalı ve disiplinler arası iş birliklerini artırmalıdır. Tasarım dünyasında yeni çağın kapısını aralayan bu yöntemler, geleceğin yapı taşlarını şekillendiren temel birer araç olarak uzun yıllar boyunca etkisini sürdürecektir.

KAYNAKÇA

- Altak, A. (2021). Generatif sanat yöntemiyle video oyunları için karakter tasarımı (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Autodesk.com.tr. (2024). Generative design solutions. Erişim tarihi: 17 Kasım 2024, <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>
- Autodesk.com.tr. (2024). Generative design for architecture, engineering, and construction. Erişim tarihi: 18 Kasım 2024, <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design/architecture-engineering-construction>
- Bayar, Z. (2023). Deneyim tasarımı bağlamında sayısal yaratıcılığın bugünün tasarım ortamına getirdikleri. İstanbul Aydın Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dergisi, 9(17), 53-68.
- Baykara, M. (2011). Mimarlıkta parametrik tasarım ve arazide kütle yerleşimi için bir model önerisi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güney, E., & Uysal, S. (2019). Kültürel dönüşümler ve teknolojik gelişmeler ilişkisinde jeneratif sanat. Art-e Sanat Dergisi, 12(24), 289-314.
- Kaçmaz, Ş. (2019, Nisan). Parametrik tasarım ve BIM. Uluslararası Hakemli Akademik Dergi: Yapı Bilgi Modelleme. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khan, S., & Awan, J. M. (2018, Ekim). A generative design technique for exploring shape variations. Advanced Engineering Informatics, 38, 712-724. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.10.005>
- Karsan Erbaş, S. (2013, Kasım). Mimarlıkta parametrik tasarım ve eğitimi. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi / Journal of Research in Education and Teaching, 2(4).
- Kocaman, U. (2023). Ürün tasarımında üretken tasarımın tasarım süreçleri, tasarımcı ve tasarım eğitimi üzerine etkileri (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Lobos, A. (2018). Finding balance in generative product design. In Norddesign 2018. Linköping University, Linköping, Sweden, 14-17 August 2018.

Şekerci, C., & Yıldız, P. (2020, Ekim). Parametrik tasarım süreci: İç mimarlık eğitim ve pratiğinde kullanımı. *Online Journal of Art and Design*, 8(4), 299-300.

Şekerci, C., Beşkaya, B., & Taştan, Z. (2023, Nisan). Son 10 yılda tasarlanan Serpentine Pavilyonlarının biomimikri ve parametrik tasarım açısından biçimsel analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 50, 66-78.

Suyabatmaz, E., & Aytar Sever, İ. (2023). İç mekanlarda biyomorfik yaklaşımlarla parametrik tasarım. *Yapı Bilgi Modelleme*, 5(1).

Türk Dil Kurumu. (n.d.). sozluk.gov.tr. Erişim tarihi: 17 Kasım 2024, <https://sozluk.gov.tr>

Walmsley, K. (2018). Getting started with generative design for AEC. Autodesk University. Erişim: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Getting-Started-Generative-Design-AEC-2018>

Woodbury, R. (2010). *Elements of parametric design*. Taylor and Francis.

Yeşim, E. (2023). Endüstriyel tasarım sürecinde bilgisayar destekli üretken tasarım araçlarının tasarlama eylemine etkileri (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, s. 77.

URL1: <https://alihazmacellik.com/3d-cizim-nedir/>

URL2: <https://buildz.blogspot.com/2014/01/dynamo-stadium.html>

URL3: https://www.researchgate.net/figure/Grasshopper-canvas-superimposed-on-Rhino-window-with-a-definition-and-its-live_fig17_320931455

URL4: <https://www.youtube.com/watch?v=03R1vXfIZF4>

URL5: https://parametric-architecture.com/10-noteworthy-works-of-zaha-hadid-zha/?srsId=AfmBOooJoCB_J5L2PJecoran1YrgsTWooHm12ppBNbNM R8bFra0Z4IGX

URL6: <https://parametric-architecture.com/generative-design-and-3d-printing-in-fashion/>

URL7: <http://www.arch2o.com/parametric-shoes-alessio-spinelli/>

URL8: <https://deskriptiv.com/rottlace-bjork>

URL9: <https://competition.adesignaward.com/gooddesign.php?ID=31486>

BÖLÜM 4

ENDÜSTRİYEL TASARIM VE GÖRSEL TASARIMDA AMBALAJIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Doç. Dr. Bekir KESKİN¹

Arş. Gör. Vildan YİĞİT²

1. GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilirlik, endüstriyel ve görsel tasarım süreçlerinin merkezinde yer almaktadır. Bu yaklaşım özellikle ambalaj tasarım konusunda, çevresel etkilerin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Ambalaj, bir ürünün korunması, taşınması ve pazarlanması gibi işlevsel roller üstlenirken, aynı zamanda tüketicilerle ilk temas noktası olması sebebiyle görsel iletişim açısından da büyük önem taşımaktadır (Rundh, 2016). Bu anlamda ambalajın kendisi bir ürün haline gelmekte ve satın alma süreçlerini etkileme potansiyeline sahip bir hale gelmektedir. Ancak, geleneksel ambalaj malzemelerinin üretimi ve sonrasında atık olarak bertarafı, ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Plastik kirliliği, sera gazı emisyonları ve doğal kaynakların tükenmesi gibi problemler, sürdürülebilir

¹ Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü, bekir.keskin@hbv.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9552-6272

² Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Resim Bölümü vildan.yigit@hbv.edu.tr, ORCID:0000-0003-4150-3328

ambalaj tasarımı ihtiyacını daha da acil hale getirmiştir (Hopewell vd., 2009; Keskin vd. 2020).

Ambalaj pazarının büyüklüğü, 2024 yılı sonunda 1,17 trilyon ABD doları olarak tahmin edilmekte olup, 2028 yılına kadar 1,47 trilyon ABD dolarına ulaşması ve 2024-2029 tahmin dönemi boyunca %3,9'luk bir yıllık bileşik büyüme oranı (CAGR) göstermesi beklenmektedir (Smithers Report, 2023). Ambalaj sektörünün endüstriyel olarak büyük bir hacme sahip olması ve bu hacmin atık miktarı olarak küresel ölçekte büyük bir etkiye sahip olması nedeniyle sürdürülebilir olması küresel problemlerin çözümü bakımından büyük bir önem taşımaktadır. Sürdürülebilir ambalaj tasarımı, yalnızca çevre dostu malzemelerin kullanımıyla sınırlı olmayıp, ürünün yaşam döngüsü boyunca enerji tüketiminin, atık oluşumunun ve karbon ayak izinin azaltılmasını hedefleyen bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir (Azzi vd., 2012). Bu çerçevede, tasarımcılar, hem endüstriyel üretim süreçlerini optimize etmek hem de görsel tasarım unsurlarıyla tüketicilerin çevre bilincini artırmak gibi çok yönlü bir sorumluluk üstlenmektedir. Ancak, sürdürülebilir ambalaj tasarımı sürecinde malzeme sınırlamaları, üretim maliyetleri ve geri dönüşüm altyapısındaki eksiklikler gibi zorluklarla karşılaşmaktadır (Pauer vd., 2019). Buna rağmen her geçen gün yaşanan gelişmelerle ortaya çıkan zorlukları aşmak üzere araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

Sürdürülebilir ambalajın üretimi alanında yaşanan zorluklara rağmen, ambalaj üretiminde her geçen gün ortaya küresel ve yerel olarak uygulama alanı bulan yeni trendler ve yenilikçi çözümler çıkmaktadır (Keskin vd., 2018). Bu uygulamalar sürdürülebilir ambalaj tasarımında ve üretiminde umut verici bir geleceğe yol açmaktadır. Biyoplastikler, kompostlanabilir malzemeler ve geri dönüştürülebilir tasarımlar gibi uygulamalar, çevresel etkileri azaltmada önemli bir potansiyele sahiptir (Shen vd., 2009). Ayrıca, dögüsel ekonomi prensiplerinin benimsenmesi, ambalajların yaşam

döngüsünü uzatmayı ve atık oluşumunu en aza indirmeyi mümkün kılmaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Bu çalışmada, endüstriyel ve görsel tasarım perspektifinden sürdürülebilir ambalajın çevresel etkileri, karşılaşılan tasarım zorlukları ve yenilikçi çözümler ele alınmıştır. Bu amaçla bölüm içeriğinde ambalajın çevresel sorumlulukları, endüstriyel ve görsel tasarım bakımından sürdürülebilirlik uygulamaları, sürdürülebilirlik stratejilerinin tüketici davranışına etkisi ve sürdürülebilir ambalaj tasarımı alanında yaşanan zorluklar alt başlıklar halinde değerlendirilmiştir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR AMBALAJ TASARIMININ ÖNEMİ

Ambalaj, ürünü koruma, taşıma, tanıtma vb. çok çeşitli işlevleri sebebiyle modern hayatta üretilen her bir ürünün vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir (Steenis vd., 2017). Bu vazgeçilmez parça, günümüzde yaygın uygulamada, içeriğinden daha uzun süre dayanacak şekilde tasarlanmakta ve kullanımdan sonra genellikle gereksiz hale gelmektedir. Ambalaj; uzun yıllar batılı toplumlarda sürdürülemez tüketim alışkanlıklarına yönelik önemli bir örnek olarak gösterilmiştir. Yaşanan bu mevcut durumun en önemli sebepleri arasında, artan küresel nüfus ve tüketim alışkanlıkları, geçmiş teknolojilerin sunduğu üretim imkânları ve üretici alışkanlıkları sıralanabilir. Artan nüfusla birlikte ihtiyaç duyulan ambalaj ve yükselen üretim grafikleri dolayısıyla da ortaya çıkan atık miktarı çoğalmaktadır. Üretim yöntemleri içerisinde barındırdığı enerji tüketimi, üretim süreçleri, kimyasal ve fiziksel atıklar karbon ayak izini arttırmaktadır. Bu aşamada ambalajın endüstriyel ve görsel üretim süreçlerinin optimizasyonu önemli bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır.

Ambalaj da diğer bütün ürünler gibi endüstriyel ve görsel çalışmalarını içeren bir üretim sürecinden geçerek fiziksel bir ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Her fiziksel veya dijital ürünün ortaya çıkması için belli bir üretim prosesinden geçmesi gerekmektedir. Bu süreçler içerikleri ve

kullandıkları teknolojileri sebebiyle çevre üzerinde birtakım etkilere sahiptir. Geline noktada yaşanan küresel problemler nedeniyle ürünlerin sadece üretim aşaması değil, kullanım ve geri dönüşüm süreçlerinin de ele alınarak bütün yaşam döngüsünün planlanması ihtiyacı doğmuş ve bütün alanlarda baskın bir hale gelmiştir. *Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi* (LCA-Life Cycle Assessment), bir ürünün tüm yaşam süresi boyunca çevresel etkilerini analiz eden bir yöntemdir. Ambalaj diğer ürünler gibi, hammaddelerin temininden üretim, dağıtım, kullanım ve nihai bertarafa kadar birçok aşamada çevre üzerinde çeşitli etkiler yaratır. Bu etkilerin doğru bir şekilde belirlenmesi, sürdürülebilir ambalaj tasarımı ve üretim sürecinin yönetilebilmesi için oldukça önemlidir.

Ambalaj üreticileri ve markalar, ürünlerinin çevresel etkilerini belirlemek ve bu etkileri azaltmak amacıyla LCA yöntemini kullanarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmektedir. Bu süreç, yalnızca çevresel değil, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından da uzun vadeli faydalar sağlamaktadır. LCA metodolojisi, maddi ürünlerle ilişkili çevresel etkileri değerlendirmek için kullanılan en yaygın tekniktir (Bovea & Vidal, 2004). Bir LCA değerlendirmesinde tipik olarak altı önemli adım vardır (Hui vd., 2002):

- 1. Malzemenin çıkarılması.*
- 2. Üretim süreci; örneğin, zenginleştirme ve rafine etme aşamaları.*
- 3. Ambalajlama aşaması.*
- 4. Malzemenin ve nihai ürünün taşınması ve depolanması aşamaları.*
- 5. Ürünün kullanıcı tarafından kullanımı aşaması.*
- 6. Ürünün bertaraf edilmesi aşaması.*

Yukarıda sıralanan adımlar, yaşam döngüsünün daha kesin bir görünümünü elde etmek için alt başlıklara bölünebilir. Bu başlıklar şu şekilde sıralanabilir: Malzemenin çıkarılması, tasarım, pazar araştırması ve

ürün geliştirme, süreç planlama, malzemelerin satın alınması, üretim ve montaj, ürün kontrolü, atık/emisyon ve gürültünün arıtılması, paketleme ve depolama, pazarlama, satış veya kiralama, teslimat, kullanım, servis ve bakım, yenileme/yükseltme, yeniden kullanım/geri dönüşüm ve nihai kullanım (Ljungber, 2007).

Bu süreçlerin her biri, ambalaj tasarımı ve üretiminde sürdürülebilirlik ilkelerinin uygulanabileceği alanlardır. Üretim sürecinin en başından itibaren sürdürülebilir bir yaklaşımla devam ettirilen ambalajlama, yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadede ekonomik avantajlar sağlayarak işletmelerin rekabet gücünü artırır. Ekonomik gelişmeler ve kaynakların verimli kullanımı toplumsal açıdan da refah ve güvenli bir geleceğin teminatı olacaktır. Böylece sürdürülebilirliğin çevre, ekonomi ve sosyal bakımdan üç temel etki alanı da iyi yönetilmiş olacaktır.

Ambalaj tasarımı için etkili, verimli, dögüsel ve temiz olma ilkeleri belirlenmiştir. Ayrıca sürdürülebilirliğin önceden belirlenmiş bir son noktadan ziyade sürekli bir iyileştirme süreci olduğu gerçeğini vurgulamak üzere; “ürün israfını azalt” ve “işlevselliği artır” gibi temel performans göstergeleri öne çıkmaktadır (Lewis vd., 2007). Üretim aşamasında bu yaklaşımların sürdürülebilir üretim stratejisine yön vermesi beklenmektedir.

Sürdürülebilir ambalajın çok farklı tanımları yapılmaktadır. Ayrıca ambalajın sürdürülebilir olması içinde bir takım kriterler belirlenmiştir. *Sürdürülebilir Ambalaj Koalisyonu'nun Sürdürülebilir Ambalaj Kriterleri' ne göre* “Sürdürülebilir ambalaj” (SAK):

- Yaşam döngüsü boyunca bireyler ve toplumlar için faydalı, güvenli ve sağlıklıdır.

- Performans ve maliyet açısından piyasa kriterlerini karşılar.
- Yenilenebilir enerji kullanılarak tedarik edilir, üretilir, depolanır, taşınır ve geri dönüştürülür.
- Yenilenebilir veya geri dönüştürülmüş kaynak malzemelerin kullanımını en üst düzeye çıkarır.
- Temiz üretim teknolojileri ve en iyi uygulamalar kullanılarak üretilmiştir.
- Olası tüm kullanım ömrü sonu senaryolarında sağlıklı malzemelerden üretilmiştir.
- Fiziksel olarak malzeme ve enerjiyi optimize etmek üzere tasarlanmıştır.
- Biyolojik ve/veya endüstriyel beşikten beşiğe döngülerde etkin bir şekilde geri kazanılır ve kullanılır.

Küresel ambalaj endüstrisi, plastik, kâğıt, cam ve metal gibi çeşitli malzemelerle çalışırken, sürdürülebilirlik her geçen gün bu alanların her birinde daha fazla önem kazanmaktadır. Biyobozunur, kompostlanabilir, geri dönüştürülmüş ve yeniden kullanılabilir ambalajların yanı sıra minimalist tasarımlar, sürdürülebilir ambalaj çözümleri arasında öne çıkan uygulamalardır (Bkz. Görsel 1).



Görsel 1. Sürdürülebilir Ambalaj (URL-1)

2023 yılında 271,86 milyar dolar büyüklüğünde olan sürdürülebilir ambalaj pazarının, 2028 yılına kadar 393 milyar doları aşması beklenirken, sürdürülebilir plastik ambalaj sektörünün ise 2030 yılına kadar 143,7 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Dijitalleşme nedeniyle kâğıt talebinin düşmesi, kâğıt ve karton sektörünü ambalaj üretimine yöneltmiş ve oluklu mukavva ve taşıyıcı karton talebindeki artış sektörü büyüme fırsatları sunmuştur (URL-2: Statista Report).

2.1. Ambalajın Endüstriyel ve Görsel Tasarım Bağlamındaki Rolü

Ambalaj, hem endüstriyel hem de görsel tasarım bağlamında önemli işlevlere sahip bir tasarım unsurudur. Endüstriyel tasarım açısından, ambalaj, ürünlerin güvenli bir şekilde taşınması, depolanması ve korunmasında kritik bir rol oynar. Ayrıca, üretim süreçlerinde verimlilik ve maliyet etkinliği sağlamak amacıyla ambalaj tasarımında kullanılan malzemelerin seçimi, tasarımı ve üretim yöntemleri büyük önem taşır. Ambalajların sürdürülebilir olması, çevresel etkilerinin azaltılması, geri dönüşüm oranlarının artırılması gibi unsurlar günümüzde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu çerçevede, ambalaj tasarımı, sadece işlevsel yaklaşımlarla yürütülen bir gereklilik değil, aynı zamanda çevresel sorumluluk taşıyan bir strateji olarak öne çıkmaktadır (Verghese vd., 2012).

Görsel tasarım açısından ambalaj, bir ürünün pazarda rekabet edebilmesi için oldukça önemli bir unsurdur. Ambalajın estetik tasarımı, tüketiciye ürünün kalitesi ve markanın imajı hakkında bilgi verir. Ambalaj üretilirken kullanılan malzeme, üzerindeki renkler, grafik öğeler, yazı tipleri ve şekiller, tüketicinin algısını etkileyerek ürün ve marka hakkında tüketicinin zihninde bir imaj oluşturmaktadır. Bu imaj satın alma süreçlerinde belirleyici olabilmektedir. Tüketiciler, genellikle ambalajın görsel tasarımına dayanarak ürün hakkında bilinçli ya da bilinçsiz bir değerlendirme yaparlar. Yapılan araştırmalar da, ambalaj tasarımının

endüstriyel ya da görsel özellikleri sebebiyle tüketici satın alma davranışları üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu göstermektedir (Silayoi & Speece, 2007). Bu nedenle, ambalaj sadece bir koruma veya taşıma unsuru değil, aynı zamanda pazarlama açısından stratejik bir araçtır. İyi tasarlanmış bir ambalaj, markaların raflarda öne çıkmasını sağlar ve tüketicilerin ilgisini çekerek daha fazla satış yapmalarına yardımcı olur.

2.2. Sürdürülebilirlik Kavramının Tasarım Dünyasındaki Yeri

Sürdürülebilirlik, günümüz dünyasının en acil ve önemli kavramlarından biri haline gelmiştir. Artan nüfus, tüketim alışkanlıkları ve iklim değişikliği gibi faktörler, doğal kaynaklarımız ve kullanımı üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu durum, doğanın gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehdit etmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı, bu tehdidin farkındalığından doğmuş olup “*ortak geleceğimizi*” çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ele alan bütüncül bir yaklaşımı benimsemiştir (Brundtland Raporu, 1987).

Tasarım, insan ihtiyaçlarını karşılamak için ürün, sistem ve hizmetlerin yaratılmasında önemli bir rol oynar. Bu nedenle, sürdürülebilirlik kavramının tasarım dünyasında da merkezi bir yere sahip olması kaçınılmazdır. Sürdürülebilir tasarım, çevresel etkiyi en aza indirirken, sosyal faydayı ve ekonomik canlılığı artırmayı hedefler (Papanek, 1995). Bu hedeflere ulaşmak için tasarımcılar, ürün yaşam döngüsünün her aşamasında sürdürülebilirlik ilkelerini dikkate almalıdır. Sürdürülebilir tasarımın temel prensipleri şu şekilde sıralanabilir (McDonough ve Braungart, 2002):

- **Malzeme seçimi:** Tasarımcılar, yenilenebilir, geri dönüştürülmüş veya geri dönüştürülebilir malzemeler kullanarak ürünlerin çevresel etkisini azaltabilirler.

- **Ürün ömrü:** Dayanıklı ve uzun ömürlü ürünler tasarlamak, kaynak tüketimini ve atık oluşumunu azaltır.
- **Enerji verimliliği:** Ürünlerin üretimi, kullanımı ve bertarafı sırasında enerji tüketimini en aza indirmek ve alternatif enerji kaynakları kullanmak önemlidir.
- **Sosyal sorumluluk:** Tasarımcılar, ürünlerinin üretim süreçlerinde çevresel etkileri ve etik değerleri göz önünde bulundurmalıdır.
- **Tüketici bilinci:** Tasarım, tüketicileri sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları konusunda bilinçlendirme potansiyeline sahiptir.

Sürdürülebilir tasarımın temel ilkeleri arasında enerji ve kaynak verimliliği, geri dönüştürülebilirlik, uzun ömürlülük ve çevresel etkilerin azaltılması yer alır. Bu ilkeler, ürün tasarımıyla mimariye, grafik tasarımıyla moda tasarımına kadar çok farklı disiplinlerde uygulanmaktadır. Örneğin, endüstriyel tasarımda, ürünlerin modüler yapıda tasarlanması, tamir edilebilirliğini artırarak kullanım ömrünü uzatabilir (McDonough & Braungart, 2002). Benzer şekilde moda endüstrisi, hızlı moda trendlerinin yarattığı çevresel ve sosyal sorunlarla mücadele etmek için sürdürülebilir malzemeler, etik üretim ve döngüsel ekonomi modellerini benimsemektedir. Mimari alanında ise, enerji verimliliği yüksek binalar, yeşil çatılar ve yağmur suyu hasadı gibi uygulamalar her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır.

Sürdürülebilir tasarım, çevresel faydalarının yanı sıra toplumsal ve ekonomik boyutlarıyla da değerlidir. Toplumun ihtiyaçlarına uygun, erişilebilir ve ekonomik ürünler tasarlamak, sürdürülebilirlik anlayışının bir parçasıdır. Gelişmekte olan ülkelerde düşük maliyetli ve uzun ömürlü ürünlerin tasarlanması, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Manzini, 2015). Bu bakımdan sürdürülebilirlik kavramı temelde tasarım dünyasında çevresel, ekonomik ve sosyal alanları içerecek

köklü bir dönüşümü tetiklemektedir. Tasarımcılar, artık sadece estetik ve işlevselliği değil, aynı zamanda ürünlerinin çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerini de dikkate almak zorundadır. Sürdürülebilir tasarım, gelecek nesiller için yaşanabilir bir dünya yaratma yolunda önemli bir adımdır.

2.3. Sürdürülebilirliğin Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Yararları

Sürdürülebilir ambalaj, çevresel etkileri azaltmak üzere ortaya çıkan bir ambalajlama yaklaşımıdır ve doğal kaynakların korunmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bu tür ambalajlar, geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir veya yeniden kullanılabilir malzemelerden üretildiği için atık miktarını büyük ölçüde azaltır. Örneğin, plastik ambalajların yerine biyobozunur malzemelerin tercih edilmesi, hem okyanuslarda biriken plastik kirliliğini azaltmakta hem de sera gazı emisyonlarını düşürmektedir (Hopewell vd., 2009). Ayrıca, sürdürülebilir ambalajın üretiminde enerji verimliliği artırılarak fosil yakıt kullanımı en aza indirgenmekte, sera gazı emisyonlarının düşürülmesi karbon ayak izinin küçülmesine olanak tanımaktadır (Stevens, 2002). Uygulanan tüm bu stratejilerle ortaya çıkan çevresel faydalar, ekosistemlerin korunmasına ve iklim değişikliğiyle mücadeleye doğrudan katkı sağlamaktadır.

Sürdürülebilir ambalajın özünü anlamak için öncelikle sosyolojik temellerinin anlaşılması gerekir. Sosyal açıdan bakıldığında, sürdürülebilir ambalaj uygulamaları, toplumda çevre bilincinin artmasına ve daha sorumlu bireylerin ve tüketim alışkanlıklarının gelişmesine yardımcı olmaktadır. Çevre dostu ambalajlar, tüketicilere çevresel etkilerini azaltma fırsatı sunarak daha sürdürülebilir bir yaşam tarzını teşvik eder (Van Sluisveld & Worrell, 2013). Ayrıca, sürdürülebilir ambalaj üretimi, yerel ekonomilere katkıda bulunarak yeni iş fırsatlarını artırmaktadır. Örneğin, geri dönüşüm ve biyobozunur malzeme üretimi sektörlerinde çalışan birey sayısının artması, ekonomik kalkınmayı desteklerken aynı zamanda

toplumsal refahı da artırmaktadır (Verghese vd., 2015). Bu durumda, sürdürülebilir ambalaj, sadece çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik faydalar sağlayarak daha yaşanabilir bir dünya için önemli bir araç sunmaktadır.

Sürdürülebilir ambalajlama, özünde çevresel etkiyi azaltan uygulamaları ve malzemeleri benimsemekle ilgilidir. Ancak, bu uygulamalar çevre dostu bir seçim olmanın ötesine geçerek; toplumsal ve etik değerlerin bir yansımaları göstermektedir. Ambalajlama uygulamaları, çevresel ve toplumsal bağlılıklar ve alışkanlıklar hakkında önemli göstergelerdir (Nordin & Selke, 2010; Blue Monarch, 2024).

3. AMBALAJ TASARIMININ ÇEVRESEL SORUMLULUĞU

Günümüzde tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve küreselleşen dünyanın etkisiyle ambalaj kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Ancak bu artış, beraberinde ciddi çevresel sorunları da getirmektedir. Ambalaj tasarımcıları ve üreticileri, bu noktada çevresel etkileri en aza indirme konusunda büyük bir sorumluluk taşımaktadır. Bu çerçevede tasarımcılar tarafından plastik atıklar, karbon ayak izi, geri dönüşüm problemleri ve malzeme seçimi gibi başlıklar çevreci yaklaşımlarla ele alınmalıdır. Ambalaj tasarımcılarının bu çevreci yaklaşımı gösterebilmesi için ambalaj üretiminde yönetmesi gereken öne çıkan alt başlıklar şunlardır: Plastik atıklar, karbon ayak izi, su ayak izi, malzeme seçimi ve geri dönüşüm problemleri.

3.1. Plastik Atıklar

Plastik malzemeler, dayanıklılığı, hafifliği ve düşük maliyeti nedeniyle ambalaj sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, plastiklerin doğada uzun süre bozunamaması ve mikroplastiklere dönüşerek

ekosistemlere zarar vermesi önemli bir çevre sorunu olarak görülmektedir (Barnes vd., 2009). Özellikle okyanuslarda biriken plastik atıklar, deniz canlıları için ciddi tehdit oluşturmakta ve besin zincirine girerek insan sağlığını da tehlikeye atmaktadır (Jambeck vd., 2015). Plastiklerin yanı sıra, bazı zararlı kimyasallar içeren ambalaj malzemeleri de toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, ambalaj tasarımında plastik ve diğer zararlı malzemelerin kullanımını azaltılmak ve mümkün olduğunca çevre dostu alternatiflere yönelmek büyük önem taşımaktadır.

3.2. Karbon Ayak İzi

Ambalajın yaşam döngüsü boyunca, üretiminden taşınmasına ve imha edilmesine kadar her aşamada sera gazı emisyonları meydana gelir ve bu da karbon ayak izinin oluşmasına neden olur. Üretim aşamasında kullanılan enerji, hammadde temini ve üretim süreçleri, önemli miktarda karbon emisyonuna yol açar (Rikhter vd., 2022). Ambalaj malzemelerinin depolanması, taşınması da, kullanılan ulaşım, enerji türü ve mesafeye bağlı olarak karbon ayak izini artırır. Son olarak, ambalaj atıklarının bertaraf edilmesi, özellikle yakma yöntemi kullanıldığında, atmosfere zararlı gazların salınmasına ve hava kirliliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle, ambalaj tasarımında, üretim süreçlerinin optimize edilmesi, geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı ve taşıma mesafelerinin kısaltılması gibi faktörler göz önünde bulundurularak karbon ayak izinin en aza indirilmesi hedeflenmelidir (Shen vd., 2020).

3.3. Geri Dönüşüm Problemleri

Ambalaj atıklarının etkin bir şekilde yönetilmesi, çevresel etkilerin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir. Ancak, farklı malzemelerin bir arada kullanılması, karmaşık ambalaj tasarımları, gereksiz ve yoğun

mürekkep kullanımı ve yetersiz geri dönüşüm altyapısı gibi faktörler, geri dönüşüm ve atık yönetimi süreçlerini zorlaştırmaktadır. Örneğin, çok katmanlı plastik ambalajların ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi genellikle zor ve maliyetlidir. Bu nedenle, ambalaj tasarımında, kolayca ayrıştırılabilen ve geri dönüştürülebilen malzemelerin tercih edilmesi, geri dönüşüm süreçlerini kolaylaştırmak ve atık miktarını azaltmak açısından büyük önem taşımaktadır (Subramanian, 2020). Ek olarak geri dönüşüm sürecinde kolaylaştırıcı; modüler tasarım yaklaşımı ve üretim yöntemlerinin kullanımı geri dönüşüm problemlerinin üstesinden gelinmesini destekleyecektir.

3.4. Malzeme Seçimi

Ambalaj üretimi için kullanılan hammaddeler, ormanlar, su kaynakları ve enerji gibi doğal kaynakların tüketimine neden olur. Bu nedenle, sürdürülebilir ambalaj tasarımında, doğal kaynakların korunması ve verimli kullanımı büyük önem taşımaktadır. Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyo-bazlı plastiklerin tercih edilmesi ve ormanların sürdürülebilir yönetimine uygun olarak üretilen kağıt ve karton ambalajların kullanımı, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlayacak önemli adımlardır (Hopewell vd., 2009). Sürdürülebilir malzeme seçimi, sadece doğal kaynakların korunmasına değil, aynı zamanda karbon ayak izinin azaltılmasına ve atık miktarının düşürülmesine de katkı sağlayarak daha sürdürülebilir bir ambalaj sistemi oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

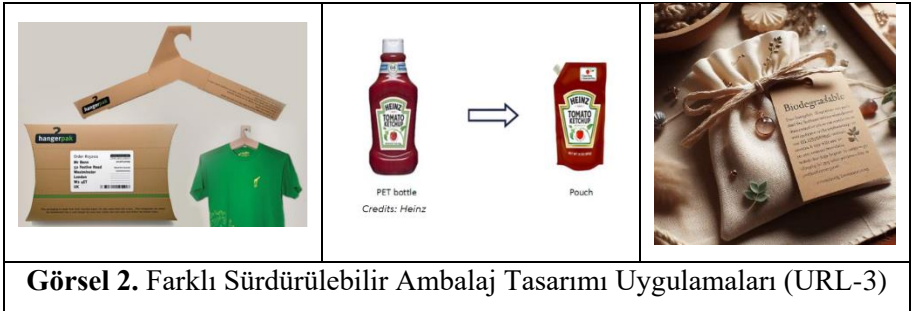
Bütün bu sıralanan bilgiler ışığında sürdürülebilir ambalaj tasarımı pratikleri, çevresel etkilerin en aza indirilmesinde kritik bir rol oynar. Plastik ve diğer zararlı malzemelerin kullanımının azaltılması, karbon ayak izinin düşürülmesi, geri dönüşüm ve atık yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi ve sürdürülebilir malzemelerin tercih edilmesi, daha

sürdürülebilir bir ambalaj sistemi oluşturmak için tasarımcılar ve süreci yöneten uzmanlar tarafından atılabilecek önemli adımlardır.

4. ENDÜSTRİYEL TASARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Günümüzde artan çevresel sorunlar, endüstriyel tasarım alanında sürdürülebilirlik kavramını ön plana çıkarmıştır. Ürünlerin sadece estetik ve fonksiyonel olması artık yeterli değildir; aynı zamanda çevresel etkilerini en aza indirecek şekilde tasarlanmaları ve üretilmeleri de gerekmektedir. Bu çerçevede, endüstriyel tasarımcılar, ürünlerin yaşam döngüsünün her aşamasında sürdürülebilirliği göz önünde bulundurmaya ve çevresel sorumluluk bilinciyle hareket etmek zorundadır.

Modern endüstriyel tasarım, kullanıcı deneyimini optimize ederken çevresel etkileri en aza indirmeyi hedeflemektedir. Cradle-to-cradle (beşikten beşiğe) yaklaşımı, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini minimize etmeyi amaçlar (McDonough & Braungart, 2002). Bu çerçevede, uygulanacak eko-tasarım prensipleri, malzeme kullanımını azaltırken ürün performansını da artırmaya odaklanmaktadır. Duygusal dayanıklılık ve kullanıcı bağlılığı, sürdürülebilir tasarımın temel unsurlarındandır ve ürünlerin kullanım ömrünü uzatmaktadır (Chapman, 2005). Görsel 2 de sürdürülebilir ambalaj tasarımı örnekleri görülmektedir.



4.1. Endüstriyel Tasarımda Malzeme Seçimi

Endüstriyel tasarımda sürdürülebilirliğin sağlanmasında malzeme seçimi kritik bir öneme sahiptir. Plastik malzemelerin çevresel etkileri göz önüne alındığında, biyolojik ve doğal kaynaklarda elde edilen ve biyolojik olarak bozunabilir malzemelere yönelim giderek artmaktadır. Örneğin, plastik alternatifi polilaktik asit (PLA) gibi biyoplastikler, fosil yakıt bazlı plastiklere kıyasla çok daha düşük çevresel etkiye sahiptir ve biyolojik olarak parçalanabilir özelliktedir (Shen vd., 2009). Ayrıca mısır nişastası, bambu, mantar, deniz yosunu gibi malzemeler farklı doğal biyolojik malzemeler, plastiklere alternatif olarak kullanılacak yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir seçenekler sunmaktadır. Bu malzemelerin kullanımı, hem fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmakta hem de atık oluşumunu minimize etmektedir. Endüstriyel tasarımcılar, ürünlerinde bu tür sürdürülebilir malzemeleri tercih ederek çevresel etkilerini azaltabilir ve döngüsel ekonomiye geçişi destekleyebilirler.

4.2. Geri Dönüşüm ve Döngüsel Ekonomi

Endüstriyel tasarımda, geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir ambalajlar, döngüsel ekonominin temel taşlarından biridir. Örneğin, cam şişeler veya metal kutular, birçok kez yeniden kullanılabilme potansiyeline sahiptir ve bu sayede atık miktarını önemli ölçüde azaltır (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Kâğıt ve karton ambalajlar birden fazla kez geri dönüştürülerek kullanılabilir. Tasarımcılar, ambalajların geri dönüşüm süreçlerini kolaylaştıracak şekilde sade ve tek malzemeli tasarımlar geliştirmeye odaklanmalıdır. Bu, yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik faydalar da sağlar.

Döngüsel ekonomi, kaynakların mümkün olduğunca uzun süre kullanımda kalmasını ve atık oluşumunun en aza indirilmesini hedefleyen

bir ekonomik modeldir. Bu model, endüstriyel tasarımda geri dönüşüm ve yeniden kullanılabilirlik kavramlarının önemini artırmaktadır. Özellikle ambalaj tasarımı, döngüsel ekonomi prensiplerinin uygulanması için önemli bir alandır. Yeniden kullanılabilir ambalajlar, hem kaynak tüketimini azaltmakta hem de atık oluşumunu engellemektedir (Preston, 2012). Bu doğrultuda, endüstriyel tasarımcılar, kolayca sökülüp takılabilen, modüler, farklı malzemelerin ayrıştırılmasına olanak tanıyan ve geri dönüştürülebilir malzemelerden üretilen ambalajlar tasarlamalıdır.

4.3. Fonksiyonel Tasarım ve Çevresel Sorumluluk



Fonksiyonel tasarım, ürünlerin kullanım amacını en verimli şekilde karşılamasını hedeflerken, çevresel sorumluluk ise bu amaca ulaşırken doğal kaynakların korunmasını ve atık oluşumunun minimize edilmesini içermektedir. Bu iki kavramın bir araya gelmesiyle, hem kullanıcı dostu hem de çevre dostu ürünler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, az su tüketen çamaşır makineleri veya enerji verimliliği yüksek elektronik cihazlar, fonksiyonel tasarım ve çevresel sorumluluğun bir arada nasıl ele alınabileceğini göstermektedir (Ceschin & Gaziulusoy, 2016). Bu tarz uygulamalarla enerji verimliliği veya su tasarrufu sağlayan ev aletleri, çevresel sorumluluğu destekleyen tasarım çözümleri arasında yer almaktadır (Manzini ve Vezzoli, 2003). Ayrıca, modüler tasarım yaklaşımları, ürünlerin kolayca onarılabilesini ve yeniden kullanılabilmesini sağlayarak kaynak tüketimini azaltmaktadır. Bu tür tasarımlar, hem kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılar hem de çevresel sürdürülebilirliği destekler ve teşvik eder.

4.4. Akıllı Ambalajlar ve Teknolojik Gelişmelerin Sürdürülebilirliğe Katkısı

Teknolojik gelişmeler, sürdürülebilir ambalaj çözümlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Akıllı ambalajlar, ürünlerin tazeliğini korumak, izlenebilirliğini ve güvenliğini sağlamak, tüketicilere ürün bilgileri sunmak ve geri dönüşüm sürecini kolaylaştırmak gibi işlevleri yerine getirmektedir (Kalpana vd., 2019). Örneğin RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) teknolojisi, ürünlerin yaşam döngüsünü izleyerek atık yönetimini optimize edebilir (Kerry vd., 2006). Bu yönleriyle akıllı ambalajların çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunduğu söylenebilir. Günümüzde artan kullanıma sahip olan sensörler, RFID etiketleri ve akıllı mürekkepler gibi teknolojiler, akıllı ambalajların geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, gıda ambalajlarında kullanılan biyosensörler, gıdaların bozulma durumunu algılayarak israfı azaltabilir. Bu tür yenilikler, hem tüketici deneyimini iyileştirir hem de lojistik süreçleri kolaylaştırır. Bu alanda teknolojik ve yenilikçi uygulamalar tüketicilerin bilgilendirilmesi yoluyla bilinçlendirilmesi sayesinde çevresel etkilerin azaltılmasına ve sürdürülebilirliğin desteklenmesine yardımcı olmaktadır.

5. GÖRSEL TASARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Günümüzde, çevresel farkındalığın artmasıyla birlikte, sürdürülebilirlik kavramı görsel tasarım alanında da giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir görsel tasarım, estetik ve fonksiyonelliği korurken, aynı zamanda çevresel etkileri en aza indirmeyi hedefleyen bir tasarım yaklaşımıdır. Bu bağlamda, ambalajın görsel tasarım süreci de, çevresel ve ekonomik etkilerin minimuma indirilmek üzere sürdürülebilir tasarım ilkelerinin uygulanabileceği önemli alanlardan biridir. Görsel 3 ve Görsel 4 de sürdürülebilir görsel tasarım yaklaşımlarıyla üretilen sürdürülebilir ambalaj örnekleri görülmektedir.

	
Görsel 3. Sürdürülebilir Baskı Uygulaması (URL-3)	Görsel 4. Minimalist Tasarım (URL-3)

5.1. Grafik Tasarımda Çevre Dostu Uygulamalar

Grafik tasarım, baskı malzemelerinin ve teknolojilerinin seçiminde dolayısıyla ambalajın üretiminde önemli bir rol oynar. Renk seçimi ve tipografi gibi tasarım unsurları, marka kimliğini güçlendirmektedir ancak seçim yapılırken çevresel etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Grafik tasarımda kullanılan renkler, mürekkepler, boyalar, solventler ve diğer baskı malzemeleri, çevresel etkileri önemli ölçüde etkileyebilir. Mürekkeplerin elde ediliş ve doğada varoluş şekilleri sürdürülebilirliğe etkimektedir. Geleneksel petrol-solvent bazlı mürekkepler, Uçucu Organik Bileşikler (VOC) emisyonlarının yayılmasına ve su kirliliğine neden olabilir (Kipphan, 2001; Sherin, 2013). Sürdürülebilir uygulamalarda ise, soya bazlı doğal mürekkepler, su bazlı boyalar ve ağır metal içermeyen baskı malzemeleri gibi çevre dostu alternatifler tercih edilmelidir (Sherin, 2013). Dijital baskı teknikleri, geleneksel baskı yöntemlerine göre üretimde bütün aşamaların dijital olması sebebiyle daha az atık ürettiği için daha sürdürülebilir bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, geri dönüştürülmüş kâğıt kullanımı ve enerji tasarrufu sağlayan baskı süreçleri, grafik tasarımda sürdürülebilirliği artıran uygulamalar arasında yer alır. Bu tür uygulamalar, tasarımcıların ürünlerin çevresel etkilerini azaltmalarına ve daha sürdürülebilir ürünler üretmelerine olanak tanımaktadır.

5.2. Minimalist Tasarım Yaklaşımları

Minimalist tasarım, gereksiz unsurları ortadan kaldırarak sadelik ve işlevselliği ön plana çıkararak bir tasarım felsefesidir. Ambalaj tasarımında minimalist bir yaklaşım benimsemek, malzeme bakımından kullanımını azaltarak süreci iyileştirir. Basit ve anlaşılır tasarımlar, tüketicilerin ürünü anlamalarını ve kullanmalarını kolaylaştırırken, aynı zamanda üretim ve geri dönüşüm süreçlerini de kolaylaştırır.

Minimalist tasarım yaklaşımı, sürdürülebilirlik açısından önemli bir stratejidir. Minimalist yaklaşımla ambalaj üzerinde endüstriyel ve görsel tasarım bakımından fazla veya gereksiz olan bütün unsurlar kaldırılarak kaynak israfı önlenir. Bu yaklaşımla "*Az daha çoktur*" felsefesi, sürdürülebilir tasarımın temel ilkelerinden biri haline gelmiştir (Lovell, 2011). Ambalaj tasarımında kullanılan malzeme miktarını azaltmak, hem üretim maliyetlerini düşürür hem de atık miktarını azaltır (Bhamra & Lofthouse, 2007). Minimalist tasarım, ürünlerin basit ve işlevsel olmasını hedefler, bu da üretim sürecinde enerji ve kaynak tüketimini azaltır (Chapman, 2005). Minimalist tasarım, aynı zamanda tüketicilere daha net ve anlaşılır bir mesaj ileterek marka iletişimini ve ürün tüketici etkileşimini güçlendirir.

5.3. Estetik ve Fonksiyonellik Arasındaki Denge

Sürdürülebilir tasarımda estetik ve fonksiyonellik arasındaki denge, başarılı bir ürün geliştirmenin temel taşı olarak görülmektedir. Bu denge, ürünlerin hem görsel çekiciliğini korumayı hem de gereksiz bütün unsurları ortadan kaldırarak çevresel etkileri en aza indirmeyi hedefler. Tasarımcılar, ürünlerin uzun ömürlü olmasını ve kullanıcı dostu olmalarını sağlayarak, sürdürülebilirlik ilkelerini tasarım sürecine entegre edebilirler.

Bu bakış açısıyla, minimalist tasarım yaklaşımları, ürünlerin daha az malzeme kullanımı ile daha estetik ve fonksiyonel olmasını sağlayacaktır (Bhamra & Lofthouse, 2007; Jedlicka, 2009). Bu yaklaşım, hem ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri azaltır hem de tüketiciye daha uzun süre kullanabileceği ürünler sunar.

Görsel tasarımda sürdürülebilirlik, estetiği korurken ambalajın fonksiyonel olmasına da odaklanmaktadır. Fonksiyonel ambalaj, kendisinden beklenen ürünü koruma, taşıma, tanıtma, fark yaratma vb. bütün işlevleri yerine getiren ambalajdır. Satın alma sürecinde tüketiciler, ürünleri satın almaya ikna eden, görsel olarak çekici ambalajlara yönelirler. Ancak, sürdürülebilir tasarım, aşırı ambalaj kullanımından kaçınmayı ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımını önceliklendirmeyi gerektirmektedir (Klimchuk & Krasovec, 2013). Bu nedenle, tasarımcılar, minimum malzeme kullanarak maksimum etki oluşturacak çözümler geliştirmelidir. Sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarında, malzeme kullanımını minimize ederken görsel çekiciliği korumak önemlidir (Jedlicka, 2009). Estetik açıdan çekici ürünler daha uzun süre kullanılma eğilimindedir, bu da sürdürülebilirliğe doğrudan katkı sağlar. Ambalajın tasarımı sürecinde farklı özellikteki ve görünümdeki çoklu malzeme kullanımı yerine tek malzemeli veya yeniden kullanılabilir ambalajlar tercih edilmelidir. Bu ambalaj tasarımları, hem görsel estetik hem de sürdürülebilirlik açısından avantajlar sunabilecek özelliktedir (Bloch, 2015).

Norman (2013), tasarımın duygusal ve işlevsel yönlerinin birbirini tamamlaması gerektiğini vurgular. Bu bakış açısıyla ambalajın tüketiciyle duygusal bağ kurarken aynı zamanda işlevsel bir tasarıma sahip olması gerektiği vurgulanmaktadır. Ambalajın nostaljik olması, kişiselleştirilmesi, çevre dostu olması, eğlenceli olması, hikayeler anlatması, çocuklara

yönelik olması, dokunsal olması veya birden fazla duyuya hitap etmesi duygusal bağ kurabilecek özelliklerden bazılarıdır. Fonksiyonel olmasına yönelik özellikler arasında ise; ürünü koruma, tazeliği koruma, depolama kolaylığı, kolay taşıma, kolay tüketim, tam tüketim, çok duyulu olma, çok amaçlı kullanım, uzun süre kullanım, yeniden kapatılabilme vb. birçok özellik sıralanabilir. Ambalajın fonksiyonel ve estetik yönleri belirlenirken bu özellikleri öne çıkaran unsurların birlikte kullanımı daha uzun süreli kullanımı sağlayacaktır.

5.4. Ambalajın Tüketici Algısı Üzerindeki Etkileri

Ambalaj, tüketicilerin bir ürün veya marka hakkındaki ilk izlenimlerini edindikleri en önemli marka imajı araçlarından birisidir. Çevre dostu ambalajlar, tüketicilerde olumlu bir algı yaratarak olumlu bir marka imajı ve marka sadakati oluşturmaya yardımcı olabilir. Çevre dostu ambalaj tasarımı, markaların sürdürülebilirlik konusundaki taahhütlerini vurgulamalarına yardımcı olur ve tüketicilerde olumlu bir marka imajı oluşturur (Magnier & Schoormans, 2015). Rokka ve Uusitalo (2008)'nin araştırması, tüketicilerin %60 üzerinde bir bölümünün satın alma süreçlerinde çevre dostu ambalajlı ürünleri tercih ettiğini göstermektedir. Sürdürülebilir ambalaj tasarımı, marka değerini artırırken çevresel sorumluluğu da vurgular. Sürdürülebilir tasarım uygulamaları marka kimliğini güçlendirmekte ve müşteri sadakatini artırmaktadır (Wheeler, 2017).

Günümüzde, tüketiciler, yaşanan çevresel problemler nedeniyle çevresel sorumluluk sahibi markaları kullanmaya ve desteklemeye daha yatkındır. Bu sebeple, markalar, ambalaj tasarımlarında sürdürülebilirliği ön plana çıkararak, çevre dostu bir marka imajı oluşturabilirler. Geri dönüştürülebilir, yeniden kullanılabilir veya doğada biyolojik olarak parçalanabilir ambalajlar, tüketicilere markanın çevreye duyarlı bir

yaklaşım sergilediğini gösterir. Bu tür tasarımlar, yalnızca çevreye katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda tüketici sadakatini artırarak markalar için rekabet avantajı yaratır. Bu yaklaşımla öne çıkan ambalajlar markanın çevre dostu imajını vurgular ve pazar payının arttırılmasında da önemli bir katkı sunar.

6. SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIMIN TÜKETİCİ DAVRANIŞLARINA ETKİSİ

Ambalaj, bir ürünün kullanıcı deneyimi üzerinde doğrudan etkili olan ve bu nedenle pazarlamada kritik bir rol oynayan bir unsurdur. Hem endüstriyel hem de görsel tasarım özellikleriyle tüketicilerin satın alma davranışlarını ve marka imajını doğrudan etkiler. Bu etkileri nedeniyle ambalajın kendisi, günümüzde başlı başına bir ürün haline gelmiştir. İlk başta sadece ürünü koruma ve taşıma amacıyla geliştirilen ambalajlar, artık kullanım kolaylığı, tüketim kolaylığı, bilgilendirme, pazarlama, özgün imaj oluşturma ve geri dönüşüm gibi birçok görev üstlenmekte ve farklı fonksiyonları yerine getirmektedir (Underwood & Klein, 2002).

Özgün bir ambalaj tasarımı, bir markayı pazardaki rakiplerinden ayıran önemli bir faktördür. Özgün ambalaj tüketicilerin zihninde markaya özgü, kalıcı bir imaj oluşturma kapasitesine sahiptir. Örneğin, ambalajın kendine özgü yapısal formu, rengi veya malzemesi, tüketicilerin ürünü rafta kolayca tanınmasını, benzer ürünlerden ayırt etmesini ve tercih etmesini sağlar. Ayrıca, ambalajın işlevselliği de markanın algılanan değerine katkıda bulunur. Kullanım kolaylığı sunan, yeniden kapatılabilir veya çevre dostu malzemelerden yapılmış ambalajlar, tüketicilerde olumlu bir marka imajı yaratır. Bu bakımdan, ambalajın özgün olması, sadece estetik bir farklılık yaratmakla kalmaz, aynı zamanda marka sadakati ve tüketici memnuniyetini artıran bir deneyim sunar (Silayoi & Speece, 2007). Ambalajın işlevselliği ile özgün tasarımın birleşimi, markanın pazarda

güçlü bir konum elde etmesine ve tüketici zihninde olumlu bir yer edinmesine olanak tanır.

Sürdürülebilir ambalaj tasarımı, kullanıcı deneyimini de olumlu yönde etkileyebilir. Kullanımı kolay, yeniden kapatılabilir ve fonksiyonel ambalajlar, tüketicilerin memnuniyetini artırır. Ayrıca, ambalaj üzerinde yer alan geri dönüşüm talimatları ve sürdürülebilirlik sertifikaları, tüketicilerin bilinçli seçimler yapmalarını sağlar. Bu bakımdan sürdürülebilir tasarım, tüketicileri çevre dostu davranışlar sergilemeye teşvik ederek, döngüsel ekonomiye katkı sağlar. Sürdürülebilir tasarım, yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda tüketicilerin ürünle olan etkileşimini de iyileştirir. Örneğin, kolay açılabilir veya tekrar kullanılabilir ambalajlar, kullanıcı deneyimini geliştirirken geri dönüşümlü ambalajlar tüketicileri bilinçlendirerek sürdürülebilirlik hedeflerine de katkı sağlar (Thøgersen, 2005; Luchs vd., 2010). Benzer şekilde, ambalaj üzerindeki çevre dostu mesajlar veya sosyal fayda içerikli projeler tüketicilerin marka algısını pozitif yönde etkileyebilir.

Sürdürülebilir tasarım, tüketici davranışlarını etkileyerek daha çevre dostu tercihler yapmalarını teşvik edebilir. Tüketiciler, çevre dostu ambalajlara sahip ürünleri tercih ederek çevresel sorumluluklarını yerine getirdiklerini hissederler ve bu durum satın alma davranışlarını olumlu yönde etkiler. Yapılan araştırmalar ambalajın sözel ve görsel olarak uyum içerisinde verilen sürdürülebilirlik iddiasının tüketicileri olumlu etkilediğini gösterirken, böyle bir uyum olmadığında bu durumun tüketiciyi olumsuz etkilediğini göstermektedir. Bu bakımdan markaların sürdürülebilirlik iddiasının sadece sözel olarak değil görsel olarak da uygulanması gerektiği önemli bir sonuç olarak değerlendirilmelidir (Magnier & Schormans, 2015). Yine araştırmalar materyal seçiminin de tüketicinin sürdürülebilirlik algısını ve tercihlerini önemli derecede etkilediğini ortaya koymuştur (Steenis vd., 2017).

7. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ALANINDA TASARIM ZORLUKLARI

Genel olarak, tasarımcılar, müşterinin talep ettiği teknik performans ve maliyetleri sağlamaya odaklanırlar. Ancak sürdürülebilir yaklaşımda bunun yanı sıra teknik, estetik, ergonomi gibi faktörler, kullanım ömrü sonu, atık yönetimi ve etik gibi unsurları da dikkate alarak daha bütünsel bir yaklaşım sergilemeleri gerekmektedir. Tasarımcının, ürünün kullanım süreci ve ürünün nihai bertarafı üzerinde düşünmelidir. Ek olarak çevresel etkiyi en aza indirecek hammaddeleri bilinçli bir şekilde seçmesi ve üretim ile dağıtım süreçlerini, çevresel ve sosyal etkileri minimize edecek şekilde yönlendirmesi sürdürülebilir gerekir. Bu stratejik yaklaşım sürdürülebilir tasarım bakımından büyük önem taşımaktadır. Tasarımcının en zorlu rollerinden biri, tüketicilerin davranışlarını sürdürülebilirlik açısından faydalı olacak şekilde değiştirmektir. Bu değişiklik bazen bir malzemenin seçimi gibi küçük olabilir veya enerji kullanımının ve atık üretiminin azaltılması gibi büyük olabilir. Bu uygulamalar da ürünün daha sürdürülebilir olmasını sağlar (Howarth & Hadfield, 2006). Şüphesiz bütün bu süreçleri aynı anda düşünmek, tasarlamak ve bütün süreçleri tek bir amaç doğrultusunda şekillendirmek bir takım zorlukları da beraberinde getirmektedir.

Endüstriyel ve görsel tasarımın kesişim noktası, estetik çekiciliği fonksiyonellikle birleştirme amacını taşıırken, günümüzün sürdürülebilirlik odaklı ve değişen tüketici beklentilerine sahip dünyasında bir dizi zorlukla karşı karşıya kalınmaktadır. Tasarımcılar, estetik ve fonksiyonellik dengesini kurmaya çalışırken, aynı zamanda çevresel etkileri en aza indirmek, sınırlı kaynakları verimli kullanmak ve tüketicide davranış değişikliği gerçekleştirebilecek ekonomik açıdan sürdürülebilir çözümler üretmek zorundadır. Sürdürülebilir tasarım sürecinde yaşanan zorlukların bir bölümü aşağıda farklı başlıklar altında ele alınmıştır.

7.1. Sürdürülebilirlik Yaklaşımı ve Maliyet Problemleri

Çevresel kaygılar arttıkça, sürdürülebilir tasarım artık bir tercih değil, zorunluluk haline gelmektedir (Ceschin & Gaziulusoy, 2016). Sürdürülebilirlik, günümüz endüstriyel tasarımında kritik bir öneme sahiptir. Ancak, çevre dostu malzemelerin kullanımı genellikle yüksek üretim maliyetleriyle beraber gelmektedir. Geleneksel malzemelere kıyasla, biyo-bazlı plastikler, geri dönüştürülmüş malzemeler ve sürdürülebilir şekilde elde edilen ahşap gibi alternatifler daha pahalı olabilmektedir (McKinsey, 2023). Bu maliyet artışı, hem üreticilerin hem de tüketicilerin sürdürülebilir ürünleri benimsemesini zorlaştırmaktadır. Maliyet artışı, sürdürülebilir tasarımın yaygınlaşmasını engelleyen ve aşılması gereken önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır.

Malzemeler arasındaki maliyet farkı, sürdürülebilir ürünlerin fiyat rekabet gücünü etkileyebilir ve hem üretici hem de tüketiciler için bir engel oluşturabilir. Ek olarak, bu tür malzemelerin üretimi sırasında kullanılan yenilikçi teknolojiler, başlangıç maliyetlerini artırabilir. Tasarımcılar, bu zorluğun üstesinden gelmek için malzeme verimliliğini en üst düzeye çıkararak, atıkları en aza indiren ve döngüsel ekonomi ilkelerini benimseyen stratejiler geliştirmelidir (Alastair, 2009). Bu stratejiler arasında; minimalizm, malzeme optimizasyonu, sıfır atık, geri dönüşüm, yaşam döngüsü, kullanım ömrü uzatma, modüler tasarım vb. sıralanabilir.

7.2. Görsel Çekicilik ve Fonksiyonelliğin Çatışması

Sürdürülebilir tasarım, ürünlerin çevresel etkilerini minimize etmeyi amaçlayan bir tasarım yaklaşımıdır. Bu yaklaşımla sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmaya çalışırken endüstriyel tasarım ve görsel tasarım arasında çatışmalar doğabilir. Endüstriyel tasarım, ürünlerin fonksiyonelliğini ve kullanım kolaylığını önceliklendirirken, görsel tasarım, ürünlerin görsel çekiciliğini ve estetik değerini vurgular. Bu durum, sürdürülebilir tasarım ilkeleri ile estetik kaygılar arasında bir denge

kurulması gerektiği anlamına gelir. Sürdürülebilir tasarımda, bu iki disiplin arasındaki dengeyi kurmak, tüketicilerin çevresel bilinçlerini artırmak ve çevre dostu ürünlere olan talebi teşvik etmek için kritik öneme sahiptir. Ancak, bu dengeyi sağlamak kolay değildir.

Görsel çekicilik açısından bakıldığında; tüketicilerin bir ürünü satın alma kararında görsel çekicilik önemli bir rol oynar. Sürdürülebilir malzemelerin kullanımı, bazen geleneksel malzemelerin sağladığı estetik görünümü elde etmeyi zorlaştırabilir. Örneğin, biyobozunur plastikler, petrol bazlı plastiklere kıyasla daha az parlak veya daha az dayanıklı olabilir (Lofthouse, 2006). Görsel çekicilik, tüketicilerin sürdürülebilir ürünlere karşı algısını etkileyebilmektedir. Sürdürülebilir tasarımın görsel açıdan çekici olmaması, tüketicilerin bu ürünleri tercih etmemesine yol açabilir. Bu durum, sürdürülebilir tasarımın yaygınlaşmasını engelleyen unsurlar arasındadır (Niinimäki, 2010).

Fonksiyonellik açısından bakıldığında ise; sürdürülebilir malzemelerin kullanımı, ürünün fonksiyonelliğini etkileyebilir. Örneğin, geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı, ürünün dayanıklılığını veya genel performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu, tüketicilerin ürünü uzun süre kullanma isteğini (Bhamra & Lofthouse, 2007) ve dolayısıyla satın alma arzularını azaltabilir.

Bu çatışmayı ortadan kaldırmak için, tasarımcılar ve üreticiler sürdürülebilir malzemelerin görsel çekiciliğini artırmaya yönelik yenilikçi yaklaşımlar geliştirmek üzerine odaklanmalıdır. Ayrıca, tüketicilerin sürdürülebilir ürünlere olan talebini artırmak için eğitim ve bilinçlendirme kampanyaları düzenlenebilir. Sürdürülebilir tasarımın hem görsel çekiciliği hem de fonksiyonelliği aynı anda sağlayabilmesi için, tasarım sürecinde kullanılan yöntemler ve araçlar sürekli olarak analiz edilerek yenilenmeli ve geliştirilmelidir.

7.3. Tüketici Farkındalığı ve Davranış Değişikliğinin Oluşturulması

Sürdürülebilir tasarım alanında, tüketici davranışlarını olumlu yönde değiştirmek ve çevresel farkındalığı artırmak, hem endüstriyel hem de görsel tasarımcıların karşılaştığı önemli zorluklardan biridir. Tüketicilerin sürdürülebilir ürünlere yönelik tutumları ve satın alma davranışları, tasarım stratejilerinin şekillenmesinde kritik rol oynamaktadır. Tüketiciler sürdürülebilir ürünlere giderek daha fazla talepte bulunurken, üreticiler uygulamalarını müşteri beklentileriyle uyumlu hale getirme zorluğuyla karşı karşıyadır. Bir üretici, tüketicilerin sürdürülebilir çözümleri talep ettiği kadar hızlı uygulayamazsa, bu durum işletme performansını etkileyebilir. Sürdürülebilirlik çabaları, sertifikalar edinme ve ürün hakkında şeffaf iletişim, tüketici güveni ve sadakati oluşturmaya yardımcı olabilir. Ayrıca, sosyal projeler yoluyla müşterileri sürdürülebilirlik girişimlerine dâhil etmek değerli geri bildirimler sağlayabilir ve sürekli iyileştirmeyi sağlayabilir (URL-4). Büyük ürün ve satış hacmine sahip bazı şirketlerin ürünleri için sosyal projeler geliştirerek bütün mecralarda reklamlarında tüketicileri etkilemeye yönelik bu girişimlerini özellikle vurguladığı görülmektedir.

Sürdürülebilir ürünlerin pazarda başarılı olabilmesi için, tüketicilerin çevresel etkileri anlama ve değerlendirme kapasitelerinin geliştirilmesi önemli bir zorunluluktur. Görsel tasarımcılar, ürün ambalajları ve iletişim materyalleri aracılığıyla sürdürülebilirlik mesajlarını etkili bir şekilde iletmeye çalışırken, endüstriyel tasarımcılar ürünün kendisinin bu mesajı iletmesini hedeflemektedir. Endüstriyel tasarımcılar, ürünlerin kullanım sürecinde tüketici davranışlarını yönlendiren tasarım çözümleri geliştirmeye odaklanırken, görsel tasarımcılar bilgilendirici ve ikna edici görsel iletişim stratejileri üzerinde çalışmaktadır. Bu iki disiplinin ortak hedefi, tüketicilerin sürdürülebilir yaşam tarzını benimsemelerini teşvik etmektir. Tüketici davranışlarını değiştirmek amacıyla yönelik bu ortak

girişimlerin hem endüstriyel hem de görsel tasarım disiplinleri tarafından bütünleşik bir yaklaşımı takip etmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım, ürünün fonksiyonel özelliklerini ve görsel iletişim unsurlarını birleştirerek, tüketicilerin sürdürülebilir ürünleri benimsemesini kolaylaştıracaktır.

Birçok ürün için kullanım aşaması, ürünün yaşam döngüsündeki toplam çevresel etkiye önemli bir katkı sağlar. Bu etki, kısmen kullanıcı davranışına bağlıdır. Tasarımcılar, bu davranışı daha sürdürülebilir bir yönde etkileme potansiyeline sahiptir. Tasarımcılar, bu hedefe ulaşmak için birkaç strateji izleyebilirler. Bu stratejiler şu şekilde sıralanabilir: Görsel ve fonksiyonel işlevselliği uyumlu hale getirme, hedef kitleye çevresel geri bildirim verme, kullanıcıyı yönlendirme vb. Uygulanacak tüm bu stratejilerde, nihai kullanıcının tasarım sürecine dâhil edilmesi çok önemlidir. Kullanıcı odaklı tasarım alanı, sürdürülebilirlik için tasarım sürecine bu potansiyeli gerçekleştirebilmek adına önemli araçlar ve yöntemler sunabilir (Wever vd., 2008).

7.4. Sürdürülebilir Ambalajın Depolama ve Taşıma Zorlukları

Ambalajın temel işlevlerinden biri, ürünleri dış etkenlerden koruyarak taşıma ve depolama sırasında hasar görmesini engellemektir. Ancak bu işlevin yerine getirilmesi için kullanılan malzemelerin ağırlığı veya hacmi taşıma ve depolama maliyetlerini artırabilir. Hafif ambalaj malzemeleri, lojistik süreçlerde enerji tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunarak karbon ayak izini azaltabilir. Ancak, bu tür malzemeler genellikle dayanıklılık açısından zayıf olabilir ve bu durum ürünlerin taşınma sırasında hasar görme riskini artırabilir (Hellström & Saghir, 2007).

Endüstriyel tasarım, ambalajın dayanıklılığını artırmayı hedeflerken, aynı zamanda malzeme kullanımını optimize ederek çevresel etkileri azaltmayı amaçlar. Sürdürülebilir ambalaj tasarımında hafiflik ve dayanıklılık arasındaki dengeyi sağlamak için yenilikçi malzeme

teknolojilerinin ve tasarım stratejilerinin kullanılması fayda sağlayabilir. Örneğin, kompozit, biyoplastik veya geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, hem hafiflik hem de dayanıklılık sağlayarak bu iki hedef arasında bir denge kurabilir. Ayrıca, modüler ambalaj tasarımları ve optimize edilmiş yapısal tasarımlar, malzeme kullanımını azaltarak hafiflik sağlarken dayanıklılığı koruyabilir. Dikdörtgen bir ambalaj formu yerine üçgen bir ambalaj formunun kullanılması depolama, taşıma ve sergileme aşamalarında ambalajın daha az yer kaplamasını sağlamakta ve enerji tasarrufuna katkı sunmaktadır (Keskin vd., 2018; Keskin vd., 2020).

7.5. Sınırlı Kaynaklar ve Sürdürülebilir Üretim Tekniklerinin Uygulanabilirliği

Sürdürülebilir tasarım yaklaşımında ürün seviyesinde, geleneksel 3R kavramını (*azalt, yeniden kullan, geri dönüştür*) aşarak daha güncel bir 6R kavramına geçiş yapılması gerekmektedir. Bu yeni kavram, sürdürülebilir üretimin temellerini oluşturmakta olup, “*azalt, yeniden kullan, geri kazan, yeniden tasarla, yeniden üret, geri dönüştür*” şeklinde sıralanır. Bu yaklaşım, açık döngü ve tek bir yaşam döngüsünden teorik olarak kapalı döngü ve çoklu yaşam döngüsüne geçişi mümkün kılar. Sürdürülebilir üretimde, kaynakları verimli kullanmak, atıkları ve riskleri azaltmak, ürün ömrünü uzatmak için süreç optimizasyonu ve teknolojik iyileştirmeler gereklidir. Sistem düzeyinde ise, ön üretim, üretim, kullanım ve sonrası tüm tedarik zincirinin birden fazla yaşam döngüsü boyunca dikkate alarak ele almak gereklidir (Jayal vd., 2010). Bütün bu başlıkların aynı amaç etrafında odaklanması ve yürütülmesi beraberinde sınırlılıklar ve zorluklar da getirmektedir.

Endüstriyel tasarımcılar, sürdürülebilir tasarım prensiplerini benimserken ürünün işlevselliğini, dayanıklılığını ve üretilebilirliğini göz önünde bulundurmaları zorundadır. Bu noktada sınırlı malzeme-kaynak kullanımı ve sürdürülebilir üretim teknikleri, önemli tasarım kısıtlamaları

olarak ortaya çıkabilmektedir. Geleneksel olarak kullanılan birçok malzeme, yüksek karbon ayak izi veya geri dönüştürülemez olma (plastik vb.) gibi dezavantajlara sahiptir. Sürdürülebilir alternatifler ise (biyo-bazlı plastikler, geri dönüştürülmüş malzemeler) performans, dayanıklılık veya maliyet açısından zorluklar yaratabilir. Ayrıca sürdürülebilir üretim teknikleri enerji tüketimini azaltma, atık miktarını minimize etme ve geri dönüşümü kolaylaştırma potansiyeline sahiptir. Ancak bu tekniklerin yaygın olarak benimsenmesi, mevcut üretim altyapılarının dönüştürülmesini gerektirebilir ve bu da ek maliyetler doğurmaktadır. Endüstriyel tasarımcılar, bu tekniklerin avantajlarını ve dezavantajlarını değerlendirerek, ürün tasarımını üretim süreçleriyle entegre bir şekilde ele almak zorundadır.

Görsel tasarımcılar, sürdürülebilir tasarım prensiplerini uygularken estetik kaygıları, marka kimliğini ve tüketici algısını göz önünde bulundurmalıdır. Sınırlı kaynak kullanımı ve sürdürülebilir üretim teknikleri, görsel tasarımcılar için de bir dizi zorluğu beraberinde getirir. Sürdürülebilir ambalajlarda kullanılan geri dönüştürülmüş malzemeler veya doğal mürekkepler (soya bazlı vb.), geleneksel malzemelere göre renk ve baskı kalitesi açısından farklılık gösterebilir. Bu durum, görsel tasarımcıları istenen marka imajı ve ürün kimliğini oluştururken renk, kalite ve görsel tasarım dili açısından zorlayabilmektedir. Ayrıca minimalist yaklaşımla tasarlanacak sürdürülebilir ambalaj tasarımlarında ambalaj üzerindeki gereksiz görsellerin ve bilgilerin azaltılması beklenir. Bu da baskıda renk, tipografi ve detay kullanımını etkilemektedir. Görsel tasarımcılar, sınırlı bir alan içerisinde sınırlı renk ve içerik kullanımıyla marka kimliğini korurken, ürün hakkında gerekli bilgileri net ve öz bir şekilde iletmek zorundadır. Bütün bunlar görsel tasarımcıları da sürdürülebilir ambalaj tasarımı konusunda zorlamakta ve yenilikçi çözümler aramaya itmektedir.

8. SÜRDÜRÜLEBİLİR AMBALAJ TASARIMINDA YENİLİKÇİ ÇÖZÜMLER

Sürdürülebilir tasarımda karşılaşılan zorluklar, yenilikçi çözümler ve gelecek perspektifleri üzerine yapılan çalışmaları hızlandırmıştır. Özellikle ambalaj sektörü, döngüsel ekonomi ilkelerini benimseyerek, akıllı teknolojilerden yararlanarak ve yenilikçi malzemeler kullanarak sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlemektedir.

8.1. Döngüsel Ekonomi Yaklaşımları

Döngüsel ekonomi, geleneksel doğrusal ekonomi modelinin (*al-kullan-at*) yerine, kaynakların sürekli olarak yeniden kullanıldığı ve geri dönüştürüldüğü bir sistem önermektedir. Sürdürülebilir ambalaj tasarımında bu yaklaşım, ürünlerin yaşam döngüsünün her aşamasında çevresel etkilerinin minimize edilmesini hedefler. Sürdürülebilir ambalaj tasarımında uygulanan yöntemler, bu modelin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Döngüsel ekonomi yaklaşımları, ambalaj tasarımında geri dönüştürülebilirlik, yeniden kullanılabilirlik ve biyobozunur malzemelerin kullanımını teşvik eder (Geissdoerfer vd., 2017). Bu yaklaşımla, yeniden kullanılabilir ambalajlar, ürünlerin birden fazla kez kullanılmasını sağlayarak atık miktarını azaltır.

8.2. Aktif ve Akıllı Ambalaj Teknolojileri ile Sürdürülebilirlik

Aktif ambalajlar, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak, kalitesini korumak ve güvenliğini artırmak amacıyla ambalaj, ürün ve çevre arasında etkileşim sağlayan yenilikçi sistemlerdir. Bu ambalajlar, oksijen tutucular, karbondioksit salıncılar ve nem kontrol ediciler gibi teknolojilerle, gıdanın bozulmasını önleyen ve mikrobiyal büyümeyi engelleyen özellikler sunar. Ayrıca, antimikrobiyal maddeler veya antioksidanlar içeren ambalajlar, gıdayı koruyarak oksidasyon ve mikrobiyal kontaminasyonu azaltır. Etilen

tutucular gibi bazı aktif ambalajlar, taze meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını yavaşlatırken, tat ve koku tutucular gıda içindeki istenmeyen kokuları veya tatları giderir. Bu sistemler, gıda güvenliği ve kalite yönetiminde önemli bir rol oynayarak gıda endüstrisinde geniş bir uygulama alanı bulmaktadır (Biji vd., 2015). Bu uygulamalarla aktif ambalajlar, gıdaların raf ömrünü uzatarak bozulmayı ve dolayısıyla gıda israfını önemli ölçüde azaltır. Örneğin, oksijen tutucular ve antimikrobiyal ambalajlar, gıdalardaki mikrobiyal büyümeyi ve oksidasyonu önleyerek ürünlerin daha uzun süre taze kalmasını sağlar. Bu durum, hem tüketici düzeyinde hem de tedarik zincirinde atık miktarını düşürmektedir. Ayrıca, nem kontrolü ve etilen tutucular gibi teknolojiler, meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını yavaşlatarak daha uzun süre dayanmasını sağlar, bu da özellikle taze ürünlerin taşınmasında enerji ve kaynak tasarrufu sağlar. Aktif ambalajlar, gıdanın korunmasını artırırken, gereksiz üretim ve lojistik süreçlerini ve bozulmayı azaltarak çevresel etkileri en aza indirir. Görsel 5'te aktif ambalajlama sistemlerinden örnek uygulamalar görülmektedir.

Aktif Ambalajlama Sistemleri



Görsel 5. Aktif Ambalajlama Uygulamaları (Deshmukh vd., 2023)

Akıllı ambalajlar ise, gıda ürünlerinin durumu veya çevresel koşulları hakkında bilgi sağlayarak kalite, güvenlik ve tazeliğin izlenmesine olanak tanıyan yenilikçi sistemlerdir. Sensörler, göstergeler ve RFID teknolojisi gibi bileşenler sayesinde gıdanın bozulma seviyesini, sıcaklık

değişimlerini, gaz bileşimlerini veya ambalaj bütünlüğünü izleyebilmektedir. Örneğin, tazelik göstergeleri mikrobiyal büyüme veya kimyasal değişikliklere dayalı görsel işaretler sunarken, zaman-sıcaklık göstergeleri ürünün uygun koşullarda taşınıp taşınmadığını belirler. Ayrıca, biyosensörler ve kimyasal sensörler gibi teknolojiler gıdadaki patojenleri veya zararlı maddeleri tespit ederek tüketiciye güvenli bir deneyim sağlar (Biji vd. 2015).

Akıllı ambalajlar, tedarik zinciri boyunca izlenebilirliği artırırken gıda israfını azaltmak ve tüketiciye daha bilinçli seçimler sunmak için önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu yönleriyle akıllı ambalajlar, gıdanın tazelik ve güvenlik durumunu izleme yeteneğiyle sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynar. Örneğin, zaman-sıcaklık göstergeleri ve tazelik sensörleri, ürünlerin uygun koşullarda saklanıp saklanmadığını belirleyerek gereksiz yere atılmalarını önler.

RFID teknolojisi gibi izleme sistemleri, tedarik zincirinde ürünlerin hareketini ve durumunu takip ederek lojistik süreçlerin daha verimli hale gelmesini sağlar. Bu da enerji ve kaynak kullanımını azaltır. Ayrıca, akıllı ambalajlar tüketicilere gıdanın gerçek durumu hakkında bilgi sunarak, gereksiz yere atılmasını önler ve bilinçli tüketimi teşvik eder. Böylece, gıda israfının önüne geçilerek çevresel etkiler azaltılır. Görsel 6'da akıllı ambalajlama sitemlerinden örnek uygulamalar görülmektedir.

Akıllı Ambalajlama Sistemleri



Görsel 6. Akıllı Ambalajlama Sistemleri (Zhang vd., 2023)

Aktif ve akıllı ambalaj malzemeleri, gıda israfını azaltma ve tedarik zincirini optimize etme açısından sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlasa da, bu malzemelerin üretim, kullanım ve bertaraf edilmeleri aşamalarında ortaya çıkabilecek çevresel etkiler göz ardı edilmemelidir. Plastik bazlı malzemelerin yaygın kullanımı ve kimyasal içeriklerin çevresel etkileri, bu teknolojilerin sürdürülebilirliğini sınırlayan faktörlerdir. Ancak, biyobozunur, kompostlanabilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin geliştirilmesi ve kullanılması, bu ambalajların çevresel etkilerini önemli ölçüde azaltabilecek uygulamalar olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, akıllı ambalajlarda kullanılan elektronik bileşenlerin geri dönüşüm süreçlerinin iyileştirilmesi, uzun vadede daha sürdürülebilir bir ambalajlama sistemi oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

8.3. Biyobozunur ve Geri Dönüşümlü Malzemelerin Kullanımı

Sürdürülebilir ambalajlama, çevresel etkileri azaltmak ve kaynakları daha verimli kullanmak için yenilikçi çözümler aramaktadır. Üreticiler bu amaçla, biyobozunur ve geri dönüştürülebilir malzemeler kullanarak atık miktarını azaltmayı ve döngüsel ekonomiyi desteklemeyi hedeflemektedir. Biyobozunur ve geri dönüştürülebilir malzemeler arasında; PLA

(polilaktik asit) bazlı biyoplastikler, doğal bazlı ambalaj malzemeleri, geri dönüştürülmüş kâğıt ve karton, doğal liflerden üretilen kompozit malzemeler vb. sayılabilir.

Esnek ambalajlama, kompostlanabilir malzemeler ve yeniden kullanılabilir ambalajlar gibi yenilikler, gelecekte sürdürülebilirliğin temel taşları olarak öne çıkmaktadır. Tüketici talepleri, kamusal düzenlemeler ve teknolojik ilerlemeler, daha çevre dostu bir ambalajlama endüstrisi oluşturmaya yardımcı olmaktadır. *Euromonitor tarafından hazırlanan “ Ambalajın Geleceği ve Sürdürülebilirlik ”* adlı bir rapora göre tüketicilerin %44’ü sürdürülebilir ambalaj kullanıyor ve geri dönüştürülebilirlik (%52), biyolojik olarak parçalanabilirlik (%49) ve yeniden doldurulabilir/tekrar kullanılabilir kaplar (%41) gibi özellikler arıyor (Euromonitor, 2022).

Ambalajların yeniden tasarımında, geri dönüştürülebilirlik, malzeme kullanımının azaltılması ve özellikle sert plastiklerde, yeni malzemelerin yerine geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Örneğin, İsveç'teki Orkla Foods, polipropilen (PP) yerine daha hafif ve geri dönüştürülebilir bir PET şişeye geçiş yaparak, şişelerin en az %25 oranında geri dönüştürülmüş plastik içermesini sağlamıştır. Aldi ise, tüm gazlı içecek şişelerini %100 geri dönüştürülmüş PET (rPET) malzemeye dönüştürmüştür. Bu tür yeniden tasarımlar, markaların karbon ayak izlerini azaltmalarına ve daha yüksek emisyonlu yeni polimerlere olan bağımlılıklarını önemli ölçüde düşürmelerine yardımcı olmaktadır (Euromonitor, 2024).

Sürdürülebilir ambalaj üretiminde kullanılan biyolojik bazlı plastikler, bir alternatif olarak görülmektedir. Aslında bu plastikler dünyanın tüm problemlerine küresel bir çözüm sunmamaktadır. Ancak bir gün, ister isteyerek ister zorunlulukla, fosil kaynaklardan arındırılmış bir dünyaya geçilmesi gerektiğinde, plastiklerin büyük olasılıkla tarımsal kaynaklardan

üretilmesi gerekecektir. Bu geçiş sürecinde hâlâ çözülmesi gereken biyolojik bazlı plastiklerin yüksek maliyeti, fosil bazlı plastiklere göre daha düşük mekanik özellikleri ve tarım arazisi sınırlılığı gibi bazı sorunlar bulunmaktadır (Rujnic & Pilipovic, 2017).

8.4. Ambalaj Tasarımında Sıfır Atık ve Karbon Ayak İzi Azaltma Stratejileri

Sıfır atık ve karbon ayak izi azaltma stratejileri, sürdürülebilir ambalaj tasarımı için temel hedefler arasındadır. Sıfır atık yaklaşımı, üretim ve tüketim süreçlerinde atık oluşumunu tamamen ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Ambalaj tasarımında bu yaklaşım, malzeme kullanımını optimize etmeyi, geri dönüştürülebilir veya yeniden kullanılabilir ambalajlar geliştirmeyi içerir. Örneğin, minimal ambalaj tasarımı, hem malzeme kullanımını azaltır hem de taşıma sırasında enerji tasarrufu sağlar (Allwood vd., 2011). Bu amaçlara ulaşmak üzere şirketler, ambalaj boyutunu küçülterek hem kaynak kullanımını azaltmakta hem de nakliye sırasında karbon emisyonlarını azaltmaktadır (Gutowski vd., 2011).

Ambalaj tasarımında sıfır atık ve karbon ayak izini azaltma hedeflerine ulaşmak üzere aşağıdaki stratejiler uygulanabilir (Allwood vd., 2011; Gutowski vd., 2011; Ellen MacArthur Foundation, 2023; European Commission, 2020):

- 1. Malzeme Seçimi ve Optimizasyonu:** Geri dönüşen, hafif tek malzemeler kullanılmalıdır.
- 2. Minimal Ambalaj Tasarımı:** Az malzemeyle çok amaçlı, modüler tasarımlar üretimi.
- 3. Enerji Verimli Üretim Süreçleri:** Yenilenebilir, düşük enerji kullanımını atık enerji kazanımı yapılmalıdır.

4. ***Nakliye ve Lojistik Optimizasyonu:*** Hafif tasarımlar, yerel verimli taşıma sistemleri
5. ***Yeniden Kullanılabilir ve Döngüsel Ambalajlar***
6. ***Dijitalleşme ve Teknolojik Baskı Teknolojileri:*** Az enerji tüketen dijital teknoloji kullanımı, mürekkep ve etiket kullanımını azaltmak.
7. ***Tüketici Farkındalığı ve İş Birliği:*** Tüketici eğitimi ve tedarik zincirindeki şirketler arası işbirliği (lojistik, malzeme, bilgi vb.)
8. ***Karbon Ayak İzi Hesaplaması:*** LCA kullanımı, karbon dengeleme uygulamaları.
9. ***Yenilikçi Malzemeler ve Teknolojiler:*** Biyoplastik, doğal, kompostlanabilir malzeme kullanımı ve akıllı ambalaj teknolojisi kullanımı.

8.5. Ambalaj Tasarımında Endüstriyel ve Görsel Tasarım İnovasyonları

Endüstriyel ve görsel tasarımda uygulanacak inovasyon, sürdürülebilir ambalaj tasarımı uygulamalarının yenilikler yoluyla geliştirilmesine hizmet etmeye odaklanmaktadır. 3D baskı, akıllı etiketler ve dijital yazılım kullanımı gibi uygulamalar ambalaj tasarımı konusunda yenilikçi uygulamalar olarak öne çıkmaktadır. Gelecekte, sürdürülebilir tasarımda daha köklü yeniliklerin ortaya çıkması beklenmektedir. Biyomimikri (doğadan ilham alan tasarım) prensiplerinin tasarım süreçlerine entegrasyonu, doğal süreçleri taklit eden ve çevresel etkileri minimuma indiren çözümler sunabilme kapasitesine sahiptir (Ceschin & Gaziulusoy, 2016). Ayrıca, 3D baskı teknolojilerinin gelişimi, ambalaj üretiminde malzeme israfını azaltarak daha verimli ve çevre dostu üretim süreçlerini mümkün kılabilir. 3D baskı teknolojisi, karmaşık geometrilere sahip ambalajların üretilmesini sağlayarak malzeme kullanımını optimize eder ve kişiselleştirilmiş ambalaj tasarımları üretir (Wohler Associates, 2021).

Akıllı etiketler, tüketicilere ürünler hakkında etkileşimli bir deneyim sunarken, dijital yazılımlar, tasarım süreçlerini hızlandırır ve prototipleme maliyetlerini azaltır. Tüketici bilincinin artmasıyla birlikte, markaların sürdürülebilirlik taahhütlerini daha şeffaf bir şekilde sunmaları ve bu doğrultuda yenilikçi çözümler geliştirmeleri gerekecektir.

Sürdürülebilir ambalaj alanında endüstriyel ve görsel tasarımda inovasyon, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir. Yenilikçi malzemeler, akıllı teknolojiler ve döngüsel ekonomi prensipleri, sürdürülebilir tasarımın geleceğini şekillendiren temel unsurlar arasında sıralanabilir. Tasarımcılar, bu süreçte çevresel etkileri azaltan, tüketici beklentilerini karşılayan ve ekonomik faydalar sağlayan çözümler geliştirme sorumluluğuna sahiptir.

9. SONUÇ

Endüstriyel ve görsel tasarımda sürdürülebilir ambalaj, günümüzde sadece çevresel etkileri azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik, tüketici talepleri ve yenilikçi tasarım yaklaşımlarını da dikkate alan çok yönlü bir alan haline gelmiştir. Artan çevre bilinci ve döngüsel ekonomi anlayışı, ambalaj tasarımında büyük değişikliklere yol açmış ve sürdürülebilirlik, tasarım süreçlerinin merkezine yerleşmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda, sürdürülebilir ambalajın geleceği, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğin güçlü bir birleşimi olarak şekillenmektedir.

Sürdürülebilir ambalaj tasarımının geleceği, yenilikçi malzemelerin kullanımı, enerji verimli üretim süreçleri ve döngüsel ekonomi prensiplerinin benimsenmesiyle mevcut duruma oranla çok daha umut verici bir hale gelmektedir. Özellikle biyoplastikler, kompostlanabilir malzemeler ve geri dönüşümü kolaylaştıran tasarımlar, çevresel etkileri azaltmada önemli bir potansiyele sahiptir. Bunun yanı sıra, endüstriyel ve

görsel tasarımcılar, ambalajın işlevselliğini ve görsel çekiciliğini korurken, aynı zamanda karbon ayak izini en aza indiren yaratıcı çözümler geliştirmekten sorumludur. Tasarımcılar, üretim maliyetlerini optimize ederken tüketici beklentilerini karşılayacak yenilikçi yaklaşımlar benimsemelidir.

Küresel problemlerle birlikte artan sürdürülebilirlik bilinci sebebiyle tüketicilerin sürdürülebilir ambalajlara yönelik artan talepleri, tasarımcılar ve üreticiler için önemli bir itici güç haline gelmiştir. Tüketiciler, çevre dostu ürünlere yönelerek, ambalajların geri dönüştürülebilir, yeniden kullanılabilir ve doğaya zarar vermeyen özelliklere sahip olmasını beklemektedir. Bu durum, sürdürülebilir ambalaj tasarımında tüketicilerin rolünü güçlendirmiştir. Tüketici tercihleri üreticileri daha sorumlu üretim süreçlerine yönlendirmiştir. Dolayısıyla, uygulanacak politikalar ve üretim stratejileriyle tüketici farkındalığını artırmak ve çevre dostu ambalajların benimsenmesini teşvik etmek, sürdürülebilir bir geleceğin inşasında kritik bir öneme sahiptir.

Sürdürülebilir ambalaj tasarımı, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla dinamik bir süreçtir. Endüstriyel ve görsel tasarımcılar, çevreyi koruyan, döngüsel ekonomiyi destekleyen ve tüketici beklentilerini karşılayan yenilikçi çözümler geliştirmekle sorumludur. Stratejik planlama, yenilikçi malzeme kullanımı ve tüketici eğilimlerinin dikkate alınması, sürdürülebilir ambalaj tasarımının geleceğini belirleyecek temel unsurlardır. Bu yaklaşım, çevreye katkı sağlamakla kalmayıp, üreticilere ve tüketicilere uzun vadeli ekonomik faydalar da sunacaktır.

KAYNAKLAR

- Alastair, F.L. (2009). *The Eco-design Handbook: A Complete Sourcebook for the Home and Office*, Thames & Hudson.
- Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G., & Worrell, E. (2011). Material efficiency: A white paper. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 362-381.
- Azzi, A., Battini, D., Persona, A., Sgarbossa, F. (2012). Packaging design: General framework and research agenda. *Packaging Technology and Science*, 25(8), 435-456.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364 (1526), 1985-1998.
- Bhamra, T., & Lofthouse, V. (2007). *Design For Sustainability: A Practical Approach*. Routledge.
- Biji, K.B., Ravishankar, C.N., Mohan, C.O. et al. (2015). Smart packaging systems for food applications: a review. *Journal of Food Science Technology* 52, 6125–6135.
- Bloch, P.H. (2011), Product Design and Marketing: Reflections After Fifteen Years. *Journal of Product Innovation Management*, 28: 378-380.
- Blue Monarch (2024): Sustainable Packaging and Social Responsibility: A Sociological Analysis Erişim Adresi: <https://bluemonarchgroup.com/blog/sustainable-packaging> Erişim Tarihi: 02.12.2024
- Bovea, M.D. , Vidal, R. (2004). Increasing product value by integrating environmental impacts, costs, and customer valuation. *J Resource Conservation Recycling*, 41, 133-145.
- Brundtland Raporu (1987). Our Common Future. World Commission on Environment and Development. Erişim adresi: <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf> Erişim tarihi: 27.09.2024

- Ceschin, F., & Gaziulusoy, İ. (2016). Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions, *Design Studies*, 47, 118-163.
- Chapman, J. (2005). *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences And Empathy*. Routledge.
- Deshmukh, R.K., Hakim, L. & Gaikwad, K.K. (2023) Active Packaging Materials. *Curr Food Sci Tech Rep* 1, 123–132.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Erişim Adresi: <https://ellenmacarthurfoundation.org> Erişim tarihi: 27.09.2024
- Ellen MacArthur Foundation. (2023). The Global Commitment 2023 Progress Report Erişim Adresi: <https://ellenmacarthurfoundation.org> Erişim tarihi: 29.09.2024
- Euromonitor International (2022). Report: Future of Packaging and Sustainability
- Euromonitor International (2024). Report: Rigid Plastics' Circularity: Demand for Renewable Packaging Intensifies
- European Commission (2020). Sustainable products initiative.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal Of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Gutowski, T. G., Sahni, S., Boustani, A., & Graves, S. C. (2011). Remanufacturing and energy savings. *Environmental Science & Technology*, 45 (10), 4540-4547.
- Hellström, D., & Saghir, M. (2007). Packaging and logistics interactions in retail supply chains. *Packaging Technology & Science*, 20(3), 197-216.
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115-2126.
- Howarth, G., Hadfield, M. (2006). A sustainable product design model, *Materials & Design*, Volume 27, Issue 10, 1128-1133.
- Hui, I., Lau, H., Chan, H. et al. (2002). An environmental impact scoring system for manufactured products. *Int J Adv Manuf Technology* 19, 302–312.

- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Jayal, A.D., Badurdeen, F., Dillon, O.W., & Jawahir, I.S. (2010). Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(3), 144-152.
- Jedlicka, W. (2009). *Packaging Sustainability: Tools, Systems and Strategies for Innovative Package Design*, Wiley.
- Kalpana, S., Priyadarshini, S. R., Leena, M. M., Moses, J. A., & Anandharamkrishnan, C. (2019). Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 145-157.
- Kerry, J. P., O'Grady, M. N., & Hogan, S. A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 74(1), 113-130.
- Keskin B., Altay B. N., Akyol M., Meral G., Uyar O., Fleming P. D. (2018). Küresel Ambalaj Trendleri, 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, 1 - 03 Kasım 2018, İstanbul.
- Keskin, B., Altay, B.N., Kurt, A., Fleming, P. D. (2020). Sustainability in Paper-Based Packaging, *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 6, 2, 129–137.
- Kipphan, H. (Ed.). (2001). *Handbook Of Print Media: Technologies And Production Methods*. Springer.
- Klimchuk, M.R., Krasovec, S.A (2013). *Packaging Design: Successful Product Branding From Concept To Shelf*. Wiley.
- Lewis, H., Fitzpatrick, L., Verghese, K., Sonneveld, K., Jordon, R. (2007). Sustainable Packaging Redefined. Sustainable Packaging Alliance: Melbourne, Australia.
- Ljungber, L.Y. (2007). Materials selection and design for development of sustainable products, *Materials & Design*, Volume 28, Issue 2, 2007, 466-479.

- Lofthouse, V. (2006). Ecodesign tools for designers: Defining the requirements. *Journal of Cleaner Production*, 14(15-16), 1386-1395.
- Lovell, S. (2011). *Dieter Rams: As Little Design as Possible*. Phaidon Press.
- Luchs, M. G., Naylor, R. W., Irwin, J. R., & Raghunathan, R. (2010). The sustainability liability: Potential negative effects of ethicality on product preference. *Journal of Marketing*, 74(5), 18-31.
- Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G., Zhang, Y. (2020). Microplastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change, *Journal of Cleaner Production*, Volume 254,120138.
- Magnier, L., & Schoormans, J. (2015). Consumer reactions to sustainable packaging: The interplay of visual appearance, verbal claim and environmental concern. *Journal of Environmental Psychology*, 44,53-62.
- Manzini, E. (2015). *Design, When Everybody Designs An Introduction to Design for Social Innovation*, MIT Press.
- Manzini, E., & Vezzoli, C. (2003). A strategic design approach to develop sustainable product service systems: Examples taken from the 'environmentally friendly innovation' Italian prize. *Journal of Cleaner Production*, 11(8), 851-857.
- McDonough, W., Braungart, M. (2002). *Cradle To Cradle: Remaking The Way We Make Things*. North point press.
- McKinsey Report (2023). *Sustainability in packaging 2023*. McKinsey & Company
- Niinimäki, K. (2010). Eco-clothing, consumer identity and ideology. *Sustainable Develop.*, 18(3), 150-162.
- Nordin, N., Selke, S. (2010), Social aspect of sustainable packaging. *Packaging Technology Sci*, 23: 317-326.
- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books.
- Papanek, V. (1995). *The Green Imperative: Natural Design for the Real World*, Thames and Hudson

- Pauer, E., Wohner, B., Heinrich, V., Tacker, M. (2019). Assessing the environmental sustainability of food packaging: An extended life cycle assessment including packaging-related food losses and waste and circularity assessment. *Sustainability*, 11(3), 925.
- Preston, F. (2012). A global redesign? Shaping the circular economy.
- Rikhter, P., Dinc I., Zhang, Y., ,Jiang T. , Miyashiro, B., Walsh, S., Wang, R., Dinh Y., Suh S. (2022). Life Cycle Environmental Impacts of Plastics: A Review, *NIST GCR 22-032*.
- Rokka, J., Uusitalo, L. (2008). Preference for green packaging in consumer product choices – Do consumers care?. *International Journal of Consumer Studies*, 32: 516-525.
- Rujnić-Sokele, M., Pilipović, A.. (2017). Challenges and opportunities of biodegradable plastics: A mini review. *Waste Management & Research*. 35(2) 132–140.
- Rundh, B. (2016). The role of packaging within marketing and value creation. *British Food Journal*, 118(10), 2491-2511.
- Shen, L., Haufe, J., Patel, M. K. (2009). Product overview and market projection of emerging bio-based plastics. *PRO-BIP 2009*. Utrecht University.
- Sherin, A. (2013). *Sustainable Thinking: Ethical Approaches To Design And Design Management*. Fairchild Books-Bloomsbury.
- Silayoi, P. and Speece, M. (2007). The importance of packaging attributes: a conjoint analysis approach, *European Journal of Marketing*, 41 No. 11/12, 1495-1517.
- Smithers Report (22.12.2023). *The Future of Global Packaging to 2028*. Erişim Adresi: <https://www.smithers.com/services/market-reports/> E.Tarihi 10.12.2024
- Steenis, N.D., Herpen, E., Lans, I.A., Ligthart, T. N., Trijp, H.C.M. (2017). Consumer response to packaging design: The role of packaging materials and graphics in sustainability perceptions and product evaluations, *Journal of Cleaner Production*, 162, 286-298.
- Stevens, E. S. (2002). *Green plastics: An introduction to the new science of biodegradable plastics*. Princeton University Press.

- Subramanian, P.M. (2000). Plastics recycling and waste management in the US. *Resources, Conservation and Recycling* 28 (2000) 253–263.
- Sustainable Packaging Coalition (2011). *Definition of Sustainable Packaging*; Zurich, Switzerland.
- Thøgersen, J. (2005). How may consumer policy empower consumers for sustainable lifestyles? *Journal of Consumer Policy*, 28(2), 143-178.
- Underwood, R. L., Klein, N. M. (2002). Packaging as Brand Communication: Effects of Product Pictures on Consumer Responses to the Package and Brand. *J. of Marketing Theory and Practice*, 10(4), 58–68.
- URL-1: *Sürdürülebilir Ambalaj* Erişim adresi: <https://www.digicomply.com/blog/why-manufacturers-should-prepare-for-the-future-of-sustainable-packaging>. Erişim Tarihi: 01.12.2024
- URL-2: *Statista* (2024). Global sustainable packaging industry-statistics & facts. Erişim adresi: <https://www.statista.com/> Erişim Tarihi: 01.12.2024
- URL-3: *Sürdürülebilir Ambalaj Örnekleri* Erişim Adresi: <https://www.arka.com/pages/sustainable-packaging-ideas> Erişim Tarihi: 06.12.2024
- URL-4: *Sustainability Challenges* Erişim Adresi: <https://www.output.industries/insights/key-challenges-and-opportunities-in-sustainable-manufacturing>. Erişim Tarihi: 06.12.2024
- Van Sluisveld, M. A., Worrell, E. (2013). The paradox of packaging optimization—a characterization of packaging source reduction in the Netherlands. *Resources, Conservation and Recycling*, 73, 133-142.
- Verghese, K., Lewis, H., Fitzpatrick, L. (2012). *Packaging for Sustainability*. Springer, London
- Verghese, K., Lewis, H., Lockrey, S., & Williams, H. (2015). Packaging’s role in minimizing food loss and waste across the supply chain. *Packaging Technology and Science*, 28(7), 603-620.
- Wever, R., Kuijk, J., Boks, C. (2008). User-centred design for sustainable behaviour, *International Journal of Sustainable Engineering*, 1:1,9-20.
- Wheeler, A. (2017). *Designing Brand Identity: An Essential Guide for the Whole Branding Team*. Wiley.

Wohler Associates (2021). 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry.

Zhang, J., Liu, S., Xie, C., et al. (2023). Recent advances in pH-sensitive indicator films based on natural colorants for smart monitoring of food freshness: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.

BÖLÜM 5

SANAT VE TASARIM EĞİTİMİNDE AR TEKNOLOJİSİ: TARİHİ YAPILARDA GEOMETRİK DESEN İNCELEMESİ

Özgün DEVRİM¹

1. GİRİŞ

Sanat ve tasarım, insan yaşamının estetik, kültürel ve işlevsel boyutlarını birleştiren disiplinler olarak görülmektedir. Bu alanlar, bireylerin yaratıcı potansiyellerini ortaya koymalarına olanak tanırken, toplumun kültürel zenginliğini ve teknolojiyle olan etkileşimini de şekillendirmektedir. Sanat, bireyin kendine özgü bir ifade alanı yaratarak duygu ve düşüncelerini başkalarına aktarabildiği dinamik bir yapıyı temsil etmektedir. Sanat eserlerinin yaratımı, yalnızca sanatçının iç dünyasını değil, aynı zamanda toplumun bu esere bakış açısını ve tepkisini de içermektedir. Bu süreç, sanatın hem bireysel bir ifade biçimi olarak hem de toplumsal iletişim ve etkileşim aracı olarak önemini ortaya koymaktadır (Ötğün, 2008). Tarih boyunca sanat, toplumsal ve kültürel koşulların etkisiyle farklı sergileme ve üretim biçimleriyle karşımıza çıkmaktadır. Sanat eserleri ibadethaneler, devlet binaları, müzeler ve galeriler gibi çeşitli mekanlarda sergilenerek toplumun geniş kesimleriyle buluşturulmuştur. Bu mekânlar, sanat eserlerinin korunması, eğitici deneyimler sunması ve

¹ Özgün DEVRİM, Teknoloji ve Tasarım Öğretmeni, Milli Eğitim Bakanlığı Çubuk Bilim ve Sanat Merkezi, ozgundeirim2@gmail.com ORCID: 0000-0002-6167-0046.

bireyler arası etkileşimi artırması bakımından önemli bir işlev görmektedir (Nazan, 2011).

Sanatın topluma entegrasyonunun artması, zaman içinde daha geniş kitlelerin erişimine açık alternatif sergileme alanlarının gelişmesini sağlamıştır. Kamusal alanlar, parklar ve şehir meydanları gibi mekanlar, sanatçıların eserlerini toplumla buluşturduğu alanlar olarak işlev görmektedir. Günümüzde teknolojik gelişmelerin etkisiyle dijital araçlar ve üç boyutlu modelleme teknikleri, sanatçılara eserlerini dijital platformlarda sunarak farklı ifade biçimlerini keşfetme imkânı sunmaktadır. Bu bağlamda, artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, eserlerin dijital ortamda sergilenerek izleyicilere yeni deneyimler sunmasına, interaktif ve erişilebilir hale gelmesini sağlamaktadır (Türkmenoğlu, 2014).

COVID-19 salgınının etkisiyle, dijital sergileme sanat galerileri ve müzeler için kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Pandemi sürecinde fiziksel sergileme olanaklarının kısıtlanması, sanatçılar ve kurumlar için dijital araçların önemini artırmıştır. Bu gelişme, üç boyutlu modelleme gibi teknolojiler sayesinde sanatçıların eserlerini dijital platformlarda sergilemelerine ve geniş kitlelere ulaşmalarına olanak tanımış; mekânsal ve ekonomik kısıtlamaları aşmalarını sağlamıştır (Panciroli vd, 2018).

Artırılmış gerçeklik (AG), sanat ve tasarım alanında yenilikçi bir sergileme ve etkileşim aracı olarak öne çıkmakta, bu sayede geleneksel sergileme biçimlerine yeni bir boyut kazandırmaktadır. Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, dijital içeriklerin gerçek dünya ile bütünleşmesine olanak tanıyarak sanatın hem daha erişilebilir hem de ilgi çekici bir biçimde sunulmasını sağlamaktadır. Bu teknoloji, yalnızca müzeler ve galerilerde değil, şehirlerin kamusal alanlarında da kullanılarak geniş kitlelere ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. Böylece, sanat

deneyimlerinin günlük yaşamın bir parçası haline gelmesi ve daha geniş kitlelere ulaşması mümkün olmaktadır (Young & Marshall, 2023).

Bu teknolojik yenilik, eğitim süreçlerinde de kendini göstermektedir. Görselliğin ön planda olduğu sanat ve tasarım eğitimi gibi alanlarda, teknolojinin eğitim araçlarıyla entegrasyonu, öğrenme ve öğretme süreçlerinde dönüşümü mümkün kılmaktadır. Eğitimciler, çağın gerekliliklerine uyum sağlamak için teknolojiyi eğitim ortamlarına entegre ederek öğretme yöntemlerini geliştirmekte ve öğrenmeyi daha etkili hale getirecek yollar aramaktadırlar. Artırılmış gerçekliğin (AG) sunduğu görsel ve etkileşimli özellikler, öğrencilerin öğrenme süreçlerine daha aktif bir şekilde katılım göstermesini teşvik etmekte ve bu durum teknolojinin eğitimdeki önemini artırmaktadır (Ekici & Yeşilbursa, 2021).

Bu bağlamda, AG'nin yalnızca sanatı daha erişilebilir kılmakla kalmayıp, eğitim ortamlarına uyum sürecinde de etkili bir araç olarak değerlendirildiği görülmektedir. Bu iki alanın kesişimi, öğrencilerin hem sanatsal hem de dijital becerilerini geliştirerek onları geleceğin yaratıcı ve teknolojiye duyarlı bireyleri olarak yetiştirme fırsatı sunmaktadır.

Sanat öğrencilerinin sanatsal ve kültürel içeriklere daha derinlemesine katılımını teşvik eden artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, etkileşimli özellikleriyle soyut kavramları somut hale getirerek öğrenilen bilgilerin daha kalıcı olmasına katkı sağlamaktadır. Bu teknoloji, öğrencilerin sanatsal eserleri farklı perspektiflerden incelemelerine olanak tanıyarak, öğrenme süreçlerinde daha aktif bir şekilde yer almalarını desteklemektedir (Panciroli vd, 2018). Ayrıca, AG'nin eğitim materyali olarak kullanımı, öğrenme sürecini daha kişiselleştirilmiş ve motive edici bir deneyime dönüştürmekte olup, yapılan araştırmalar bu teknolojinin öğrenciler üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymaktadır (Alzahrani, 2020; Garzón, 2021). Horizon Report (2011) de, AG'nin eğitimde öğrenci katılımını artırma potansiyelini vurgulamakta, görsel sanatlar ve kültürel

öğrenme süreçlerinde yaratıcı etkileşimleri teşvik ettiğine dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, AG'nin sanatı deneyimleme biçimlerinde yarattığı dönüşüm, eğitim alanında da geniş bir uygulama potansiyeli sunmaktadır (Guazzaroni & Pillai, 2020).

Dijital teknolojilerin eğitim alanında hızla yaygınlaşması, öğrenme süreçlerini daha etkileşimli ve deneysel bir hale getirmektedir (Demirer & Erbaş, 2015). AG teknolojisi, yalnızca bilgi sunmakla kalmaz, aynı zamanda öğrencilerin teorik bilgilerini pratik uygulamalara dönüştürmelerini ve yaratıcılıklarını geliştirmelerini sağlayarak eğitimde kalıcılığı artırmaktadır (Azuma, 1997).

AG teknolojisi, öğrencilerin sanatsal ifadelerini özgürleştirirken aynı zamanda eğitim materyallerini zenginleştirme potansiyeline sahip bulunmaktadır (Kaleci vd, 2016). Sanat ve tasarım eğitimi, görsel estetik ve pratik becerilerin geliştirilmesi açısından önemli ve AG'nin bu alanda sunmuş olduğu imkanlar, öğrencilerin teorik bilgileri uygulamaya dönüştürmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, artırılmış gerçeklik (AG) destekli öğrenme ortamları, öğrencilere gerçek dünya ile sanal dünyayı birleştiren bir deneyim sunarak öğrenme süreçlerini daha derinlemesine hale getirmektedir (Çakal & Eymirli, 2012). Bu tür ortamlar, öğrencilerin daha etkileşimli bir öğrenme deneyimi yaşamasına ve teorik bilgiyi pratik uygulamalara dönüştürmelerine yardımcı olmaktadır.

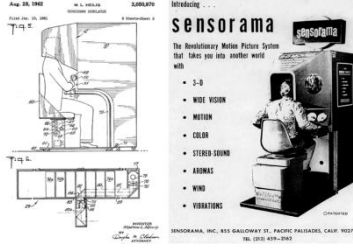
Çalışmanın sanat ve tasarım eğitiminde alan yazına katkısı, AG'nin eğitime entegrasyon sürecinde karşılaşılan teknik ve pedagojik zorlukları kapsamlı bir perspektifle değerlendirmekten geçmektedir. Bunu Ankara Ahi Elvan Cami minberi üzerinde yer alan geometrik desen analiz ve AG uygulamasına dönüşüm örnekleme üzerinde detaylandırmaktadır. Bu sayede sanat ve tasarım eğitiminde artırılmış gerçeklik (AG) kullanımı, sanatsal ifade biçimlerini çeşitlendirerek, öğrencilerin ve sanatseverlerin sanatı daha geniş bir perspektiften deneyimlemelerini sağlamış olacaktır.

Artırılmış gerçeklik (AG) uygulamalarının eğitimde sürdürülebilirliğini sağlamak için karşılaşılan zorlukların incelenmesi, bu alandaki gelecekteki çalışmalara yön verecek önemli bilgiler sunmaktadır. Bu inceleme, AG teknolojisinin eğitimde etkin kullanımını desteklemek için çözüm yollarının belirlenmesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışma, yalnızca mevcut durumun analizini değil, aynı zamanda gelecekteki eğitim modellerine kaynak sağlayacak bulgular sunmayı hedeflemektedir.

2. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ

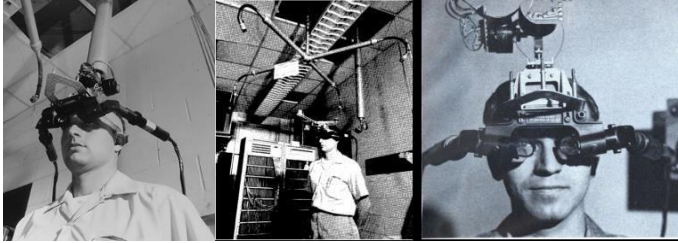
Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik, farklı teknolojilerle kullanıcı deneyimlerini şekillendirmektedir. Sanal gerçeklik (SG) teknolojisi, ekran, bilgisayar, akıllı gözlük ve kulaklıklar gibi cihazlarla entegre olarak üç boyutlu sanal ortamlarda kullanıcıya gerçekmiş gibi bir deneyim sunmaktadır (Demirezen, 2019). Bu teknolojide, kullanıcı gerçek dünyadan koparılmakta ve tamamen bilgisayar destekli sanal bir ortamda varlık göstermektedir. Diğer taraftan, artırılmış gerçeklik (AG), kullanıcıların gerçek yaşamla bağlarını koruyarak sanal nesnelere ve bilgilerin gerçek dünya ile birleşmesini sağlamaktadır (İçten & Bal, 2017). Bu sayede, gerçek ve sanal nesnelere aynı ortamda etkileşimde bulunmakta ve böylece kullanıcıların yaşadığı dünyaya dijital içerikler eklenmiş olmaktadır.

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin temelini oluşturan ilk çalışmalar arasında, 1960'ların sonlarına doğru Morton Heilig tarafından geliştirilen "Sensorama" adlı cihaz önemli bir yere sahiptir. Geniş görüş açısı, sesli ve renkli görüntü özellikleri, titreşim fonksiyonu ve hoş koku yayma gibi özelliklere sahip olan bu cihaz, kullanıcı deneyimini zenginleştirerek literatürde öncü bir çalışma olarak yer almaktadır (Abdüsselam & Karal, 2015).



Görsel 1. Sensorama Cihazı (URL-1)

İlk başa takılan artırılmış gerçeklik ekranı, 1968 yılında Harvard Üniversitesi'nde Profesör Ivan Sutherland ve Utah Üniversitesi'nden öğrencisi Bob Sproull tarafından "Demokles'in Kılıcı" adıyla icat edilmiştir. Bu cihaz, artırılmış gerçeklik teknolojisinin erken dönem uygulamalarını temsil ederek, alanın gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. "Demokles'in Kılıcı" adını, görünümünden ve hantal yapısından alan bu cihaz kullanıcının kafasına takılabilmesi için bir çatıya asılarak desteklenmek zorunda kalmıştır. Bu cihaz, artırılmış gerçeklik teknolojisinin ilk örneklerinden biri olarak kabul edilmekte ve bu bağlamda önemli bir tarihsel değeri taşımaktadır.



Görsel 2. Demoklesin Kılıcı (URL-2)

Teknolojinin evrimleşmesiyle birlikte, günümüzde Google Glass gibi ince ve hafif cihazlar kullanılmaktadır. Bu modern cihazlar hem taşınabilirlik hem de estetik açıdan kullanıcı deneyimini önemli ölçüde geliştirmiştir (Tabusca, 2014).

Artırılmış gerçeklik kavramı, Thomas P. Caudell tarafından 1990'lı yıllarda dijital terminolojiye kazandırılmıştır (Ballı, 2021). Yeni bir

kavram olarak kabul edilse de alan yazında bu konuya dair bir dizi çalışma yer almakta ve kavram zamanla farklı anlamlar kazanmış ve terminolojik çeşitlilik göstermektedir. Bu süreç, kavramın daha geniş bir bağlamda anlaşılmasına olanak sağlamış ve farklı disiplinlerde farklı biçimlerde tanımlanmasına yol açmıştır. Bu durum, artırılmış gerçeklik konusundaki literatürün hızla büyüdüğünü ve disiplinler arası alanlarda farklı perspektiflerden ele alındığını ortaya koymaktadır (Demirer, Erbaş, 2015).



Görsel 3. Google Glass (URL-3)

Artırılmış gerçeklik (AG), ilk olarak Milgram (1994) tarafından tanımlanmış ve gerçek dünya ile sanal dünya arasındaki bir süreklilik olarak kavramsallaştırılmıştır. Bu tanım, AG teknolojisinin, gerçek dünyayı dijital içeriklerle zenginleştirerek, kullanıcılara her iki dünyanın bir arada deneyimlenmesine olanak sağladığını vurgulamaktadır. Bu çerçevede, AG, sanal nesnelere gerçek dünya ortamına entegre ederek, kullanıcıların fiziksel dünyalarına etkileşimli bir katman eklemektedir (Milgram & Kishino, 1994). Bu süreklilik, dijital içeriklerin gerçek dünyaya entegre edildiği ve kullanıcıya zenginleştirilmiş bir deneyim sunduğu bir ortam olarak tanımlanmaktadır. AG sistemleri, genellikle kamera, görüntü işleme birimi ve görüntüleme cihazı gibi temel bileşenlerden oluşmaktadır. Kamera tarafından yakalanan gerçek dünya görüntüsü, bilgisayar tarafından işlenerek üzerine sanal nesnelere veya

bilgiler eklenir ve böylece kullanıcı hem dijital hem de gerçek dünya unsurlarıyla etkileşime geçebilmektedir (Azuma, 1997; Azuma, 2001).

AG, sanal gerçeklikten (SG) farklı olarak kullanıcıyı tamamen sanal bir ortama izole etmek yerine, gerçek dünya ortamını korur ve bu ortama dijital bilgileri ekleyerek daha etkileşimli bir deneyim sunar. İlk olarak askeri amaçlarla kullanılmaya başlanan AG teknolojisi, günümüzde sağlık, sanat, eğitim ve turizm gibi birçok alanda yaygınlaşmıştır (Çakal & Eymirli, 2012). Özellikle sanat ve tasarım eğitiminde, soyut kavramların görselleştirilmesi ve öğrenme materyallerinin dijital içeriklerle zenginleştirilmesi açısından artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisinin önemli bir potansiyele sahip olduğu vurgulanmaktadır. Bu teknoloji, öğrencilerin soyut düşünme becerilerini somut hale getirerek öğrenmeyi daha etkili ve etkileşimli bir hale getirmektedir (Panciroli vd, 2018).

AG'nin gelişim süreci, dijital cihazların yaygınlaşmasıyla hızlanmıştır. Erken dönemlerde daha ağır ve başa takılan cihazlarla sınırlı olan bu teknoloji, günümüzde mobil cihazların gelişimiyle daha ulaşılabilir hale gelmiştir (Altınpulluk & Kesim, 2015). Mobil cihazlardaki bu gelişmeler, öğrencilerin AG uygulamalarına kolaylıkla erişmesini sağlayarak, sanat ve tasarım eğitiminde yaratıcı düşünme ve analiz etme becerilerini destekleyen bir araç olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır (Çetinkaya & Akçay, 2013). AG teknolojisi, eğitim süreçlerinde kalıcılığı artıran ve öğrencilerin sanatı daha interaktif bir şekilde deneyimlemelerini sağlayan bir teknoloji olarak önem kazanmaktadır.

2.1. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Temelleri

Sanal gerçeklik ve Artırılmış gerçeklik her ikisi de dijital teknolojilerle zenginleştirilmiş ortamlar oluşturma potansiyeline sahiptir; ancak işlev, kullanıcı deneyimi ve uygulama alanları bakımından belirgin farklılıklar gösterirler. Sanal gerçeklik, kullanıcının tamamen dijital bir

ortamda izole olmasını sağlayarak, fiziksel dünyadan bağımsız, tamamen simüle edilmiş bir dünya sunmaktadır. Bu teknoloji, kullanıcıların sanal bir çevrede deneyim yaşamasını sağlarken, gerçek dünyayla olan fiziksel bağlarını koparmaktadır (Milgram & Kishino, 1994). SG uygulamalarında kullanılan VR gözlükleri ve kontrol cihazları, kullanıcıların sanal bir dünyada hareket etmelerini ve etkileşime girmelerini sağlarken, çevresel sesler ve görüntüler de tamamen dijital olarak oluşturulmuştur (Azuma, 1997).



Görsel 4. Gerçek Dünya Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik
(URL-4)

Öte yandan, artırılmış gerçeklik, fiziksel çevre üzerine dijital bilgi katmanları ekleyerek gerçek dünya ile sanal nesnelere birleştirmektedir. AG, kullanıcının gerçek çevre ile etkileşimini devam ettirmesine izin verirken, sanal nesnelere yapılan manipülasyonlar sayesinde fiziksel dünya deneyimine ek bir boyut kazandırmaktadır. Eğitimde, AG'nin gerçek dünya bağlamını koruyarak bilgi sunması, öğrencilerin konuları daha anlamlı bir şekilde öğrenmesini sağlarken, öğrenme sürecini daha sürükleyici ve etkileşimli hale getirmektedir (Billinghurst & Clark, 2018).

Bu teknolojiler arasındaki fark, uygulama alanlarında da kendini göstermektedir. Örneğin, AG, sanat ve tasarım eğitiminde gerçek dünya ile etkileşimi sürdürdüğü için öğrencilerin projelerini gerçek dünyada incelemelerine ve bu projeler üzerinde doğrudan değişiklik yapmalarına

olanak tanır. Bu özellik, öğrencilerin yaratıcı süreçlerine daha etkili bir deneyim sunarak, soyut kavramları somutlaştırmalarını sağlamaktadır. Bir tasarım öğrencisi, AG kullanarak projelerini üç boyutlu olarak gerçek dünyada modelleyebilir ve bunları farklı açılardan değerlendirebilmektedir. Bu, SG'nin aksine, öğrencilerin çevreleriyle sürekli bir etkileşim içinde olmalarına imkân tanımaktadır (Sırakaya & Alsancak Sırakaya, 2018).

Ayrıca, AG'nin eğitimdeki işlevselliği, kullanıcıların bilgiye dayalı deneyimler edinmelerini ve bu bilgileri pratik bir bağlamda uygulamalarını kolaylaştırmaktadır. AG teknolojisi, öğrenme sürecinde teorik bilgilerin pratiğe dökülmesine olanak sağladığından, öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirmesine ve soyut konuları daha kolay kavramasına katkı sağlamaktadır. Bir sanat öğrencisi, AG ile tarihsel sanat eserlerini inceleyebilir, bu eserleri sanal olarak yeniden tasarlayabilir veya kendi sanatsal projelerinde kullanabilmektedir (Guazzaroni & Pillai, 2020; Young & Marshall, 2023).

3. SANAT VE TASARIM EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK

3.1. Sanat ve Tasarım Eğitiminde Dijital Dönüşümün Yeri

Dijital teknolojilerin hızlı bir şekilde ilerlemesiyle birlikte, sanat ve tasarım eğitimi önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu dönüşüm, eğitimde inovasyon ve yeni nesil öğrenme araçlarının yaygın kullanımını beraberinde getirmiştir. Özellikle artırılmış gerçeklik (AG), öğrencilere sanatı deneyimsel ve interaktif yollarla öğrenme fırsatı sunarak geleneksel eğitim yöntemlerinin ötesine geçmektedir. AG sayesinde, öğrenciler sanatsal içeriklerle etkileşime geçerek, görsel düşünme ve yaratıcı ifade alanında daha zengin ve özgür bir deneyim yaşayabilmektedirler (Somyürek, 2014). Bu dijital dönüşüm, sanat ve

tasarım eğitimi kapsamında yeni kavramların ve tekniklerin benimsenmesini de teşvik etmektedir.

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, görsel sanatlar, heykel, dijital tasarım gibi çeşitli alanlarda öğrencilere yaratıcı ifadelerini geliştirme fırsatı sunmaktadır. Örneğin, öğrenciler kadim sanatta kullanılmış geometrik desenlerin en temel parçasından en son ki muhteşem kombinasyonuna dönüşüm aşamalarını deneyimleyebilir, AG uygulamaları aracılığıyla tarihi yapıların sanal canlandırmalarını izleyebilir, mimari tasarımları üç boyutlu olarak modelleyebilir ya da resim ve heykel çalışmalarında dijital referans materyalleri kullanabilmektedirler. Bu sayede, karmaşık kompozisyonları daha iyi anlama ve projelere gerçekçi bir perspektifle yaklaşma imkânı bulabilmektedirler (Sırakaya & Alsancak Sırakaya, 2018).



Görsel 5. Sanatta Dijital Dönüşüm (image creator).

Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, sanatı bireylerin günlük yaşamlarının içine daha erişilebilir bir şekilde entegre etmek amacıyla farklı biçimlerde de kullanılmaktadır. Geleneksel sergileme yöntemlerinin sınırlarını aşan AG, dijital ortamda üretilen üç boyutlu eserlerin fiziksel mekanlarla entegre edilmesini sağlamaktadır. Bu yaklaşım, sanatı mekândan bağımsız bir deneyim haline getirirken, izleyicilere eserlerle

daha etkileşimli bir ilişki kurma imkânı sunmaktadır. Buna örnek olarak, İstanbul'da gerçekleştirilen “İstanbul the Lights” projesi kapsamında uygulanan “Augmented Istanbul” projesi, izleyicilerin şehrin farklı bölgelerinde dijital sanat eserleriyle etkileşime girmelerine olanak tanımaktadır (Baltacı & Toy, 2021).

Bu proje ile birlikte AG teknolojisinin sanatseverlere sunduğu yeni deneyim biçimleri, sanatçıların dijital araçları kullanarak fiziksel üretim materyaline ihtiyaç duymaksızın eserlerini oluşturmalarını mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla AG, sanatçıların yaratıcı özgürlüğünü artırarak sanatsal süreçleri hızlandırmakta ve topluma daha geniş bir sanat yelpazesi sunmaktadır (Craig, 2013). Teknolojinin bu yenilikçi yaklaşımı, sanatın fiziksel olarak sergilenmesiyle ilişkili zorlukları ortadan kaldırmakta ve dijital sanatın toplumun her kesimine ulaşmasını sağlamaktadır.

Bu bağlamda, AG yalnızca sanat eserlerinin üretim ve sergilenme süreçlerinde değil, aynı zamanda eğitim ortamlarında da çığır açan bir araç haline gelmektedir. Sanat eğitiminde AG'nin uygulanmasıyla öğrencilerin derse olan ilgisinin arttığı ve öğrenme sürecinin daha eğlenceli bir hale geldiği görülmektedir. Koperwas'ın (2015) araştırmaları, AG'nin öğrenci motivasyonunu artırarak öğrenme deneyimlerini dönüştürdüğünü göstermektedir. Dijital dönüşümün sağladığı bu yenilikler, öğrencilerin teorik bilgiyi pratik uygulamalara dönüştürmesini mümkün kılmakta ve onları dijital dünyanın aktif sanatçı ve tasarımcıları olarak yetiştirmektedir. Bu teknolojik destekli öğrenme süreçleri, sadece öğrencilerin sanatsal gelişimlerine değil, aynı zamanda eğitimcilerin öğretim yöntemlerine de yenilik getirmekte ve eğitim ortamlarını yeniden şekillendirmektedir.

3.2. Sanat Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik

Sanat eğitimi, öğrencilerin sanatı yalnızca teorik olarak değil, deneyimleyerek öğrenmelerini de hedeflemektedir. Artırılmış gerçeklik

(AG) teknolojisi, öğrencilerin görsel ve dijital sanatlar, heykel, resim gibi çeşitli sanat alanlarında eserleri daha derin bir anlayışla analiz etmelerini sağlamakta, onlara yaratıcı uygulama fırsatları sunmaktadır (Gül & Şahin, 2017). AG, öğrencilerin hem çağdaş sanat trendlerini takip etmelerine olanak tanıırken hem de geleneksel sanat formlarını daha kapsamlı şekilde öğrenmelerini sağlar. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin sağladığı etkileşimli deneyimler, sanatta detayları yakalama, analitik düşünme ve estetik becerileri geliştirme açısından büyük fayda sağlamaktadır.



Görsel 6. Stu Campbell'in Çizgi Roman Sergisinden AG Uygulaması
(URL-9)

Sanat eğitiminde gözlem, yaratıcılık, mekânsal algı ve sanat teorisi bilgilerini geliştirme hedeflenmektedir. Artırılmış gerçeklik, öğrencilere sanal ve fiziksel nesnelere etkileşim kurmalarını sağlayarak, bu hedefleri destekleyen bir araç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle mekânsal tasarım gibi konularda, AG temelli araçlar, öğrencilere üç boyutlu modelleme yapma ve kompozisyon oluşturma süreçlerini kolaylaştırma imkânı sunmaktadır. Yapılan çalışmalar, AG tabanlı didaktik araçların, öğrencilerin motivasyonunu artırarak sanatsal görevlerde yaratıcılık ve memnuniyet düzeylerini yükselttiğini ortaya koymaktadır (Tomšič Amon, 2023). Ayrıca, AG'nin soyut düşünme ve yaratıcı problem çözme becerilerinin güçlendirilmesinde önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Özellikle sanat eğitiminde AG'nin kullanımı, geleneksel sınıf ortamlarında sağlanamayan deneyimsel öğrenme fırsatları sunarak, öğrencilerin eleştirel

ve yaratıcı düşünme yeteneklerini geliştirmelerine katkı sağlamaktadır (Dalgarno & Lee, 2010).

Artırılmış gerçeklik (AG), sanat ve tasarım eğitiminde, öğrenci motivasyonunu ve katılımını artıran yenilikçi bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir. Di Serio, Ibáñez ve Kloos (2013) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, AG'nin görsel sanatlar derslerinde öğrencilerin öğrenme sürecine daha aktif katılım göstermesini sağladığı ve motivasyonu belirgin bir şekilde artırdığı belirlenmiştir. Araştırma, İtalyan Rönesans Sanatı gibi soyut kavramların AG aracılığıyla daha somut ve etkileşimli bir şekilde öğretildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, öğrencilerin sanatsal becerilerini geliştirmenin yanı sıra sanata olan ilgilerini de artırmaktadır.



Görsel 7. AG ile Zenginleştirilmiş İtalyan Rönesans Sanatı Eğitim Görselleri (URL-10)

Sanat eğitiminde AG, öğrencilerin yalnızca bir gözlemci olmalarını değil, aynı zamanda sanal nesnelere etkileşime girmelerini de sağlar. Bu, öğrencilerin kavramsal becerilerini geliştirirken aynı zamanda görsel düşünme becerilerini de güçlendirmektedir (Kapler vd, 2019). Bu teknoloji, öğrencilerin sanatsal ve tasarımsal projelerle gerçek zamanlı etkileşim kurmasına olanak tanıyarak onların yaratıcı süreçlerine katkıda bulunmaktadır (Billinghurst vd, 2018)

AG'nin sağladığı bir diğer avantaj, eğitimde bilgisayar oyunları gibi etkileşimli ve eğlenceli bir ortam sunmasıdır. AG araçları ile öğrenciler, üç boyutlu nesnelere üzerinde değişiklikler yapabilir, bu nesnelere sanal ortamda çeşitli açılardan gözlemleyebilir ve sanal objelerle fiziksel dünya

arasında bir bağ kurabilmektedirler. Bu etkileşimler, öğrencilerin görsel okuryazarlıklarını geliştirmekte ve sanata dair kavramları daha etkili bir şekilde öğrenmelerini sağlamaktadır. Öğrencilerin AG yardımıyla sanal mekânlar oluşturup bu mekânlarda sanatsal problemleri çözme deneyimi, onların yaratıcı düşünme becerilerini güçlendirmektedir (Rountree, Wong & Hannah, 2002). AG teknolojisinin bir diğer önemli katkısı, eğitim süreçlerini daha sürükleyici ve öğrenci odaklı hale getirmesidir. Özellikle sanat ve tasarım eğitiminde, AG'in sunduğu üç boyutlu görselleştirme imkanları sayesinde öğrenciler, tasarımlarını dijital ortamda farklı açılardan inceleyebilmekte ve projelerinde daha yenilikçi çözümler geliştirebilmektedirler (Chang & Wei, 2017). Artırılmış gerçeklik, sanat ve tasarım eğitiminde ayrıca öğretim yöntemlerini dönüştürerek daha kapsayıcı bir eğitim ortamı yaratmaktadır. AG'in, eğitimde erişilebilirliği artırarak farklı öğrenme stillerine uygun içerikler sunması, sanat eğitimi bağlamında öğrenci motivasyonunu destekleyici bir etken olarak öne çıkmaktadır (Huang vd, 2019).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, sanat eğitiminde öğrencilerin mekânsal tasarımlar ve mimari elemanlar üzerinde yaratıcı çözümler geliştirmelerine olanak tanımakta, eğitim sürecini daha dinamik ve etkileşimli bir hale getirmektedir. Etkileşimli içeriklerin sunulması, sanat ve tasarım öğrencilerinin estetik ve kompozisyon anlayışlarını zenginleştirmekte, bu alanlarda daha derinlemesine bir eğitim deneyimi sağlamaktadır. Bu bulgular, AG'nin sanat ve tasarım eğitimine yenilikçi bir perspektif kazandırarak eğitimi daha anlamlı ve etkili bir hale getirdiğini göstermektedir.

Yapılan araştırmalar, AG'nin eğitim sürecine entegre edilmesinin öğrencilerin sanata ilgisini artırdığını ve eğitim deneyimlerini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Sanat ve tasarım eğitiminin AG ile

zenginleştirilerek daha ilgi etkili ve çekici bir hale getirilebileceğini göstermektedir (Kesim & Özarslan, 2012).

3.2.1. Görsel Sanatlar ve Dijital Sanat Alanında AG Uygulamaları

Görsel sanatlar ve dijital sanat alanında artırılmış gerçeklik (AG), öğrencilerin yaratıcı potansiyelini destekleyen önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. AG teknolojisi, resim, heykel ve grafik tasarım gibi geleneksel sanat dallarını dijital ortamlarla birleştirerek öğrenme süreçlerini daha çekici hale getirmektedir. Bu duruma örnek olarak, İstanbul Deniz Müzesi Haluk Şahsuvaroğlu Sergi Salonu'nda düzenlenen "Yarı Gerçek" sergisi gösterilebilir. Güzel Sanatlar Fakültesi Görsel İletişim Tasarımı Bölümü Öğr. Üyesi Doç. Banu İnanç Uyan Dur'un eserlerinden oluşan bu sergi, geleneksel sanat sergileme yöntemlerini dijital teknolojilerle bir araya getirmiştir. Sergide sunulan eserler, dijital heykel yazılımları kullanılarak sanal gerçeklik ortamında modellenmiş ve izleyicilere interaktif bir deneyim sunacak şekilde tasarlanmıştır.



Görsel 8. Banu İnanç Uyan Dur'un 'Yarı Gerçek' Sergisi (URL-11)

Sergi girişindeki bilgi ekranında yer alan kare kodu cep telefonlarına okutan sanatseverler, AG uygulamasını indirerek eserlerin üç boyutlu modellerini inceleme fırsatı elde etmiştir. Bu uygulama, izleyicilere sanat eserlerini yeni bir bakış açısıyla deneyimleme olanağı sağlarken, eserlerle daha derin bir bağ kurmalarına katkıda bulunmuştur. Serginin bu yönü,

artırılmış gerçeklik teknolojisinin sanat sergileme ve izleyici etkileşimi üzerindeki yenilikçi etkisini gözler önüne sermektedir. Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile tablo analizinde bir tabloyu farklı açılardan inceleyerek kompozisyonu, renk uyumunu, perspektif kullanımını daha iyi anlayabilmektedirler. Ayrıca, tablonun farklı dönemlerdeki restorasyon çalışmalarını sanal olarak görebilir ve restorasyon süreçlerini deneyimlenebilmektedir. Heykelin farklı malzemelerden yapılmış versiyonlarını görerek, malzemenin heykelin ifade gücü üzerindeki etkisini keşfedebilirken ayrıca, heykelin farklı ışıklandırma koşullarındaki görünümünü inceleyebilmektedir. Ünlü sanat eserlerini sanal müzelerde ziyaret ederek, eserlerin orijinal boyutlarını ve detaylarını deneyimleyebilmektedirler. Bu eserlerin yaratıldığı tarihsel ve kültürel bağlam hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Quiver adlı artırılmış gerçeklik (AG) uygulaması, öğrencilerin iki boyutlu çizimlerini dijital ortamda üç boyutlu modellere dönüştürmelerine olanak sağlamaktadır. Bu uygulama, öğrencilerin çizimlerine sanal efektler ekleyerek hayal güçlerini daha etkili bir şekilde ifade etmelerine imkan tanımaktadır (Ekici & Yeşilbursa, 2021).



Görsel 9. Quiver Adlı AG Uygulaması İle 2b Çizimin 3b ye Dönüşmesi (URL-12)

Dijital sanatlarda AG'nin sunduğu bir diğer avantaj, öğrencilerin eserlerini daha interaktif bir şekilde sunabilme olanağı bulmalarınıdır. Sanatçılar, dijital sanat eserlerini artırılmış gerçeklik ile farklı boyutlarda

sergileyebilmekte ve izleyicilerin eserle doğrudan etkileşime geçmesini sağlayabilmektedir. Sanatsal çalışmaların QR kodlar aracılığıyla dijital olarak canlandırılması veya sanat eserlerinin mobil cihazlarla farklı açılardan incelenmesi gibi uygulamalar, öğrencilerin görsel sanatlardaki teknik becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. (Somyürek, 2014).

3.2.2. Müzelerde ve Sanat Galerilerinde Artırılmış Gerçeklik

Müzelerde ve sanat galerilerinde artırılmış gerçeklik uygulamaları, sanat eserlerinin daha derinlemesine incelenmesini ve ziyaretçilere zenginleştirilmiş bir deneyim sunulmasını sağlamaktadır. Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, ziyaretçilere eserlerin tarihi, sanatçının amacı ve kullanılan teknikler gibi ayrıntıları sunarken, eserlerin farklı açılardan ve daha detaylı bir şekilde incelenmesine imkân sağlamaktadır.

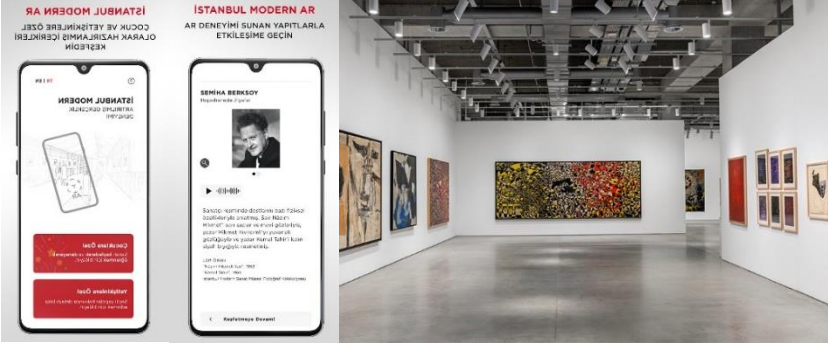
Londra'daki Tate Modern Müzesi bunun bir örneği olarak, ziyaretçilerine AG tabanlı bir mobil uygulama sunarak sanat eserleri hakkında bilgi edinme ve sanal rehber eşliğinde gezme imkânı sağlamaktadır (Cranmer, 2017). Sanatçı ve akademisyen Özgür Ballı tarafından İstanbul'da düzenlenen artırılmış gerçeklik (AG) uygulamalı açık hava sergisi, sanatın kamusal alandaki ifadesini dijital çağın gereklilikleriyle yeniden yorumlamıştır. Sergi, İstanbul'un farklı mekanlarında konumlandırılan dijital eserler aracılığıyla, izleyicilere fiziksel ve sanal dünyanın birleşimini sunarak şehirle etkileşim kurma fırsatı tanımıştır. Teknoloji ve tasarımın etkileşiminden beslenen bu sergi, sanatsal ifade biçimlerine yenilikçi bir boyut kazandırmıştır. AG teknolojisiyle dev boyutlu heykeller şehrin meydanlarında dijital olarak sergilenmiş ve izleyicilere QR kodlar aracılığıyla bu eserlerle etkileşim kurma imkânı sunulmuştur. Bu deneyim, şehir yaşamında sanatın yerini vurgularken, toplumda sanata dair yeni bir algı oluşturmaya yönelik önemli

bir adım olmuştur. İzleyiciler, eserlerin yer aldığı dijital ortamda onları farklı açılardan inceleme ve şehirle olan ilişkisini değerlendirme fırsatı bulmuştur.



Görsel 10. Şehri Yeniden Biçimlendirmek İsimli AG Heykel Sergisi
(URL-14)

Türkiye’de benzer uygulamalar, sanat eğitiminin bir parçası olarak kullanılmaktadır. İstanbul Modern Sanat Müzesi, ziyaretçilerine dijital cihazlar aracılığıyla eserlerle ilgili ek bilgilere ulaşma fırsatı sunmaktadır. Artırılmış gerçeklik ile ziyaretçiler, sanat eserlerinin hikayelerini dinleyebilir, eserin yaratım süreci hakkında bilgi sahibi olabilirler. Bu tür deneyimler, öğrencilerin sanat eserleriyle daha güçlü bir bağ kurmalarını sağlamakta ve sanat tarihine ilişkin daha geniş bir bakış açısı kazanmalarına katkıda bulunmaktadır (Abdüselam & Karal, 2015). Özellikle öğrencilere rehberlik eden sanal yönlendirmeler, onları sanat eserlerinin sosyal, tarihsel ve kültürel bağlamları hakkında bilgilendirmekte, böylece AG, sanat eğitiminin müze ve galeri ortamlarına entegre edilmesini kolaylaştırmakta ve öğrencilerin eğitsel bir deneyim yaşamalarını sağlamaktadır (Atalay & Akgün, 2020).



Görsel 11. İstanbul Sanat Müzesi AG Uygulaması (URL-14)

3.3. Tasarım Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik

Tasarım eğitimi, öğrencilerin yaratıcı düşüncelerini somut projelere dönüştürdüğü dinamik bir alan olarak tanımlanmaktadır. Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, öğrencilere tasarımlarını daha önce mümkün olmayan şekillerde gözlemlene, analiz etme ve geliştirme olanakları sunmaktadır. Bu bağlamda, tasarım eğitiminde AG, öğrencilerin üç boyutlu nesnelere çalışmasını kolaylaştırmakta ve bu nesnelerin gerçek dünyada nasıl işlev göreceğini deneyimlemelerine olanak tanımaktadır (Garzón, 2021).

Bu teknoloji, öğrencilerin yalnızca teorik bilgi edinmesini değil, aynı zamanda uygulamalı bir öğrenme süreci yaşamasını sağlamaktadır (Milgram & Kishino, 1994). Tasarım sürecinde, AG'nin eğitim bağlamında sunduğu en önemli katkılardan biri, öğrencilerin teorik bilgilerini pratik uygulamalara dönüştürmelerine olanak tanınmasıdır (Guerra-Tamez, 2023).

Tasarım eğitiminde artırılmış gerçeklik (AG), öğrencilerin problem çözme ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştiren etkili bir öğrenme ortamı sunmaktadır. AG kullanımıyla öğrenciler, üç boyutlu modeller oluşturarak bu modellerin gerçek dünyadaki potansiyel etkilerini analiz etme fırsatı bulmaktadır. Mimarlık veya endüstriyel tasarım gibi alanlarda, öğrenciler

AG teknolojisi kullanarak tasarımlarını sanal ortamda test ederken fiziksel prototiplerin ihtiyaç duyduğu zamanı ve maliyeti azaltabilmektedir (Garzón, 2021; Alzahrani, 2020).

AG teknolojisi, tasarım eğitiminin geleceğinde kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle Z kuşağının dijital teknolojilere olan yatkınlığı göz önüne alındığında, AG'nin öğrenme süreçlerine entegre edilmesi, öğrenci motivasyonunu ve katılımını artırmaktadır. AG'nin sunduğu etkileşimli öğrenme ortamları, bireysel ve grup çalışmalarını destekleyerek öğrencilerin iş birliği becerilerini güçlendirmekte ve daha derin bir öğrenme deneyimi sağlamaktadır. Eğitim materyallerinin üç boyutlu görselleştirilmesi, öğrencilerin derse olan ilgilerini artırmakta ve öğrenme süreçlerini daha erişilebilir hale getirmektedir (Billinghurst & Dünser, 2012). Bu teknoloji, öğrencilerin yaratıcı projelerini geliştirirken uygulamalı bir öğrenme deneyimi yaşamalarına AG'nin etkisini artırmak için, teknolojinin erişilebilirliğini ve kullanımını destekleyen uygulama ve planlamalar geliştirilmelidir.

3.3.1. Mimarlık ve İç Mekân Tasarımı Eğitiminde AG Kullanımı

Mimarlık ve iç mekân tasarımı eğitimi, öğrencilerin tasarımlarını somut ortamlarda görselleştirmelerini ve kullanıcı deneyimini anlamalarını gerektirmektedir. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, mimarlık öğrencilerinin projelerini inşa edilmeden önce gerçek boyutlarda ve gerçek ortamlarda görmelerine olanak tanıyarak, tasarımlarını daha iyi analiz etmelerini sağlamaktadır. "Augment" adlı AG uygulaması, öğrencilerin binaları veya iç mekân tasarımlarını gerçek boyutlarda simüle etmelerine ve bu tasarımları çevreyle entegre etmelerine imkân tanımaktadır (Hazneci-Uzun, 2019). Bu tür uygulamalar, öğrencilere çevresel faktörleri değerlendirme, tasarım detaylarını inceleme ve projelerinin gerçekçi bir temsilini elde etme fırsatı sunmaktadır. Tasarım eğitiminde artırılmış

gerçeklik (AG), öğrencilerin problem çözme ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştiren bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Öğrenciler, AG yardımıyla üç boyutlu modeller oluşturarak bu modellerin gerçek dünyadaki olası etkilerini analiz edebilmekte ve oluşabilecek hataları daha gerçekleştirmeden görebilmekte ve düzeltebilmektedirler.

Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, inşaat sektöründe tasarımcılar ve mühendisler için devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır. AG, yapıların kompozisyonlarını; yapı, kütle oluşturma, mekanik ve elektrik tesisatı, havalandırma tesisatı, güvenlik sistemleri ve bilgi teknolojisi gibi farklı bileşenlere göre kategorize ederek, fiziksel yapıların detaylı bir şekilde öğrenilmesini mümkün kılmaktadır (Smith & Jones, 2020). Bu teknoloji, duvarların ötesini görebilme imkânı tanıyarak, bir tür X-ışını görünümü sağlayan yenilikçi bir perspektif sunmaktadır. Farklı modellerin birbirleriyle eşleştirilmesi sayesinde, fiziksel yapı inşa edilmeden önce potansiyel sorunlar tespit edilebilmekte ve yapının mekanik sistemlerinden ayrıştırılarak analiz edilebilmektedir (Doe, 2019).

AG'nin sunduğu avantajlar sadece sorun tespit etmekle sınırlı kalmamaktadır. Bir sorun belirlendiğinde ve saha personeli tarafından çözülememesi durumunda, uzmanlar hibrit bir AG ortamına entegre edilerek dijital avatarlar aracılığıyla sistemde yapılması gereken düzeltmeleri belirleyebilmektedirler. Bu sayede, uzmanların fiziksel olarak şantiyede bulunmaları gerekmeksizin, hızlı ve etkili çözümler üretmeleri mümkün hale gelmektedir (Brown & Green, 2021). Bu uygulamalar, inşaat süreçlerinde verimliliği artırmakta, hata oranlarını düşürmekte ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca, artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, inşaat projelerinin planlama ve uygulama aşamalarında daha şeffaf ve koordineli bir çalışma ortamı sağlamaktadır. Bu da proje paydaşlarının daha bilinçli kararlar almasını ve projelerin zamanında tamamlanmasını desteklemektedir (White, 2022).

AG teknolojisinin inşaat sektöründeki kullanımı, sanat ve tasarım eğitimine de önemli katkılar sağlamaktadır. Öğrenciler, AG sayesinde tasarım projelerini dijital ortamda test edebilmekte, potansiyel hataları önceden görebilmekte ve yaratıcı çözümler geliştirebilmektedirler. Özellikle mimarlık ve iç mekân tasarımı gibi disiplinlerde, AG'nin sunduğu bu imkanlar, öğrencilerin mekânsal algılarını ve teknik becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Taylor & Williams, 2023).

Bu bağlamda, AG teknolojisi ile donatılmış eğitim ortamları, öğrencilerin teorik bilgilerini pratiğe dönüştürmelerini kolaylaştırmakta ve onları geleceğin dijital dünyasında aktif bireyler olarak yetiştirmektedir. AG'nin sanat ve tasarım eğitimine entegrasyonu, öğrencilere yenilikçi ve etkileşimli öğrenme deneyimleri sunarak eğitim süreçlerini daha etkili ve ilgi çekici hale getirmektedir (Martin, 2021).



Görsel 12. Mimaride AG Kullanımı (URL-15)

AG, öğrencilerin mekânsal farkındalığını artırarak, özellikle ergonomi ve işlevsellik açısından daha bilinçli tasarımlar yapmalarına da katkı sağlamaktadır. İç mekân tasarımı eğitiminde, mobilya yerleşimi, ışık düzenlemeleri ve renk uyumu gibi önemli detaylar, AG teknolojisi ile dijital ortamda test edilip gözlemlenebilmekte, AG, tasarımcıların projelerini gerçek dünyada test edebilmesine olanak tanımaktadır. Microsoft firmasının “HoloLens” isimli ürettiği cihazlar, öğrencilerin tasarımlarını gerçek mekânsal bağlamlarda deneyimlemelerine ve kullanıcı deneyimi odaklı çözümler geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Bourgeois vd, 2020). "HoloLens" cihazı, öğrencilere üç boyutlu iç mekân

modelleri üzerinde çalışma olanağı sunarak, tasarımlarını çeşitli açılardan değerlendirme ve gerçek ortama entegre etme imkânı sunmaktadır. Bu tür uygulamalar, öğrencilerin kullanıcı odaklı düşüncelerini ve gerçek dünyada uygulanabilir tasarımlar geliştirmelerini teşvik etmekte destek olmaktadır (Yengin & Bayrak, 2018).

3.3.2. Ürün ve Endüstriyel Tasarım Alanında Artırılmış Gerçeklik

Ürün ve endüstriyel tasarım eğitimi, tasarlanan objelerin işlevselliği, estetiği ve kullanıcı deneyimi açısından değerlendirilmesini gerektirir. Artırılmış gerçeklik, öğrencilerin ürün tasarımlarını üç boyutlu bir ortamda inceleyerek, kullanıcı etkileşimlerini ve ürünün fiziksel çevre ile uyumunu analiz etmelerini sağlamaktadır. Otomotiv tasarımı alanında AG uygulamaları, öğrencilerin araç parçalarını dijital ortamda birleştirerek işlevselliği test etmelerine olanak tanımaktadır. Bu tür uygulamalar, mühendislik ve tasarım eğitimi için önemli bir araç olan "AutoCAD" gibi programlarla entegre edilebilmektedir (Korucu & Gençtürk, 2016).

AG'nin sağladığı görselleştirme özellikleri, ürün tasarımının erken aşamalarında dahi kullanıcı deneyimini simüle etmeye imkân tanımaktadır. Bu, tasarımların piyasaya çıkmadan önce iyileştirilmesine ve öğrencilere prototip üretim sürecine dair pratik bilgi kazandırmaktadır. "SketchAR" gibi mobil uygulamalar, tasarım öğrencilerine gerçek zamanlı olarak çizimlerini görselleştirme olanağı sunar ve bu sayede öğrenciler, tasarımlarını üç boyutlu olarak analiz ederek estetik ve ergonomik detayları değerlendirebilmektedir (Doğan, 2016).

Endüstriyel tasarımda, özellikle kullanıcı odaklı tasarım süreçlerinde AG'nin sağladığı geri bildirimler, ürünlerin işlevselliğini geliştirme ve pazara daha uygun ürünler sunma açısından önem taşımaktadır. AG, ürünlerin ölçek, malzeme ve kullanım özelliklerini sanal olarak simüle

ederek, tasarım sürecinde maliyet tasarrufu sağlarken öğrencilerin yaratıcı çözümler üretmesine de katkı sağlamaktadır (Gül & Şahin, 2017).

4. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN SANAT VE TASARIM EĞİTİMİNE KATKILARI

Artırılmış gerçeklik (AG), sanat ve tasarım eğitimine dijital unsurlar ekleyerek öğrenme deneyimlerini zenginleştirmektedir. Bu teknoloji, soyut sanat kavramlarını somutlaştırma ve öğrencilerin yaratıcı süreçlere daha aktif katılımını sağlama konularında önemli katkılar sunmaktadır (Kiryakova, Angelova & Yordanova, 2018). AG sayesinde, öğrenciler üç boyutlu modelleme, hareketli görseller ve animasyonlar gibi araçları kullanarak sanatı daha anlaşılır ve etkili bir şekilde öğrenebilmektedir (Chiu vd., 2022). Sanat tarihi ve sanat teorisi gibi derslerde, AG teknolojisinin görsel ve etkileşimli içerikleri teorik bilgilerin pratiğe dönüştürülmesini kolaylaştırdığı görülmektedir (Miralay, 2022). Örneğin, öğrenciler, AG uygulamaları aracılığıyla eserleri dijital ortamda analiz edebilmekte ve bu süreçte sanatsal problemleri çözerek yenilikçi tasarımlar geliştirme imkânı bulmaktadırlar (Chujitarom, 2020).

Bununla birlikte, AG'nin kullanımı konusunda bazı eleştiriler bulunmaktadır. Özellikle, öğrencilerin manuel becerilerinin zayıflayabileceği veya yaratıcılıklarının sınırlandırılabilabileceği endişesi dile getirilmektedir. Ancak, bu teknoloji ile teknik bilgi ve becerilerin artırılması ve geleneksel sanat uygulamalarıyla paralel bir gelişim sağlanması mümkün görülmektedir (Miralay, 2022). AG'nin öğrenme süreçlerine entegre edilmesi, öğrencilerin bilgiyi doğrudan deneyimlemesine olanak tanıyarak kalıcılığını artırmaktadır (Singh vd., 2021). Örneğin, öğrenciler AG destekli bir uygulama ile bir ressamın tekniğini inceleyebilmekte veya tasarladıkları bir ürünün sanal prototipini test edebilmektedir (Demirer & Erbaş, 2015).

Sonuç olarak, AG'nin dengeli ve planlı bir şekilde uygulanması, öğrencilerin teknolojiden tam anlamıyla faydalanmasını sağlamaktadır. Eğitimcilerin rehberliği ve uygun içerik yönetimi, bu teknolojinin etkili ve sürdürülebilir bir araç olarak sanat ve tasarım eğitimine entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır.

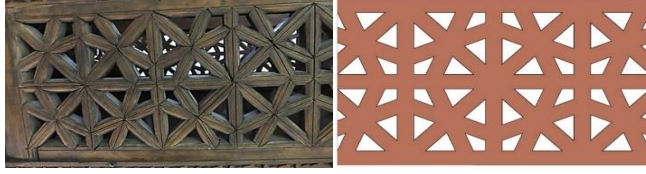
4.1.Tarihi Geometrik Desenlerin Artırılmış Gerçeklik ile Entegrasyonu: Ahi Elvan Cami Minber Desen Örneği

Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, sanatsal ve tasarımsal süreçlere entegre edildiğinde hem eğitimde hem de kültürel mirasın korunmasında yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. Bu bölümde, Ankara Ahi Elvan Cami minberindeki geometrik desenin AG teknolojisiyle dijitalleştirilme süreci incelenmiş ve bu sürecin detayları, sanat ve tasarım eğitimi açısından bir örnek model olarak sunulmuştur. Daha önce gerçekleştirilmiş bir tez çalışmasından elde edilen metodolojik süreçler, AG'nin uygulama olanaklarını ortaya koymaktadır (Devrim, 2022).

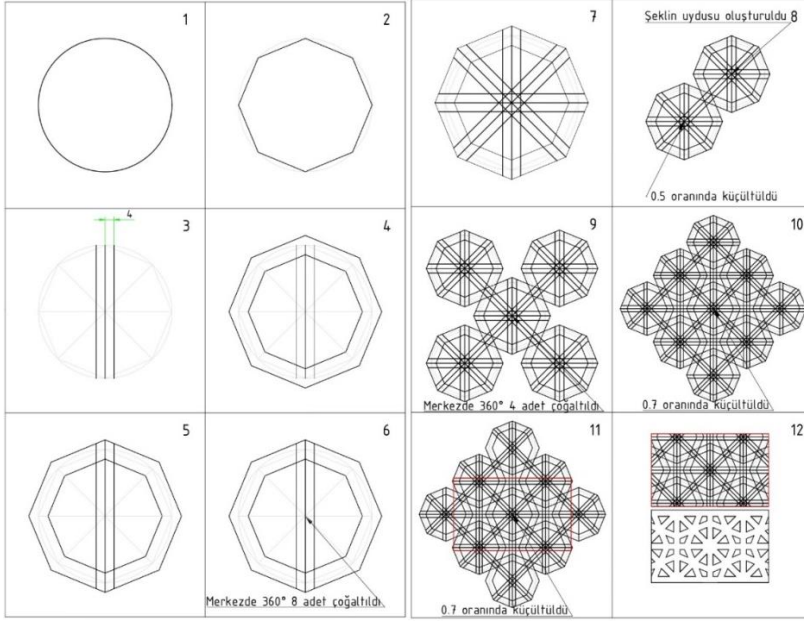
4.1.1. Geometrik Desenlerin AG'ye Dönüştürülme Süreci

4.1.1.1. Geometrik Desenlerin Analiz ve Çizim Süreci

İlk aşamada, geometrik desenlerin temel yapıları incelenmiştir. Bu süreçte, Poligonal Teknik (temas halinde çokgenler metodu) kullanılarak desenler, basitten karmaşığa doğru çözülmüştür. Her bir desen, dijital ortamda katmanlar halinde analiz edilmiş ve AutoCAD gibi yazılımlar aracılığıyla vektör tabanlı bir formatta hazırlanmıştır. Bu yöntemle, desenlerin matematiksel yapısı detaylı bir şekilde ele alınmıştır (Devrim, 2022).



Görsel 13. Ahi Elvan Cami Minber a) Korkuluk Bölümü Desen Detay
b) Çizim



Görsel 14. Ahi Elvan Cami Minber Korkuluğu Desen Analizi

4.1.1.2. AG Uygulamasına Dönüştürme

Geometrik desenlerin dijitalleştirilmesinin ardından, her bir desenin yapısal özelliklerini vurgulayan video formatında içerikler hazırlanmıştır. Bu içerikler, izleyicilere desenlerin oluşturulma sürecini görsel olarak aktarmış ve Microsoft Video Düzenleyici gibi araçlarla zenginleştirilmiştir. Video sunumları, kullanıcıların desenlerin görsel analizini daha etkili bir şekilde yapmalarını mümkün kılmıştır (Devrim, 2022). Artırılmış gerçeklik uygulamasında işaretçiler, kullanıcıların uygulamayı etkin bir şekilde kullanmasını sağlayan kritik bileşenlerden

biridir.



Görsel 15. Mobil Uygulama Tasarım Aşamalar (Devrim, 2022).

Bu projede, karekod ve görsel işaretçiler tercih edilmiştir. Her bir geometrik desenin dijital görseli işaretçi olarak belirlenmiş ve AG platformlarına entegre edilmiştir. Bu yöntem, kullanıcıların desenlere kolayca erişmesini sağlamaktadır (Devrim, 2022). Uygulama geliştirme sürecinde **Vuforia AG eklentisi** ve **Unity 3D oyun motoru** kullanılmıştır. Bu yazılımlar, mobil uygulamanın işlevselliğini artırmış ve gerçek zamanlı kullanıcı deneyimi sunmasını sağlamıştır. Mobil cihazlarla çalışan sistem, işaretçi tanıma özelliği sayesinde tarihi desenlerin dijital modellerini gerçek ortamlarda görüntüleme olanağı sunmuştur (Devrim, 2022). Artırılmış gerçeklik (AG) uygulaması, Android tabanlı cihazlarla uyumlu olacak şekilde geliştirilmiş ve APK formatında yayımlanmıştır. Uygulamanın kullanıcı dostu bir deneyim sunabilmesi için arayüz tasarımı optimize edilmiş ve sahne geçişleri ile işaretçi algılama gibi özellikler entegre edilmiştir. Bu yapı, uygulamanın estetik ve işlevsel açıdan uyumlu olmasını sağlamaktadır (Devrim, 2022).



Görsel 16. Ana Sayfa Sahnesi Genel Görünümü



Görsel 17. Cep Telefonu Ana Sayfasında AG Uygulamasının
Yüklenmiş Hali

Geliştirilen artırılmış gerçeklik uygulaması, tarihi eserlerin geometrik desenlerinin estetik ve yapısal özelliklerinin daha derinlemesine anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu teknoloji, eğitim ortamlarında öğrencilerin mekânsal algılarını geliştirmekte, analitik düşünme becerilerini artırmakta ve kültürel mirasın daha etkili bir şekilde korunmasına olanak tanımaktadır. Bu model, artırılmış gerçeklik teknolojilerinin eğitimde yenilikçi bir şekilde kullanılmasına dair önemli bir örnek olarak sunulmakta ve gelecekteki araştırmalar için rehberlik sağlamaktadır. Geometrik desenlerin dijitalleştirilmesi ve artırılmış gerçeklik ile görselleştirilmesi süreci hem sanat ve tasarım eğitimi hem de kültürel mirasın korunması açısından yeni fırsatlar sunmaktadır.

5. SONUÇ

Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, eğitim, sanat ve tasarım alanlarında köklü bir dönüşüm başlatan yenilikçi bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, AG'nin hem teorik hem de uygulamalı bağlamlarda eğitim süreçlerine ve kültürel mirasın korunmasına olan katkılarını kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Özellikle Ankara Ahi Elvan Camisi geometrik desenlerinin AG teknolojisiyle dijitalleştirilmesi ve görselleştirilmesi, bu teknolojinin sanat ve tasarım eğitiminde yaratıcı bir model olarak kullanılabileceğini göstermektedir. AG, özellikle deneyimsel öğrenmeyi destekleyerek, öğrencilerin motivasyonlarını artırmakta, teoriyi

pratiğe dökmelerine yardımcı olmakta ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirmektedir. AG'nin sunduğu interaktif öğrenme ortamları, öğrencilerin süreçlere daha aktif katılımını sağlayarak sanatı dijital çağın gerekliliklerine uygun bir biçimde öğrenmelerine olanak tanımaktadır (Sırakaya & Alsancak Sırakaya, 2018). Bu çalışma, AG teknolojisinin sadece teorik bilgilerin daha etkin bir şekilde sunulmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda kültürel mirasın korunmasına katkı sağlayarak eğitim süreçlerini zenginleştirdiğini de vurgulamaktadır.

AG teknolojisi, öğrencilerin sanatsal becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmanın yanı sıra, öğrenme sürecini daha erişilebilir ve çekici hale getirmektedir. Ancak, AG'nin sanat ve tasarım eğitimdeki sürdürülebilirliği için karşılaşılan teknik ve pedagojik zorlukların çözülmesi gerekmektedir. Yüksek işlem gücü gerektiren yazılımlar ve pahalı cihazlar gibi donanım sorunları, AG'nin geniş çapta kullanılmasını engellemektedir. Ayrıca, öğretmenlerin AG'yi etkili bir şekilde kullanabilmeleri için gerekli bilgi ve pedagojik becerilere sahip olmamaları, bu teknolojinin sınıf ortamlarında etkin bir şekilde kullanılmasını sınırlandırmaktadır (Kaleci vd, 2016). Bu sorunların aşılabilmesi için eğitimciler için hizmet içi eğitim programlarının geliştirilmesi ve AG cihazlarının daha erişilebilir hale getirilmesi önemlidir.

AG'nin eğitime entegrasyonu, dijital dönüşümde önemli bir rol oynamaktadır. Eğitim müfredatlarına AG'nin kalıcı olarak entegrasyonu, öğrencilerin bu teknolojiye erişimini kolaylaştırarak eğitimde fırsat eşitliğini artırabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, AG'nin sanat ve tasarım eğitimde etkin kullanımını sağlayacak destekleyici materyallerin geliştirilmesi, teknolojinin uzun vadeli etkinliğini artıracaktır. Gelecekteki çalışmalar, AG ve sanal gerçeklik (SG) entegrasyonunun eğitimdeki potansiyelini araştırarak, öğrencilerin öğrenme süreçlerinde daha yaratıcı

ve etkili sonuçlar elde etmelerine olanak sağlayabilecektir (Cranmer, 2017).

Sonuç olarak, AG teknolojisi, sanat ve tasarım eğitiminde yenilikçi bir öğretim aracı olarak büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. AG'nin, sanat ve tasarım eğitimde daha yaygın kullanımıyla öğrencilerin yaratıcı becerileri desteklenebileceği, eğitim süreçleri daha ilgi çekici hale getirilebileceği ve dijital dünyada aktif bireyler yetiştirilebileceği düşünülmektedir. Bu teknolojinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için teknik ve pedagojik engellerin aşılması ve gerekli destekleyici altyapıların oluşturulması kritik öneme sahip olmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdüsselam, M. S., & Karal, H. (2015). Artırılmış gerçeklik. *Eğitim Teknolojileri Okumaları*, 149–170.
- Altınpulluk, H., & Kesim, M. (2015). Geçmişten günümüze artırılmış gerçeklik uygulamalarında gerçekleşen paradigma değişimleri. *Eğitim ve Bilim*, 40(182), 65-82.
- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented Reality: A Systematic Review of Its Benefits and Challenges in E-learning Contexts. *Applied Sciences*, 10(16), 5660. <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- Atalay, E., & Akgün, F. (2020). Biyoloji öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımına yönelik lise öğrencilerinin tutumlarının incelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(3), 606-631.
- Atasoy, B., Tosik-Gün, E., & Kocaman-Karaoğlu, A. (2017). İlköğretim öğrencilerinin artırılmış gerçeklik uygulamalarına karşı tutumlarının ve güdülenme durumlarının belirlenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 435-448.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Azuma, R. T. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47.
- Ballı, Ö. (2021). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ve Dijitalleşen Sanat Bağlamındaki Uygulama Örnekleri Üzerine Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 9, Sayı: 112, Ocak 2021, s. 174-193 <http://dx.doi.org/10.29228/ASOS.48337>
- Baltacı, S., & Toy, E. (2021). Artırılmış gerçeklik destekli açık alan sanat uygulamalarına bir örnek: Augmented İstanbul. *Medeniyet Sanat*, 7(1), 56-67.

- Brown, L., & Green, T. (2021). *Augmented Reality in Construction: Enhancing Efficiency and Reducing Errors*. *Journal of Construction Engineering*, 45(3), 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.coneng.2021.03.004>
- Billinghurst, M., & Dünser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56–63. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>
- Billinghurst, M., & Clark, A. (2018). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Bourgeois-Bougrine, S., Fave, A. D., Fragkogiannis, A., Roussel, N., & Alharbi, R. (2020). Augmented reality, cognitive ergonomics, and user-centered design: Towards enhancing user experience with innovative AR devices like HoloLens. *International Journal of Human-Computer Studies*, 136, 102379. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102379>
- Boz, S. M. (2019). Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamalarının değerlendirilmesi. *Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü*.
- Çakal, M., & Eymirli, E. (2012). Artırılmış gerçeklik teknolojisi. *Kuzeydoğu Kalkınma Ajansı*.
- Çetinkaya, H. H., & Akçay, M. (2013). Eğitim ortamlarında artırılmış gerçeklik uygulamaları. *Akademik Bilişim Kongresi*, 66-69.
- Chang, C. H., & Wei, C. S. (2017). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2-3), 253-264.
- Craig, A. B. (2013). *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*. United States of America: Elsevier.
- Chiu, M. C., Hwang, G. J., Hsia, L. H., & Shyu, F. M. (2022). Artificial intelligence-supported art education: A deep learning-based system for promoting university students' artwork appreciation and painting outcomes. *Interactive Learning Environments*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2055378>

- Chujitarom, W. (2020). Digital storytelling through teamwork gamification model to encourage innovative computer art. *TEM Journal*, 9(2), 560-565. <https://doi.org/10.18421/TEM92-21>
- Cranmer, E. E. (2017). Developing an augmented reality business model for cultural heritage tourism: The case of Geevor Museum. *Manchester Metropolitan University*.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Demirer, V., & Erbaş, Ç. (2015). Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının incelenmesi ve eğitsel açıdan değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(3), 749-769.
- Demirezen, B . (2019). Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Turizm Sektöründe Kullanılabilirliği Üzerine Bir Literatür Taraması . *Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 1-26. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijgtr/issue/45045/522675>
- Devrim, Ö. (2022). *Mimari eserlerin geometrik süslemelerinin analizi: Ankara ili Anadolu Selçuklu dönemi artırılmış gerçeklik uygulama örneği* (Yüksek lisans tezi). Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat ve Tasarım Ana Bilim Dalı. 270 sayfa.
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>
- Doe, J. (2019). *Innovations in Augmented Reality for Structural Analysis*. *International Journal of Civil Engineering*, 33(2), 98-110. <https://doi.org/10.1080/18691176.2019.1588974>
- Doğan, A. (2016). Artırılmış gerçeklik teknolojileriyle desteklenmiş hikaye kitabı okuma deneyimi. *Medeniyet Sanat Dergisi*, 2(2), 121-137.
- Ekici, M., & Yeşibursa, C. C. (2021). Artırılmış Gerçekliğin Sosyal Bilgiler Dersinde Kullanımı Hakkında Ortaokul Öğrencilerinin Görüşleri. *Anemon*

Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9(2), 289-302.
<https://doi.org/10.18506/anemon.676477>

Garzón, J. (2021). An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7), 37.
<https://doi.org/10.3390/mti5070037>

Guerra-Tamez, R. (2023). Shaping the future of creative education: the transformative power of VR in art and design learning. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1388483>

Guazzaroni, G., & Pillai, A. S. (2020). *Virtual and Augmented Reality in Education, Art, and Museums*. IGI Global.

Gül, K., & Şahin, S. (2017). Bilgisayar donanım öğretimi için artırılmış gerçeklik materyalinin geliştirilmesi ve etkililiğinin incelenmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 353-362.

Hazneci-Uzun, O. (2019). Güncel artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanımı üzerine bir inceleme. *Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 12(1), 65-89.

Horizon Report. (2011). *Emerging Technologies in Education*.

Huang, W. H., Tschopp, J., & Soman, D. (2019). A study of the factors that contribute to the effectiveness of virtual reality environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(16), 1482-1497.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1674379>

İçten, T, Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi . *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 5 (2), 111-136.

Kapler, I. V., Kollar, I., Macchiarella, N. D., & Sigado, L. A. (2019). Augmented Reality for Education: The Development and Evaluation of a Prototype. *Proceedings of the 12th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications*, 46-53.

- Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented reality in education: Current technologies and the potential for education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 47, 297–302.
- Kiryakova, G., Angelova, N., & Yordanova, L. (2018). The potential of augmented reality to transform education into smart education. *TEM Journal*, 7(3), 556.
- Kim, H., So, H.-J., & Park, J.-Y. (2022). Examining the effect of socially engaged art education with virtual reality on creative problem solving. *Educational Technology & Society*, 25(2), 117-129.
- Koperwas, R. (2015). Educational technology: Augmented reality for arts and architecture. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 10, 348-354. <https://doi.org/10.xxxx>
- Korucu, A. T., & Gençtürk, T. (2016). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenci başarı ve tutumlarına etkisi. XVIII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye.
- Martin, S. (2021). Integrating Augmented Reality into Art and Design Education. *Art Education Review*, 27(4), 45-59.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Miralay, F. (2022). Examination of educational situations related to augmented reality in art education. *International Journal of Arts and Technology*, 14(2), 141-157. <https://doi.org/10.1504/IJART.2022.10042136>
- Nazan, B. (2011). Sanatın Tarihsel Gelişimi ve Mekânsal Boyutu. *Sanat ve Mekân Araştırmaları*, 13. Ötügen, N. (2008). Sanatın Toplum Üzerindeki Etkisi. *Sanat ve Toplum Dergisi*, 4(1), 160.
- Ötügen, N. (2008). *Sanatın toplum üzerindeki etkisi*. Sanat ve Toplum Dergisi, 4(1), 160.

- Panciroli, C., Macaуда, A., & Russo, V. (2018). Educating about Art by Augmented Reality: New Didactic Mediation Perspectives at School and in Museums. *MDPI Proceedings*, 1(9), 1107.
- Rountree, J., Wong, W., & Hannah, R. (2002). Learning to look: Real and virtual artifacts. *Educational Technology & Society*, 5(1), 129–134.
- Sırakaya, M., & Alsancak Sırakaya, D. (2018). Artırılmış gerçeğin fen eğitiminde kullanımının tutum ve motivasyona etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(3), 887-905.
- Smith, A., & Jones, B. (2020). *Categorizing Architectural Components with Augmented Reality*. *Building Technology Journal*, 12(1), 77-89. <https://doi.org/10.1016/j.buildtech.2020.01.005>
- Somyürek, S. (2014). Öğretim sürecinde Z kuşağının dikkatini çekme: Artırılmış gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 4(1), 63-80.
- Tabusca, A. (2014). "Augmented Reality – Need, Opportunity Or Fashion," *Romanian Economic Business Review*, Romanian-American University, vol. 8(2), pages 307-315, December.
- Taylor, R., & Williams, K. (2023). *Enhancing Spatial Awareness in Design Students through Augmented Reality*. *Design Education Quarterly*, 29(1), 34-50. <https://doi.org/10.1080/02667363.2023.1234567>
- Tomšič Amon, B. (2023). Didactic tool based on virtual and augmented reality in art education: Learning through an interactive game. *AM Journal*, 31, 23–43. <https://doi.org/10.25038/am.v0i29.568>
- Türkmenoğlu, T. (2014). Sanatta Dijital Teknolojilerin Kullanımı: Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları. *Sanat ve Teknoloji Araştırmaları*, 2(3), 89.
- URL-1: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sensorama_patent_fig5.png
- URL-2: Demoklesin Kılıcı Tanıtım Filmi: <https://www.youtube.com/watch?v=AFqXGxKsM3w> <https://www.aselsan.com/tr/blog/detay/367/artirilmis-sanal-ve-karma-gerceklik>

- URL-3:https://en-m-wikipedia-org.translate.google/wiki/Google_Glass?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=tc
- URL-4: <https://www.educationcyber.com/2020/02/16/artirilmis-gerceklik/>
- URL-5:<https://teknoloji-tasarim.com/yansitma-tabanli-artirilmis-gerceklik-nedir/>
- URL-6:https://www.dignited.com/60048/how-to-know-if-your-smartphone-supports-augmented-reality-ar/#google_vignette
- URL-7: <https://www.educationcyber.com/2020/02/16/artirilmis-gerceklik/>
- URL-8:<https://teknotower.com/artirilmis-gerceklik/#artirilmis-gerceklik-cesitleri-ve-uygulama-alanlari>
- URL-9: <https://www.sutueatsflies.com/art/prosthetic-reality>
- URL-10:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131512000590?via%3Dihub>
- URL-11:https://www.isikun.edu.tr/web/1644-15136-1-1/isik_universitesi/isik_universitesi/haberler/yari_gercek_sergisi_sanatseverlere_yepyeni_bir_deneyim_yasatti
- URL-12: <https://www.youtube.com/watch?v=F7yVABidFb>
- URL-13: <https://www.instagram.com/ozgurbalii/>
- URL-14:<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.istanbulmodern.ar&pli=1>
- URL-15: <https://www.pointr.com/2020/12/future-of-smart-glasses/>
- Yengin, İ., & Bayrak, E. (2018). Artırılmış gerçeklik ve eğitim: Temel kavramlar ve uygulamalar. *Uluslararası Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 3(2), 45-57.
- Young, T., & Marshall, M. T. (2023). An Investigation of the Use of Augmented Reality in Public Art. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(9), 89.

White, P. (2022). Augmented Reality for Project Management in Construction. *Construction Management Review*, 18(2), 200-215. <https://doi.org/10.1016/j.conman.2022.02.006>

BÖLÜM 6

HAT SANATINDA ÜÇ BOYUTLU MODELLEME: MA’KİLİ YAZILARIN REKONSTRÜKSİYONU

Metin ÜNAL^{1,2}

1. GİRİŞ

İslam hat sanatı, estetik ve manevi değerleri simgeleyen zengin bir kültürel mirasa sahip olup, özellikle yazıların şekli ve sunumu, bu sanatın en belirgin özelliklerinden biridir. Ma’kılı yazılar, bu geleneğin önemli bir parçasını oluşturan ve belirli geometrik formlar içinde oluşturulan, anlamın ve formun iç içe geçtiği yazı türleridir. Genellikle dini metinlerde veya önemli eserlerde görülen Ma’kılı yazılar, görsel açıdan etkileyici ve estetik açıdan zengin bir dil sunar. Ancak, Ma’kılı yazıların geleneksel olarak kullanılan iki boyutlu formatı, günümüzde dijital teknolojilerle yeniden şekillendirilebilmektedir.

Bu çalışma, Ma’kılı yazıların bilgisayar ortamında üç boyutlu modeller olarak yeniden tasarlanması ve bu dijital modellerin fiziksel maketlere dönüştürülmesi sürecini incelemektedir. Geleneksel sanatla dijital teknolojilerin birleşmesi, sadece estetik açıdan yeni bir perspektif sunmakla kalmaz, aynı zamanda bu sanat türünün korunması ve geleceğe

¹ Radyo ve Televizyon Üst Kurulu (RTÜK)

² Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü, e-mail: unalmetin@yandex.com

taşınmasında önemli bir araç olabilir. Bilgisayar destekli tasarım yazılımları sayesinde, Ma’kılı yazılar yalnızca görsel değil, aynı zamanda mekansal bir deneyim de oluşturabilir. Bu bağlamda, Ma’kılı yazıların dijital ortamda üç boyutlu olarak yeniden oluşturulması, hem geleneksel sanatın modern bir yorumunu sunmakta hem de sanatsal üretimin sınırlarını genişletmeye yardımcı olabilir.

Kitabın ilerleyen bölümlerinde, Ma’kılı yazıların tarihsel gelişimi ve özellikleri üzerinde durulacak, ardından bu yazıların bilgisayar ortamında nasıl çizildiği, nasıl modellendiği ve üç boyutlu maketlere nasıl dönüştürülebildiği üzerine detaylı bir inceleme yapılacaktır.

Ma’kılı yazının etimolojisi gibi ne zaman ortaya çıkışı hususunda da benzer problemler vardır. Ma’kılı yazının ilk defa ne zaman kullanıldığı kesin olarak bilinmemektedir. Bu yüzden farklı görüşler ileri sürülmüştür. Bilhassa Müslüman hattatlar ya da araştırmacılar bu yazının iptidai Arap hattı olduğunu iddia etmişlerdir (Yazır 1972: 87), (Ülker 1987:9), (Ayvazoğlu 1992: 71). Aslında kûfinin ma’kılı yazıdan doğduğu belirtilmesine rağmen ma’kılı yazı kûfinin bir çeşidi halinde görülmüştür (Şimşir 2001: 312). Ma’kılı hattın İslam öncesinde 5. yüzyılda Arap coğrafyasında doğduğunu ifade etmişlerdir (Akar 2004: 13). Hatta Kur’an-ı Kerim’in ilk nüshalarının ma’kılı yazı karakteri ile yazıldığı belirtilmiştir (Ertem 1995: 40). Ancak bu iddiayı delillendirecek herhangi bir kanıtları yoktur. Arap alfabesini ortaya çıkaran Arami, Turisina, Fenike ve Nabati alfabelerinin hiçbirinde harflerin bütünü köşeli yapıda değildir. Zaten tamamı köşeli harflerin el yazısına uygunluğu da bulunmamaktadır. Günümüzde İslam’ın erken dönemlerine tarihlenen Britanya kütüphanesinde ya da Taşkent’te bulunan Kur’an-ı Kerim nüshalarında düz ve kavisli harflerin bir arada bulunduğu hicazi denilen bir yazı karakteri ile karşılaşılmaktadır. Söz konusu görüşe sahip araştırmacılar aslında çıkarımda bulunarak yazının gelişim sürecini akıl yürütmeye anlamaya

çalışmışlardır. Yazıyı öncelikle düz ve köşeli harflerden başlatmışlar ve sonra köşeli ve kavisli harflere geçildiğini belirtmişlerdir. Böylece kûfi karakterin ortaya çıktığını öne sürmüşlerdir. Ancak bu iddia hiçbir arkeolojik ve tarihi veriye dayanmadan doğrudan rivayetlerle açıklanmıştır. Ma'kılı yazı eski dönemlerde olduğu gibi günümüzde de dünyanın farklı bölgelerinde dini yapıların dış cephelerini süslemek amacıyla kullanılmaktadır. Aslında, hat sanatı içinde diğer yazı çeşitleri gibi kalem ve mürekkep kullanılmadan geometrik aletlerle çizilen bir yazı olduğundan çok değer görmeyen bir yazı çeşidi gibi görünse de ma'kılı yazı ile çok fazla tasarım yapılmıştır (Çakır 2018:VI). Ma'kılı yazıda kullanılan harflerin sadece köşeli ve düz çizgiden meydana gelmesi ilkel bir görünüm arz ettiğinden dolayı daha eski bir yazı gibi algılanmasına sebebiyet vermiş olmalıdır. Genelde gelişim eğilimi ilkelden gelişmişe doğru tahayyül edildiği için ma'kılıden kûfiye doğru doğrusal bir sınıflandırma çabasında olmuşlardır.

1.1. İslam Hat Sanatı

Elbette, İslam hat sanatı oldukça zengin ve derin bir geleneğe sahiptir. İslam hat sanatı, Arap alfabesi üzerine yoğunlaşan ve bu alfabenin estetik ve artistik bir şekilde yazılmasıyla öne çıkan bir sanat türüdür. İslam hat sanatı genellikle cami, medrese ve Kuran yazmalarında kullanılmıştır, ancak günümüzde modern sanat alanında da sıkça karşımıza çıkmaktadır.

İslam hat sanatı, Arap alfabesinin harflerini özenle yazarak geometrik desenler, süslemeler ve figürlerle birleştirir. Sanatçılar genellikle yazıyı stilize eder ve her harf için farklı bir form ve büyüklük kullanır. Bu sanat formunda denge, oran ve simetri önemli unsurlardır.

İslam hat sanatında kullanılan farklı yazı stilleri vardır. Kufi, Ma'kılı, sülüs, ta'lik, reyhani, nesih gibi çeşitleri bulunur. Her stilin

kendine özgü özellikleri vardır ve farklı zaman dilimlerinde ve coğrafyalarda gelişmiştir.

1.2. Ma’kılı Yazılar

Ma’kılı yazılar, İslam hat sanatında önemli bir yer tutar. Ma’kılı yazılar, diğer yazı stillerine kıyasla daha geometrik ve düzenli bir yapıya sahiptir. Harfler, yatay ve dikey çizgilerden oluşan bir ızgara üzerine yerleştirilir ve bu ızgara üzerindeki noktaların birleştirilmesiyle oluşurlar. Bu yöntem, harflerin düzenli bir şekilde ve tam olarak simetrik olmasını sağlar.

Ma’kılı yazılar genellikle süslemeli başlık yazıları, kitap ciltleri ve dekoratif panolar gibi görsel öğelerde kullanılır. Bu stil, özellikle mimari süslemelerde ve Kuran ciltlerinde sıkça görülür.

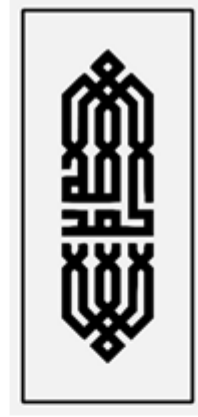
Ma’kılı yazılar, estetik açıdan etkileyici bir görünüm sunar ve harflerin düzenli ve simetrik yapısıyla dikkat çeker. Ayrıca, bu yazı stilinin matematiksel bir hassasiyeti olduğu için geometrik desenlerle birleştirilmesi sıkça tercih edilir. Bu şekilde, hem harflerin güzelliği vurgulanır hem de İslam'ın geometrik desenlerle olan ilişkisi yansıtılır. Ma’kılı yazı ile kufi yazı birbirine çok benzetilir aralarında bazı farklılıklar vardır.

1.3. Ma’kılı Yazı Örnekleri

Aşağıdaki resimlerde görülen ma’kılı yazılarda Arapça harfler köşeli ve düz çizgilerden oluşan bir formla yazılmıştır. Yazılar sağdan sola doğru bazen bir hat boyunca bazen de içten dışa doğru yazılarak oluşturulmaktadır. Aşağıda ma’kılı yazılardan örnekler görülmektedir.



Görsel 2 (URL 1)



Görsel 3 (URL 2)



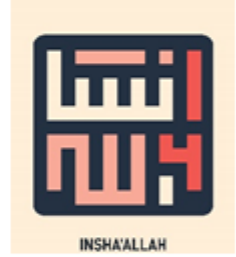
Al Wahhaab

Görsel 4 (URL 3)



Ar Razzaaq

Görsel 5 (URL 4)

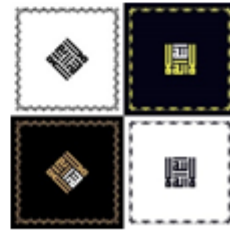


INSHA'ALLAH

Görsel 6 (URL 5)



Görsel 7 (URL 6)



Görsel 8 (URL 7)



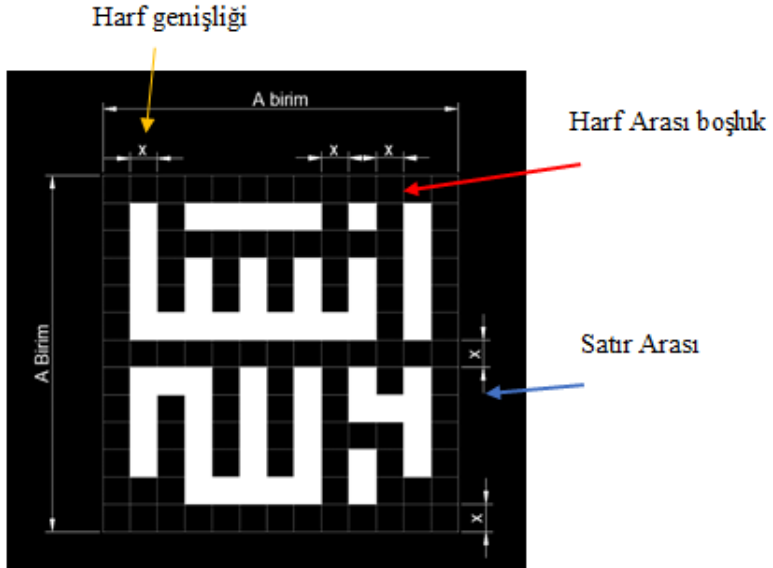
Görsel 9 (URL 8)



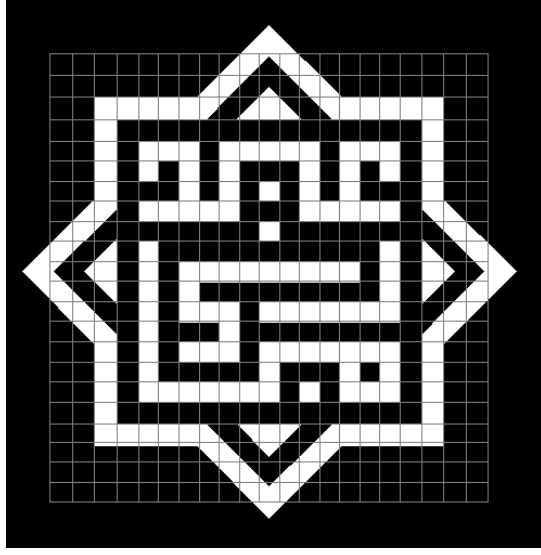
Görsel 10 (URL 9)

1.4. Ma'kılı Yazıların Izgara Üzerinde Çizim Yöntemi

Ma'kılı yazılar kare, üçgen ızgaralar üzerine yerleştirilerek harfler sağdan sola doğru olacak şekilde çizilirler. Yazı bazen tek hat boyunca bazen de cümle uzunsa içten dışa doğru bir yerleştirme yapılmaktadır. Yazının yerleşeceği ızgaralar eşit aralıklarla çizilir ve harf kalınlıkları ve harfler arası boşluklar eşit bir şekilde yerleştirilir.



Görsel 11. Ma'kılı harflerin ızgara üzerinde yerleşimi



Görsel 12. Izgara üzerine yerleştirilmiş başka bir ma'kılı yazı

2. ÇALIŞMA İÇERİĞİ

İslam hat sanatlarından birisi olan Ma'kılı yazıların iki boyutlu çiziminden referans alınarak 3 boyutlu olarak modellenmesi, cnc veya üç boyutlu yazıcılarda farklı malzemelerden üretilmesi ve farklı bir sunum tekniği ile sergilenmesi düşünülmüştür. Yapılan ma'kılı yazı çalışmalarından örnek resimler ve alıntılar yapılmıştır. Örnek makili çalışmalardan birkaç tanesi Bilgisayarda Sketchup programı ile 3d olarak modellenerek ve render işlemleri yapılmıştır.

2.1. Ma'kılı Yazının Dijital Ortama Aktarılması

Tarama veya Fotoğraflama: Geleneksel bir Ma'kılı yazıyı üç boyutlu modele dönüştürmeden önce, yazının yüksek çözünürlüklü bir fotoğrafı veya taraması alınmalıdır. Bu aşama, yazının doğru bir şekilde dijitalleştirilmesi için gereklidir.

Vektörleştirme: Ma'kılı yazı, raster (piksel tabanlı) bir görüntüden vektör tabanlı bir çizime dönüştürülmelidir. Autocad Adobe

Illustrator, CorelDRAW veya benzeri vektörel çizim yazılımları kullanılarak harfler, çizgiler ve kafes yapıları vektörel formatta (örneğin SVG veya DXF dosyası) elde edilmelidir.

2.2. Geometrik Yapının Çözülmesi ve Tasarımının Hazırlanması

3D Modelleme Yazılımına Aktarım: Vektörleştirilmiş yazı ve kafes yapısı, üç boyutlu modelleme yazılımına (Sketchup, Blender, Rhinoceros, AutoCAD, Fusion 360 gibi) aktarılır. Burada yazının her bir harfi, ilgili kafesin üzerine yerleştirilir ve her harfin 3D uzaydaki konumu belirlenir.

2.3. Harflerin Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması

Harflerin 3D'e Çevrilmesi: Her bir harf, 3D modelleme yazılımında oluşturulacak geometrik yapıların temelini atar. Bu aşama, harflerin yüzeylerinin ve kenarlarının yükseltılarak modelleme yazılımı kullanılarak üç boyutlu hale getirilmesidir. Harfler genellikle düzgün bir yüzey (mesh) üzerine şekillendirilir.

Simetri ve Ölçekleme: Harflerin her biri, başlangıçta belirlenen simetrik yapıya ve kafesin kurallarına uygun şekilde modellenir. Bu aşamada, her harfin boyutları, pozisyonları ve birbirleriyle olan ilişkileri titizlikle kontrol edilmelidir.

2.4. Daha Fazla Detay ve Tasarımın İyileştirilmesi

Yüzey Düzenlemeleri ve Detaylandırma: Harflerin yüzey yapıları, köşe noktaları ve bağlantı çizgileri, modelleme yazılımında daha fazla detay eklenerek pürüzsüzleştirilebilir.

Dokular ve Renk Seçimi: Eğer yazıya renk eklemek veya özel bir doku kullanmak isteniyorsa, bu aşamada materyal ve doku atamaları yapılabilir. Örneğin, geleneksel altın yaldızlı hat yazısı için altın rengi materyal simülasyonu yapılabilir.

2.5. Modelin 3D Ortamında İncelenmesi ve Düzenlemeler

Modelin Görselleştirilmesi: Yazı modelinin 3D ortamda render edilmesi ile nasıl görüneceği incelenir. Farklı açılardan görüntülenmesi, modelin doğru şekilde yerleştirilip yerleştirilmediğini ve geometrinin simetrik olup olmadığını kontrol etmek için önemlidir.

Hataların Düzeltilmesi: Eğer modelde geometrik hatalar, simetri bozuklukları veya görsel sorunlar varsa, bu aşamada gerekli düzenlemeler yapılır.

2.6. Modelin 3D Baskı veya Fiziksel Maket Yapımına Hazırlık

3D Baskıya Hazırlık: Eğer model, fiziksel bir maket olarak üretilecekse, 3D yazıcıya uygun bir formatta (STL, DXF, OBJ gibi) kaydedilmelidir. Baskı öncesi, modelin katmanları ve destek yapıları gibi parametreler kontrol edilmelidir.

Fiziksel Maket Yapımı: 3D yazıcı kullanılarak modelin fiziksel maketi yapılabilir. Modellerin maketi, plastik, metal veya diğer malzemelerle üretilir. Alternatif olarak, model manuel işçilikle de (örneğin, CNC makineleri veya el işçiliğiyle) inşa edilebilir. Maketler bir platform üzerine yerleştirilebilir. Maketlerin alt kısmına geçmeli bir sistem yapılarak platform üzerine takılıp çıkarılabilir bir montaj sistemi yapılabilir.

2.7. Son Kontroller ve İnteraktif Özellikler Eklenmesi

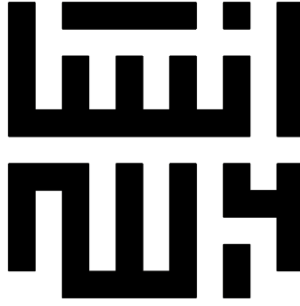
Modelin Test Edilmesi: Maket tamamlandığında, işlevselliği ve estetik durumu açısından son bir inceleme yapılır. Yazının üç boyutlu yapısı, farklı açı ve perspektiflerden kontrol edilerek, detayların eksiksiz ve doğru olup olmadığı gözden geçirilir.

İnteraktif Özellikler Eklenmesi (Opsiyonel): Eğer model bir sergi veya sanal ortamda kullanılacaksa, led ışıklandırma dijital ortamda

interaktif özellikler de (dokunmatik ekran, sanal gerçeklik uygulamaları gibi) eklenebilir.

2.8. Örnek Makili Yazı Çizim 3d Model ve Render İşlemleri

Yukarıda bahsedilen hususlar ışığında çalışmamızda beş adet makili yazının Sketchup programı ile iki boyutlu çiziminden 3d modeli oluşturulmuş ve render işlemi yapılmıştır. 3d modelden maket oluşturulabilmesi ve CNC ve 3d yazıcıdan çıktı alınabilmesi için her çizim “STL” ve “DXF” formatında export edilecektir.



Görsel 13 Çizim 1

2.9. Referans Resim Üzerinden Çizimi ve 3d Modelleme Yöntemi

Yukarıdaki “çizim1” Sketchup çizim programı ortamına jpeg formatında import edilerek referans alınmıştır. Ölçülü bir şekilde “line” aracı ile bütün harfler çizilerek “çizim1” de görüldüğü şekle getirilmiştir. Harflere üstten bakıldığında yazı okunacak şekildedir. Harf yüzeyleri yükseltilerek bazı yüzeyleri belli açılarda eğilerek üç boyutlu hale getirilmiştir. Sonuç olarak aşağıda görüldüğü gibi 3d model elde edilmiştir. Farklı malzeme ataması yapılarak farklı etkiler oluşturulmuştur. Aşağıdaki çizimler ve ve 3d modeller yukarıda bahsedildiği şekilde aynı yöntem kullanılarak oluşturulmuştur.



Görsel 14 Modelleme 1



Görsel 15 Modelleme 2



Görsel 16 Çizim 2



Görsel 17 Modelleme 3



Görsel 18 Çizim 3



Görsel 19 Modelleme 4



Görsel 20 Modelleme 5



Görsel 21 Çizim 4



Görsel 22 Modelleme 6



Görsel 23 Modelleme 7



Görsel 24 Çizim 5



Görsel 25 Modelleme 8

3. SONUÇ

Ma’kılı yazılar, İslam hat sanatının estetik ve simetrik yapısını yansıtan önemli bir yazı tekniği olarak hem görsel hem de matematiksel açıdan büyük bir değere sahiptir. Geleneksel olarak iki boyutlu bir formda oluşturulan bu yazılar, bilgisayar destekli tasarım (CAD-CAM) yazılımları ve üç boyutlu modelleme teknikleri sayesinde farklı bir boyut kazanmakta ve modern teknolojiyle birleşerek sanatın sınırlarını genişletmektedir. Bu çalışmada, Ma’kılı yazıların üç boyutlu ortama aktarılması ve fiziksel maketlere dönüştürülmesi süreci ele alınmıştır.

Ma’kılı yazıların üç boyutlu olarak modellenmesinin en önemli faydalarından biri, yazının estetik ve geometrik öğelerinin daha derinlemesine incelenmesine olanak tanınmasıdır. Geleneksel hat sanatında genellikle harflerin iki boyutlu düzeni öne çıksa da, bu yazıların üç boyutlu hale getirilmesi, her bir harfin ve bütünsel yapının mekânsal algısını güçlendirir. Böylece, Ma’kılı yazıların görsel etkisi yalnızca yüzeyle sınırlı kalmaz, aynı zamanda izleyicinin farklı açılardan inceleyebileceği, dinamik bir deneyim sunar.

Ayrıca, maketlerin yapılması, bu yazıların fiziksel olarak somutlaştırılmasına olanak tanır ve böylece hem sanatçılar hem de izleyiciler için daha erişilebilir ve anlaşılabilir hale gelir. Üç boyutlu maketler, Ma’kılı yazıların simetrik yapısının ve geometrik düzeninin doğru bir şekilde algılanmasına yardımcı olurken, aynı zamanda geleneksel hat sanatının korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına katkı sağlar. Bu tür projeler, özellikle sanat eğitimi ve kültürel mirasın dijital ortamda korunması açısından büyük bir öneme sahiptir.

Diğer bir avantaj ise, dijital modelleme ve baskı teknolojilerinin gelişmesiyle, Ma’kılı yazıların daha geniş kitlelere ulaşması ve etkileşimli

bir biçimde sergilenmesi imkanındır. Üç boyutlu modeller, interaktif sergilerde, müzelerde veya sanal platformlarda kullanılabilir. Bu, hem sanatın dijital ortamda daha fazla kişiye ulaşmasını sağlar hem de sanat eserlerinin korunması ve restorasyonu sürecine katkı sunar.

Sonuç olarak, Ma'kılı yazıların üç boyutlu olarak modellenmesi, hem geleneksel İslam hat sanatına yeni bir soluk getirebilir hem de teknolojinin sanata entegrasyonu açısından önemli bir adım atılmasına yardımcı olabilir. Bu süreç, sanatın daha geniş bir bağlamda anlaşılmasını sağlar ve dijital teknolojilerin sanat eserlerinin korunmasında nasıl etkili bir araç olabileceğini gösterir. Gelecekte, bu tür projelerin daha da yaygınlaşması ve geliştirilmesi, hem sanatsal hem de kültürel açıdan büyük faydalar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

AKAR, Metin (2004). *Hoca Ahmet Yesevi Külliyesinin Ma'kûli Güzelleri*, Ankara.

AYVAZOĞLU, Beşir (1992). *İslam Estetiği*, İstanbul

ÇAKIR, Şerife (2018). *Ma'kûli Yazının Tasarım Özellikleri ve Kullanım Alanları*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.

ERTEM, Rekin (1995). "Elifba", *DİA* 11, İstanbul, s.39-44.

ŞİMŞİR, Zekeriya (2001). "Konya'daki Selçuklu Çini Dekorasyonunda Kufi ve Ma'kûli Yazı", *I. Uluslar Arası Selçuklu Kültür ve Medeniyeti Kongresi Bildiriler II*, Konya, s.311-331.

ÜLKER, Muammer (1987). *Başlangıçtan Günümüze Türk Hat Sanatı*, Ankara.

YAZIR, Mahmud Bedreddin (1972). *Medeniyet Aleminde Yazı ve İslam Medeniyetinde Kalem Güzeli* 1, Ankara.

URL-1: https://www.freepik.com/premium-vector/bismillah-calligraphy_102639235

URL-2: https://www.freepik.com/premium-vector/kaligrafi-kufi-ornamen-islamic_248799073

URL-3: https://www.freepik.com/premium-vector/kuffi-al-wahhaab_112297422

URL-4: https://www.freepik.com/premium-vector/kuffi-al-razzaaq_112297448

URL-5: <https://www.freepik.com/premium-vector/colorful-islamic-square-kufi-arabic-calligraphy-insha-allah-god-willing>

URL-6: https://www.freepik.com/premium-vector/eid-mubarak-square-calligraphy_2379568

URL-7: <https://www.freepik.com/premium-vector/series-kufi-calligraphy-style>

URL-8: Anonim

URL-9: <https://www.freepik.com/premium-vector/name-god-arabic-islamic-calligraphy-design-basmala-means-name-god>