



Asya Studies

Akademik Sosyal Araştırmalar / Academic Social Studies

Year: 9, Number: 33, p. 289-310, Autumn 2025

Türkiye’de Tekstil ve Hazır Giyim Üretim Sürecinde Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları: Sürdürülebilir Tasarım Üzerine Etkileri

Augmented and Virtual Reality Applications in Textile and Apparel Production Process in Turkey: Effects on Sustainable Design

ISSN: 2602-2877 / E-ISSN: 2602-263X

Araştırma Makalesi
Research Article

Makale Geliş Tarihi
Article Arrival Date
14/04/2025

Makale Kabul Tarihi
Article Accepted Date
25/07/2025

Makale Yayın Tarihi
Article Publication Date
25/09/2025

Asya Studies

Araştırmacı Ece Eras
İstanbul Ticaret Üniversitesi
Tekstil ve Moda Tasarımı
eecerass@gmail.com
ORCID: 0009-0009-7157-7265

Dr. Öğr. Üyesi Sema Hatun Türker
İstanbul Ticaret Üniversitesi
Tekstil ve Moda Tasarımı
sgurcay@ticaret.edu.tr
ORCID: 0000-0002-1559-9373

Öz

Günümüzde sürdürülebilir üretim ve tasarım anlayışı, tekstil ve hazır giyim sektörünün dönüşümünde temel bir itici güç haline gelmiştir. Ekonomik büyümeye sağladığı katkılarının yanı sıra dijital teknolojilerle entegre edilen üretim süreçleri, çevresel sürdürülebilirliği destekleyici olanakları ile kritik bir konumda bulunan bir sektördür. Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri, özellikle tasarım aşamalarında fiziksel kaynak tüketimini azaltmakta olup üretim süreçlerini hızlandırmaktadır. Böylece daha az atık ile daha verimli sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de tekstil ve hazır giyim sektöründe AR ve VR teknolojilerinin kullanımı incelenmiş, bu teknolojilerin sürdürülebilir tasarımlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Literatür taramasına dayalı olarak gerçekleştirilen çalışmada, AR/VR uygulamalarının sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağladığı, özellikle dijital numune hazırlama, sanal defileler ve 3D tasarım süreçleriyle çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olduğu görülmüştür. Türkiye’de bu alandaki gelişmelerin küresel eğilimlerle paralel seyrettiği, hızlı moda ürünler için insan ve çevre sağlığını tehdit eden kimyasal ve fiziksel atık bırakan tüm süreçlerinin azaltılması için sektörel iş birliklerine ve teknolojik altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik, Sanal Gerçeklik, Sürdürülebilir Tasarım

Abstract

Today, the understanding of sustainable production and design has become a fundamental driving force in the transformation of the textile and apparel industry. In addition to its contributions to economic growth, it is a sector in a critical position with its production processes integrated with digital technologies and opportunities to support environmental sustainability. Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies reduce physical resource consumption, especially in the design stages, and accelerate production processes. Thus, it enables more efficient results with less waste. In this study, the use of AR and VR technologies in the textile and apparel industry in Turkey is examined and the effects of these technologies on sustainable designs are evaluated. Based on the literature review, it was observed that AR/VR applications contribute to sustainability goals and help to reduce environmental impacts, especially through digital sample preparation, virtual fashion shows and 3D design processes. It was concluded that developments in this field in Turkey are in parallel with global trends, and that sectoral collaborations and technological infrastructure investments are needed to reduce all processes that leave chemical and physical waste that threaten human and environmental health for fast fashion products.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, Sustainable Design

Atf Bilgisi / Citation Information

Eras, E., & Türker, S. H. (2025). Türkiye’de tekstil ve hazır giyim üretim sürecinde artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamaları: Sürdürülebilir tasarım üzerine etkileri. *Asya Studies*, 9(33), 289-310. <https://doi.org/10.31455/asya.1676374>

GİRİŞ

Tekstil ve hazır giyim sektörü ekonomik getirisi yüksek katma değerli ürün üretimi ve istihdam potansiyeli açısından Türkiye için stratejik öneme sahiptir. Ancak bu sektör, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de üretim süreçlerinde yüksek enerji ve su tüketimi, kimyasal madde kullanımı ve atık üretimi gibi çevresel sorunlarla karşı karşıyadır. Bu nedenle sürdürülebilir üretim yaklaşımları, sektörde giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Koca & Emiroğlu, 2022: 35).

Artırılmış gerçeklik kavramı, ilk kez bilimsel temelde Ronald Azuma tarafından 1997 yılında yayımlanan çalışmasında sistematik şekilde tanımlanmıştır. Azuma, artırılmış gerçekliği; gerçek ve sanalın birleşimi, gerçek zamanlı çalışması ve üç boyutlu olarak yerleştirilebilmesi olmak üzere üç temel özelliklerle tanımlamaktadır. Bu bağlamda, artırılmış gerçekliğin görsel bir teknoloji olmasının dışında kullanıcı ile çevre arasındaki etkileşimi güçlendiren bir ara yüz olduğu ortaya konmuştur (Azuma, 1997).

AR ile VR arasındaki sınırları netleştiren önemli çalışmalardan biri Milgram ve Kishino (1994) tarafından sunulan “Gerçeklik – Sanallık Sürekliliği” kavramıdır. Bu modele göre artırılmış gerçeklik, tamamen fiziksel dünya ile tamamen sanal dünya arasında yer almakta olup kullanıcıya hem fiziksel hem de sanal unsurları aynı anda deneyimleme imkânı sunmaktadır (Milgram & Kishino, 1994).

Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik kavramları, 1990’lı yıllarda Azuma ile bilimsel niteliğe kavuşmuş, Milgram ve Kishino’nun modellemesiyle teorik olarak sınırlandırılmış ve 2010’lardan itibaren moda ve tekstil gibi uygulamalı alanlara entegre olmaya başlamıştır. Artırılmış gerçekliğin moda ve tekstil tasarımında kullanılmasının hem tasarım süreçlerine hem de eğitim ortamlarına önemli katkılar sunduğu belirtilmiştir (Duran ve Ay, 2016: 148). Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri, moda ve tekstil tasarım süreçlerinde hem üretim verimliliğini artırmakta hem de fiziksel numune ihtiyacını azaltarak çevresel etkiyi azaltmakta ve ekolojik çözümler getirmektedir (Ağca & Kozbekçi Ayrancı, 2021: 3). Bu teknolojiler sayesinde ürünler dijital ortamda tasarlanabilmekte, sanal defileler düzenlenebilmekte ve müşteri deneyimi fiziksel üretim yapılmadan test edilebilmektedir.

Günümüz tekstil ve hazır giyim endüstrisi, diğer sektörlerle kıyasla artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerini daha fazla kullandığı bilinmektedir. Digi-Capital tarafından yapılan bir değerlendirmeye göre, 2022 yılına kadar 3,5 milyar insan, yani dünya nüfusunun yüzde 44’ü artırılmış gerçeklik kullanmaktadır (Bhageria, 2020).

Tekstil, dünya genelinde fiziksel ve kimyasal atık oluşumuna, doğal kaynakların tüketimine, ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Özellikle orta sınıf moda markalarının lüks markaları taklit ederek oluşturdukları koleksiyonlarla moda pazarına ömrü kısa hızlı ürünlerin girmesine ve tüketicilere sunulan bu ucuz ürünler yaşam döngüsü sona ermeden doğada atık olarak birikmektedir (Türkmen, 2011).

Bu çalışmada, Türkiye’de ve dünyada tekstil ve hazır giyim sektöründe büyük bir sorun haline gelen tekstil atıkları, doğal kaynak tüketimi, ekolojik tahribatlar bilinçli birçok tekstil ve hazır giyim kullanıcılarını tüketimde dikkatli ve titiz davranmaya götürmüştür. Bu araştırmak birlikte AR ve VR teknolojilerinin kullanım durumu ve bu teknolojilerin tekstil üretiminde ve

tüketiminde sürdürülebilir uygulamalar üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnceleme sonunda bu teknolojilerin tekstil tasarımında, üretiminde ve nihai kullanıcı ile buluşmasında oluşan atık ve israfi azalttığı görülmüştür. Online ve mağaza içi uygulamalarda müşterinin doğru ürüne kısa zamanda ulaşmasında etkili olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca tasarım sürecinde de tasarımcılara sağladığı teknolojik kolaylıklarla ürünlerin numune üretimine gerek kalmadan doğru ürünü tek denemede vererek sürdürülebilir tasarıma katkı sağladığı görülmüştür. Literatür taramasına dayanan bu inceleme ile dijitalleşme ile kesişim noktasında yer alan teknolojik uygulamaların tekstil ve hazır giyim sektörüne sürdürülebilir katkılar ortaya konulmaya çalışılacaktır.

YÖNTEM

Bu çalışma, betimsel tarama modeline dayalı nitel bir araştırmadır. Araştırmada, Türkiye’de tekstil ve hazır giyim sektöründe artırılmış gerçeklik (ar) ve sanal gerçeklik (vr) teknolojilerinin kullanımına dair mevcut durumun incelenmesi ve bu teknolojilerin sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarına olan etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, nitel veri toplama yöntemi olarak doküman analizi tekniği kullanılmıştır. Bu yöntem, araştırma konusu ile doğrudan ilişkili olan bilimsel makaleler, tezler, sektörel raporlar ve açık erişimli akademik kaynakların sistematik biçimde incelenmesine dayanır.

Veriler tematik analiz yöntemiyle çözümlenmiş, ar ve vr teknolojilerinin sektördeki uygulanabilirliği, çevresel sürdürülebilirliğe olan katkısı ve tasarım süreçlerindeki dönüştürücü rolü üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bağlamda çalışmanın temel sınırlılığı, nicel veriye değil, yalnızca ikincil kaynaklara dayanmaktadır. Bununla birlikte, mevcut literatürü derinlemesine analiz ederek sektörel eğilimleri ve akademik yaklaşımları bütüncül bir şekilde ortaya çıkarılmıştır.

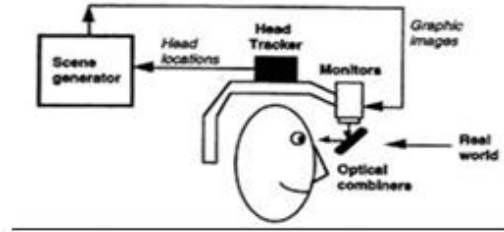
ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AR) VE SANAL GERÇEKLİK (VR) KAVRAMLARI

21.yy’da teknolojinin gelişmesiyle dijital dünyada trend olan gerçeklik kavramı her alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Günümüzde Yaygın olarak kullanılan bilgisayarların dış çevreden gelen etkilerden (örneğin sıcaklık, ışık, manyetik alan gibi fiziksel faktörlerden) büyük ölçüde korunarak çalıştığı bilinir. Sadece elektrik gücüne ve insan operatörler tarafından klavyelerde verilen talimatlara ihtiyaç duyarlar. İnsanlar ve hayvanlar fiziksel çevreleriyle işitme, görme ve hissetme sensörleri aracılığıyla iletişim kurarlar. Teknoloji tarihinde, insan yetenekleri teknik aletler ve makineler tarafından güçlendirilmiş ve genişletilmiştir. Artırılmış Gerçeklik ses, video, grafik ve her türlü hassas sinyal gibi bilgisayar tarafından üretilen duyuşal girdilerle bu gelişimi sürdürmektedir (Azuma 1997, Metz 2012).AR teknolojisi, kullanıcının fiziksel çevre ile etkileşimini koparmadan bu çevreyi dijital olarak zenginleştirmektedir. Latince kökenli augmentum “bir artış, büyüme”, augere “artırmak, büyütme, büyütme, zenginleştirmek” anlamlarından gelmektedir (Etymonline, 2025). Artırma aynı zamanda insan yeteneklerinin geliştirilmesi anlamına da gelmektedir (Mainzer, 2017).

Artırılmış gerçeklik sistemleri ekran türlerine göre 4 ana sınıfta ayırt edilebilir: Optik Sistemler (sanal ortamı doğrudan gerçek dünyanın üzerinde göstermek için) (Şekil1), Sanal

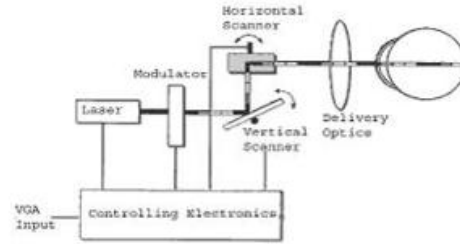
Retinal Sistemler, Video, Monitör Tabanlı ve Projektör Tabanlı artırılmış gerçeklik olarak ayırt edilir (Silva ve ark., 2003).

Şekil 1: Kafaya Monte Optik Görüş AR Sistemi ve Çizimi (URL1)

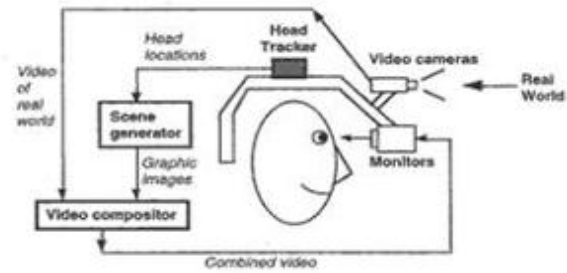


Sanal Retinal Sistemler Amaç tam renkli, geniş görüş alanına sahip, yüksek çözünürlüklü, yüksek parlaklıkta, düşük maliyetli bir sanal ekran üretmektir. VRD, modüle edilmiş bir ışık demetini (elektronik bir kaynaktan) doğrudan gözün retinasına yansıtarak piksellerden oluşan ızgaralı bir görüntü oluşturur (Şekil 2).

Şekil 2: Kafaya Monte Optik Görüş AR Sistemi ve Çizimi (URL2)



Şekil 3: Kafaya Monte Video Görüş AR Sistemi ve Çizimi (URL3)



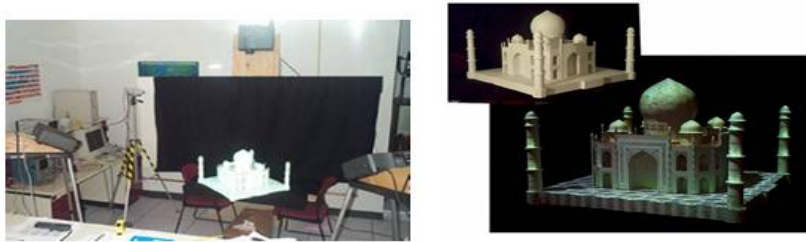
Video görüş AR, sanal sistemlerde birleştirilmiş videoüzzerindeki kameralardan gelen görüntüyü görüntülemek için opak kafaya monte bir ekran kullanır (Şekil 3). Bu yaklaşım, kameraların doğru konumlandırılmasını gerektiren optik transparan AR'den biraz daha karmaşıktır. Bu cihaz, kameraların gözlere karşı konumuyla ilgili paralaksın bir kısmını ele almaktadır.

Şekil 4: Monitor Tabanlı Örnek (URL4)



Monitör Tabanlı AR sistemler ayrıca birleştirilmiş video akışları kullanır, ancak ekran daha geleneksel bir masaüstü monitörü veya elde tutulan bir ekrandır.

Şekil 5. Projektör Tabanlı AR Sistemler (URL5)



Projektör Tabanlı AR, sanal ortam için projeksiyon yüzeyi olarak gerçek dünya nesnelerini kullanır. Endüstriyel montaj, ürün görselleştirme vb. alanlarda uygulamaları vardır. Projektör tabanlı AR aynı zamanda çoklu kullanıcı durumları için de uygundur. Projektörlerin ve projeksiyon yüzeylerinin hizalanması başarılı uygulamalar için kritik öneme sahiptir (Silva ve ark., 2003).

Artırılmış Gerçeklik teknolojisinin eğlence, eğitim, tıp, mühendislik ve imalat dahil olmak üzere çok çeşitli alanlarda birçok olası uygulaması bulunmaktadır. Bu teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte başka potansiyel uygulama alanlarının da ortaya çıkması beklenmektedir. Artırılmış gerçeklik, mobil cihazlar, tabletler ve giyilebilir teknolojiler üzerinden geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Moda ve tekstil sektöründe artırılmış gerçeklik uygulamaları; sanal deneme kabinleri, sanal aynalar, ürün görselleştirme, ürün yerleştirme simülasyonları ve dijital kataloglar gibi kullanıcı deneyimini artırmaya yönelik araçlarla kullanılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde tüketiciler, bir ürünü fiziksel olarak giymeden önce nasıl görüneceğini görebilmekte; bu da hem satın alma kararlarını kolaylaştırmakta hem de iade oranlarını azaltmaktadır (Bingöl, 2018: 46).

Bilgisayar teknolojisinin 1980’lerden itibaren hızlı ilerleyişi ile bilginin toplum içerisindeki yeri ve önemi de buna paralel olarak değişmiştir. Dijital çağın gerçeklikleri altında yer alan sanal gerçeklik, bilginin sunumu ve işlenmesine dair ortaya çıkan ilk kavram olup yaşadığımız dünyada somut bir karşılığı bulunmayan, zihin tarafından oluşturulan ve varsayımaya dayalı bir olgu olarak ifade edilmektedir (Künüçen ve Samur, 2021: 38).

Farklı teknolojik deneyimleri ile sanal ve artırılmış gerçeklik kavramı, geniş kapsamlı dijital gerçeklik olarak tanımlanmaktadır. Dijital dönüşüm çağında teknolojik ilerlemeler yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda tasarım ve kullanıcı deneyimi anlayışlarını da

köklü biçimde değiştirmektedir. Bu dönüşümün temel bileşenlerinden ikisi olan Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri, moda ve tekstil sektörü başta olmak üzere birçok alanda yenilikçi uygulamaların temelini oluşturmaktadır.

Sanal Gerçeklik ise kullanıcıyı gerçek dünyadan tamamen soyutlayarak, dijital olarak oluşturulmuş üç boyutlu bir ortamın içine yerleştiren ve bu ortamla etkileşim kurulmasını sağlayan bir teknolojidir (Milgram&Kishino, 1994). VR sistemleri genellikle özel gözlükler, el kumandaları ve sensörlerle çalışmakta; kullanıcıya çevresiyle etkileşim kurabildiği sürükleyici bir deneyim sunmaktadır.

Türkiye’de sanal giysi tasarımı, Endüstri 4.0 kapsamında değerlendirilen önemli bir uygulama alanı olarak öne çıkmaktadır (Özbek & Alan, 2022: 1165). Yılda yaklaşık 3 milyar metre kumaşın çöpe atıldığı numune üretim süreçleri, sanal ortamda test edilerek bu kaybın önüne geçilebilmektedir. Buna istinaden, sanal gerçeklik teknolojilerinin, numune üretiminde maliyeti düşürerek, çevre etkisini azaltıp müşteri deneyimini artırdığı söylenebilir (Melek & Sözüer, 2023).

Hazır giyim sektöründe sanal giysi tasarımı, geleneksel prototipleme sürecine kıyasla hem maliyet hem de zaman açısından verimlilik sunmaktadır. CLO3D gibi yazılımlar, gerçek zamanlı simülasyonlar ve yüksek çözünürlüklü 3B görsellerle giysi prototiplerinin sanal ortamda test edilmesine imkân tanımaktadır (Melek & Sözüer, 2023). Evrim Büyükaaslan (2018), CLO3D benzeri simülasyon yazılımlarının gerçek giysi uyum memnuniyetini öngörmeye ne derece etkili olduğunu deneysel olarak incelemiştir. Çalışmada, 3B vücut taramasıyla elde edilen avatarlar üzerinde farklı kumaş özelliklerine sahip sanal eteklerin denemesi yapılmış ve tüketicilerin sanal uyum memnuniyeti ile gerçek memnuniyeti karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre sanal ve gerçek uyum memnuniyetleri arasında güçlü korelasyonlar tespit edilmiştir.

Türkiye’de yaklaşık 46.000 tekstil işletmesinden yalnızca 200’ü dijital teknolojiye entegre altyapıya sahiptir. Bu işletmelerin sadece 100’ü etkin biçimde dijital yazılım ve sanal giysi tasarım sistemlerini kullanmaktadır (Aydın, 2022, akt. Melek & Sözüer, 2023:2). Hugo Boss Türkiye gibi büyük işletmeler Endüstri 4.0’a uyum çabası içinde, dijital bilgi yönetimi, çalışan performansı ve üretim süreçlerinin anlık izlenmesine imkân tanıyan akıllı veri sistemleri kurmuşlardır (Yoşumaz & Özkara, 2019: 2593). Sanal gerçeklik sadece tasarım ve numune üretiminde değil, pazarlama alanında da kullanılmaktadır. Muazzez Çetiner (2024), sanal defilelerin fiziksel mekân ihtiyacını ortadan kaldırması ve genç tüketici grubu için erişilebilirlik sağlaması nedeniyle sektörde yaygınlaşmakta olduğunu vurgulamaktadır.

Tekstil ve hazır giyim sektöründe VR teknolojisi; tasarımcıların koleksiyonlarını dijital ortamda sergilemesine, sanal showroamlar oluşturmaya ve ürünleri fiziksel üretime gerek kalmadan potansiyel müşterilere tanıtmaya imkân tanımaktadır. Özellikle pandemi dönemiyle birlikte, sanal defileler ve üç boyutlu ürün tanıtımları VR uygulamalarının önemini artırmıştır (Cunha&Krupskyi, 2025).

AR ve VR teknolojileri, moda ve tekstil tasarımı süreçlerinde hem yaratıcı üretkenliği artırmakta hem de sürdürülebilir üretim hedefleriyle uyumlu yeni yaklaşımlar geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle tasarımcıların fiziksel numune oluşturmada ürünleri test

edebilmeleri, malzeme israfını önleyerek çevresel etkileri azaltmakta; tüketici tarafında ise daha bilinçli alışveriş davranışlarının teşvik edilmesine katkı sağlamaktadır (Odabaşı & Şahin, 2019). Böylelikle ürün ile kullanıcı arasında oluşacak alışverişte, paketleme, kargo ve tedarik zinciri gibi süreçlerde oluşan atık ve çevre kirliliği azalmakla birlikte ekolojik dengenin sağlanmasına katkı sağlamaktadır.

Türkiye tekstil sektörü için Nike ve Adidas gibi küresel markalar dijital numune üretimi, sanal koleksiyon tanıtımı ve müşteri odaklı tasarım gibi alanlarda kullanılabilirliği artırmak adına stratejik örnekler olarak nitelendirilebilir. Adidas, artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisini ürün tanıtımı ve kullanıcı deneyimi açısından entegre etmeye başlamıştır. Kullanıcılar “Try-on AR” teknolojisi sayesinde mobil cihazları üzerinden ayakkabıları sanal olarak deneyebilmektedir (Şekil 1). Bu uygulama, fiziksel örnek üretimini azaltarak numune maliyetlerini düşürmekte olup fazla üretimi önleyerek sürdürülebilir tasarıma katkı sağlamaktadır.

Şekil 6: Adidas Ürün Teknolojisi (URL 1)



Nike markası da “Nike Fit” adını verdiği artırılmış gerçeklik teknolojisiyle ayak ölçüsünü milimetrik olarak belirleyerek kullanıcılara en uygun ayakkabı numarasını önermektedir. Ayrıca Nike byYou uygulaması ile sanal deneme ve üretim simülasyonları kullanarak tüketicilerin ürünleri kendi zevklerine göre kişiselleştirmelerine imkân tanımaktadır (Şekil 2).

Şekil 7: Nike Simülasyon Uygulaması (URL 2)



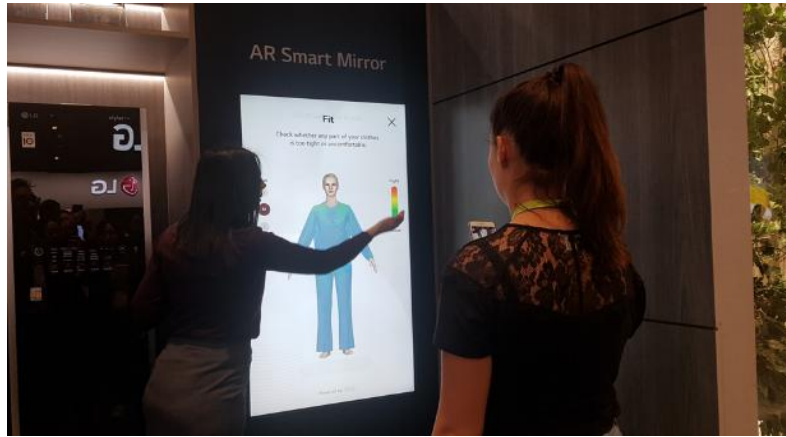
Bu teknolojiler yalnızca teknik uygulamalarla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda sektörün dijitalleşme sürecinde sürdürülebilirliğe yönelik dönüşümünü de desteklemektedir. Bu nedenle AR/VR kavramları, sadece inovatif araçlar olarak değil; aynı zamanda çevresel ve ekolojik duyarlılıkla bütünleşen tasarım araçları olarak değerlendirilmektedir.

AR/VR Teknolojilerinin Moda ve Tekstil Sektöründe Kullanımı

Günümüzde dijitalleşme, moda ve tekstil endüstrisinin dinamiklerini köklü biçimde dönüştürmekte; özellikle Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri bu dönüşümde öncü roller üstlenmektedir. AR ve VR, yalnızca üretim ve tasarım süreçlerini değil, aynı zamanda müşteri deneyimi, pazarlama stratejileri ve tedarik zinciri yönetimi gibi alanları da yeniden şekillendirmektedir (Cunha&Krupskyi, 2025). Moda endüstrisinde artan rekabet; markaların kullanıcıların dikkatini çekmeye yönelik pazarlama stratejileri geliştirirken, dijitalleşme ile sektöre hızlı bir şekilde giren Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri hem üreticilerin hem de tüketicilerin dikkatini ve beğenisini çekmiştir.

Moda tasarımı sürecinde AR/VR teknolojileri, geleneksel eskiz ve fiziksel numune üretim süreçlerini dijitalleştirerek tasarımcıların üç boyutlu (3D) modeller üzerinde çalışmasına olanak tanımaktadır. Bu uygulamalar aracılığı ile üretim öncesinde kıyafetlerin görsel ve işlevsel detayları dijital ortamda test edilebilmektedir. Örneğin, Clo3D veya Browzwear gibi yazılımlar ile kumaşın vücuda oturuşu, dikiş yapısı ve hareketle olan etkileşimi önceden analiz edilebilmektedir (Şekil 3). Bu da hem zaman hem de malzeme tasarrufu sağlamaktadır (Ağca & Ayranpınar, 2021: 6).

Şekil 8: Clo Yazılım (URL 3)



AR destekli tasarım araçları, koleksiyonların fiziksel örneklerini oluşturmada sanal olarak görüntülenmesini mümkün kılarken, sürdürülebilirliği artırmakta ve numune maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, bu sistemler üzerinden yapılan değişiklikler anlık olarak değerlendirilebildiğinden, tasarım sürecinde tekrarlanan numune üretim sayısı da azalmaktadır (Codur, 2017: 3).

Tekstil ve hazır giyim sektöründe dijital dönüşüm, yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda müşteri deneyimlerini ve pazarlama stratejilerini de dönüştürmektedir. Bu dönüşümde öne çıkan teknolojilerden biri olan artırılmış gerçeklik (AR), özellikle büyük ölçekli markaların mağaza içi deneyimlerini yeniden kurgulamalarına olanak tanımaktadır. Zara, bu teknolojiyi kullanarak hem müşteri etkileşimini artırmayı hem de sürdürülebilir üretim hedeflerine katkı sunmayı başaran öncü markalardan biridir.

Zara, 2018 yılında Londra, Tokyo ve Paris gibi büyük şehirlerdeki 120'den fazla mağazasında artırılmış gerçeklik destekli bir alışveriş deneyimi sunmaya başlamıştır.

Müşteriler, Zara AR uygulaması aracılığıyla mağaza vitrinlerine veya özel işletleyicilere mobil cihazlarını tuttuklarında, dijital mankenlerin Zara ürünlerini sanal olarak sunduğu kısa videoları izleyebilmektedirler (Business of Fashion, 2018). Kullanıcılar bu sanal sunumları izledikten sonra beğendikleri ürünleri doğrudan uygulama üzerinden satın alabilmektedir (Şekil 4).

Şekil 9: Dijital Sunum (Url 4)



Aynı zamanda tüketici tarafında, AR teknolojisi özellikle "sanal deneme kabinleri" ve "görsel yerleştirme" çözümleri ile öne çıkmaktadır. Müşteriler, fiziksel olarak mağazaya gitmeden, artırılmış gerçeklik uygulamaları aracılığıyla kıyafetleri kendi vücutlarına entegre şekilde deneyimleyebilmektedir. Bu teknoloji özellikle e-ticaret sitelerinde uygulanmakta olup çevrimiçi alışverişteki en büyük sorunlardan biri olan “ürün iadesi” oranını azaltmayı hedeflemektedir (Cunha&Krupskyi, 2025: 3).

Şekil 10: Çevrim İçi Alışveriş (Url 5)

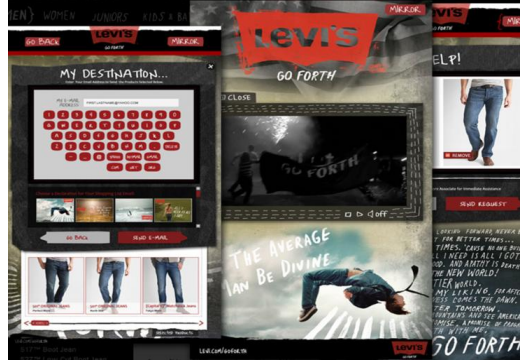


Günümüzde, artırılmış gerçeklik ile L’Oréal ve Gucci gibi markalar sanal makyaj veya aksesuar deneme imkânı sunarak tüketici memnuniyetini ve marka etkileşimini artırmışlardır (Şekil 5). Bu uygulamaların, özellikle Z kuşağı gibi dijital deneyime yatkın tüketici gruplarında oldukça etkili olduğu gözlemlenmektedir (Bingöl, 2018: 46).

Sanal tasarım stüdyosu uygulaması ile Levi's markası da fiziksel mağaza deneyimini dijitalleştirmek amacıyla "Smart FittingRoom" adlı interaktif bir uygulama geliştirmiştir. Bu uygulama, RFID teknolojisi ve dokunmatik ekranlar kullanarak müşterilerin ürünleri sanal olarak denemelerine olanak tanımaktadır. Böylece kullanıcılar, seçtikleri ürünleri sanal mankenler üzerinde görebilmekte, fotoğraf çekebilmekte ve bu görselleri arkadaşlarıyla paylaşabilmektedirler. Levi's'in bu dijital girişimi, moda sektöründe teknolojinin

sürdürülebilirlik hedefleriyle nasıl entegre edilebileceğine dair başarılı bir örnek teşkil etmektedir (Şekil 6).

Şekil 11: Levi's Dijital Mağaza (Url 6)



AR/VR teknolojileri, yalnızca bireysel deneyimi değil, markaların pazarlama stratejilerini de dönüştürmektedir. Sanal defileler, dijital showroom'lar ve etkileşimli kataloglar ile moda markaları koleksiyonlarını küresel çapta kolaylıkla tanıtabilmektedir. Bu sayede markalar, lojistik ve fiziksel sunum maliyetlerini azaltırken, çevresel etkileri de minimuma indirmektedirler (Odabaşı & Şahin, 2019: 12).

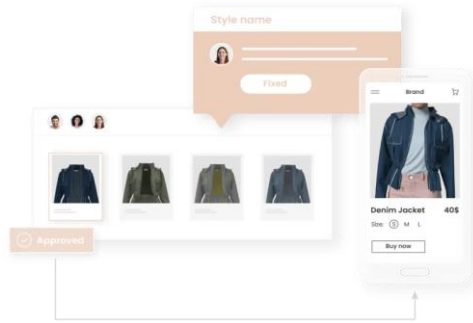
TommyHilfiger, 2021 yılı itibarıyla tasarım süreçlerinin büyük bir kısmını dijitalleştirerek 3D teknolojilere geçiş yapmıştır (Şekil 7). Bu dönüşüm, tasarımdan numune üretimine, showroom sunumlarından pazarlamaya kadar tüm süreçleri kapsamaktadır. 3D tasarım platformları sayesinde, fiziksel numune üretimine ihtiyaç duyulmadan koleksiyonlar oluşturulmakta ve sanal showroom'larda sergilenmektedir. Bu sayede, tasarım süreci hızlanmakta ve maliyetler düşmektedir.

Şekil 12: Sanal Sunumlar (Url 7)



Ayrıca, PVH Corp. Bünyesindeki Stitch 3D platformu ile dijital kumaş, desen ve renk kütüphaneleri oluşturularak, tasarımcıların bu dijital varlıkları kullanarak koleksiyonlarını geliştirmeleri sağlanmaktadır. Bu platform, aynı zamanda diğer markalara da lisanslanarak sektör genelinde dijital dönüşümün yaygınlaşmasına katkı sunmaktadır (Vogue Business, 2021).

Şekil 13: Koleksiyonlar (Url 8)



Öte yandan, sanal gerçeklik (VR) teknolojisiyle geliştirilen “sanal mağaza deneyimi”, tüketicilerin fiziksel mağazadaki gibi gezinti yaparak ürünleri incelemesine olanak sağlamaktadır. Özellikle COVID-19 pandemisi sürecinde, fiziksel temasın azaltılması ve sosyal izolasyon önlemleri nedeniyle, bu tür dijital mağaza uygulamalarının önemi artmış ve daha yaygın hale gelmiştir (Şekil 8). Bu durum, tüketicilerin alışveriş alışkanlıklarını değiştirerek çevrimiçi platformlara yönelmelerine neden olmuştur.

Moda endüstrisinin tedarik zinciri yönetimi ve üretim planlaması süreçlerinde de AR/VR uygulamaları kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle prototiplerin dijital ortamda denenmesi, stok fazlası üretim ihtimalini azaltmakta ve hızlı moda akımının neden olduğu çevresel tahribatın önüne geçmeye yardımcı olmaktadır (Koca & Emiroğlu, 2022: 5).

Bu bağlamda AR/VR teknolojileri yalnızca teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda modanın dijitalleşme ve sürdürülebilirlik perspektifinden yeniden inşasının bir parçası haline gelmiştir.

SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM KAVRAMI VE İLKELERİ

Sürdürülebilir tasarım, çevresel, ekonomik ve sosyal sorumlulukları gözetken, uzun vadeli etkileri dikkate alan bütüncül bir tasarım anlayışını ifade etmektedir. Bu anlayış, yalnızca ürünün estetik veya işlevsel yönünü değil; aynı zamanda üretim sürecinden atık yönetimine, tüketici alışkanlıklarından doğal ve ekolojik kaynak kullanımına kadar geniş bir etki alanını kapsamaktadır (Koca & Emiroğlu, 2022: 1).

Brundtland Raporu’nda (1987) tanımlandığı üzere, sürdürülebilir kalkınma, "bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılamak" anlamına gelir. Sürdürülebilirlik ekonomik, sosyal ve ekolojik olmak üzere üç eşit parçadan oluşmaktadır. Bu anlayış çevresel sorumluluk, ekonomik verimlilik ve sosyal eşitlik olmak üzere moda ve tekstil sektörüne yansımaktadır. Çevresel sorumluluk ile tekstilin tüm üretim süreçlerinde çevreci ve ekolojik yönünü düşündürmektedir. Sosyal boyutunda ise tekstil ve hazır giyim sektörünün insan emeğini ve hizmetini sömürülmeden yaşam kalitesinin bozulmamasıdır. Ekonomik boyut ise tüm doğal veya sentetik kaynaklar, üretim ve tüketim süreçleri dahil olmak üzere devamlılık gerektiren döngüsel süreçlerin geliştirilmesidir.

Şekil 14: Tasarım alanında CAD/CAM, 3D modelleme, dijital baskı (Url 9)

Tasarımın her aşamasında, doğal kaynak kullanımını minimize etmek ve çevreye zararı azaltmak esastır. Geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, su tüketimini azaltan üretim teknikleri ve karbon ayak izini düşüren lojistik planlamalar bu kapsamda değerlendirilmektedir (Odabaşı & Şahin, 2019: 5). Ürünün sadece ekolojik değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da sürdürülebilir olması oldukça önemlidir. Glogar ve arkadaşlarının (2025) kapsamlı literatür taramasına dayalı çalışması doğrultusunda, Şekil 9'daki gibi CAD/CAM, 3D modelleme, dijital baskı ve blockchain destekli izlenebilirlik sistemlerinin sürdürülebilir tasarıma olan katkıları detaylandırılmıştır. AR/VR teknolojileri sayesinde moda tasarımları kullanıcıya sanal ortamda sunulabilmektedir. Bu durum hem fiziksel örnek üretimini ortadan kaldırıp kaynak kullanımını azaltmakta hem de tüketicinin ürün üzerindeki karar alma sürecini iyileştirerek iade oranlarını düşürmektedir. Bu teknolojiler, hızlı moda segmentinde oluşan aşırı üretim baskısını azaltmada da oldukça etkilidir (Glogar vd., 2025).

Bu, uzun ömürlü ürünlerin üretilmesi, dayanıklılığın artırılması ve 'hızlı moda' yerine 'yavaş moda' kavramının benimsenmesini sağlamaktadır (Assadourian, 2017). Sürdürülebilir tasarım yalnızca materyal değil, aynı zamanda etik ilkelere de odaklanmaktadır. Bu bağlamda, çocuk işçiliğinin önlenmesi, adil çalışma koşullarının sağlanması ve kültürel değerlere saygı gösterilmesi, tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır (Emine Koca, 2022: 2). Sürdürülebilir tasarım, öncelikle tasarımcıların çevre ve doğaya karşı bilinçli ve farkında bireyler olmasını gerektirir. Dolayısıyla teknik bilgiden ziyade etik, çevreci ve uzun vadeli düşünme becerileri kazandırmayı hedeflemektedir.

Bu çerçevede, özellikle Türkiye'de yapılan çalışmalarda, sürdürülebilirlik ilkesinin lisans programlarında yeteri kadar yer bulmadığı bilinmektedir (Odabaşı & Şahin, 2019: 8). Fletcher (2008) bu duruma dikkat çekerek, sürdürülebilir moda tasarımının sadece sınıf içi bilgiyle sınırlı kalmaması gerektiğini; öğrenci projeleri, sektör iş birlikleri ve gerçek dünya sorunlarıyla etkileşimli öğrenme deneyimleriyle desteklenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ona göre, sürdürülebilir tasarımcı yalnızca estetik değil, aynı zamanda sosyal sorumluluk taşıyan bir üretici olmalıdır.

Şekil 15: Sanal defile (Url 10)



Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri, kullanıcının fiziksel ortamda bulunmadan etkileşim kurmasını sağlayarak, moda ürünlerinin üç boyutlu olarak deneyimlenmesine olanak tanımaktadır. Moda endüstrisinde bu tür uygulamalar, sanal defileler ve dijital showrooomlar aracılığıyla müşteriye ürünle doğrudan temas hissi yaratmakta, böylece fiziksel prototiplerin tekrar tekrar üretilmesine duyulan gereksinimi azaltmaktadır. Bu yöntem aynı zamanda çevresel etkilerin en aza indirilmesi açısından da önem arz etmektedir (Kim, 2023).

Moda tasarımında dijital teknolojilerin olanakları giderek genişlemekte olup 3D baskı uygulamaları sayesinde fiziksel üretimin sınırları aşılmaktadır. Modern 3D yazıcıların atası olarak kabul edilen ilk cihaz, 1984’te Chuck Hull’un 3D Systems şirketindeki çalışmaları sonucunda üretilmiştir. 3D yazıcı teknolojisine dayalı ürünlerin toplam piyasa hacmi, 2012 yılında 2.2 milyar dolara çıkarak bir yıl öncesine göre %29 oranında artmıştır (Akgül, 2014). Bu dönüşümün öncülerinden biri olan Iris Van Herpen, tasarımlarında 3D baskı teknolojisini kullanarak yalnızca fiziksel gerçeklikte değil, aynı zamanda dijital platformlarda da sergilenebilen eserler ortaya koymaktadır. Bu tür yenilikçi yaklaşımlar, geleneksel kumaş ve dikiş tekniklerine bağlı kalmaksızın, tasarımcının hayal gücünü maddi kısıtlamalardan bağımsız şekilde somutlaştırmasına olanak tanımaktadır (Yıldırım, 2016: 160).

Şekil 16: Iris van Herpen’in “Crystallization” koleksiyonu (Url 11)



Iris van Herpen’in “Crystallization” koleksiyonu, 3D baskının moda içinde neden olduğu dönüşümü somut şekilde göstermektedir. Şekil 11’de görüldüğü üzere geleneksel dikiş tekniklerini 3D baskı ile harmanlayan bu koleksiyon hem fiziksel hem dijital platformlarda

sergilenecek şekilde tasarlanmıştır. Bu uygulamalar sayesinde fiziksel üretim adımları azaltılırken estetik ve fonksiyonellik korunmaktadır (Art Basel, 2024).

Modern internet ortamı, kullanıcıya genellikle iki boyutlu bir düzlemde, bilgisayar veya tablet ekranları aracılığıyla bilgi sunan bir sistemdir. Xin ve arkadaşları (2025) tarafından artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve holografi gibi ileri teknolojilerle şekillenen, fiziksel dünya ile etkileşim kurabilen, derinliği olan ve kullanıcıya üç boyutlu bir dijital yaşam alanı sunmayı hedefleyen metaverse (Abanazoğlu ve Değerli, 2022) üzerine yapılan çalışmada dijital moda üretiminin emisyonları azaltılabileceği belirtilmektedir. Buna ek olarak dijital ve fiziksel üretim arasında stratejik bir denge kurarak hem marka hem şehrin (platformun) sürdürülebilirlik performansını artırdığı tespit edilmiştir (Xin vd., 2025).

Metaverse, bireylerin avatarlar aracılığıyla dijital bir evrende sosyalleşebildiği, çalışabildiği, alışveriş yapabildiği ve etkileşim kurabildiği kalıcı sanal dünyaların bütünüdür (Lee vd., 2021). Bu evrenlere fiziksel olarak erişim mümkün olmadığından, sanal gerçeklik (VR) gözlükleri kullanıcılara bu dijital ortamlarda bedensel varlık hissi kazandırmak için vazgeçilmez araçlardır. Metaverse’de sanal kıyafet denemeleri, VR gözlükleriyle birlikte kişisel avatarın birebir görüntülenmesi ile mümkündür.

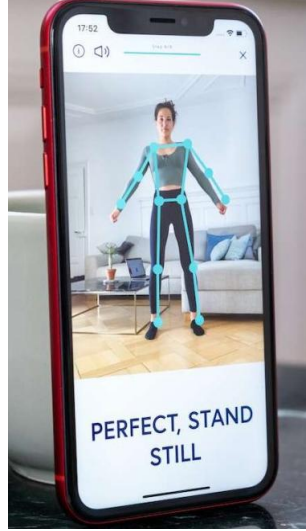
Bu bağlamda, Spadoni ve meslektaşları Milano Politeknik Üniversitesi iş birliğiyle Mayıs 2024’te Design Society konferansı kapsamında moda üretim zincirinin çevresel etkilerini sanal bir deneyim ile katılımcılara öğretmek adına Fashion Footprint adlı VR uygulamasını geliştirmiştir (Design Society, 2024). VR gözlük ile giyim alışverişi üzerine hazırlanan "Fashion Footprint" uygulaması üretim hattı, doğal çevreye alışveriş bölümleri olmak üzere üç ayrı sanal bölümden oluşmaktadır.

Şekil 17: VR gözlükleri ve Fashion Footprint (Url 12)



Şekil 12’deki gibi VR gözlükleri yardımıyla kullanıcılar, sanal bir ortamda kıyafetleri üç boyutlu olarak inceleyebilmekte ve vücutlarına uygunluğunu test edebilmektedir. Bu durumun belli başlı avantajları mevcuttur. Öncelikle, gerçek zamanlı kumaş davranış simülasyonlarının kullanıcıların kıyafetin görünümünü ve hareketini gözlemlemesine olanak tanıdığı belirtilebilir. Bunun yanı sıra dijital ortamda giyilebilen kıyafetlerin fiziksel olarak üretilmemesi hammadde, su ve enerji tüketimi açısından büyük tasarruf sağlamaktadır. Son olarak fiziksel prototip oluşturma ihtiyacının azalmasının, karbon ayak izinde önemli bir düşüş sağladığı söylenebilir (Bieńkowska, 2023).

Şekil 18: Zalando, İsviçreli bir mobil vücut tarama teknolojisi geliştiricisi Fision (Url 13)



Teknoloji girişimi Fision, Ekim 2020’de Zalando tarafından satın alınır. Fision, yenilikçi AR uygulaması meepl aracılığıyla 3D vücut tarama uzmanı olarak faaliyet göstermektedir (Zalando, 2020). Şekil 13’te görüldüğü gibi müşteri, akıllı telefonunu kullanarak meepl uygulaması aracılığıyla vücudunun ön tarafının fotoğrafını çekiyor.

3D vücut taramaları ve 3D avatarlar hem özelleştirilmiş giysiler hem de müşteri için sanal bir soyunma odası sağlar. Ayrıca, meepl’in kullanımı tüketicilere tüm ürünler için bireysel beden önerisi, giysilerin kendi vücutlarında görsel bir temsili ve etkileşimli bir çevrimiçi alışveriş deneyimi sunar (Fision, 2020). Kişisel vücut taraması ve avatar, beden önerileri için kullanıcının kendi profilinde, beden sistemlerinden ve markalardan bağımsız olarak saklanabilir. Sonuç olarak, kullanıcı beden seçerken zaman kazanır ve yanlış satın alımların sayısını azaltır. Bu, Zalando’nun iadeleri azaltma stratejik ekolojik hedefi ile uyumludur (Fision, 2020; Zalando, 2020).

Kadim uygarlıkların beşiği olan Anadolu topraklarında insanlar geleneksel üretimlerinden biri olan tekstili, geçmişte sürdürülebilir yöntemlerle kullandıklarını bilmekteyiz. Dolayısıyla ülkemizde kültürel olarak var olan kanaatkarlık duygusu tekstilde görülmüş ve bu ürünler doğada yok olana kadar tekrar tekrar kullanılmıştır. Türk tasarımcı ve akademisyen Gönül Paksoy “Doğada Atık Yoktur” söylemi ile sürdürülebilir malzemelerden geri dönüştürülmüş ürünler üretmektedir (Hafta, 2025). Sergisinde yer alan takılar ve şapkalar aklınıza gelmeyecek malzemelerden üretilmiştir.

Şekil 19: Gönül Paksoy Sürdürülebilir Tasarımı(Url 13)

Sürdürülebilir tasarım ilkeleri, özellikle moda ve tekstil sektöründe üretim fazlası, hızlı tüketim kültürü ve kimyasal kullanımı gibi çevreye zarar veren uygulamaların azaltılmasını hedeflemektedir. Bu çerçevede, Şekil 12'deki Dr. Gönül Paksoy'un sürdürülebilir tasarım yaklaşımı, yavaş tasarım, el üretimi, atıksız üretim ve kültürel mirasın yaşatılması gibi boyutlarda Türkiye için önemli bir örnektir. Bu ilkelerin akademik çalışmalara dahil edilmesitasarımcı-üretici ilişkisinde hiyerarşi yerine eşitlik,kaynak kullanımında minimum atık,kültürel-mekânsal yerellik ve mirasın korunması, toplumsal cinsiyet ve kadın emeği gözetimi açılarından zengin bir perspektif sunmaktadır.GOTS (Global Organic Textile Standard), FairTrade sertifikaları ve OEKO-TEX gibi standartlar, sürdürülebilir üretim için kılavuz niteliğindedir (Türkmen, 2009; Türkmen, 2011).

Moda sektöründe giderek daha fazla benimsenen döngüsel tasarım (circular design) yaklaşımı, ürünlerin yaşam döngüsü tamamlandığında atık haline gelmeden, yeni ürünlerin hammaddesi olarak tekrar sisteme kazandırılmasını amaçlamaktadır. Bu anlayış, geleneksel “beşikten mezara” üretim modeli yerine, kaynakların sürekli olarak yeniden değerlendirildiği “beşikten beşiğe” (cradletocradle) modelini öne çıkarmaktadır (McDonough&Braungart, 2002).

AR/VR Teknolojilerinin Sürdürülebilirliğe Katkısı

Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri, sürdürülebilirlik hedeflerinin desteklenmesinde yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda çevresel etkileri azaltan stratejik araçlar olarak da öne çıkmaktadır. Moda ve tekstil sektöründe bu teknolojilerin kullanımı, özellikle hammadde tasarrufu, üretim süreçlerinin sadeleştirilmesi ve karbon ayak izinin azaltılması gibi hedefler doğrultusunda önemli katkılar sağlamaktadır.

Geleneksel üretim süreçlerinde, her bir ürün modeli için fiziksel numune üretilmesi gereklidir. Ancak bu süreç hem maliyetlidir hem de çevresel açıdan sürdürülebilir değildir. AR/VR teknolojileri sayesinde, dijital ortamlarda oluşturulan üç boyutlu ürün prototipleri, fiziksel örneklerle duyulan ihtiyacı ortadan kaldırarak kumaş, boya, su ve enerji kullanımını önemli ölçüde azaltmaktadır (Ağca & Ayranpınar, 2021: 8). Bu durum, sadece üreticilerin maliyetlerini düşürmekle kalmayıp aynı zamanda üretimin çevresel etkisini de sınırlamaktadır.

Sanal defileler ve dijital showrooomlar, ürünlerin koleksiyon sunumları için fiziksel olarak üretilmesine gerek kalmadan pazarlanmasına olanak tanımaktadır. Bu, firmaların yalnızca talep edilen ürünleri üretmesini sağlayarak stok fazlası ve atık ürün miktarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır(Cunha&Krupskyi, 2025). Böylece “üret, satılamazsa imha

et” anlayışı yerini ihtiyaca göre üretim mantığına devretmektedir. Bu yaklaşım, sürdürülebilirlik açısından hızlı modanın çevresel zararlarına karşı bir çözüm önerisi olarak sunulmaktadır.

AR ve VR teknolojileri, fiziksel ürünlerin ya da koleksiyonların uluslararası fuarlarda veya mağazalarda sergilenmesine gerek bırakmadan, dijital ortamda sunulmasını mümkün kılmaktadır. Böylece taşıma, ambalajlama ve fiziksel sunum gibi lojistik süreçlerin çevresel yükü minimize edilmekte olup doğrudan karbon emisyonlarının azaltılması sağlanmaktadır (Odabaşı & Şahin, 2019: 14).

AR teknolojisiyle geliştirilen uygulamalar sayesinde, tüketiciler ürün hakkında detaylı bilgiye kolayca erişebilir, materyal içeriği, üretim süreci ve çevresel etkileri hakkında bilinçlenebilir. Bu da tüketicilerin daha sürdürülebilir tercihler yapmasına olanak tanır. Özellikle genç kuşaklar, etik ve çevreci ürünlere yönelik duyarlılık geliştirdikçe, bu tip teknolojilerle desteklenen markalar daha fazla tercih edilmektedir (Bingöl, 2018: 47).

Sürdürülebilirlik yalnızca ürün düzeyinde değil, tasarımcı eğitimi sürecinde de önemlidir. VR tabanlı eğitim simülasyonları sayesinde, genç tasarımcılar sanal ortamda tasarımlarını test ederek hem kaynak israfını önler hem de döngüsel tasarım düşüncesini erken aşamada edinmiş olurlar. Bu durum uzun vadede sürdürülebilirliği kurum kültürü hâline getirme potansiyeli taşımaktadır (Assadourian, 2017).

AR/VR teknolojilerinin sürdürülebilirlik hedeflerine katkısı, yalnızca teknik bir avantajla sınırlı kalmamaktadır. Bu teknolojiler, üretim süreçlerinin çevresel etkilerini azaltmakta, kaynak kullanımını optimize etmekte ve tüketici davranışlarını daha etik ve bilinçli yönere doğru şekillendirmektedir. Bu yönüyle AR/VR, moda ve tekstil endüstrisinde yalnızca inovasyon değil, aynı zamanda dönüştürücü bir sürdürülebilirlik aracı olarak değerlendirilmelidir.

Türkiye’de AR/VR Kullanımı Üzerine Yapılan Çalışmalar

Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri, Türkiye’de hem akademik literatürde hem de çeşitli sektör uygulamalarında giderek daha fazla yer edinmektedir. Eğitim, kültür, sanat, sağlık, mühendislik ve son yıllarda moda/tekstil gibi yaratıcı endüstrilerde bu teknolojilere dair farkındalık ve uygulama örnekleri artmakla birlikte, özellikle sürdürülebilirlik ekseninde bu uygulamalar henüz gelişim sürecindedir.

Türkiye’de AR/VR teknolojileriyle ilgili yüksek lisans ve doktora düzeyindeki akademik çalışmalar son on yılda büyük bir artış göstermiştir. İbrahim Sünger’in (2019) yaptığı içerik analizi çalışmasında, 2009-2018 yılları arasında Türkiye’deki üniversitelerde tamamlanan 54 lisansüstü tez incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre, bu tezlerin büyük çoğunluğu eğitim, mühendislik ve bilişim alanlarında yoğunlaşmış; AR teknolojisinin pedagojik katkıları, kullanıcı deneyimi ve etkileşim boyutları öne çıkmıştır. Moda ve tekstil sektörüne yönelik AR/VR temelli akademik yayınlar ise daha sınırlı sayıdadır. Ancak Gözde Ağca ve Selda Kozbekçi Ayrancı’nın (2021) çalışmasında, moda sektöründe sanal defileler, sanal deneyimleyiciler ve artırılmış gerçeklik tabanlı tanıtım uygulamalarının sektöre kazandırdığı yenilikler detaylı biçimde incelenmiştir.

Türkiye’de birçok üniversite, AR/VR teknolojilerini öğretim materyali olarak kullanmaya başlamıştır. Müzecilik alanında yapılan uygulamalar da bu teknolojilerin kültürel

aktarım açısından potansiyelini göstermektedir. Örneğin, Sakıp Sabancı Müzesi'nde kullanılan artırılmış gerçeklik uygulamaları ile ziyaretçilere eserler hakkında etkileşimli bilgi sunulmaktadır (Kamacioğlu, 2018: 64).Eğitimde ise özellikle mühendislik ve tıp fakültelerinde simülasyon tabanlı VR çözümleri ile öğrencilere pratik uygulama imkânı sunulmaktadır. Bu hem öğrenme sürecini desteklemekte hem de fiziksel kaynak kullanımını azaltarak dolaylı olarak sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Sünger, 2019).

Türkiye'de moda ve tekstil alanında artırılmış gerçeklik teknolojilerinin entegrasyonu henüz erken aşamada olsa da bu alandaki farkındalık hızla artmaktadır. Sanal kataloglar, dijital ürün sunumları ve tasarım odaklı AR araçlarının kullanımı, bazı üniversitelerin tasarım bölümlerinde uygulanmaya başlanmıştır (Odabaşı & Şahin, 2019). Ayrıca tekstil firmaları da dijital dönüşüm kapsamında AR tabanlı ürün tanıtım stratejilerini değerlendirmekte, bazı girişimler fuarlarda fiziksel numune yerine dijital sunum tekniklerini kullanarak karbon ayak izini azaltmayı hedeflemektedir (Olgun & Turan, 2022)

Türkiye tekstil sektöründe yapılan bir araştırmaya göre, firmaların dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0 konularındaki farkındalık düzeyleri orta seviyededir. Bu farkındalığın, AR/VR gibi ileri teknoloji çözümlerine olan ilgiyi artırdığı belirtilmektedir (Olgun & Turan, 2022). Ancak sektörde hâlen teknolojik adaptasyonun önünde insan kaynağı eksikliği ve altyapı yetersizlikleri gibi engeller bulunmaktadır.

Türkiye'de AR/VR teknolojilerinin kullanımı disiplinler arası bir gelişim göstermekte; akademik araştırmalar, kültürel uygulamalar ve ticari girişimlerle birlikte çeşitlenmektedir. Moda ve tekstil sektöründe ise bu teknolojilerin sürdürülebilir üretim ve sunum süreçlerine katkı sağlayacak biçimde entegrasyonu için hem akademik hem sektörel düzeyde daha fazla iş birliği ve altyapı yatırımı gerekmektedir. AR/VR teknolojileri, Türkiye'nin dijital dönüşüm yolculuğunda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada stratejik bir rol oynayabilecek potansiyele sahiptir.

SONUÇ

Sadece insanların olasılıklara erişimi vardır. Hatta insan olmak, düşünme yetisine sahip olmak, yani mevcut olmayan olasılıklara erişebilmek anlamına gelir. Hegel'in başlık cümlesi "gerçeklik bir olasılıktır", buna göretekil bireyler tarafından (burada ve şimdi) sadece fiilen hissedilen ya da algılanan şey ile gerçekte var olanın güvenilir ya da aldatıcı bir görünümü arasında farklılıklar vardır. İnternet, bilgisayarları ve Artırılmış Gerçeklik teknolojilerini diğer multi medya (çoklu medya) cihazlarıyla birbirine bağlamaktadır.Günümüzde dijital dönüşümün önemli bir bileşeni haline gelen artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri, tekstil ve hazır giyim endüstrisinde hem üretim süreçlerini hem de tasarım yaklaşımlarını dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye bağlamında AR/VR uygulamalarının sürdürülebilir tasarım ilkeleriyle ilişkisi incelenmiş ve bu teknolojilerin çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğe olan katkıları değerlendirilmiştir.

Yapılan incelemeler göstermiştir ki, AR/VR uygulamaları sayesinde fiziksel numune ihtiyacı büyük ölçüde azalmış; dijital prototipleme ve sanal sunum teknikleri, su, enerji ve hammadde tasarrufu sağlayarak çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunmuştur. Özellikle

dijital defileler, sanal showroomlar ve AR destekli kataloglar, üretim fazlasının ve lojistik kaynaklı karbon emisyonlarının düşürülmesini mümkün kılmakta; böylece tekstil sektörünün sürdürülebilirlik performansı olumlu yönde etkilenmektedir.

Ayrıca, bu teknolojiler tüketicilerin ürünle etkileşimini yeniden tanımlamış, sanal deneme uygulamaları sayesinde hem bilinçli tüketimi teşvik etmiş hem de iade oranlarını azaltarak operasyonel verimlilik sağlamıştır. Aynı zamanda, ürünlerin üretim hikâyesi ve çevresel etkileri hakkında bilgi sunma imkânı sunan AR çözümleri, tüketiciyi sürdürülebilir ürün tercihlerine yönlendirmektedir.

Türkiye özelinde yapılan çalışmalar ise bu teknolojilere yönelik akademik ve sektörel farkındalığın arttığını, ancak bu farkındalığın henüz uygulama ölçeğine tam anlamıyla yansımadığını ortaya koymaktadır. Moda ve tekstil tasarımı eğitim programlarında AR/VR teknolojilerinin sistematik olarak yer almaması, sektörün insan kaynağı bakımından dijitalleşmeye hazır olmadığını göstermektedir. Bu durum, teknolojik dönüşümün sürdürülebilirlik ile entegre edilmesinde önemli bir engel olarak değerlendirilebilir.

Bununla birlikte, bazı öncü üniversitelerde ve firmalarda AR/VR teknolojilerine yönelik girişimlerin artması, Türkiye’nin bu alandaki dijital dönüşüm potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Sürdürülebilir tasarım anlayışının yaygınlaşmasıyla birlikte, AR/VR çözümlerinin daha etkin ve yaygın şekilde kullanılması kaçınılmaz görünmektedir.

Sonuç olarak, AR/VR teknolojileri yalnızca yenilikçi tasarım ve üretim yöntemleri değil; aynı zamanda çevresel sorumluluk, ekonomik verimlilik ve sosyal duyarlılığı bütüncül şekilde destekleyen sürdürülebilir bir dönüşüm aracıdır. Türkiye’de bu dönüşümün sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için; politika yapıcılar, akademik çevreler ve özel sektör aktörleri arasında çok paydaşlı bir iş birliği gereklidir. Ayrıca, bu teknolojilerin eğitim müfredatlarına entegre edilmesi, genç tasarımcıların sürdürülebilir ve dijital odaklı bir bakış açısıyla yetişmesini sağlayacaktır. Böylelikle, AR/VR teknolojileri sadece teknolojik bir yenilik değil, sürdürülebilir bir gelecek vizyonunun yapı taşı haline gelecektir.

Yazarlık Katkısı

İki yazarlı olarak eşit katkıda yürütülmüştür.

Etik Kurul Beyanı

Bu araştırma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

KAYNAKÇA

- Ağca, G., & Kozbekçi Ayrancı, S. (2021). Moda sektöründe artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik. *Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi*, 25, 1–15. <https://doi.org/10.17484/yedi.731854>
- Akgül, M. K. (2014). Sanayi üretiminde çığır açan teknolojiler üç boyutlu [3D] yazıcılar. *Anahtar Dergisi*, (308).
- Art Basel. (2024). *For Iris van Herpen fashion’s intrepid explorer, anything is possible, Paris 2024*. Art Basel. <https://www.artbasel.com/stories/iris-van-herpen-dutch-fashion->

- [designer-couture-musee-arts-decoratifs-paris-2024?lang=en&utm](#) adresinden 23 Mart 2025 tarihinde erişildi.
- Assadourian, E. (2017). EarthEd: Rethinking education on a changing planet. In *State of the World 2017* (pp. 3–20). Island Press.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bhageria, P. (2020). *Augmented reality: The latest trend in the fashion industry*. Inhaabit. <https://inhaabit.com/augmented-reality-the-latest-trend-in-the-fashion-industry/> adresinden 28 Mart 2025 tarihinde erişildi.
- Bieńkowska, J. (2023). Virtual versus sustainable fashion: A systematic literature review. *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*, 178, 101–126. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2023.178.6>
- Bingöl, B. (2018). Yeni bir yaşam biçimi: Artırılmış gerçeklik (AG). *Etkileşim*, 1, 44–55. <https://doi.org/10.32739/etkilesim.2018.1.8>
- Business of Fashion. (2018). *Zara launches augmented reality app for shoppers*. Business of Fashion. <https://www.businessoffashion.com> adresinden 06 Haziran 2025 tarihinde erişildi.
- Büyükaslan, E. (2018). *Exploring consumers' virtual garment fit satisfactions to predict their actual satisfactions* [Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Codur, M. B. (2017). *Yeni bir tanıtım ve tasarım tekniği olarak artırılmış gerçeklik*. Academia.edu. https://www.academia.edu/35119332/Yeni_Bir_Tasar%C4%B1m_ve_Tan%C4%B1t%C4%B1m_Tekni%C4%9Fi_Olarak_Art%C4%B1r%C4%B1lm%C4%B1%C5%9F_Ger%C3%A7eklik adresinden 06 Haziran 2025 tarihinde erişildi.
- Cunha, M. N., & Krupskyi, O. P. (2025). Transforming online retail: The impact of augmented and virtual reality on consumer engagement and experience in e-commerce. *Current Progress in Arts and Social Studies Research*, 5, 189–201. B P International. <https://doi.org/10.9734/bpi/cpassr/v10/9295B>
- Çetiner, M. (2024). Sanal gerçekliğin moda defilelerinde kullanımına yönelik bir araştırma. In *3rd International Conference on Recent Academic Studies* (pp. 1–10). All Sciences Academy.
- Design Society. (2024). *Design 2024: Conference proceedings*. <https://www.designconference.org/download/design2024/DESIGN2024-BoA-WEB-V02.pdf> adresinden 01 Nisan 2025 tarihinde erişildi.
- Fision. (2020). *Creating technology that suits you*. Meepl. <https://www.meepl.com> adresinden 23 Mart 2025 tarihinde erişildi.
- Fletcher, K. (2014). *Sustainable fashion and textiles: Design journeys* (2nd ed.). Routledge.
- Glogar, M., Petrak, S., & Mahnić Naglič, M. (2025). Digital technologies in the sustainable design and development of textiles and clothing—A literature review. *Sustainability*, 17(4), 1371. <https://doi.org/10.3390/su17041371>
- Hafta. (2025, Ocak 3). Sihirli bir dönüşüm hikayesi: Gönül Paksoy'un “Doğada Atık Yoktur” sergisi. *Hafta Gazetesi*. <https://www.hafta.com.tr/sihirli-bir-donusum-hikayesi-haberi-790593> adresinden 28 Mayıs 2025 tarihinde erişildi.

- Kamacıoğlu, B. (2018). *İnteraktif bir alan olan artırılmış gerçeklik teknolojisi ve uygulama örneği* (Tez No.: 531147) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Kim, S. J. (2023). Virtual fashion experiences in virtual reality fashion show spaces. *Frontiers in Psychology*, 14, 1276856. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1276856>
- Koca, E., & Emiroğlu, S. (2022). Moda ve tekstil tasarımı lisans programlarının sürdürülebilirlik ölçütleri bağlamında değerlendirilmesi. *International Journal of Art, Fashion, Music and Design*, 1(1), 35–47.
- Künüçen, H. H., & Samur, S. (2021). Dijital çağın gerçeklikleri: Sanal, artırılmış, karma ve genişletilmiş gerçeklikler üzerine bir değerlendirme. *Yeni Medya*, 2021(11), 38–62.
- Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P. (2021). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2110.05352>
- Mainzer, K. (2021). From augmented reality to the internet of things: Paradigm shifts in digital innovation dynamics. In J. M. Ariso (Ed.), *Augmented reality: Reflections on its contribution to knowledge formation* (pp. 25–50). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110732244>
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press.
- Melek, E., & Sözüer, Z. D. (2023). Moda tasarımında sanal giysi tasarım süreci: CLO3D örneği. *ROMAYA - Multidisipliner Akademik Yaklaşım Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 1–8.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1321–1329.
- Odabaşı, S., & Şahin, Y. (2019). Moda tasarımı eğitiminde sürdürülebilirlik üzerine yaklaşımlar. *SDÜ ART-E Sanat Dergisi*, 12(23), 1–25.
- Olgun, B. A., & Turan, F. K. (2022). Tekstil sektöründe dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0 farkındalığı. *Tekstil ve Mühendis*, 29(125), 28–40. <https://doi.org/10.7216/1300759920222912504>
- Online Etymology Dictionary. (t.y.). *Augmented*. In Etymonline. <https://www.etymonline.com/search?q=augmented> adresinden 20 Haziran 2025 tarihinde erişildi.
- Özbek, A., & Alan, M. A. (2022). Endüstri 4.0 teknolojilerinin transferi: ISO 500 tekstil ve hazır giyim işletmeleri uygulaması. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(3), 1165–1178.
- Silva, R., Oliveira, J. C., & Giraldo, G. A. (2003). Introduction to augmented reality. In *XV Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIBGRAPI.2003.1238674>
- Sünger, İ. (2019). *Artırılmış gerçeklik kavramı üzerine içerik analizi çalışması* (Tez No.: 613671), [Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi].
- Türkmen, N. (2009). Tekstil ve moda tasarımı açısından sürdürülebilirlik ve dönüşüm / Sustainability and transformation from the aspect of textiles and fashion design (Tez No.: 231443), [Sanatta yeterlik tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi].
-

- Türkmen, N. (2011). Sürdürülebilir bir tekstil endüstrisi için “yavaşlık” ve alternatif üretim modelleri. *Akdeniz Sanat*, 4(8).
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akdenizsanat/issue/27655/291493>
- Url10. (2025, Şubat 19). How will AR and VR impact the fashion industry? *Browzwear*.
<https://browzwear.com/blog/how-will-ar-and-vr-impact-the-fashion-industry>
- Url11. (2025, Şubat 21). Levi’s smart fitting room interactive application design. *Sodapop Media*.
<https://www.sodapopmedia.com/portfolio-posts/levis-smart-fitting-room-interactive-application-design/>
- Url14. (2025, Mart 10). Moda tasarımı dijitalleşme. *Piyon*.
<https://www.piyon.co/sayi-1/moda-tasariminda-dijitallesme/>
- Url15. (2025, Mart 15). Iris Van Herpen crystallization. *Iris Van Herpen*.
<https://www.irisvanherpen.com/DOCS/IVH-Crystallization.pdf>
- Url16. (2025, Mart 18). How AR and VR are redefining the fashion industry. *JD Institute*.
<https://www.jdinstitute.edu.in/how-ar-and-vr-are-redefining-the-fashion-industry/>
- Url17. (2025, Şubat 15). Newsroom. *Business Wire*.
<https://www.businesswire.com/newsroom>
- Url18. (2025, Mart 19). Zalando buys 3D body scan technology. *RetailDetail*.
<https://www.retaildetail.eu/news/fashion/zalando-buys-3d-body-scan-technology/>
- Url19. (2025, Nisan 5). Sihirli bir dönüşüm hikayesi. *Hafta*.
<https://www.hafta.com.tr/sihirli-bir-donusum-hikayesi-haberi-790593>
- URL1–URL5: LNCC. (2025, Haziran 25). *Kafaya monte optik/video/projektör tabanlı AR sistemleri* [Teknik rapor çizimleri].
<https://www.lncc.br/~jauvane/papers/RelatorioTecnicoLNCC-2503.pdf>
- Url6. (2025, Şubat 10). Adidas artırılmış gerçeklik hizmeti. *Webtekno*.
<https://www.webtekno.com/adidas-artirilmis-gerceklik-hizmeti-h80339.html>
- Url7. (2025, Şubat 15). Nike’in yeni uygulaması ayak numaranızı ölçüyor. *GQ Türkiye*.
<https://gq.com.tr/teknoloji/nikein-yeni-uygulamasi-ayak-numaranizi-olcuyor>
- Url8. (2025, Şubat 18). Augmented reality announcement. *CLO 3D*.
<https://www.clo3d.com/en/resources/notices/129>
- Url9. (2025, Şubat 20). Zara augmented reality app. *Refinery29*.
<https://www.refinery29.com/en-us/2018/04/196382/zara-augmented-reality-app>
- Vogue Business. (2021). *Exclusive: Tommy Hilfiger parent opens 3D platform to outside brands*. Vogue Business.
<https://www.voguebusiness.com/technology/exclusive-tommy-hilfiger-parent-opens-3d-platform-to-outside-brands> adresinden 03 Mart 2025 tarihinde erişildi.
- Xin, B., Song, Y., Tan, H., & Peng, W. (2025). Sustainable digital fashion in a metaverse ecosystem. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 82, 104099.
<https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.104099>
- Yoşumaz, İ., & Özkara, B. (2019). Endüstri 4.0 sürecinin hazır giyim işletmeleri üzerindeki etkileri: Hugo Boss Türkiye örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(4), 2587–2600.
- Zalando SE. (2020). *Zalando invests further in customer experience with acquisition of Swiss 3D body scan specialist Fision*. Zalando Corporate.
<https://corporate.zalando.com/de/newsroom/news-storys/zalando-investiert-mit-uebernahmeveron-schweizer-3d-body-scan-spezialist-fision> adresinden 05 Mart 2025 tarihinde erişildi.