



ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

HIZLI PROTOTİPLEME VE ENDÜSTRİYEL TASARIM İLİŞKİSİNİN SEKTÖREL ÜRETİM SÜREÇLERİNDE MEVCUT DURUM TARTIŞMASI

DISCUSSION OF THE CURRENT STATE OF RAPID PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN RELATIONSHIP IN SECTORAL PRODUCTION PROCESSES

Yazarlar (Authors): Merve Seyhan^{ID*}, Gizem Bayram^{ID}, Abdullah Toğay^{ID}

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Seyhan M., Bayram G., Toğay A., “Hızlı Prototipleme Ve Endüstriyel Tasarım İlişkisinin Sektörel Üretim Süreçlerinde Mevcut Durum Tartışması” *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 5(2): 326-338, (2021).

DOI:10.46519/ij3dptdi.837607

Derleme Makale/ Review Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

HIZLI PROTOTİPLEME VE ENDÜSTRİYEL TASARIM İLİŞKİSİNİN SEKTÖREL ÜRETİM SÜREÇLERİNDE MEVCUT DURUM TARTIŞMASI

Merve Seyhan^a, Gizem Bayram^b, Abdullah Toğay^c

^{a*} Ostim Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Ankara

^{b,c} Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Ankara

*Sorumlu Yazar: merve.seyhan@ostimteknik.edu.tr

(Geliş/Received: 08.12.2020; Düzeltme/Revised: 12.04.2021; Kabul/Accepted: 19.07.2021)

ÖZ

Gelişen teknolojiler ile hızlı prototipleme birçok alanda kendini göstermeye başlamıştır. Tıp, otomotiv, eğitim, mühendislik, mimari ve endüstriyel tasarım gibi birçok farklı alanda üç boyutlu yazıcı teknolojileri kullanılmaktadır. Endüstriyel tasarım alanında hızlı prototipleme birçok farklı imkân sağlamaktadır. Prototip yapım aşamalarında sıklıkla kullanılan bu teknoloji, konvansiyonel üretim teknikleriyle üretilmesi mümkün olmayan ürünlerin tasarlanmasına ve düşük maliyetli üretimlere imkân sağlamaktadır. Bu sayede tasarımcıya büyük bir özgürlük alanı sunmuştur. Bu çalışmada 3 boyutlu baskı teknolojisinin endüstri ürünleri tasarımı alanında farklı sektörlerle olan etkisi incelenmektedir ve bu etkileşimin geldiği durum nitelikleri belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda endüstri ürünleri tasarımı ile ilişkili sektörler belirlenmiş; bu sektörlerdeki 3 boyutlu baskı teknolojisinin etkisi ayrı ayrı tespit edilerek karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışma sırasında incelenen sektörler üzerinden kişiselleşmenin bir sektör olarak ayrıştığı belirlenmiş ve ayrı bir başlık altında tartışılmıştır. Ortaya çıkan farklılıklar ile hızlı prototiplemenin farklı sektörlerde yarattığı etkinin gerekçeleri üzerinde durulmuştur. Yine bu bağlamda hızlı prototiplemenin sahip olduğu potansiyel üzerinden gelecek öngörülerini bu sektörel farklılıklar üzerinden tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hızlı Prototipleme. Endüstri Ürünleri Tasarımı. Sektörel Uygulama Alanları.

DISCUSSION OF THE CURRENT STATE OF RAPID PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN RELATIONSHIP IN SECTORAL PRODUCTION PROCESSES

ABSTRACT

Rapid prototyping with developing technologies has started to show itself in many areas. 3D printer technologies are used in many different fields such as medicine, automotive, education, engineering, architectural, and industrial design. Rapid prototyping in the field of industrial design provides many different possibilities. This technology, which is frequently used in prototype construction stages, enables the design of products that cannot be produced with conventional production techniques and low-cost production. In this way, this technology offered great freedom to the designer. This study examines the effect of 3D printing technology on different sectors in the field of industrial product design and the status characteristics of this interaction are determined. In accordance with this purpose, the sectors that entered the industrial product design were determined; The effects in these sectors were identified and compared. It was determined that customization was separated as a sector through the sectors examined during this study and it was discussed under a separate heading. The reasons for the impact of rapid prototyping in different sectors and the differences that emerged were emphasized. In

this context, the future discussions over the potential of rapid prototyping have been discussed through these sectoral differences.

Keywords: Rapid prototyping, Industrial Product Design, Sectoral Application Areas

1. GİRİŞ

Tarihsel gelişim olarak 1983'te bilgisayar programlarında oluşturulan modelleri katı objelere dönüştüren Charles Chuck Hulls, 'Stereolithography'yi (SLA) icat etti ve 3B baskı doğmuş oldu [1]. 3B baskı ya da hızlı prototipleme, bilgisayar destekli tasarım programlarıyla tasarlanan modelin, yazıcı kullanılarak kat kat malzeme eklenmesi yoluyla üç boyutlu fiziksel parça haline getirilmesi olarak tanımlanmaktadır [2]. 3B baskı cihazları maliyet, yetenek ve uygulamalar göz önünde bulundurulduğunda masaüstü ve profesyonel olarak ikiye ayrılabilir. Masaüstü 3B yazıcılar, uygun fiyatlı ve tasarımcı için üretime uygun yazıcılardır. Profesyonel 3B yazıcılar ise konsept modeller, prototipler ve son ürün üretimde kullanılmakla birlikte masaüstü 3B yazıcılara göre daha maliyetlidir. Endüstriyel tasarım alanında hızlı prototipleme, bir tasarımcının farklı geometriler oluşturabilmesine ve maliyet açısından verim alabilmesine imkan sağlamaktadır. Tasarım aşamasında bir ürünün işlevsel, ergonomik, estetik özelliklerini kontrol etmek ve değişiklikler yapmada kolaylık sunmaktadır. Yakın zamanda tasarımcı bu teknolojileri hızlı prototipleme dışında son ürünün üreticisi olarak da kullanabilmektedir [3].

Endüstri ürünleri tasarımı ilişkisi içerisinde 3B baskı teknolojileri belirli sektörlerdeki etkisini, üretim sürecinin farklı aşamalarında göstermektedir. Bu sektörleri havacılık ve uzay endüstrisi, motorlu ve motorsuz kara araçları sektörü, mobilya sektörü, ayakkabı sektörü, takı ve aksesuar sektörü ve medikal sektörü olarak sıralamak mümkündür. Bu makale içerisinde özellikle mobilya, ayakkabı, takı ve aksesuar ile medikal sektörlerinin kişiselleştirme ile ilgili ürün çıktılarının son zamanlarda artış göstermesi sebebiyle kişiselleştirme de bir sektör olarak incelenmiştir. 3B baskı teknolojisinin farklı sektörlerde etkisi olduğu gibi tasarım süreçleri üzerinde de etkisi bulunmaktadır. Makalede amaç, hızlı prototiplemenin gelişimine bağlı olarak endüstriyel tasarım alanlarına etkisini incelemek olup; bu etkileşimin geldiği durum nitelikleri bağlamında ele alınmıştır. Bu çerçevede ortaya çıkan farklılıklar ile 3B baskı teknolojilerinin hangi sektörde ne düzeyde etki yarattığı gerekçeleri üzerinde durulmuş ve bu teknolojinin sahip olduğu potansiyel üzerinden gelecek tartışmaları yine sektörel farklılıklar üzerinden tartışılmıştır.

Hızlı prototipleme teknolojisi, havacılık ve uzay, motorlu ve motorsuz kara araçları, mobilya, takı ve aksesuar, ayakkabı, medikal ve kişiselleştirme sektörlerinde kullanılmaktadır.

1.1. Havacılık ve Uzay Endüstrisi

3 boyutlu baskı teknolojileri, havacılık ve uzay endüstrisinde kompleks geometriler oluşturmada, malzeme kontrolünde, parçanın sınıflandırılmasında ve daha hafif parçalar üretmek için kullanılır [3]. GE Havacılık, sıçrama motorunun bazı parçalarını bu teknoloji ile üretmiştir. Sıçrama motoru yakıt ağızlığı ise kobalt kromdan lazer AM işlemi ile üretilmiştir. Bu yöntem maliyet, ağırlık ve yirmi bileşenin yerini alması bakımından verimli olmuştur [4]. 30 Mayıs 2020 tarihinde uzaya fırlatılan SpaceX, SuperDraco hipergolik yakıt sıvı roket motorunu hızlı prototipleme teknolojileri ile tasarlamış ve üretmiştir (Şekil 1.a.). 3B baskı kullanımı ve DMLS teknolojisi ile geleneksel üretime kıyasla oldukça kısa sürede üretilmiştir [5]. Metal sinterleme teknolojisi kullanan EOS şirketi, havacılık endüstrisi alanında önemli bir şirkettir. Motor ve türbin parçaları 3 boyutlu baskı kullanılarak üretilmektedir. Karmaşık geometrilere sahip parçalar hızlı ve düşük maliyette üretilmektedir. Airbus A320 menteşe braketlerini üretmek için 3B teknolojisi kullanmıştır [6]. 3B baskı teknolojisi ile son ürün tasarımına, 2016 yılındaki Berlin Havacılık Fuarı'nda tanıtımı yapılan Airbus 'Thor' adındaki (Şekil 1.b.) prototip bir dronu örnek verebiliriz. 4 metre uzunluğunda olan Thor poliamit adı verilen malzemeden, oldukça kısa bir sürede, 270 parçayla gerçekleştirilen motor enjeksiyon sistemi kurulumu 3B yazıcılarla sadece

3 parçayla üretildi [7]. Bu sektörde 3B yazıcılar ile üretim yapılırken en sık ABS malzemenin tercih edildiği görülmektedir. Bunun sebebi ise yüksek sertlikte, dayanıklı ve darbelere karşı dirençli bir malzeme olmasıdır. Karbon fiber filamentler ise düşük yoğunluğu ve yapısal gücü ile mekanik bileşenlerde kullanım için uygun görülmektedir.



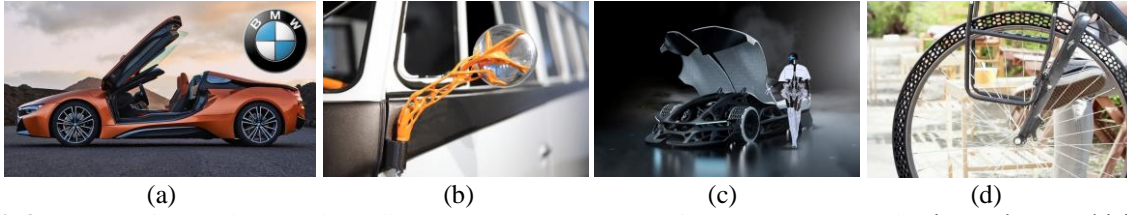
Şekil 1. a. SpaceX SuperDraco.[5] b. Airbus 'Thor'.[7]

3B yazıcılarla üretim konusunda havacılık şirketlerinden olan TUSAŞ, bu teknolojinin AR-GE aşamasında, üretim aşamasında ve yedek parça stokunun azaltılması nedeniyle çalışmalarını sürdürmektedir. Ancak kalifikasyon vb. süreçlerle yeni teknolojinin oturması zaman almaktadır [8].

1.2. Motorlu ve Motorsuz Kara Araçları Sektörü

3B yazıcılar Otomotiv endüstrisinde hızlı prototip üretimi, hızlı ürün geliştirme süreci, yedek, kompleks ve yüksek verimlilikteki parçaların üretiminde kullanılır. 3B imalat teknolojisi, prototip üretmek için pahalı parçalar gerektirmez ve maliyet açısından verimlidir. Bu sektörde malzeme olarak yüksek dayanımı sebebi ile çoğunlukla ABS ve polikarbonat filamentlerin kullanıldığı görülmektedir. Parça üretiminde parça kalitesinin ve verimliliğinin artırılması söz konusudur. BMW firması 2018 yılında 3B baskı ile üretilen metal çatı braketlerine sahip ödüllü i8 Roadster otomobilini üretmiştir (Şekil 2.a.). Tasarımın geleneksel yollarla üretilmesi ise imkansızdı. 3D teknolojileri ile mühendisler geleneksel yöntemlerle üretime göre 10 kat daha sert ve %44 daha hafif metal çatı braketini yapmışlardır [9]. Otomotiv sektöründe parça üretimine bir örnek olarak Volkswagen Type 20'nin 3D baskı teknolojileri ile jantlar, dikiz aynası ve iç destek elemanları üretmesi verilebilir (Şekil 2.b.). Parçalar yapay zeka ile oluşturulmuştur ve karmaşık geometrilerin üretilmesi için 3D baskı teknolojisi kullanılmıştır. Bu ürünlerin tasarımında organik şekiller kullanılıp ağırlığı azaltırken, dayanıklılığı en üst düzeye çıkarmak amaçlanmıştır [10]. Otomotiv sektöründe final ürünün 3D baskı teknolojileri ile üretimi günümüzde konsept tasarımlar olarak karşımıza çıkmaktadır. 2014'te, 3D baskı teknolojisiyle Local Motors tarafından üretilen 'Stati', 50 ayrı parçadan üretilmiştir. Toplam üretim ise 6 gün içerisinde tamamlanmıştır [11]. Geleceği bir örnek olarak, 2080 yılı için Max Schneider tarafından tasarlanan Rimac Scalatan konsepti bize dünyamızın ve ulaşım endüstrisinin gelecekte nasıl görünebileceğine dair bir konsept sunmaktadır (Şekil 2.c.). Otomobil, 3D-karbobrinted titanyum grafiten yapılmış üretken tasarımı bir şasinin üzerine oturan aerodinamik karbon-nanotüp grafen dış yüzeyi ile birlikte tasarlanmıştır [12].

Motosiklet tasarım süreçlerinde 3D baskı teknolojileri parça üretiminde kullanılırken, final ürünün üretimi aşamasında konsept olarak kalmaktadır. Buna bir örnek olarak BigRep firmasının tasarlamış olduğu Nera isimli üründe elektronik parçalar dışında, bütün bileşenler 3D basılmıştır. Gidonlardan gövdeye, koltuğa, süspansiyona ve hatta lastiklere kadar 3D basılan Nera, teknolojinin imkanlarını göstermektedir. Havasız lastikler hem dayanıklılık hem de esneklik sağlayan, doğal kauçuk lastikleri taklit eden bir kafes yapısına sahiptir ve 3D baskı ile üretilmiştir [13]. Henüz konsept aşamasında olan havasız 3D baskılı lastiklerin gelecekte yaygın olarak kullanılması öngörülmektedir (Şekil 2.d.). Normal lastik göbeğine kolayca bükülerek oturacak kadar esnek ve dayanıklı olan havasız lastik, yaylanma ve şekil belleği sağlayan petek tipi bir yapıya sahiptir. Bisiklet parçalarının 3D baskı ile üretilmesinde bir diğer örnek olan bisiklet koltuğu, kafes yapılı elastometrik poliüretan malzeme kullanılarak oluşturulmuştur. Koltuk, sürücülerini yaralanmalara karşı korumak için tasarlanmıştır [14].

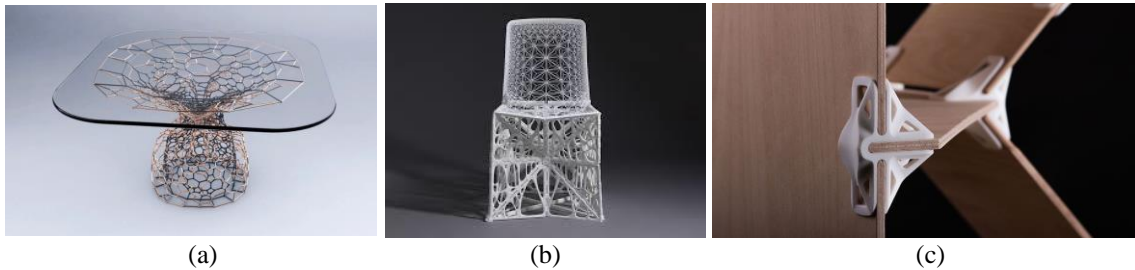


Şekil 2. a. BMW i8 Roadster.[9] b. Volkswagen Type 20.[10] c. Rimac Scalatan.[12] d. BigRep hasasız bisiklet lastiği.[14]

1.3. Mobilya Sektörü

3B baskı teknolojisinin en sık kullanıldığı sektörlerden birisi mobilya sektörüdür. Mobilya sektöründe 3B yazıcılar çoğunlukla ürünlerin tamamının üretimi yerine belirli parçaların üretiminde kullanılmaktadır. Buna örnek olarak, Integrate ve Morgan firmaları iş birliği ile oluşturdukları Rio koleksiyonunda mobilyalardaki 3B yazıcılarla basılan parçalar verilebilir [15]. Şekil 3.a.'da da görüldüğü gibi mobilya sektöründe bazı parçaların 3B baskı ile üretilerek son ürüne ulaşıldığı örnekler sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu sektörde baskı için kullanılan filamentler ürün türüne göre çeşitlilik göstermektedir. Mobilya sektöründe bütün ürünün 3B baskı teknolojileri ile üretimine, New York merkezli tasarım stüdyosu Simplus Design tarafından yapılan, tamamı 3B baskı teknikleriyle üretilmiş olan kitaplık tasarımı Supermod projesi örnek olarak verilebilir [15]. Bu sektörde, 3B baskı teknolojileri ile üretilen konsept ürünlerden ilk örnek olarak Patrick Jouin'in 3B baskılı TAMU sandalyesi ele alınabilir. Doğadan ilham alarak tasarlanan Tamu (Şekil 3.b.), tamamen katlanabilir özelliktedir ve mümkün olduğunca az malzeme ile tasarlanmıştır [16]. Bir diğer örnek ise dünyanın ilk 3B baskılı konferans masası olarak öne çıkmaktadır. Tamamen 3B olarak basılmıştır. Bu sayede yumuşak geçişler ve eğriler oluşturulmuştur [17].

Mobilya sektöründe 3B baskı teknolojilerinin kullanımının final üründe en yaygın görüldüğü alanlardan birisi de bağlantı elemanlarının tasarımıdır. Örnek olarak 'print to build' isimli bağlantı elemanı tasarımı verilebilir (Şekil 3.c.). Tasarımcı, büyük nesnelere tasarlamak ve inşa etmek için, farklı malzemelerden oluşan daha büyük parçaları birleştirebilen küçük eklemleri geliştirmiş ve basmıştır [18]. Benzer bir örnek ise Tamás Boldizsár tarafından tasarlanan Link isimli bağlantı elemanıdır. Bu sektörde, çoğunlukla büyük boyutlu ürünlerin olması sebebi ile 3B baskının son ürün üretiminde en çok kullanıldığı alan 1/1 ölçekte bağlantı parçaları ile geleneksel malzemelerin kombinasyonundan oluşan hibrit ürünlerdir [19].

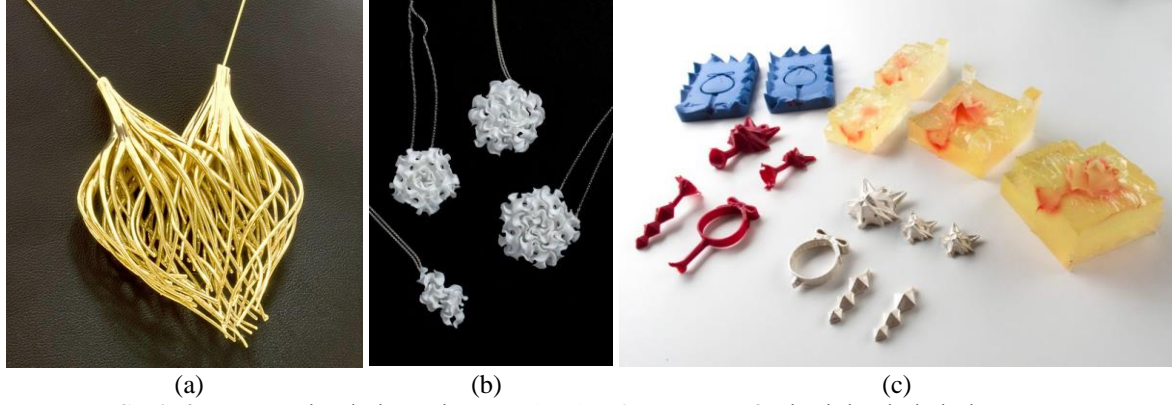


Şekil 3. a. The Cellular Sehpa.[15] b. TAMU sandalyesi.[16] c. Print to build.[18]

1.4. Takı ve Aksesuar Sektörü

Takı ve aksesuar sektöründe 3B baskı teknolojisi, masaüstü imalata imkân sunmaktadır. Böylece tasarımcı kendi tasarladığı ürünü düşük maliyetle basabilmekte, istediği formları elde edebilmektedir [20]. Bu sektörde kullanılan filamentler ise naylon ve metal olarak çeşitlilik göstermektedir. Cookson Precious Metal (CPM) tarafından üretilmiş ince detaylı altın kolye uçları, 3B baskılı üretilen aksesuarlara birer örnektir (Şekil 4.a.) [21]. Jessica Rosenkrantz ve Jesse Louis-Rosenberg isimli

tasarımcılar tarafından, Floraform adlı bir mücevher serisi tasarlanmıştır. Tamamen 3B baskı teknolojileri kullanılarak üretilen takılar, dallanan bir ağaç yapısı ya da beyin kıvrımları gibi karmaşık formlardan ilham alınarak tasarlanmıştır (Şekil 4.b.). Paula Szarejko isimli tasarımcı, kendi takılarını tasarladıktan sonra üretim aşamasında takı kalıplarını 3B baskı teknolojisi sayesinde hazırlamaktadır. Mücevherlerde çoğunlukla daha sonra gerçek metal döküm için gerekli olan plastik veya metal prototipler, balmumu modelleri ve 3B baskılı kalıplar oluşturmak için masaüstü 3B yazıcılar kullanılmaktadır (Şekil 4.c.). Bu sayede tüm süreç daha hızlı ve basit hale getirilmektedir [22].



Şekil 4. a. CPM altın kolye uçları.[21] b. Floraform.[21] c. 3B baskılı takı kalıpları.[22]

1.5. Ayakkabı Sektörü

Ayakkabı sektöründeki 3B baskı teknolojilerin kullanımını ele alacak olursak, prototipleme konusunda 3B yazıcılar önemli bir konuma sahiptir. Örnek olarak Camper Firması, 3B baskı teknolojisini kullanarak tasarım sürecini hızlandırmış ve maliyeti kontrol altında tutmuştur. Tasarımcılar ürettikleri fikirleri fiziksel olarak görebilmek için bu teknolojiyi kullanmaktadırlar [23]. Yine bu sektörde, ilk olarak 2012 yılında 3B yazıcılarla ayakkabı üretme konusunda patent sahibi olan marka Nike'tır [24]. Fonksiyonel son ürün üretiminde 3B yazıcıların kullanılması söz konusu olmuştur. Nike operasyon direktörü olan Erick Sprun, yakın zamanda tüketicilerin kendi ayakkabılarını tasarlamaları için bu teknoloji tarafından imkanlar sunduğunu belirtmiştir. Ayakkabı sektöründe 3 boyutlu baskı teknolojilerinin kullanılmasında bir başka avantaj, dokunmuş kumaş ipliklerinin esnetildiğinde birbirine sürtünmesi ve iplikler arasında sürtünme direncine neden olmasına karşın bu durumun 3B baskılı tekstillerde gerçekleşmemesidir. 3B baskı teknolojisi, farklı örgü türlerinin deneyimlenmesine izin verir. Bu sektörde en çok tercih edilen filament ise termoplastik elastomer (TPE) olarak da adlandırılan esnek filamentlerdir. Bu filamentler ABS ve PLA'nın dayanamayacağı gerilmelere ulaşabilmektedir.

Adidas, Futurecraft 4D modelini seri üretimde üç boyutlu yazıcılarla üretmektedir (Şekil 5.a.). Sınırlı sayıda ya da prototip üretim olarak kalmayan ayakkabı, sıvı malzemenin ışıkla sertleştirilmesi yöntemiyle üretilmektedir. Eskiden tek bir çift için 1 saat 20 dakikayı bulan imalat aşaması, yeni yöntem ile 20 dakikaya dek indirilmiştir [25]. Ayakkabı sektöründe 3B baskı teknolojileri fonksiyonel ürün tasarımları dışında estetik amaçlarla da kullanılmaktadır. Ayrıca bu sektörde sıklıkla kişiselleştirme çalışmaları için 3B baskı teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bu sektörde örnek olarak Mycelium ayakkabılar gibi estetik etki için tasarlanan ve geleneksel olarak üretilme imkânı olmayan ayakkabılar tasarlamak için 3B yazıcılar kullanılabilir [26] (Şekil 5.b.). Ganit Goldstein tarafından tasarlanan Stratasys dokuma ayakkabılar, 3B baskı kullanılarak üretilmiş ayakkabılardan oluşan bir koleksiyondur (Şekil 5.c.). 'İkat' adında geleneksel dokuma tekniği ile 3B baskı kombinasyonunu gerçekleştirmiştir. Arts of Fashion Foundation tarafından yapılmakta olan International Student Fashion Competition yarışmasının finalisti olmuştur [27].



Şekil 5. a. Adidas Futurecraft.[25] 4D. b. Mycelium.[26] c. Stratasys.[27]

1.6. Medikal Sektörü

Medikal sektörde her problem kişiye özgüdür. 3 boyutlu yazıcıların en büyük avantajlarından birisi ise kişiye özel üretimi mümkün kılmasıdır. Bu da yazıcıların sektörde kullanımını arttıran başlıca sebeplerden birisidir. Bu teknoloji ile bireyin kendi ölçülerine göre ürün tasarımı imkânı sunulurken, zevklerine ve ihtiyaçlarına da hitap edilmektedir. Görsel olarak estetik bir ürün haline gelme konusunda bu çalışmalar önemlidir. Medikal sektörde final ürün üretiminde son zamanlarda yaygın olarak 3B baskı teknolojileri kullanılmaktadır. Buna örnek olarak, yüz maskelerini tasarlanabilir bir ürün haline dönüştüren The Cannula mask, solunum güçlüğü çeken kişiler için bir çözüm önerisi sunmaktadır. İnce bir plastik izgara olan güçlendirici iç iskelet, maskeye tanımlayıcı yapısını vermektedir [28].

Medikal sektörde 3B baskı teknolojilerinin tasarım sürecine etki ettiği en önemli nokta kişiselleştirmedir. Bu teknoloji ile kişiselleştirmenin artık bir sektör olmaya doğru ilerlediği görülmektedir. Medikal alanda üretilen ürünler 3B baskı teknolojisi sayesinde tasarlanabilir ürünler olmaya başlamıştır. Bu ürünlerin kişiselleştirilebilir olması kullanıcıya farklı alternatif olanakları sunmayı mümkün kılmıştır. Bu sektörde kişiselleştirme ile ilişkilendirilebilecek ilk örnek olan GO isimli tekerlekli sandalye (Şekil 6.a.), kullanıcısının biyometrik verileri taranarak kişiye özel olarak tasarlanmaktadır. Vücut boyutları ve ağırlık gibi parametrelere göre engelli bireyin bedeni ile bütünlük sağlayacak biçimde geliştirilmektedir. 3 boyutlu baskı teknolojileri, daha önce estetik kaygılar taşımadan işlevine yönelik tasarlanan tekerlekli sandalyeyi, klasik form ve yapısal özelliklerinin dışına çıkararak farklı bir yaklaşım sağlamıştır. 3 boyutlu baskı ve tarama teknolojileri sayesinde tekerlekli sandalye kişiselleştirilebilir bir ürün haline gelmiştir. Tasarlanan bu ürünün final üretiminde yalnızca belirli parçaların üretiminde 3B baskı teknolojilerinden faydalanılmıştır [29]. Medikal sektörde 3B baskı teknolojilerinin kullanımının en güncel örneklerinden biri olan ödüllü tasarım Osteoid Medical Cast, kırıklarda kaşıntı ve koku problemine çözüm önerisi sunmaktadır. Tedaviyi %80 oranında hızlandırmayı hedefleyen bir 3 boyutlu alçı tasarımıdır (Şekil 6.b.). Aynı zamanda su ile temastan kaçınmayı gerektirmemektedir [1]. Benzer bir örnek olan Talee, 3 aylık bir süre boyunca etkili ve rahat bir ortez tedavisi için tasarlanmış 3B baskılı bir medikal üründür (Şekil 6.c.). Kask, bebeğin kafasının 3B taramasıyla, hastaya özgü çeşitli klinik verilerle ve yeniden kullanılabilir malzemeden düşük atık teknolojisi kullanılarak 3B baskı ile üretilmektedir. 3 boyutlu baskı teknolojisi sayesinde bu ürün tasarlanabilir ve kişiselleştirilebilir bir ürün haline getirilmiştir [30]. Medikal sektörde 3B baskı teknolojilerinin kullanımına bir başka örnek olarak, tasarımcı William Root'un 3B tarama ve baskı kullanarak tasarlamış olduğu titanyum Exo Protez bacaklar verilebilir (Şekil 6.d.). Süreç, sinterlenmiş titanyumdan protezler oluşturmak için bir 3B yazıcı, 3B tarayıcı ve 3B modelleme yazılımını içermektedir. Sadece üretim maliyetini önemli ölçüde düşürmekle kalmaz, aynı zamanda bunları üretmek için gereken süreyi de azaltır.



Şekil 6. a. GO.[29] b. Osteoid Medical Cast.[1] c. Kraniyal Ortez.[30] d. 3B Protez.[30]

1.7. Bir Sektör Olarak Kişiselleştirme

Kişiselleştirilmiş üretim kavramı ilk olarak Stan Davis tarafından, bireylerin arzularına ve ihtiyaçlarına uygun ürün ve hizmetler üretmek olarak tanımlanmıştır. Kişiselleştirilmiş ürünlerin, müşteri memnuniyetini sağlamada standart ürünlere göre daha etkili olduğunu savunulmaktadır. Kitlesel kişiselleştirme ise bir ürünün müşteri talep ve istekleri yönünde ana üretim mantığı değiştirilmeden şekillendirilmesidir [31]. Kitlesel kişiselleştirme, firmalara kullanıcı ihtiyaçlarını seri üretim sınırları içinde farklılaşma avantajı sağlayan bir strateji olarak pek çok sektörde uygulanabilir [32]. Üretim teknolojilerindeki gelişmelerle kişiselleştirme seviyesini yükseltmek mümkün olabilir. 3B baskı teknolojilerinin yeri, değişen üretim sistemleri içinde önemlidir. Bu teknoloji ile kişiselleştirilmiş nihai ürün üretimi, bugün dünyanın birçok yerinde uygulanmaya başlanan bir üretim yöntemidir [33]. 3B yazıcılarla kişiselleştirilmiş ürün imalatı ayakkabı, medikal, takı ve aksesuar gibi sektörlerde kullanılıyor olmasının yanı sıra kendi başına bir sektör olmaya doğru ilerlediği görülmektedir.

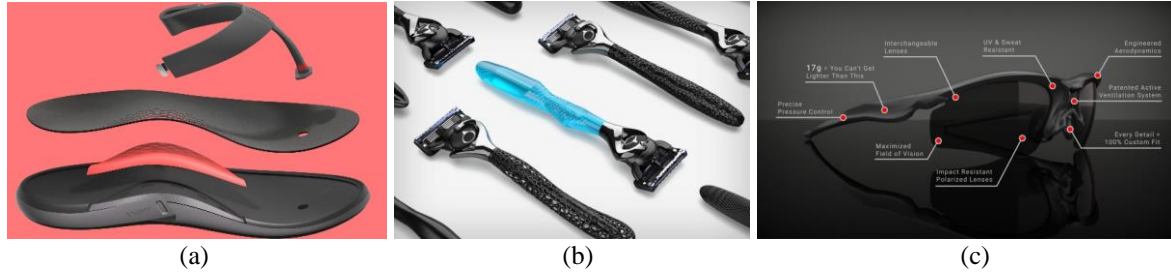
Kişiselleştirme sektöründe 3B baskı teknolojilerinin kullanımına örnek olarak, Unyq (Şekil 7.a.) isimli 3 boyutlu baskı teknolojisi sayesinde üretmiş olan hem düşük maliyetli hem de işlevsel protez kaplamaları verilebilir. Unyq kaplamalar protezin estetik görünmesini sağladığı gibi, protezi dışarıdan gelecek bazı tehlikelere karşı da koruyabilmektedir [34]. Bu sektörde 3B baskı teknolojilerinin parça üretiminde kullanımına ise Porsche markasına ait koltuklar örnek olarak verilebilir (Şekil 7.b.). Kullanıcıların konfor tercihlerine göre 3B baskı modelleri oluşturulmaktadır [35].



Şekil 7. a. Unyq,[34] 3B Yazıcılar ile Protez Kılıfları.[35] b. 3D Baskılı Koltuklar.[35]

Kişiselleştirme sektöründe 3B baskı teknolojilerinin parça üretiminde kullanımına bir başka örnek, Wiiivv markasının 3B baskılı sandaletleri verilebilir (Şekil 8.a.). Akıllı telefonlardaki uygulaması ile kullanıcılar ayaklarını tarayıp, bulunan verileri şirkete göndermekte ve Wiiivv şirketi terliği bu verilere göre özelleştirebilmektedir [36]. Bu sektörde parça üretimine son örnek, Formlabs ile ortaklık yapan Gillette markasının tıraş bıçağı tutamaçları verilebilir (Şekil 8.b.). Kullanıcıya 48 farklı form seçeneği sunulmakta ve 3B yazıcılarla üretilmektedir [37]. Kişiselleştirme sektöründe final ürünün 3B baskı teknolojileri ile üretimine en uygun örneklerden birisi kişisel ürünler olan gözlüklere aittir. Falcon, kişiye özel olarak kafanın fiziksel yapısına uygun üretilen 3B baskılı bir gözlüktür (Şekil 8.c.). Bir uygulama

vasıtası ile gönderilen fotoğraftan oluşturulan model, 3B SLS baskı teknolojileri kullanılarak üretilmektedir [38].



Şekil 8. a. Wiivv sandalet.[36] b. 3B baskılı Gillette bıçak gövdeleri.[37] c. Falcon.[38]

3B baskı teknolojileri özellikle takı sektöründe kişiselleştirmeye birçok imkân tanımaktadır. Bunun bir örneği olarak Nervous System isimli tasarım stüdyosu müşterilerine kendi takılarını internet üzerinden oluşturabilme imkanı sunmaktadır. Bu araçlar sonsuz tasarım varyasyonu ile kişiselleştirmeye imkan verir (Şekil 9) [39].



Şekil 9. Nervous System.[39]

2. YÖNTEM

Bu çalışmada yaygın olarak üzerinde çalışılmakta ve kullanımının yaygınlaştığı görülmekte olan hızlı prototipleme teknolojilerinin, farklı sektörler üzerindeki kullanımındaki değişimin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede öncelikli olarak literatür incelenmiş olup, sonrasında arama motorları ve internet araçları üzerinden erişilen örneklerden konu ile ilişkili olanlar seçilerek sektörlerde kategorize edilmiştir. Sektörlerin nitelikleri endüstriyel tasarım alanı ilişkileri göz önünde bulundurulmak üzere değerlendirilmiş ve yedi tane sektör belirlenmiştir. Bahsedilen sektörler, havacılık ve uzay endüstrisi, motorlu ve motorsuz kara araçları sektörü, mobilya sektörü, ayakkabı sektörü, takı ve aksesuar sektörü ve medikal sektörü şeklinde olup, hızlı prototiplemenin günümüzde yarattığı fırsatlar doğrultusunda kişiselleştirme de bir sektör olarak incelenmiştir. Sektör niteliklerine bağlı olarak, sektörlerdeki her ürünün süreçteki yerinin analiz edilmesi üzerine çalışılmıştır.

Erişilen örnekler çerçevesinde, hızlı prototiplemenin sektördeki yeri ve geldiği nokta karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda hızlı prototiplemenin bu yedi sektörde üretim yöntemlerine odaklanılmıştır. Bu üretim yöntemleri masaüstü üretim, konsept üretim, parça üretimi ve final ürün üretimi olarak ayrılmıştır.

3. BULGULAR

Yukarıda bahsedilen yöntem doğrultusunda kategorize edilen yedi ayrı sektöre ait 36 farklı ürün örneği incelenmiştir. Bu örnekler, havacılık ve uzay endüstrisinden 5, motorlu ve motorsuz kara araçları

sektöründen 7, mobilya sektöründen 7, ayakkabı sektöründen 3, takı ve aksesuar sektöründen 3 ve medikal sektöründen 5 farklı örnek olarak incelenmiştir. Bir sektör olarak ele alınan kişiselleştirme sektöründen ise 6 farklı örneğe yer verilmiştir. İncelenen bu örnekler 3B baskı teknolojileri ile üretim türleri göz önünde bulundurulacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bunun sonucunda sektörlere bağlı olarak üretim türlerindeki değişim Tablo 1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Sektörlere bağlı olarak incelenen örneklerin üretim türlerine göre dağılımı.

	Üretim			
	Masaüstü Üretim	Konsept Üretim	Parça Üretimi	Final Ürün Üretimi
Havacılık ve Uzay Sektörü	0	1	4	0
Motorlu ve Motorsuz Kara Araçları Sektörü	0	3	4	0
Mobilya Sektörü	0	3	4	0
Takı ve Aksesuar Sektörü	1	0	0	2
Ayakkabı Sektörü	0	2	1	0
Medikal Sektörü	0	0	1	4
Kişiselleştirme Sektörü	0	0	2	4

Tabloya göre sektörlerin hızlı prototipleme teknolojisine, endüstriyel tasarım süreçlerinden biri olan üretimin hangi aşamalarında yer verildiği değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler aşağıda yorumlanmıştır.

- Havacılık ve uzay sektörü 3B baskı teknolojilerini erken benimseyen bir sektör olmuştur. Günümüzdeki geldiği noktada bu sektörde yaygın kullanım alanları hızlı prototipleme ve parça üretimi şeklinde olmaktadır. Çalışmada bahsi geçen parçalar, bu sektörde 3B baskı teknolojileri kullanılarak üretilen parçalara birer örnektir. Final ürün üretimi günümüzde yapılmamakla beraber bu üretimler Şekil 1’de örneklendiği gibi konsept üretim olarak kalmıştır.
- Günümüzde 3B baskı teknolojileri ile motorlu ve motorsuz kara araçları sektöründe parça üretimi yapılmakta; buna otomotiv sektöründen örnek olarak Şekil 2.b. verilirken, motorsuz taşıtlar sektörünün bu teknolojinin kullanımına örnek olarak Şekil 2.d. incelenmiştir. Final ürün üretimi Şekil 2.c.’de görüldüğü gibi konsept üretimler olarak kalmaktadır. Yalnız bu sektörde günümüzde kişiselleştirme konusunda kullanıcıya bir seçim olanağı sunulmaya başlanmıştır (bkz. Şekil 7.b.).
- Mobilya sektöründe 3B baskı teknolojileri prototipleme, parça üretimi ve final ürün üretiminde kullanılmakta olup; Şekil 3.b.’de örneklendiği üzere final ürün üretim aşamasında konsept olarak kalmaktadır. Bu sektörde üretilen parçalar, Şekil 3.c.’deki örnek ve benzeri bağlantı elemanları ile Şekil 3.a.’daki gibi mobilyaların bazı parçaları olmaktadır. Masaüstü imalatta ise günümüzde fazla potansiyeli olmadığı söylenebilir.
- Takı ve aksesuar sektöründe küçük boyutlarda üretimler söz konusudur. Bu sebeple tasarımcı üretici haline de gelerek 3B baskı teknolojileri ile masaüstü üretim yapabilmektedir. Şekil 4 örneklerinde olduğu gibi final ürün üretiminin yapılabilmesi, bu sektörde küçük boyutta ve fazla dayanıklılık gerektirmeyen ürünler üretiliyor olması sebeplerinden kaynaklanmaktadır.

Kişiselleştirme çalışmaları da günümüzde giderek yaygınlaşmakta ve aksesuar sektöründe gözlük gibi örneklerde kişiselleştirme çalışmaları sıklıkla görülmektedir.

- Ayakkabı sektöründe 3B baskı teknolojileri günümüzde hızlı prototip, parça üretimi, konsept ve final ürün üretiminde kullanılmaktadır. Bu sektörde kişinin ayak ölçülerine ve kişisel seçimlerine dayanarak kişiselleştirme çalışmaları yine yaygınlaşmıştır. Şekil 5.a.'da incelenen örnekte kişiselleştirme çalışmalarının görüldüğünden bahsetmek mümkündür. Bu sektörde Şekil 5.a. örneğinde görüldüğü gibi fonksiyon odaklı çalışmalarda 3B baskı teknolojileri kullanılırken, Şekil 5.b. ve Şekil 5.c.'de görüldüğü gibi estetik odaklı çalışmalarla da karşılaşılmaktadır.
- 3B baskı teknolojileri medikal sektörde hızlı prototipleme, parça ve final ürün üretiminde kullanılmaktadır. Tasarımsal boyutta, fonksiyon, kullanıcının kişisel tercihleri ve estetik görünüşler söz konusu olmaya başlamıştır. Şekil 6.b.'de verilmiş olan örnekte 3B alçı kol daha önce medikal sektörde tasarlanmaya ihtiyaç duyulmamış bir ürünün 3B baskı teknolojileri sayesinde, tasarım değeri kazanmış olmasına iyi bir örnektir. Şekil 7.a.'da verilen örnek olan protez kılıfları bu sektörde hem parça üretimine hem de kişiselleştirmeye bir örnek olarak ele alınmıştır.
- Havacılık ve uzay sektörü hariç bahsedilen sektörlerde kişiselleştirme çalışmalarının yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada kişiselleştirme de bir sektör olarak ele alınmıştır. Kişiselleştirme çalışmaları için genel anlamda hızlı prototip üretimi, parça ve final ürünlerin üretimi söz konusuysen genel olarak konsept üretim yapılmamaktadır.

4. SONUÇ

Yapılan değerlendirmelere bakıldığında 3B baskı teknolojilerinin endüstri ürünleri tasarımı alanı dahilinde farklı sektörlerdeki etkisinin belirli kısımlarda değişiklik gösterdiği görülmektedir. Genel anlamda bahsedilen yedi sektör açısından bu teknoloji hızlı prototiplemede kullanılmaktadır. En büyük farklılığın final ürün üretimi konusunda olduğu görülmektedir. Buna sebep olarak ürün boyutlarındaki farklılıklar ve bu teknolojinin seri üretim konusunda yavaş olması verilebilir. Parça üretimi ise incelenen tüm sektörlerde yaygın olarak bu teknoloji sayesinde yapılabilmektedir. 3B yazıcılar malzeme olarak çoğunlukla ABS ve PLA filamentleri kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra Naylon, Karbon ve cam takviyeli filamentler de ürün türüne bağlı olarak tercih edilmektedir. Bazı alaşım filamentler ise PLA plastik ile ahşap, ağaç kabuğu, bronz, bakır, karbon fiber gibi malzemelerin karışımından oluşturulmaktadır [40]. ABS ve karbon fiber filamentler yüksek dayanımları sebebi ile parça üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Naylon ve alaşım filamentler ise masaüstü üretimde sonuç ürün basımında tercih edilmektedir. Final ürünlerin üretiminde ise sektörel olarak farklılıklar göstermekle birlikte ABS ve PLA filamentlerin öne çıktığı görülmektedir.

Çalışmada bir sektör olarak ele alınan kişiselleştirme çalışmaları günümüzde 3B baskı teknolojilerinin avantajlarını kullanarak giderek yaygınlaşmaktadır. Kişiselleştirmenin bir sektör olarak ele alınmış olmasının en temel sebebi, çoğu sektörde bu türden örneklerin bulunmasıdır. Havacılık ve uzay sektörü hariç, kişiselleştirmenin sektörel açıdan yaygınlaşmaya başlaması söz konusudur. Buna sebep olarak ise seri üretimin getirdiği aynı formlardan başka formlar görmek isteyen ve kişisel verilerine uygun ürünleri tercih eden kullanıcıları gösterebiliriz. Çalışmada yer verilen sektörlerden biri olan mobilya sektöründe, kişiselleştirme çalışmaları son zamanlarda artmaya başlamıştır. Gelecekte de yaygınlaşmaya devam edeceği öngörülmektedir. Gelecekte ayakkabı sektöründe ise mağazalarda bulunan 3B yazıcılarla kullanıcının kişisel verileri elde edilerek ürünlerin kişiye uygun hale getirilmesinin yaygınlaşacağı öngörülmektedir. İncelenen örnekler içerisinde medikal sektöründe, ürünlerin tasarımsal boyutunun 3B baskı teknolojileri ile gündeme gelmiş olması kişiselleştirmenin de çalışılabilir olmasına sebep olmuştur ve gelecekte de yaygın kullanımı beklenmektedir.

Sonuç olarak gelecekte teknolojinin yaygınlaşması ve üretim maliyetlerinin düşmesi bu teknoloji ile üretimin yaygınlaşmasına imkân verecektir. 3B baskı teknolojisinin günümüze kadar olan gelişmeleri göz önünde bulundurulduğunda, gelecekte 3B baskı teknolojisinin seri üretime daha fazla imkân sunması ile geleneksel üretimin yerini büyük ölçüde alacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Sandalcı, N. "Türkiye’de Endüstriyel Tasarımcıların 3 Boyutlu Yazıcıları Kullanımları Hakkında Bir İnceleme", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2016.
2. Yılmaz, F., Arar, M. E., & Koç, E., "3D Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi", Metalurji dergisi, Cilt 168, Sayfa 35–40, 2014.
3. Gedik, E., "Endüstri Ürünleri Tasarımında Dijitalleşme: Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Ürün Tasarım Pratiğinde Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2017.
4. Kumar, J., & Nair, C., "Current Trends of Additive Manufacturing in the Aerospace Industry", Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies, Sayfa 39–54, 2017.
5. Mouzakis, D., "Lamination - Theory and Application", Sayfa 89-111, Intech Yayınları, 2018.
6. Nickels, L., "AM and aerospace: An ideal combination. Metal Powder Report", 70, 2015.
7. İnternet: Uçak Teknisyenleri Derneği (UTED), "Eklemeli imalat ile havacılık hız kazanıyor", <http://uted.org/eklemeli-imalat-ile-havacilik-hiz-kazaniyor/>, Kasım 12, 2019.
8. Aktimur, B., & Gökpınar, E. S., "Katmanlı Üretim in Havacılık daki Uygulamaları", Cilt 3, Sayı 2, Sayfa 463–469., 2015.
9. İnternet: AMFG Autonomous Manufacturing, "Application Spotlight: 3D-Printed Brackets", <https://amfg.ai/2020/01/23/applications-spotlight-3d-printed-brackets/>, Ocak 23, 2020.
10. İnternet: 3D Printing Media Network, "A new video for the making of Volkswagen’s generatively designed and 3D printed hippie van", <https://www.3dprintingmedia.network/vw-3d-printed-hippie-van/>, Temmuz 31, 2019.
11. İnternet: Btech Innovation by Design, "3B Baskılı Otomobile Giden Yol: 3B Baskı Otomotiv Endüstrisini Değiştiriyor", <https://www.btech.com.tr/3b-basili-otomobile-giden-yol-3b-baski-otomotiv-endustrisini-degistiriyor/>, Eylül 5, 2019.
12. İnternet: Yanko Design , "The Rimac Scalatan is a Stunning Concept Car With a 3D-Printed Chassis That ‘Breathes Oxygen", <https://www.yankodesign.com/2020/05/20/the-rimac-scalatan-is-a-stunning-concept-car-with-a-3d-printed-chassis-that-breathes-oxygen/>, Mayıs 20, 2020.
13. Sheth, S., Behold, "The World’s First Fully 3D Printed Motorbike! Yanko Design", Retrieved from <https://www.yankodesign.com/2018/11/21/behold-the-worlds-first-fully-3d-printed-motorbike/>, 2020.
14. İnternet: Techcrunch, "Carbon Next Partnership is a 3D Printed Bike Seat From Specialized. Tech Crunch", <https://techcrunch.com/2019/08/27/carbons-next-partnership-is-a-3d-printed-bike-seat-from-specialized/>, Ağustos 27, 2018.
15. İnternet: Deko Yaşam, "3D Baskı Mobilya", <https://decoyasam.com/evler/3d-baski-mobilya/>, Ekim 27, 2019
16. İnternet: 3d Natives , "Foldable 3D printed TAMU chair presented at Milan Design Week", <https://www.3dnatives.com/en/tamu-chair-260420194/>, Nisan 26, 2019.
17. İnternet: Yanko Design, "The Words First 3D Printed Conferance Table", <https://www.yankodesign.com/2018/12/12/the-worlds-first-3d-printed-conference-table/>, Aralık 12, 2018.

18. İnternet: Tree Hugger, "Versatile, downloadable 3D printed joints for customized DIY furniture", <https://www.treehugger.com/eco-friendly-furniture/print-to-build-downloadable-3d-printed-furniture-joints-olle-gellert.html>, Aralık 20, 2015.
19. Gedik, E., Togay, A., Coşkun, M., Demirhan, E., "Üç Boyutlu Baskının Mobilya Sektöründe Ürün Three-Dimensional Printing in Product Design in Furniture Industry", Cilt 2, Sayfa 16–25, 2018.
20. Düzgün, Dilan Ezgi; Çetinkaya, K., "Moda Alanında 3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Kullanımı", Cilt 1, Sayfa 19–31. 2019.
21. İnternet: Engineering, "EOS and Cookson Precious Metals Sign Strategic Development Partnership. Adaptive 3D", <https://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/4488/EOS-and-Cookson-Precious-Metals-Sign-Strategic-Development-Partnership.aspx>, Haziran 19, 2012.
22. İnternet: Medium, "How to Make Silver Jewelry from 3D Printed Molds", <https://medium.com/@ZMorph/how-to-make-silver-jewelry-from-3d-printed-molds-b1c0e8de09ad>, Haziran 21, 2016.
23. İnternet: 3Dörtgen, "Camper, 3D Printer'lar ile Ayakkabı Tasarımında Yeni Bir Dönem Başlattı", <https://blog.3dortgen.com/camper-3d-printerlar-ile-ayakkabi-tasariminda-yeni-bir-donem-baslatti/>, Aralık 26, 2019.
24. İnternet: Web Tekno, "Nike 3D Yazıcıyla Ayakkabı Üretmek İçin Patent Aldı!", <https://www.webtekno.com/sektorel/nike-3d-yaziciyla-ayakkabi-uretmek-icin-patent-aldi-h11474.html>, Ekim 14, 2015.
25. İnternet: Adidas, "Level Up Your Run", <https://www.adidas.com.tr/tr/4D>, 2020.
26. İnternet: 3dprint, "3D Printed Mycelium Shoe is Striking and Might Even Be Wearable", <https://3dprint.com/221935/3d-printed-mycelium-shoe/>, Ağustos 9, 2018.
27. İnternet: WhichPLM, "Stratasys unveils new 3D printed woven shoes designed by fast-rising fashion design graduate Ganit Goldstein", <https://www.whichplm.com/stratasys-unveils-new-3d-printed-woven-shoes-designed-by-fast-rising-fashion-design-graduate-ganit-goldstein/>, Aralık 18, 2018.
28. İnternet: Yanko Design, "This 3D-Printed Structure Prevents Your Face Mask From Collapsing as You Breathe", <https://www.yankodesign.com/2020/05/13/this-3d-printed-structure-prevents-your-face-mask-from-collapsing-as-you-breathe/>, Mayıs 13, 2020.
29. İnternet: Wordlesstech, "World's first 3D-printed Wheelchair. Wordless Tech", <https://wordlesstech.com/worlds-first-3d-printed-wheelchair/>, Mayıs 20, 2016.
30. İnternet: Bigsee, "Talee – 3D printed cranial orthosis., Big See", <https://bigsee.eu/talee-3d-printed-cranial-orthosis-by-ales-grygar-czech-republic/>, Kasım 8, 2019.
31. Çopur, T. M., "Yeni ürün geliştirme sürecine kitlesel kişiselleştirme yaklaşımının etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 2014.
32. Ozan, E., & Doğan, Ç., "Kişiselleştirme Yoluyla Kullanıcıları Tasarım Sürecinde Etkin Kılan Yöntem ve Yaklaşımların Sürdürülebilirlik İçin Ürün Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi", 2014.
33. Gedik, E., & Abdullah, T., "Association crafter approach with technology: Customized product design with 3d printer. New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences", Cilt 2, Sayfa 584–594, 2016.
34. İnternet: 3D Print, "UNYQ Raises \$1 Million and Begins Taking Pre-orders for Below Knee 3D Printed

- Prosthetic Covers", <https://3dprint.com/7101/unqy-prosthetic-covers/>, Haziran 24, 2014.
35. İnternet: Gear Patrol, "Porsche Is Using 3D-Printing to Make Better Seats for Its Sports Cars", <https://gearpatrol.com/2020/03/18/porsche-using-3d-printing-to-make-better-seats-for-its-sports-cars/>, Mart 18, 2020.
 36. İnternet: Engineering, "Wiiivv Lays Mass Customization at Your Feet", <https://www.engineering.com/story/wiivv-lays-mass-customization-at-your-feet>, Temmuz 25,2016.
 37. İnternet: Formlabs, "Gillette Uses 3D Printing to Unlock Consumer Personalization", <https://formlabs.com/blog/gillette-uses-3d-printing-to-unlock-consumer-personalization/>, Ekim 17, 2018.
 38. İnternet: 3Dörtgen Blog, "Kişiyel Özel Üretim Güneş Gözlüğü: Falcon", <https://blog.3dortgen.com/kisiye-ozel-uretim-gunes-gozlugu-falcon/>, 2018.
 39. İnternet: Nervous System, "Floraform", <https://n-e-r-v-o-u-s.com/>, 2020.
 40. Kalender, M., Bozkurt, Y., Ersoy, S. & Salman, S., "Product Development by Additive Manufacturing and 3D Printer Technology in Aerospace Industry", Vol. 13, Issue 1, 2020.