

3 BOYUTLU YAZICILAR VE KULLANIM ALANLARI

Ahmet İlker Akbaba
Dr. Öğr. Üyesi, Erzurum Teknik
Üniversitesi, İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
e-mail: aakbaba@erzurum.edu.tr
ORCID: 0000-0003-3256-441X

Emirhan Akbulut
Erzurum Teknik Üniversitesi, Sosyal
Bilimler Enstitüsü, e-mail:
emirhan.akbulut09@erzurum.edu.tr,
ORCID: 0000-0003-3760-3924

DOI : 10.47358/sentez.2020.13
Makale Türü : Derleme
Gönderim Tarihi: 23.01.2021
Düzeltilme Tarihi: 09.03.2021
Kabul Tarihi: 19.03.2021

Bu makaleye atıfta bulunmak için:
Akbaba, A. ve Akbulut, E. (2021). 3
Boyutlu Yazıcılar ve Kullanım
Alanları. ETÜ Sentez İktisadi ve İdari
Bilimler Dergisi. Sayı: 3, 19-46.

✓ iThenticate®

Öz: Dördüncü Endüstri Devrimi (E4.0) bilgisayar, internet ve iletişim teknolojilerinin harmanlanmasıyla ortaya çıkan karma teknoloji sayesinde makinelerin insan gücüne gerek kalmadan kendilerini ve üretim süreçlerini yönetmeye başlamalarıyla ortaya çıkmıştır. Önceki sanayi devrimlerinden farklı olarak Dördüncü Endüstri Devrimi'nde teknoloji sanayinin önüne geçerek endüstrileşmeye ve yeni iş modelleri, ürün-hizmet modelleri, örgütsel yapılar kazandırmaya başlamıştır. E4.0 süreci; çok sayıda bileşene sahip olan ve bu bileşenlerin etkinliğinden etkilenen bir süreçtir. Bu bileşenler; 3 boyutlu yazıcılar, büyük veri, otonom robotlar, sistem entegrasyonu, artırılmış gerçeklik, simülasyon, akıllı fabrikalar, nesnelerin interneti, bulut bilişim, siber-fiziksel sistemler, siber güvenlik ve yapay zekâdır. İşte Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri de katmanlı üretimin gerçekleştirilmesine imkân tanıyan 3 boyutlu yazıcı teknolojisi. 2 boyutlu geleneksel yazıcılarda kâğıda yazdırma işleminin kolaylığına benzer şekilde bu teknoloji ile hemen her şeyi üretmek mümkündür. Geleneksel yöntemlerde prototip hazırlama süreci hem maliyetli hem de zaman alıcıdır. 3 boyutlu yazıcılar için ise istenilen prototipler saatler içerisinde üretilebilmektedir. 3 boyutlu baskı teknolojisinin kullanımı farklı sektörlerde prototiplerin veya tekil ürünlerin imalatına yönelik olarak yaygınlaşmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar birçok alanda sayısız uygulama bulan nispeten yeni fakat çok hızlı gelişen bir üretim yöntemidir. Bu çalışmada da 3 boyutlu yazıcıların eğitim, sağlık, gıda, kuyumculuk, inşaat, havacılık ve uzay, savunma, tekstil, otomotiv endüstrilerindeki kullanımları örneklerle açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: 3 boyutlu yazıcı, katmanlı üretim, endüstri 4.0

Jel Kodları: M11, O32

3D PRINTERS AND AREAS OF USAGE

Ahmet İlker Akbaba
Asis. Prof., Erzurum Technical
Univesity, Faculty of Economics and
Administrative Sciences, Depertmant
of Business,
e-mail: aakbaba@erzurum.edu.tr
ORCID: 0000-0003-3256-441X

Emirhan Akbulut
Erzurum Technical Univesity,
Graduate School of Social Sciences, e-
mail:
emirhan.akbulut09@erzurum.edu.tr,
ORCID: 0000-0003-3760-3924

DOI : 10.47358/sentez.2020.13
Article Type : Compilation
Application Date: 01.23.2021
Revision Date: 03.09.2021
Admission Date: 03.19.2021

To cite this article:
Akbaba, A. and Akbulut, E. (2021).
Printers And Areas of Usage. ETU
Synthesis Journal of Economic and
Administrative Sciences. Issue: 3, 19-
46.

This article was checked by

 iThenticate®

Abstract: The Fourth Industrial Revolution (E4.0) came about when machines started to manage themselves and their production processes without the need for manpower thanks to the blending of computer, internet and communication technologies. Unlike the previous industrial revolutions, in the Fourth Industrial Revolution, the technology got ahead of the industry and started to industrialize and gain new business models, product-service models and organizational structures. Industry 4.0 is a process that has a large number of components and is affected by the effectiveness of these ingredients. These components; 3D printers, big data, autonomous robots, system integration, augmented reality, simulation, smart factories, internet of things, cloud computing, cyber-physical systems, cyber security and artificial intelligence. Here, one of the main components of Industry 4.0 is 3D printer technology that enables additive manufacturing. Similar to the convenience of printing on paper in conventional 2D printers, it is possible to produce almost anything with this technology. 3D printers are a relatively new but very rapidly developing method of production. In this study, the use of 3D printers in education, health, food, jewelry, construction, aviation and space, defense, textile and automotive industries are explained with examples.

Keywords : 3d printer, additive manufacturing, industry 4.0

Jel Classification : M11, 032

GİRİŞ

Günümüzde teknoloji hızla gelişmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte birçok alanda gelişmeler yaşanmıştır. Üretim de bu gelişmelerin yaşandığı en önemli alanlardan biridir. Endüstri 4.0 bileşenlerinden olan 3 boyutlu yazıcı teknolojisi sayesinde üretimde olumlu gelişmeler sağlanmıştır. Geleneksel üretim yöntemlerine ek olarak ortaya çıkan 3 boyutlu yazıcı teknolojileri günümüzde hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır.

3 boyutlu yazıcı teknolojisi yeni bir teknoloji olarak görülse de aslında ilk olarak 1984 yılında ortaya çıkmıştır. Zaman içerisinde bu teknoloji üzerinde çeşitli geliştirmeler yapılmıştır. 3 boyutlu yazıcılar olarak adlandırılan cihazlar sayesinde katmanlı imalat gerçekleştirilmektedir. Geleneksel yöntemle yapılan üretime kıyasla maliyet ve üretim hızı açısından daha avantajlıdır. 3 boyutlu yazıcılar günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Havacılık ve uzay, sağlık, eğitim, otomotiv, gıda, kuyumculuk, savunma sanayi, tekstil, inşaat vb. birçok alanda yerini almıştır. Hayal edebileceğiniz birçok ürünün bilgisayar destekli yazılımlar ile modelinin oluşturularak saatler hatta dakikalar içerisinde üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Günümüzde 3 boyutlu yazıcılar evlerimizde kullanılabilmekte, kendi tasarımlarımızı, ihtiyaç duyduğumuz parçaları ve birçok ürünü üretmemize imkân sağlamaktadır. Sağlık alanında 3 boyutlu yazıcı teknolojileri ile yapay doku üretimi ve tıbbi eğitim gibi konularda çalışmalar yapılmaktadır. Otomotiv sektöründe 3 boyutlu yazıcılar araçların yedek parça üretimlerinde kullanımının yanında araçların bazı parçalarında kişileştirilmeler ile kullanıcıya çeşitli seçenekler sunulmaktadır. Gıda sektöründe pasta ve çikolata üretimi gerçekleştirilirken tekstil alanında ise giysilerin modellenmesi, kalıp oluşturulması ve giysilerin üretimi gerçekleştirilmektedir. Savunma sanayi ve havacılık ve uzay alanında kullanılan 3 boyutlu yazıcılar sayesinde ise hem yedek parça üretimi sağlanmakta hem de parçaların dayanıklı ve hafif olması sayesinde avantajlar elde edilmektedir. İnşaat sektöründe de yerini almış olan 3 boyutlu yazıcılar ile daha hızlı ve maliyeti düşük olan evlerin inşası mümkün olmaktadır.

3 BOYUTLU YAZICILAR

Günümüzde üretimde inanılmaz derecede dönüşümler yaşanmaktadır. Bu dönüşümler neredeyse tüm ürün gruplarında geleceği sürdürülebilir ve kişisel olarak özelleştirilmiş bir ortamın oluşturulmasını öngören dönüşümlerdir. 3 boyutlu yazıcılar da bu dönüşümlerden biridir (Hausman, Horne, 2014: 9).

Önceleri genel olarak modelleme için kullanılan 3 boyutlu yazıcılar, bugün hemen hemen bütün mekanik parçaların basımında kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcıların ilk uygulaması 1984 yılına kadar uzansa da kullanımları son yıllarda yaygınlık kazanmıştır. Değişik tür ve tekniklerle baskı yapabilmeleri, geniş bir yelpazede kullanımlarına olanak tanımaktadır. Bu çeşitlilik ve yaygınlık, uzmanların ve bilim insanlarının 3 boyutlu yazıcıları çığır açıcı bir gelişme olarak nitelendirmelerini sağlamıştır. Uzmanlarca yakın bir gelecekte 3 boyutlu yazıcıların fabrikalar dışında evlerde de yaygın olarak kullanılacağı ve tüketicilerin de birer üretici hâline geleceği belirtilmektedir. Bu bağlamda “üre/tüketici” kavramı da literatüre girmiş bulunmaktadır. Üret-tüketiciler; üç boyutlu yazdırma işleminin nesnelere internetine entegre edilmesiyle, açık kaynak

kodlu yazılımlar kullanarak gerek kendi ihtiyacı için gerekse başkalarıyla paylaşmak üzere kendi ürünlerini yapabilecektir (Ege Bölgesi Sanayi Odası, 2017: 7-8; Rifkin, 2015: 100).

Tanım

3 boyutlu baskı mürekkep püskürtmeli bir yazıcıyı kâğıt üzerine mürekkep uygulamak yerine, hammaddeyi bir toz yatağı üzerine ekstrüde edecek şekilde nesne üretme projesidir. Bugün, 3 boyutlu baskı (3DP) ve katmanlı üretim (AM) terimleri birbirinin yerine kullanılmaktadır. Ek olarak, masaüstü imalat, hızlı imalat veya hızlı prototipleme bazen bu üretim yöntemini tanımlamak için kullanılır (Dodziuk, 2016: 283).

3 boyutlu yazıcılar, kullanıcıların bilgisayar ortamında çizmiş oldukları 3 boyutlu modellerin gerekli formata dönüştürülüp yazıcıya bu dosyanın gönderilmesi ile fiziksel nesnelere dönüştürülmesini sağlayan teknolojidir. Bilgisayar ortamında model çizimi gerçekleştirildikten sonra dilimleme programları kullanılarak nesne katmanlara bölünür ve CAD dosyası gerekli formata dönüştürülerek yazıcıya gönderilir. 3 boyutlu yazıcılarda ilk katman oluşturulduktan sonra diğer katmanlar da aynı şekilde üst üste nesneyi tamamlayana kadar devam eder (Barnatt, 2016: 3).

3 boyutlu baskı teknolojisi tek bir süreçten oluşmamaktadır. 3 boyutlu baskı birçok farklı teknoloji ve süreçler için kullanılmakta olan bir terimdir. 3 boyutlu yazıcılar ürünleri ve parçaları aşağıdan yukarıya doğru katmanlar oluşturarak tamamlamaktadır. 3 boyutlu sistemler sayesinde karmaşık yüzey geometrisine sahip nesnelere üretimi gerçekleştirilmektedir (Hornick, 2015: 8).

Tarihçe

3 boyutlu yazıcı ilk olarak Charles Hull tarafından 1984 yılında üretilmiş ve 1986 yılında ilk 3 boyutlu yazıcı şirketi kurulmuştur. Bu şirket tarafından geliştirilen SLA-250 isimli ilk 3 boyutlu yazıcı 1988 yılında tanıtılmış ve yine 1988 yılında Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri keşfedilmiştir. Renkli baskılar ilk olarak bu yazıcılardan 1993 yılında elde edilmiştir. 3 boyutlu yazıcıların satışına 1995 yılında başlanmıştır. Z Corporation ilk yüksek çözünürlüğe sahip ürünler üretebilen 3 boyutlu yazıcıyı 1996 yılında tasarlamıştır. Reprap adıyla ilk açık kaynak kodlu yazıcılar 2007 yılında piyasaya çıkmış ve bu sayede 3 boyutlu yazıcıları geliştirme imkânı da hızla artmıştır. Object Geometries şirketi 2008 yılında Connex500 adlı yazıcı ile aynı anda farklı malzemeler kullanarak ürün üretmeyi başarmıştır. Makerbot ve 3D Systems şirketlerinin geliştirmiş oldukları Cubify gibi modeller ile 2009 yılından itibaren ev tipi 3 boyutlu yazıcıların satışları artmıştır. 2013 yılından itibaren sektörde büyümeler gerçekleşmiştir (Çelik ve Çetinkaya, 2016: 152).

3 boyutlu yazıcılar ile ilgili temel gelişmeler yıllar itibari ile Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: 3 Boyutlu Yazıcıların Kronolojik Gelişimi (Akbaba, 2018: 24)

Yıl	Gelişme
1984	<ul style="list-style-type: none">• Charles Hull SLA teknolojisi kullanılarak ilk 3 boyutlu yazıcı geliştirildi.
1986	<ul style="list-style-type: none">• Charles Hull Stereolithografi yönteminin kullanım hakkını aldı.• Charles Hull, 3D Sytems firmasını kurdu ve ilk ticari 3D yazıcıyı geliştirdi.
1988	<ul style="list-style-type: none">• 3D Systems tarafından, SLA 250 isimli kullanıma yönelik ilk model tanıtıldı.• SLS ve FDM teknolojileri bulundu.
1989	<ul style="list-style-type: none">• Scott ve Lisa Crump Stratasys isimli 3 boyutlu yazıcı firmasını kurdu.
1991	<ul style="list-style-type: none">• Helisys firması ilk 3 boyutlu imalat sistemini sattı.
1992	<ul style="list-style-type: none">• Stratasys ilk FDM cihazını sattı.• DTM firması ilk SLS sistemini sattı
1993	<ul style="list-style-type: none">• Solidscape firması mürekkep püskürtmeli bir cihaz üretme amacı ile kuruldu.• Massachusetts Institute of Technology (MIT) 2 boyutlu yazıcılardaki mürekkep püskürtme yöntemini kullanarak 3 boyutlu obje üretimi ile ilgili bir kullanım hakkı aldı.• İlk renkli baskı alındı.
1995	<ul style="list-style-type: none">• Z Corporation şirketi MIT’in patentini lisansladı ve 3 boyutlu yazıcı satışına başladı.
1996	<ul style="list-style-type: none">• Stratasys "Genisys" modelini piyasaya sürdü.• Z Corporation "Z402" modelini piyasaya sürdü• 3D Systems "Actua 2100" modelini piyasaya sürdü. 3 boyutlu yazıcı kelimesi ilk defa kullanılmaya başlandı
1997	<ul style="list-style-type: none">• EOS firması stereolithografi firmasını 3D Systems’e sattı.
2007	<ul style="list-style-type: none">• Açık kaynak kodlu 3 boyutlu yazıcılar Reprap ismi ile çıktı. Böylece 3 boyutlu yazıcılara ulaşma ve onları geliştirme imkânı arttı.• İlk defa 10.000\$’in altına inen 3 boyutlu bir yazıcı, 3D Systems firması tarafından pazara sunuldu.
2008	<ul style="list-style-type: none">• Reprap’ın ilk versiyonu tamamlandı. Bu yazıcı kendi parçalarının %50 sini üretebiliyordu.• Object Geometries firması Connex500 modelini geliştirdi. Bu cihaz aynı anda farklı malzemeleri kullanabiliyordu.
2009	<ul style="list-style-type: none">• FDM teknolojisi patentinin 25 yıllık tek kullanım dönemi bitti. Böylece firmalar yasal sorunla karşılaşmadan FDM teknolojisini kullanarak 3 boyutlu yazıcı üretimine başladı.• Makerbot ve 3D Systems’in geliştirdiği modeller ile ev tipi 3 boyutlu yazıcıların sayısında artış oldu.
2011	<ul style="list-style-type: none">• Southampton Üniversitesi’ndeki mühendisler dünyanın ilk 3D baskılı uçağını tasarladı.
2012	<ul style="list-style-type: none">• 3 boyutlu yazıcı teknolojisi kullanılarak daha az komplikasyonlu kişiselleştirilmiş eklem protezi geliştirildi.
2013	<ul style="list-style-type: none">• Sektör açısından iyi bir büyüme ve sağlamlama yılı oldu.• Stratasys, Makerbot şirketini devraldı.
2014	<ul style="list-style-type: none">• Uzayda ilk 3 boyutlu yazıcı kullanıldı. Deneme amaçlı küçük parçalar ve el eşyaları üretildi.
2015	<ul style="list-style-type: none">• NASA, uzayda 3D yazıcı ile üretim yapmaya başladı.
2016	<ul style="list-style-type: none">• Adidas, 3B yazıcı ile ayakkabı tabanı üreteceğini açıkladı.• New Balance, tabanını 3D yazıcı ile ürettiği ayakkabısını piyasaya sürdü.

LİTERATÜR TARAMASI

Yap ve Yeong (2014), çalışmalarında moda ürünleri ve mücevherlerin üretiminde kullanılan teknolojilere genel bir bakış açısı sunmuş ve son teknoloji modelleme araçlarının yanı sıra 3 boyutlu yazıcılar ile üretilecek ürünlerin tasarım ve üretimi için gerekli ek prosedürleri tartışmışlardır.

Zhou, Lin, Zhang ve Shang (2014), çalışmalarında 3D baskı teknolojisinin temel çalışma prensiplerini tanıtmış, katmanlı imalat teknolojisinin yurt içi ve yurt dışı gelişim durumunu anlatmışlardır. Ayrıca havacılık sektörü için 3 boyutlu baskının önemini vurgulamışlardır.

Emre, Yolcu ve Celayir (2015), yapmış oldukları çalışmada 3 boyutlu yazıcıların sağlık alanında kullanımına ilişkin örnekler vererek 3 boyutlu yazıcıların cerrahi ve çocuk cerrahisi alanında kullanımı ile ilgili güncel verileri değerlendirmiş ve olası kullanım alanlarına ilişkin görüşler sunmuşlardır.

Dodziuk (2016), çalışmasında 3 boyutlu yazıcıların diş hekimliğinin yanı sıra tıp alanında ameliyatlara gerçekleştirilme biçiminde devrim yaratan uygulamaları hakkında bilgi vermiştir.

Hager, Golonka ve Putanowicz (2016), yaptıkları çalışmada binaların ve bina bileşenlerinin 3 boyutlu baskısı alanındaki mevcut başarılarla ilgili en son teknolojileri sunmuş ve 3 boyutlu baskı için model hazırlamada kullanılan araçları kısaca tartışmışlardır.

Özsoy ve Duman (2017), çalışmalarında 3 boyutlu yazıcı teknolojisinin tanıtılması ve eğitimde kullanılabilirliği üzerine araştırmalar yapmıştır.

Değerli ve El (2017), yapmış oldukları çalışmada 3 boyutlu yazıcıların çalışma prensipleri, gıda üretiminde günümüze kadar yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan hammaddeleri incelemiştir.

Uygunoğlu ve Özgüven (2019), geleneksel yapı üretiminde yaygın olarak kullanılan betonun ve 3 boyutlu yazıcıda kullanılan harcın taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini, bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmış ve 3 boyutlu yazıcıların gelecekte inşaat sektörüne nasıl yön vereceğini tartışmışlardır.

Kalender, Kılıç, Ersoy, Bozkurt ve Salman (2019), yaptıkları çalışmada havacılık endüstrisinde katmanlı imalat alanında yürütülen araştırma ve geliştirme faaliyetlerini incelenmiş ve deney çalışması yapmışlardır. Deneysel çalışmada, 3D yazıcı teknolojisi kullanılarak örnek bir roket ekipmanının ölçekli bir 3D prototipini üretmiş ve çalışmanın basınç parametrelerini incelemişlerdir.

Avcı, Eren ve Sezer (2019), yaptıkları çalışmada özgün tekstil yüzey tasarımları ortaya koymayı amaçlamışlar ve çalışma kapsamında tasarım ve üretim süreçlerini deneysel yöntemler ile gerçekleştirerek tasarladıkları tekstil yüzeyini 3 boyutlu üretim yöntemi ile üretmişlerdir.

Kim, Seong, Her ve Chun (2019), çalışmalarında FDM teknolojisine sahip 3 boyutlu yazıcı kullanılarak giysiler üretmişlerdir. Kullanılan malzemelerin, modelleme programlarının, baskı, üretim ve ürünün kullanım süreçlerinin kısıtlamalarını inceleyerek her bir sınırlamanın ortadan kaldırılması için çeşitli öneriler sunmuşlardır.

Saraçyakupoğlu (2020), 3 boyutlu üretim yöntemlerini standartlar çerçevesinde incelemiş ve 3 boyutlu üretim teknolojilerinin havacılık sektöründe gelebileceği aşamalara yönelik çalışmalar yapmıştır.

Özel, Zeren ve Alp (2020), yapmış oldukları çalışmada 3 boyutlu yazıcıların otomotiv sektöründe kullanımı ile otomotiv sektöründe 3 boyutlu yazıcıların bugünü ve geleceğini incelemişlerdir.

Erener ve Boz (2021), yaptıkları çalışmada eklemeli imalat yöntemlerine genel bir bakış sunarak 3 boyutlu yazıcıların çalışma prensipleri ve uygulama teknikleri hakkında bilgi vermişlerdir.

3 BOYUTLU YAZICILARIN KULLANIM ALANLARI

3 boyutlu yazıcılar hayatımızın birçok alanında kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründen sağlık sektörüne, havacılık ve uzay sektöründen gıda sektörüne birçok alanda kullanılmaktadır. Günümüzde hızla büyüyen ve kullanımı yaygınlaşan 3 boyutlu yazıcılar ile hayal edebildiğimiz birçok şeyi üretmemiz mümkün hale gelmektedir. Aşağıda 3 boyutlu yazıcıların farklı kullanım alanları örneklerle açıklanmıştır.

Eğitim

Eğitim alanında 3 boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanılması mümkündür ancak doğru bir biçimde verimli kullanılabilmesi için nitelikli eleman, teknik destek, donanım ve yazılımlara erişim noktasında gerekli alt yapının sağlanması gerekmektedir. Meraklı, sorgulayan ve hayal gücü sınırsız çocuklar için 3 boyutlu yazıcı teknolojileri fikirlerin neticeye kavuşmasında gerekli bir araçtır. Eğitim sektöründe 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin kullanımına yer verilmesi sonucunda öğrenciler fikirlerini somut nesnelere dönüştürüp, hayal güçlerinin gelişmesini sağlayacaktır (Özsoy ve Duman, 2017: 44).

3 boyutlu yazıcıların, nesnelere interneti ve oyunlaştırma STEM kapsamında Uluslararası Teknoloji Topluluğu tarafından 5 sene içerisinde eğitim teknolojileri içinde yer alacağı belirtilmiştir. Öğrencilere 3 boyutlu yazdırma teknolojisini proje tabanlı olarak da uygulamak mümkündür. Öğrencilerin katılımlarını destekleyen bu yöntem sayesinde öğrenciler hem daha aktif bir şekilde rol alacak ve bunun yanında çeşitli araç gereçler kullanarak öğrencilerin hayal gücü gelişecek farklı bakış açıları ve fikirlerin oluşmasının yanı sıra bu akademik, sosyal ve hayat becerilerinin birlikte ele alınması sağlanacağı teknoloji kullanımı vurgulanmaktadır. 3 boyutlu tasarımların düşündürülmesi ve hayal edilmesini destekleyen öğrenci merkezli çalışmaların yapılması öğrencilerin kendilerini geliştirmesini, yeni ve orijinal fikirler üretmelerini sağlayan bir eğitim modelinin oluşturulmasına destek sağlayacaktır (Özsoy ve Duman, 2017: 45).

İlköğretimden üniversiteye kadar, okullarda kullanılan 3 boyutlu yazıcılar öğrencilerin hayal gücünü artıran ve yeni öğrenme fırsatları sunan bir teknolojidir. Bu teknoloji eleştirel düşünme açısından paradigmayı değiştirirken, öğrencilere mantıklarını kullanarak sorunları

çözen fiziksel nesnelere üretme yetkisi vermektedir. Etkileşimli, mekanik ve teknik dersler oluşturmak için bazı okullarda 3 boyutlu baskı teknolojileri kullanılmaktadır. Bu, genç akıllara ilham vererek öğrenmeyi daha eğlenceli hale getirmektedir. Mimarlık eğitimi, sanat eğitimi, biyoloji eğitimi, kimya eğitimi, jeoloji eğitimi, tarih eğitimi, matematik eğitimi, bilim ve mühendislik eğitimi gibi alanlarda 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin kullanımına aşağıdaki örnekler verilebilir (Kökhan ve Özcan, 2018: 81-85):

- Biyoloji dersinde öğrenciler 3D yazıcılar sayesinde organ modelleri üretebilir ve bunlar üzerinde detaylı incelemeler ve deneyler yapabilirler.
- Kimya dersinde öğrenciler moleküllerin elle tutulur modellerini 3D yazıcı ile üretebilir ve karmaşık yapılarını kolayca anlayabilirler.
- Tarih dersinde öğrenciler eski dönemlere ait kalıntıların 3 boyutlu modellerini 3D yazıcılarda kolaylıkla üretebilirler.
- Matematik dersinde alan-hacim hesapları, geometrik şekiller, fonksiyonlar ve kartezyen sistemin uzayda gösterimi gibi zor konular 3D yazıcılar ile basitleşmektedir.
- Mühendislik ve tasarım öğrencileri projelerinin prototiplerini veya parçalarını 3D yazıcılar ile kolayca üretebilir.
- Mimarlık öğrencileri projelerinin 3 boyutlu modellerini kısa sürede üretebilir.
- Grafik tasarım öğrencileri çalışmalarının 3 boyutlu modellerini 3D yazıcılarda üreterek tasarımlarını hayata geçirebilir.
- Teknik lise öğrencileri kendi ilgi alanları ve projeleriyle alakalı olarak yedek parça, modifiyeli yedek parça ya da inovatif mekanik parçaların üretimini 3D yazıcılar ile gerçekleştirebilir.

Hızlı prototipleme teknolojisi alanındaki eğitim bu eğilime mükemmel bir şekilde uyuyor. Birleşik Krallık'ta, 3 boyutlu yazıcıları kullanan eğitim programları ortaya çıkmaya başladı. Sınıflar ayrıca öğrenciler için daha ilgi çekicidir ve bilgilerini sadece teorik olarak değil, aynı zamanda pratikte de genişletmelerine olanak tanır. Hayal gücü üzerinde dikkate değer bir etkiye sahiptirler, bu nedenle onlar sayesinde çocukların fikirleri gerçek projelere dönüştürülebilir. 3 boyutlu baskı teknolojisi de yüksek öğretimde daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Yazıcılar orada sadece araştırma için değil eğitim amaçlı da kullanılmaktadır. Sadece bir merak değil, aynı zamanda daha çekici hale gelen ve sınıfların tematik uygulama kapsamını genişleten 3B teknolojisini kullanarak sınıfları çeşitlendirir (Szulzyk Cieplak ve Sidor, 2014: 96-101).

Havacılık ve Uzay

3 boyutlu yazıcı teknolojisi havacılık alanında önem verilen bir alan olmaktadır. Havacılık alanında uçak motoru üreten GE Aviation şirketinin 2012 yılında katmanlı imalat alanında uzman olan Morris Technologies firmasını satın alması buna bir örnek olarak verilebilir. Morris

Technologies firması CFM şirketi tarafından geliştirilmiş olan Leap motorunun bazı parçalarının 3 boyutlu yazıcılarda üretilmesini planlamaktadır (Kara, 2013: 72).

3 boyutlu yazıcı teknolojisinin en önemli avantajlarından birisi karmaşık yüzey geometrisine sahip olan parçaların basımının mümkün hale gelmesidir. Bilgisayar ortamında eğer bir parçanın 3 boyutlu çizimi gerçekleştirilebiliyorsa istisnasız olarak o parçanın dilimleme programında katmanlara ayrılarak üretiminin katmanlar halinde üst üste eklenmesi ile üretim gerçekleştirilebilir. 3 boyutlu yazıcılar ile artık sadece plastik parçaların üretimi yapılmayıp son yıllarda yapılan geliştirmeler sonucunda metal parçalarında basımının üretimi sağlanmaya başlanmıştır. Örnek olarak 316L ve 17-4PH paslanmaz çelik, Al-Si-a0 ve Al-Si-12 alüminyum alaşımları, H12 takım çeliği, titanyum CP, Ti6Al4V ve Ti6Al7Nb titanyum alaşımları, cobalt-chrome (ASTM75), 718 ve 625 incolen gibi maddeleri kullanan Renishaw şirketi bu maddeler ile metal parçalar üretimini gerçekleştirmiştir. Yapılan gözlemler sonucunda dövme yöntemi ile üretilen parçalara nazaran Ti6Al4V ve Incolen 718 kullanılan parçaların ısıl işlem sonrası özelliklerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Metal esaslı katmanlı üretim teknolojisi havacılık sanayisi alanında kullanılmaya başlanmış bu teknolojiye lazer yardımı ile eritilen Ti6Al4V, TiCP, 17-4, 316L gibi paslanmaz çelik gibi metallerin tozları kullanılmaktadır. Uçak gövdeleri ve motor üreten firmaların karmaşık parçaları üretmek için bu teknolojiyi kullanmaktadır (Kara, 2013: 72).



Şekil 1. 3D Baskı Teknolojisiyle Üretilmiş Uçak Motoru
(Kaynak: <https://www.tridi.com>)

Uçak parçaları geometrik olarak çok zor parçalardır. Son zamanlarda uçakların imalatında ağır metallerin yerini hafif kompozit parçalar almaya başlamıştır. Bunun yanında küçük bir yolcu uçağının imalatında halen birkaç ton titanyum kullanılmaktadır. Üretilen bu parçaların çoğu talaşlı imalat yöntemi ile üretilmektedir. Bu üretim esnasında kullanılan malzemenin %90'ı kesilip atılmaktadır. 3 boyutlu yazıcı teknolojisi sayesinde talaşlı imalatta oluşan malzeme

sarfıyatının da önüne geçilerek hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de çevreye daha az zarar verilmektedir (Kara, 2013: 72).

Katmanlı imalat havacılık sanayisinde zaman, yetkin çalışan ve hurda malzeme miktarının çok olmasından dolayı pahalıya mal olan döküm, dövme ve talaşlı imalatta kullanılan parçaların fiyatlarına göre daha avantajlıdır. Bunların yanında parçalar için gerekli olan kalıp ihtiyacının azaltılması hatta bazen hiç ihtiyaç duyulmaması ile yeni parçaların geliştirilmesi hızını da artırmaktadır. Katmanlı imalat yedek parça bakımından potansiyel çözüm olarak görülmektedir. Hava araçları çoğunlukla öngörülen ömürlerinden daha uzun süre kullanılmaktadır ve hava araçları için yedek parça önemlidir ve bu parçalar karmaşık yapılarda, zaman alıcı ve pahalıdır. İhtiyaç duyulması halinde yedek parçanın üretimden kalkmış olması ihtimali doğrultusunda ihtiyaç duyulan parçanın üretimi uzun bir zaman alacaktır ve bu durumda hava aracının yerde kalmasına sebep olacaktır. Havacılık alanında kullanılan araçların performanslarında belirleyici olan parametrelerden biri ağırlıktır. Bu yüzden bir uçağın imalatında ağırlık kritik bir noktadır. Örneğin bir yolcu uçağını oluşturan parçaların ağırlığındaki 1 kg'lık azalma yılda yaklaşık olarak 3000\$'lık bir yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Bunun yanında karbondioksit emisyonunda da azalma oluşacaktır (Kara, 2013: 72-73).

Sağlık

3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin kullanıldığı alanlardan biride sağlık sektörüdür. Sağlık sektöründe 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin kullanımının son yıllarda giderek arttığı görülmektedir. 3 boyutlu yazıcı teknolojilerin yaygın olarak kullanıldığı alanlar mühendislik ve medikal alanlar olmaktadır. Sağlık alanında kullanılan 3 boyutlu yazıcı teknolojileri ile genel ürün geliştirme çalışmaları, yapay doku ve organ baskısı, kişiye özel cerrahi ve medikal cihazlar, işitme cihazları, kol, bacak, yüz gibi uzuv protezlerinin üretiminin yapılmasının yanında ağız ve diş sağlığı alanında dental ve implant uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Arslan, Yaylacı, Eyüpoğlu ve Kürtüncü. 2018: 101).



Şekil 2. 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisi İle Üretilmiş Protez Kol

Kaynak: www.ucboyutluyazici.com

Cerrahlar, beyin ve kalp gibi insan organlarının 3 boyutlu modellenmesi ve baskısı ile daha iyi sonuçlar elde edecekleri operasyonları gerçekleştirme imkanına sahip olurlar. 3 boyutlu yazdırma teknolojisi ile anatomik ve fizyolojik olarak karmaşık yapıya sahip olan organların modellenmesi ile operasyonlar gerçekleşmeden önce organın anatomisi anlaşılmasını sağlamaktadır. Tedavilerin planlanmasında yaygın olarak kullanılan 3 boyutlu baskı teknolojileri kısa ve başarılı operasyonlar için de katkı sağlamaktadır (Beskan vd., 2020: 67).

3 boyutlu yazıcıların sağlık alanındaki genel kullanım amaçları örneklerle aşağıda verilmiştir (Dodziuk, 2016: 283-293; Emre, Yolcu ve Celayir, 2015: 77-82):

• **Hücreleri mürekkep olarak kullanarak canlı doku ve organ üretimi (bioprinting):**

Inkjet bioprinting: Bu yöntemde biyolojik mürekkep içine, damlacıklar halinde doku mühendisliği ile üretilmiş otolog hücreler eklenir. Ekstrüder adı verilen başlıkta depolanmış mürekkep, piezoelektrik ya da termal enerji ile ısı kontrollü polimerize bir doku iskeleti üzerine iki boyutlu olarak yayılır.

Extrusion bioprinting: Temaslı bir baskı yöntemidir. Doku iskeleti için ısı kontrollü polimerize materyal kullanır. Temaslı bir yöntem olduğu için hücrelere zarar verir. Bu nedenle doku mühendisliğinde asellüler iskeletin basımında tercih edilir. Başlık içine depolanmış substrat, temaslı bir şekilde mekanik ya da pnömotik yöntemle biyoiskelet üzerine püskürtülür.

Laser bioprinting: Pulsed bir lazer kaynağından çıkan lazer ışınları ile hücre emdirilmiş amorf doku iskeleti, kenarlarından buharlaştırılarak sanki taştan heykel yontuluyormuş gibi şekillendirilir.

• **3D baskı ile ortez, protez, implant üretimi:** Hastanın kendi dijital görüntülerinin kullanılarak kısa sürede, kişiye özel, ucuz implant ve protez üretebilme imkânı dişçilik, ortopedi, plastik cerrahi, nöroşirurji, göğüs cerrahisi ve kalp cerrahisi alanlarında oldukça popülerleşmiş ve günlük kullanıma girmiştir. Diş, kemik ve kırık yapılar bilgisayarlı tomografi ve MR görüntüleme herhangi bir "ince ayar" işleminden geçirmeye gereksinim duymadan hacimlendirilebildiğinden özellikle kemik ve kırık defektlere yönelik hızlı üretim yapılabilmektedir.

• **Sanal cerrahi planlama ve radyolojik uygulamalar:** Özellikle onkolojik cerrahi, travma cerrahisi ve rekonstruktif cerrahide operasyon öncesi planlama, rezektabilite değerlendirilmesi, operasyona özgü kılavuz, demonstratif kopya oluşturma ve oluşacak defektlerin ne şekilde onarılacağını planlamada kullanılmaktadır.

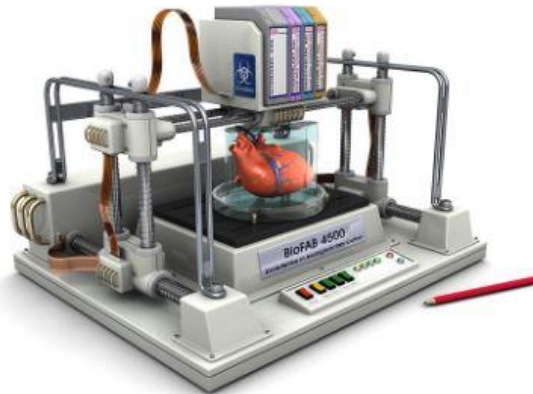
• **Sağlık eğitiminde 3 boyutlu basılmış modeller kullanımı:** Diğer eğitim alanlarında olduğu gibi sağlık eğitimi alanında da bilgisayar teknolojisi ve yazılımlarda sağlanan ilerlemeler görsel materyallerin eğitimde kullanımını artırmaktadır. Önceleri 3 boyutlu dijital görseller ve animasyonlar eğitimde sıklıkla kullanılırken giderek simülatörler, gerek çizim gerekse hastaların radyolojik görüntülerinin hacimlendirilmesi (Volume rendering) yoluyla üretilen gerçek hastalık modellerinin kullanımı hem hasta, hem öğrenci hem de asistan eğitiminde yaygınlaşmaktadır.

• **Cerrahi enstrüman üretimi:** Hızlı prototipleme sayesinde işleme özgü, cerrahın ihtiyacını gidermeye yönelik, düşük maliyetli ve ergonomik enstrüman üretimi mümkün olmaktadır. Kullanılan baskı yöntemi ve materyale göre maliyet, baskı süresi ve enstrüman dayanıklılığı değişmektedir. Birçok merkezde dayanıklılık ve maliyeti düşürmeye dönük çalışmalar yapılmaktadır.

• **Farmakolojik uygulamalar:** 3 boyutlu yazıcıların ilgi çekici kullanım alanlarından biri de ilaç sektörüdür. Bu alandaki çalışmalar ağırlıklı olarak kişiye özgü dozların hazırlanması, birçok ilacın aynı anda alınmasını sağlayan çok katmanlı (multilayer) ilaç hazırlanması ve ilaçların homojenize formlar haline dönüştürülmesi üzerinedir. Biyoprinter içindeki mürekkep damlacıkları içindeki ilaçlar sıklıkla selüloz, biyoseramik, mikroporlu kâğıt gibi iskelet üzerine inkjet tekniği ile püskürtülür. Böylece kişiye özgü dozda tabletler her köşesinde eşit doz olacak şekilde, aynı anda çok sayıda ilaç kullanılması gerekiyorsa aynı tablete katman katman sığdırılmış bir şekilde üretilir. Özellikle yaşlı-unutkan, bakım evlerindeki hastalar ya da doz ayarlaması zor çocuk ve organ yetmezlikli hastalarda karşılaşılan sorunların önüne geçilmiş olur.

Medikal alanda kullanılan 3 boyutlu yazıcılar sayesinde istenilen yerde uygun maliyetlerde hastalara özel protezlerin üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Estetiklik ve fonksiyon açısından istenilen özelliklerde olan ve kullanacak olan hastanın ihtiyacına uygun boyutta ve şekilde tasarlanıp baskısı gerçekleştirilebilmektedir. Protezlerin üretiminde kullanılan 3 boyutlu yazdırmada metal kullanımı henüz yaygın olarak kullanılmadığından 3 boyutlu yazıcılarla üretilen protezlerin uzun süreli dayanıklılığı bulunmamaktadır (Beskan vd., 2020: 67).

Doku ve organların 3 boyutlu yazıcılarda baskılarının gerçekleştirilerek tıbbi eğitim ve öğretimde uygulamalı olarak kullanılması mümkündür. Hastalık ve senaryo modellerinin 3 boyutlu yazıcılarda baskılanması sayesinde vaka çalışmaları için geçerli olan sınırlı sayının katılımı probleminin giderilmesi ve bu sayede hem tekrarlanabilir uygulamalar hem de daha fazla katılımının gerçekleşmesi mümkün kılınmaktadır. Dokular üzerindeki uygulamalar sonucunda tahribata uğraması problemi de 3 boyutlu baskı ile yapılan dokular ile çalışılarak ortadan kalkmaktadır (Beskan vd., 2020: 67).



Şekil 3. 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisi İle Yapay Doku ve Organ Üretimi
(Kaynak: <http://www.voksel.com.tr>)

3 boyutlu yazıcılar sayesinde üretimi gerçekleştirilen dokular ile tıbbi araştırmalarda etkinlik ve etkililik testleri gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında organ nakli ve rejeneratif tıpta kullanılma potansiyeline de sahiptir. Bu alanda yapılmış olan çalışmalar sonucunda doku iskelelerine hücre ekim performansının istenilen seviyede olmaması ve kütle transferi problemleri ile özellikle vaskülarizasyon sorunları nedeniyle fonksiyonel doku üretimi gerçekleştirilememiştir. Ancak, doku ve organların filtrasyon, sekresyon/eksresyon ve pompalama gibi mekanik özellikleri modellenerek üretilebilmiştir (Noor, Shapira, Edri, Gal, Wertheim, Dvir, 2019: 5).

3B yazıcılar sayesinde kişiye özel cerrahi cihazlar, yüz ve bacak protezleri, işitme yardımcılarını üretilebildiği gibi, diş alanında dental uygulamalar, ortopedik implantlar ve diş hizalayıcıları sıklıkla gerçekleştirilen uygulamalar arasında yer almaktadır. Ayrıca cerrahi alet üretimi, yumuşak doku ve hücre baskı, biyomedikal iskelet sistemleri, ortopedik ayak ürünleri gibi konularda da 3B yazıcı uygulamaları gün geçtikçe daha fazla kullanılmaktadır (Sağlık Sektöründeki Yeni Umut Işığı: 3D Printer Teknolojisi, 2014). Uluslararası alanda 3B yazıcılar sağlık sektöründe sıklıkla kullanılan teknolojiler arasında yer almaktadır. Örneğin, İngiltere'de 3B yazıcı kullanılarak leğen kemiği üretilmiş ve böylece hastanın değnek yardımıyla yürümesi sağlanmıştır. Hollanda'da ise, 3B yazıcı ile kafatası üretilmiş ve hastanın kafatası değiştirildiğinde beyin fonksiyonlarını rahat bir şekilde geri kazandığı tespit edilmiştir (Sağlık Sektöründeki Yeni Umut Işığı: 3D Printer Teknolojisi, 2014). Belçika'da iki ayrı hastaya 3B yazıcıda üretilen yüz ve çene nakli gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de sağlık alanında 3B yazıcıların dikkat çeken önemli kullanım örneklerinden biri olarak; Sabancı Üniversitesi "3 Boyutlu Doku ve Organ Basımı Projesi" gösterilebilir. Bu projede 3B yazıcılar kullanılarak canlı hücrelerden aort damar doku örneği üretilmiştir. İleriki aşamalarda ise, 3B yazıcı aracılığıyla doku ve organ üretimi gerçekleştirilmesi planlanmaktadır (Kuzu Demir vd., 2016: 481-503).

Gıda

3D baskının temel ve devrim niteliğindeki uygulamalarından biride gıda endüstrisini dijital çağa taşınmasıdır. Bu teknolojinin uygulanması, hızlı otomatikleştirilmiş ve tekrarlanabilir süreçler, tasarım özgürlüğü ve ayrıca her bölge veya kişi için özelleştirilebilen pişirme işleminin büyük ve kolay değişkenliğine izin vermektedir. Robotik katman tabanlı gıda baskı sistemlerinin kullanılması, operatör hatası olmaksızın birçok kez tekrarlanabilir ve yüksek kaliteli yemekler hazırlamak için gıdanın tarifinin sayısallaştırılmasına ve saklanmasına olanak tanır. Ayrıca, yemeğin şekli ve dekorasyonu müşteriye veya duruma göre kişiselleştirilebilir. Choc Edge şirketi Choc Creator adındaki dünyanın ilk ticari 3D çikolata yazıcısını pazarlamaktadır. Eritilmiş olan çikolatayı istenilen desen ve şekle dönüştürerek üretmek için çeşitli ağızlar kullanılmaktadır. 3500\$'lık fiyatı ile evlerde kullanımı için pahalı görülse de belirli müşteri ve etkinliklere göre uyarlanmış olan niş mağazalarda kullanımı için başarılı olabilir (Gebhardt ve Fateri, 2013: 4).

Gıda üretiminde 3 boyutlu yazıcılar, gıda tasarımı ve kişiselleştirilmiş gıda talebini karşılamak için kullanılabilir. Üretilen gıda için kullanılan malzemelere göre farklı işlemler uygulanmaktadır (Godoi, Prakash ve Bhandari, 2016: 45).

3 boyutlu yazıcıların kullanımı gıda sektöründe hem gıda ambalajlamada hem de gıda üretiminde kullanılmaktadır. 2001 yılında Nanotek Enstrümanları firması tarafından ilk olarak bir pasta tasarlanmış ve 3 boyutlu yazıcıda üretilerek patenti alınmıştır. Birden fazla materyal kullanılarak 2009 yılında Electrolux Desing Lab. Yarışmasında 3 boyutlu yazıcılar ile Moleculaire adı verilen gıdanın tasarımı yapılmıştır. Özel tasarlanmış olan katmanlı gıda kartuşlarını Philips 2008 yılında tanıtmıştır. Uzayda kullanılması için NASA tarafından gıda yazıcıları dizayn edilmiştir (Aldanmaz ve Sever, 2020: 2).

Gıda alanında kullanılan 3 boyutlu yazıcılar ile gıda üretiminin sağlanmasının yanında üretilen gıdalara yapısal özellikler eklenmekte hatta besin içeriklerinin de artırılması mümkün hale gelmektedir. Gıda sektöründe özellikle özelleştirilmiş ürünler için kullanımı yaygınlaşmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar kullanılarak üretilen gıda ürünlerinde şekillerinin bozulmaması için bazı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkı maddeleri içerisinde en yaygın olarak kullanılanı transglutaminaze ve xanthan gam'dır. Gıda sektöründe kullanılan basım malzemeleri basılabilirliklerine göre iki gruba ayrılmaktadır (Aldanmaz ve Sever, 2020: 2).

Enjektörden düzgün bir şekilde ekstrüzyona tabi tutulabilen hidrojel yapıdaki peynir, humus, çikolata gibi maddeler basılabilir malzemelere örnektir. Bunun dışında 3 boyutlu yazıcılarda toz madde olarak şeker, nişasta ve püre patates karışımı da test edilmiştir. Makarna hamuruyla yapılan testlerde de başarılı sonuçlar alınmıştır. 3 boyutlu yazıcılarda doğal bir şekilde yazdırılabilen materyaller ile yapılmış olan besinlerde tat, besin değeri ve dokuları üzerinde tamamen kontrol sağlanabilmektedir. Bunların yanında et, pirinç, meyve, sebze gibi doğası gereği yazdırılamayan ürünler olsa da bu durum da aşılamak gibi zira Aleph Farms şirketi geliştirmiş oldukları 3 boyutlu biyo baskı teknolojisi ile hayvan hücreleri kullanarak dünyada ilk kez pirzola üretmiştir. Üretilen pirzolanın tadının benzer olması için ineğin biftek kısmından dokular alınmış ve laboratuvar ortamında kuluçka makineleri kullanılarak hayvan hücrelerine dönüştürülmüştür. 4 farklı hayvan hücresi elde edilmiş ve bu hücreler biyo 3 boyutlu yazıcıda kullanılmak için hazır hale getirilmiştir. Firma Üretmiş oldukları pirzolar ile ilgili olarak *"Pirzola, öldürülen ineklere benzer bir kas yapısına ve yağ oranına sahiptir ve en az marketlerden alacağınız etler kadar yumuşak ve lezzetlidir"* ifadelerini kullanmıştır (Aldanmaz ve Sever, 2017: 8; Tanrıverdi, 2021).

Tekstil

3 boyutlu yazıcılar tekstil alanında iki amaç doğrultusunda kullanılmaktadır. İlk olarak giysinin bütünü bu yöntemle üretilebilmekte, ikinci olarak ise temel olarak görülen dokuma veya örme ile oluşturulmuş yüzeylere alternatif farklı bağlantı şekilleri ve yüzeyler elde edilebilmektedir. Günümüzde 3 boyutlu yazıcıların ticari alanlarda kullanılan birçok çeşidi bulunmaktadır. Moda ve tekstil alanında kullanılan FDM, SLS ve Polijet teknolojisine sahip yazıcılar ile yapılmış örnekler bulunmaktadır (Yıldıran, 2016: 158).

3 boyutlu yazıcılar moda endüstrisinde prototipler, haute couture çalışmaları ve özelleştirilebilir ürünler üretmek ve geliştirmek için kullanılmaktadır. Nike, 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinden SLS teknolojisini kullanarak Vapor Laser Talon ve Vapor Hight Agility kramponlarında kullanılan hafif plakaları üretmiştir. Denemeler ve testler sonucunda birtakım sorunlar olduğu görülmüş ve bu sorunlara karşılık kilit ve plakanın geometrisini yeniden

tasarlamışlardır. Nike, 3 boyutlu yazıcılar ile prototip oluşturma ve nihai üretim süresini iki ile üç yıldan altı aya indirmiştir (Vanderploeg, Lee ve Mamp, 2016: 171).

3 boyutlu yazıcılar tekstil alanında iki amaç doğrultusunda kullanılmaktadır. İlk olarak giysinin bütünü bu yöntemle üretile bilmekte, ikinci olarak ise temel olarak görülen dokuma veya örme ile oluşturulmuş yüzeylere alternatif olarak farklı bağlantı şekilleri ile alternatif yüzeyler elde edilebilmektedir. Günümüzde 3 boyutlu yazıcıların ticari alanlarda kullanılan birçok çeşidi bulunmaktadır. Moda ve tekstil alanında kullanılan FDM, SLS ve Polijet teknolojilerine sahip yazıcılar ile yapılmış örnekler bulunmaktadır (Düzgün ve Çetinkaya, 2019: 22).

Geleneksel giyim üretiminde kalıp ve numunenin hazırlanması zaman alıcı bir işlemdir. 3 boyutlu yazıcı teknolojisi sayesinde moda ve tekstil materyallerinde esneklik sağlanmaktadır. 3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile giysi üretmenin başka bir avantajı ise giysi üretimi için herhangi bir fabrika ya da atölyeye ihtiyaç duymamaktır. Giysinin tasarım aşamasında modellerin vücutlarının taranması sayesinde giysinin vücuda tam olmasını sağlamaktadır. Tasarım sürecinde ilk olarak insan vücudu taranır ve kolsuz ve bacaksız olarak bir kalıp 3 boyutlu bir şekilde çıkarılır. Bu aşamadan sonra en uygun kalıpta 3 boyutlu olarak çıktının alınabileceği bir model oluşturulur. Taramalar gerçekleştirilirken gerçek insan vücudu kullanılmaktadır. Genellikle bu taramalarda dört insan vücudu kullanılarak veriler toplanmaktadır. İnsan vücudunda 30 nokta üzerinden yapılan ölçüm değerleri ile örnek bir model ortaya çıkarılır (Yıldıran, 2016: 161).

Kalıbın elde edilebilmesi için insan vücudu 360 derece olarak taranmaktadır. İlk kalıp ayaktaki bir insan için alınır ve daha sonra oturan, koşan ya da diğer hareketler için alternatif çizimler oluşturulur. Daha sonraki aşamalarda ise vücudun diğer parçaları oluşturulur ve tasarımcı bilgisayarda bu parçalar üzerinden giysinin öğelerini meydana getirir. Yazıcıların çıktı alanlarının sınırlı olmasından ötürü elde edilecek olan parçaların büyüklüklerinin ve alanlarının iyi planlanması gerekmektedir. Bunun yanında kullanılan materyallerin belirli kalınlıkta olduğunu düşünerek (150mm x 150mm ve 2mm kalınlıkta) çıktıların bu ölçüler doğrultusunda hesaplamalarının yapılması gerekmektedir (Yıldıran, 2016: 161).

3 boyutlu yazıcılar moda ve tekstil alanında, malzeme, tasarım ve üretim süreçlerinin birleştirilmesini sağlamış olan teknolojik bir yeniliktir. Henüz yaygınlaşmamış olsa da hazır giyim koleksiyonlarında 3 boyutlu yazıcılarla yapılmış tasarımların önü açılacaktır. İlk kez 2000 yılında 3 boyutlu yazıcılarla giyilebilir bir örnek olarak, endüstri mühendisi olan Jiri Evenhuis ve tasarımcı olan Janne Kyttanen Siyah Drape Elbise geliştirmiştir. Bu elbisenin üretiminde SLS tipi 3 boyutlu yazıcı teknolojisi kullanılmıştır. Üretilmiş olan elbise New York'ta MOMA (Museum of Modern Art) müzesinde bulunmaktadır (Yıldıran, 2016: 163).

İnşaat

Günümüzde inşaat sektöründe birçok yenilik ve gelişmeler görülmektedir. Bu gelişmelerden biride büyük ölçekli 3 boyutlu yazım kapasitesine sahip olan yazıcıların gelişimidir. Bina endüstrisinde de kullanılan bu teknoloji sayesinde üretilen 3D beton yazdırma hem maliyet açısından hem de hız açısından avantajlıdır. Hem mimari yönden hem de yapısal tasarım yönünden de çok büyük özgürlük sunmaktadır. Eklemeli imalat yönteminin kullanıldığı 3 boyutlu

yazıcılarda modeli oluşturmak için malzeme katman katman üst üste koyularak 3D model ortaya çıkarılır. Maliyetlerdeki verimlilik ve üretim hızındaki avantaj tüketici ve müteahhit açısından büyük fayda sağlamaktadır (Deksi, 2016: 74).

3 boyutlu yazıcılar ile binalar hızlı ve verimli bir şekilde inşa edilebilir. 3 boyutlu yazıcılar sayesinde mühendisler inşa edilecek olan yapının daha güvenli ve sağlam olacak şekilde zor geometrilere sahip tasarımlarda yapabilmektedir (Sakin ve Kiroğlu, 2017: 3).

Shanghai WinSun gibi şirketler geçtiğimiz yıllarda 3 boyutlu yazıcıları alçak katlı binalar inşa etmek için kullanmaya başlamışlardır. Kır villası ve 5 katlı konut bloğunun inşasını 3 boyutlu yazıcılar ile gerçekleştirmişlerdir. Şirket yöneticileri bu dene sonucunda kullanılan inşaat malzemesinin geleneksel yöntemle göre %60 ve sürenin %30 azaldığını söylemişlerdir. Bunların yanında inşaatta görevli ekibin işgücünün beş kat azaldığını ve buna bağlı olarak iş kazaları ve yaralanma risklerinin de azalacağını öngörmektedirler (Shatornaya, Chislova, Drozdetskaya ve Ptuhina, 2017: 2).

3 boyutlu yazıcılar genellikle malzeme gereksinimlerini azaltmak, özel nesnelere üretimini gerçekleştirmek, işçiliği azaltmak ve hızlı prototip oluşturmak için kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe 3 boyutlu yazıcıların kullanılması ile şantiyeye nakledilecek olan malzeme miktarının azaltılması, benzersiz binaların inşası, gerekli işçi sayısının azaltılması ve binaların daha kısa sürede inşası gerçekleştirilebilir (Kreiger, MacAllister, Wilhoit, Case, 2015: 151).

Bu alanda yapılan çalışmalardan bazıları:

- Tam ölçekli ilk 3 boyutlu inşaat projesi "Canal House" dur.
- 3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile inşa edilen 298,5 m² alana sahip ilk konut projesi Rusya'da bulunan "Yaroslavl" dır.
- Dünyanın ilk 3B baskı ile oluşturulan yaya köprüsünün tasarım ve inşasını Institute of Advanced Architecture Catalonia üstlenmiştir.
- Resmi düzenlemelere uygun ilk ofis-otel Kopengah'da 3D Printhuset tarafından inşa edilmiştir (Özalp, Yılmaz ve Yaşar, 2018: 63).

3 boyutlu yazıcıların inşaat sektöründe kullanılması ile en küçük bir parçadan binanın tamamına kadar yazdırılabilen yazıcılar geliştirilmiştir. Bu yazıcıların her biri farklı dönemlerde farklı alanlarda kullanılmış ve yapılan çalışmalar sonucunda inşaat sektöründe 3 boyutlu yazıcıların kullanımı için birçok gelişmeye katkı sağlamıştır. Kullanmış oldukları malzeme ve teknolojiler farklıdır (Felek, 2019: 292).

2007 yılında D-Shape, Enrico Dini tarafından icat edilmiş olan D-Shape inşaat sektörü için icat edilmiş dünyadaki ilk 3 boyutlu yazıcıdır. Bu yazıcı ezilmiş olan dolomit kireçtaşının sağlam malzemelere dönüştürülmesini sağlar. Lazer Sinterleme metodu toz parçacıklarının lazer ışınları ile birleştirilmesidir. Bu sistem, Lazer Sinterleme metodunda olduğu gibi toz parçacıklarını esas alır. D-Shape yazıcılarının şimdiki sürümü 6mx6m alüminyum çerçeve üzerine kurulmaktadır. Bu çerçeve sayesinde belirli uzunlukta sürekli hareket sağlanmaktadır. Kirişler üzerindeki motorlar sayesinde sistemin yukarı ve aşağı doğru hareket etmesi sağlanmaktadır. Bu motorlar baskı işlemini gerçekleştirir. D-Shape yazıcılar 300 nozula sahiptir. Yazıcının kafası tabana, kafa kısmına dik olarak çalışan bir alüminyum ışınla bağlanmıştır. Yapı malzemesi olarak alüminyum

kullanılmıştır. Hafif ve kolay bir şekilde taşınabilmektedir. Bu sayede iki işçi tarafından kısa sürede istenilen alanda kurulabilir. D- Shape yazıcılar kum ve inorganik bağlayıcıları kullanarak basım işlemini gerçekleştirirler (Felek, 2019: 292).



Şekil 5. D-Shape 3D Yazıcı
(Kaynak: <https://3dprintingindustry.com>)

Behrokh Khoshnevis tarafından Southern California Üniversitesi Bilgi Teknolojileri Enstitüsü'nde ortaya koyulmuş olan Contour Crafting sayesinde bilgisayar ile kontrol edilebilen vinç veya makas kullanılarak bina baskısı yapılmaktadır. Bu teknoloji çok az el emeği ile hızlı ve verimli bir yapı oluşturur. Tasarlanma amacı ilk olarak endüstriyel parçalar üretmek için olsa da daha sonra Behrokh Khoshnevis tarafından düzenlenmiştir. Yaşanan doğal afetler nedeniyle hızlı olarak bina inşa etmek için geliştirilmiştir. Binaların duvarlarını inşa etmek için beton benzeri malzemeler kullanılır. Duvarlar katmanlardan oluşur. Donatı olarak ise cam veya karbon fiberle denemeler yapılır (Felek, 2019: 293).

İnşaat sektöründe kullanılan Kamer Maker dünyanın ilk taşınabilir 3 boyutlu baskı makinesi olarak tanıtılmıştır. Kamer Maker (RoomBuilder) sayesinde odalar 3 boyutlu bir şekilde basılabilir. 3 boyutlu baskı teknolojisi, geliştirilmiş ve büyütülmüş bir 'Ultimaker' baskı makinesine dayanır. Ultimaker, PLA'yı (mısırdan üretilen biyo-plastikler) kullanarak 3 boyutlu objeler basabilir. Kamer Maker ise geliştirilmiş olan versiyondur ve 2,0 m (genişlik) x 2,0 m (uzunluk) x 3,5 m (yükseklik) ölçülerine sahip küçük odaların yazdırılmasına imkân sağlamaktadır (Felek, 2019:293).

DUS mimarları tarafından geliştirilen ve tüm iç mekanları 2m x 2m x 3,5m boyutlarında olan Canal House büyük, taşınabilir bir 3 boyutlu yazıcı olan Kamer Maker (RoomMaker) ile basılmıştır. Odaların her biri tek tek basılarak inşaat alanında birleştirilir. Sistem termoplastik madde kullanarak baskı işlemini gerçekleştirir. Macromelt olarak isimlendirilen ve yapısında %80 bitkisel yağ bulunan biyoplastik madde baskıda kullanılmaktadır. İçi boş elemanlar baskı makinesi ile yazdırılır: katılaştığı zaman beton ile doldurulabilir (Felek, 2019: 293).

2005 yılında 3 boyutlu baskı sektörüne Win Sun şirketi giriş yapmıştır. Bu şirket ilk olarak püskürtme başlığını (sprey nozul) icat etmiştir. Bu başlık 3 boyutlu yazıcıların temel bileşenidir ve yaygın olarak kullanılır. Püskürtme başlığı, üreticileri tarafından ilk olarak çimento ve başka geliştirilmiş malzemelerle birlikte deneylerde kullanılmıştır. Malzeme mühendisi ve şirketin kurucusu Ma Yihe deneylerden elde ettikleri sonuçları iyileştirmek, geliştirmek, malzeme toplama ve çıktı kontrolünü sağlamak için teknolojiyi, malzeme birleşimlerini geliştirmeye devam etmişlerdir (Felek, 2019: 293).

Dünyanın en büyük 3 boyutlu inşaat yazıcısını Win Sun şirketi geliştirmiştir. Bu yazıcı 10m (genişlik) x 6,6m (yükseklik) x 150m (uzunluk) ebatlarında baskı alabilmektedir. Win Sun şirketi 2013 yılında edindiği tecrübe ve bilgi birikimi ile elindeki malzemeleri birleştirerek 3 boyutlu yazıcı yardımıyla ilk kez bir konut baskısı yapmıştır. Baskı için kullanılan teknikte özel bir katkı maddesiyle birlikte çimento, kum ve elyaftan yapılmış bir malzeme kullanılmıştır. Win Sun şirketi konutların duvarlarını fabrikada yazıcı ile basıp sahada birleştirerek bina haline getirir. Bu sürecin başlaması müşterinin tasarımları ile başlar (Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) 3B modeli şeklinde). Püskürtme başlığı malzeme katmanını tabaka halinde ekler. Her bir tabaka istenilen şekil ve büyüklükte seçilebilir. Bu işlem duvar tamamlanıncaya kadar devam eder. Duvarlar 0.6-3 cm kalınlığı arasında olabilir. Basımı tamamlanan duvarlar sahaya taşınarak oluşturulan temellere monte edilir. İnşa edilen bu yapılar bölgesel yapı düzenlemelerine uygun olmalıdır. Geleneksel çelik yapılar ya da çimentoyla güçlendirilmelidir. Müşterilerin isteklerine göre boyanmayan duvarlar fitigler ya da son katlarla desteklenebilir. Malzeme olarak geri dönüştürülmüş inşaat atıklarından (yani kum, beton, cam elyafı), endüstriyel atıklardan ve tortudan oluşturulan bir aglomerat kullanılmıştır (Felek, 2019: 294).

Yapıda kullanılan beton malzeme ile 3 boyutlu baskı yapılabilmesi için malzemenin çeşitli koşulları sağlaması gerekmektedir. Kullanılacak olan beton malzeme özel bir karışım yapısına sahiptir. Karışım akıcı bir yapıda olmalıdır. Nozulden çıkınca hızlıca sertleşmelidir. Betonun yazdırma işlemi sırasında sertleşmesi nozulün tıkanmasına sebep olabilir. Betonun fiziksel özelliklerinin bozulmamasına dikkat edilmelidir. Betonun özellikleri değişkenlik göstermeden karıştırıcıdan nozule doğru hareket etmelidir. Bu hareket sonucunda katmanlar oluşur. Karışımın katmanlar halinde üst üste sıralanması Freek Bos tarafından icat edilen çökmeyen beton (zero slump concrete) sayesinde gerçekleşir. Üst üste atılan betonların donma süresi ayarlanmalıdır. Donma işlemi için bazı kimyasallar kullanılmaktadır. Kullanılan bu kimyasallar katkı maddelerinin içinde bulunan su miktarını azaltabilir, hava geçişini sağlayabilir veya su miktarını geciktirerek hızlandırmaya sebep olabilir. Yapıda tasarlanan mimari özellikler çok ise yazıcının hızı da buna göre ayarlanmalıdır.

Canal House'da kullanılan "Fused Deposition Modeling" teknolojisi yazdırılacak olan malzemeyi sorunsuz üretmesi ve geliştirmesi gerekmektedir. 3 boyutlu yazıcılar ile projeler yapmak için kullanılan bu teknoloji de en uygun malzemeyi bulmak büyük zorluktur. Hollanda Projesinde farklı bir madde kullanılmıştır. Bu madde Henkel tarafından geliştirilen termoplastik biyo bazlı bir malzemedir. Henkel, yazdırılan parçaların basınç direncini arttırmak için yeni geliştirilen eko taban ile bazı testler yapmıştır. Bu testler ile geliştirilen parçalar Canal House Projesi'nin son aşamalarında kullanılmak için tasarlanmıştır. Projenin bu bölümü için

birleştirilmesi pratik parçalar üretilmiştir. Bina bileşenleri içerisinde bulunan petek şeklindeki boşluklar hava sirkülasyonunu ve yalıtımını sağlayan özel hafif beton ile doldurulacak şekilde tasarlanmıştır (Felek, 2019: 294).

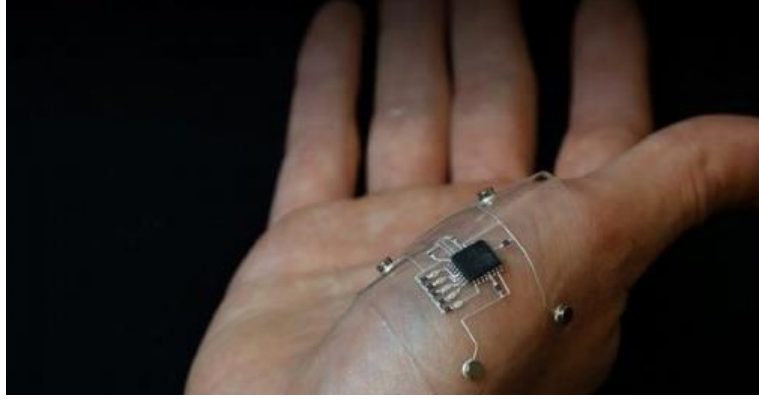
Çin Win Sun Projesinde stereolitografi baskıda endüstriyel atık, cam elyafı, çimento ve sertleştirmeyi sağlayan bir malzeme karışımı kullanılmıştır. Oluşturulan bu karışım 3 boyutlu yazıcı teknolojisinde yapıların bileşenlerinin katman katman sıralanmasını sağlar. Elde edilen karışımın tabakalara kolay yerleştirilebilmesi için oldukça akışkan ve işlenebilir olması gerekir. Sıralanan katmanlar bir sonraki katmanlar ile bağlanmak zorundadır. Malzemenin akışkanlığı korunmalı ve su miktarı en aza indirilmelidir. Sıvı olan katmanlar bir sonraki katman döşenmeden önce sertleşmek zorundadır. Mühendisler, malzemenin yazıcının nozulünden dışarı pompalanmasına kadar dayanmasını sağlamak, betonarme kadar güçlü olmasını sağlamak ve beton için en uygun karışımı bulmak için testler ve denemeler yapmaya devam etmektedir. Contour Crafting basılacak parçaların yüzey kalitesini etkilemeden beton karışımını donatı olarak cam ya da karbon fiberle test etmektedir (Felek, 2019: 294).

D-Shape 3 boyutlu yazıcının mucidi Dini, 2009 yılında yaptığı çalışma ile patent almıştır. Bu çalışmada çevreye zarar vermeyen ve daha ucuz bir hammadde üretmiştir. Ürettiği hammaddenin bileşenlerinde ağırlıklı olarak kum, oksit ve deniz suyundan elde edilen kloritleri kullanmıştır. Yapı bileşenlerinin 3 boyutlu baskısı için kullanılan malzemelerin çözümlerinde çeşitli kompozit malzemelerle deneme yapılmaktadır. Bu malzemelerden birini kükürtlü beton olduğu savunulmaktadır. Karışım, kükürtün erime noktasının üstünde ısıtılır. 140 OC'ye ulaşan karışım soğuduktan sonra normal beton gibi uzun süre sertleşmeden istenilen mukavemete ulaşmaktadır. Bu nedenle sülfürlü beton potansiyel bir yapı malzemesi olarak kabul edilebilmektedir (Felek, 2019: 295).

Savunma Sanayi

3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin kullanıldığı bir başka alan ise savunma sanayidir. 3 boyutlu azıcılar savunma sanayide ihtiyaçları karşılayabilecek bir potansiyele sahiptir. Savunma sanayi ülkelerin en fazla bütçe ayırmış olduğu alanlardan biridir. Bu yüzden 3 boyutlu yazıcılar sayesinde üretilecek olan denizaltı pervanesi, uçak savar parçaları, arazi araçlarının parçaları, silah ekipmanları gibi parçaların daha hızlı ve düşük maliyetle üretilmesi mümkün kılınmaktadır. Maliyetlerin düşük olması ve üretim hızının yanında dışa bağımlılığı da ortadan kaldırıp yerli parçalar ve ekipmanlar üretmeye olanak sağlamaktadır. Dışa bağımlılıkların kalkması konusu 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin ne kadar önemli olduğunun da bir göstergesi olarak görülebilir. 3 boyutlu yazıcı teknolojisi üretimde ve savunma alanında dışa olan bağımlılığı büyük ölçüde ortadan kaldıracak bir teknolojidir ve Türkiye'de her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Onarım gerektiren veya arızalı parçaların yerine yenilerinin üretilmesine olanak sağlayan bu teknoloji aynı zamanda maliyetlerin de yarı yarıya düşmesini sağlamaktadır (Zaxe).

Savaş durumlarında askerler için geçici sensörlerin basılmasını sağlamak için araştırmacılar tarafından insan eli üzerine baskı yapmak için 3 boyutlu yazıcılar kullanılmıştır. Temel kullanım alanı olarak kimyasal ya da biyolojik ajanların tespit edilmesi olduğu belirtilmektedir (Vizyoner Genç, 2018).



Şekil 6. 3D Yazıcı İle İnsan Eline Baskı Yapılması
(Kaynak: <https://vizyonergenc.com>)

Kuyumculuk

Kuyumculuk sektöründe hızlı prototipleme teknolojileri önemli yere sahiptir. El işçiliği üzerine kurulmuş olan bu alanda rekabetin çok olmasından ötürü sektörde teknoloji el işçiliğinin önüne geçmiştir. Kuyumculuk alanında kullanılan 3 boyutlu imalat yönteminin geleneksel yöntemler ile kıyaslayacak olursak (Kiraz, Sezer ve Şahin, 2018: 49):

1. Eklemeli imalat sayesinde ürünün tasarımı ile üretilmiş olan ürün arasında doğruluk oranı daha fazladır.
2. Eklemeli imalat sayesinde zaman tasarrufu sağlanmaktadır.
3. Tek ve özel olarak üretilecek olan tasarımların düşük maliyetle üretilmesine olanak sağlar.
4. Şekli olarak karmaşık yüzey geometrisine sahip olan tasarımların üretimine olanak sağladığı için tasarımcıyı özgür kılmaktadır.
5. Tasarım ve üretim aşamalarında kullanıcının da bulunabilmesine olanak sağladığı için müşteri memnuniyetini de arttırmaktadır.



Şekil 7. Kuyumculukta 3D Yazıcı Uygulamaları
Kaynak: <https://3d3teknoloji.com>

Fiziksel formlarda üretimi mümkün olmayan geometrik yapıya sahip karmaşık formların üretimi hızlı prototipleme teknolojileri ile mümkün hale gelmektedir. Klasik yöntemde yapımı el işçiliği gerektiren ya da geometrik yapısı gereği karmaşık olan mücevherin silikon kalıplama ile kopyalanamama durumu söz konusuken bu modeller hızlı prototipleme sayesinde kolaylıkla üretilebilmektedir. Kuyumculuk sektöründe hızlı prototipleme teknolojileri direkt veya dolaylı şekillerde kullanılmaktadır. SLS ve SLM teknolojileri direkt üretimde kullanılan hızlı prototipleme yöntemleridir. FDM, SLA ve MJM teknolojileri ise dolaylı olarak üretimde kullanılan hızlı prototipleme yöntemleridir (Kiraz, Sezer ve Şahin, 2018: 50).

Otomotiv

3 boyutlu yazıcıların 1980'li yıllarda ortaya çıkmasıyla birlikte birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Bu sektörlerden birisi otomotiv sektörüdür. 3 boyutlu yazıcıların otomotiv ve otomotiv yedek parça sektöründe kullanımı sayesinde daha düşük maliyetli parça üretimi ve esnek üretim sağlanmaktadır. Bir araç için ortalama 30.000'den fazla parça bir araya getirilmektedir. Bu parçaların seri üretimi gerçekleştirilmeden önce örnek parçaların üretilerek gerekli test ve kontrollerin yapılması ve bu testler doğrultusunda olası ataların parçanın üretimi gerçekleştirilmeden düzeltilmesi sağlanabilmektedir. 3 boyutlu yazıcı teknolojisi sayesinde FDM teknolojisi kullanılarak karmaşık geometriye sahip olan tampon, ızgara, çamurluk ve bunlara benzer plastik parçalar ABS filament ile üretilebilmektedir (Keskin,2020).

Otomotiv sektöründe artan rekabetler sonucunda sektörde bulunan tüm markalar üretim yöntemlerini değiştirip artan maliyetlerin düşürülmesi için yapmış oldukları tasarımlarda revizeler yapmaktadırlar. Tüm bu yenilikler doğrultusunda ise oluşan talebin karşılanması 3 boyutlu yazıcılar ile karşılanmaktadır (Keskin, 2020).

Katmanlı imalat teknolojilerinde kullanılan hafif polimerler ve metaller sayesinde üretilmiş olan parçalar dayanıklılık konusunda istenilen performansı gösterirken aynı zamanda ağırlık konusunda avantaj sağlamaktadır. Otomotiv sektöründeki uygulamaların amacı da aslında ağırlığın azaltılıp performansın yükseltilmesidir. Katmanlı imalat sayesinde bu amaç gerçekleştirilebilmektedir. Katmanlı imalat teknolojilerinin gelişimi ile otomobillerin motor sıcaklıklarına karşı dayanıklı olan polimerler (ABS veya PETG gibi) geliştirilmiştir (Özel, Zeren ve Alp, 2020: 19-20).

Otomotiv sektöründe 3 boyutlu yazıcıların kullanımı ağırlıklı olarak maliyetler ile ilişkili olduğu gerçeği unutulmamalıdır. Geleneksel üretim yöntemleri ile üretilen bir parçada oluşan hammadde atık maliyeti 3 boyutlu yazdırma teknolojileri ile üretilmiş olan parçalarda ortadan kalmaktadır. Bu durumda da hem hammadde israfının önüne geçilmiş olur hem de hammadde maliyetlerinde azalmalar görülür. Maliyetlerin yanında parçaların özelleştirilebilmesi ve üretim hızı ise diğer avantajlar arasında yer almaktadır (McCarthy, 2012: 7).

2015 yılında düzenlenen Kuzey Amerika Uluslararası Detroit Otomobil Fuarı'nda 3 boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş, iki koltuklu elektrikli otomobil olan "Strati" sergilenmiştir (Ichida, 2016: 75).

Otomotiv sektöründe önemli markalardan olan Audi, Ford, Honda gibi otomobil devi olan markaların birçoğu üretmiş oldukları arabaların parçalarının üretiminde 3 boyutlu yazıcıları kullanmaktadır. Bunun yanında bazı otomobil markaları da üretecekleri parçaları kişisel istek üzerine özelleştirerek üretimini gerçekleştirmektedir (3D Baskı tasarımı: 2019).

3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin üretim yöntemlerinde metal alaşım malzemelerin üretimi de mümkün olmaktadır. AlSi₁₀Mg, Ti64 ve StainlessSteel 316L malzemeleri otomotiv sektöründe sıkça kullanılmakta olan malzemelerdir. Üretim maliyetleri karşılaştırıldığında 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin geleneksel yöntemlere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir (Keskin, 2020).



Şekil 8. 3 Boyutlu Yazıcı ile Metal Parça Üretimi
(Kaynak: <https://www.tridi.co>)

SONUÇ

Endüstri 4.0 bileşenlerinden biri olan 3 boyutlu yazıcılar günümüzde birçok alanda kullanılmakta ve avantajlar sağlamaktadır. 1980'li yıllarda geliştirilmeye başlanmış olan bu teknoloji sayesinde artık evlerimizde de ürünler üretebilir hale gelmiş bulunmaktayız. İhtiyaç duyduğumuz en küçük parçadan otomobile hatta binaların inşasına kadar birçok alanda kullanılan 3 boyutlu yazdırma teknolojisi sayesinde üretimde sınır tanınmaz hale gelmiştir. 3 boyutlu yazıcılar kullanım alanlarına ve bu alanlarda kullanılacak teknolojilere göre farklılıklar göstermektedir.

Çalışmada ele alınan alanlar 3 boyutlu yazıcıların yaygın olarak kullanıldığı ve zaman geçtikçe de geliştiği ve güçlendiği alanlardır. 3 boyutlu yazıcılar sayesinde üretimde maliyet avantajı sağlanmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar ile üretilmiş parça ve ürünler ile yapılan testlerde dayanıklılık konusunda hiçbir eksiğinin olmadığı görülmektedir. 3 boyutlu yazıcıda üretilmiş olan parçalar, ağırlık olarak geleneksel üretim yöntemleri ile üretilmiş olan parçalara göre daha hafiftir ve bu hafiflik sonucunda çeşitli avantajlarda sağlamaktadır.

Sağlık alanında 3 boyutlu yazıcılar ile kişiye özel tam uyumlu protezlerin yapılması, yapay doku ve organların oluşturulması ile cerrahi müdahalelerden önce gerekli çalışmaların yapılarak organın yapısının anlaşılması ve operasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak için kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe modern mimariye uygun binaların inşasının

gerçekleştirilmesine olanak sağlarken bunun yanında inşası oldukça zor olan karmaşık geometriye sahip binaların inşasını da mümkün kılmaktadır. Otomotiv sektöründe yedek parçaların üretiminde kullanımının yanı sıra kişiselleştirilmiş parçaların üretiminde de kullanılmaktadır. Hafif ve dayanıklı olması yönüyle aracın toplam ağırlığında azalma neticesinde yakıt tasarrufunda avantaj sağlamaktadır. Gıda sektöründe 3 boyutlu yazıcılar ile pasta ile çikolata üretimi ve kahve köpüğüne desen oluşturmanın yanı sıra son gelişmelerle birlikte yapay et üretimi de gerçekleştirilmektedir. Hayvansal dokulardan üretilen etin protein değeri ve tadında herhangi bir farklılık olmadığı görülmüştür. Kuyumculuk alanında kişiye özel tasarımların gerçekleştirildiği, tekstil alanında giysilerin tek parça üretiminin gerçekleştirilmesinin yanında farklı örme teknikleri kullanılarak yeni modeller oluşturulmaktadır. Havacılık ve uzay sektöründe uçakların motorları dahil olmak üzere birçok parçanın üretiminde 3 boyutlu yazıcılar kullanılmaktadır. Karmaşık yüzey geometrisine sahip parçaların üretime imkân sağlayan 3 boyutlu yazıcılar sayesinde uçak gövdeleri ve motor üreten firmalar tarafından 3 boyutlu yazıcı teknolojileri tercih edilmektedir. Parçaların hafif olması yönüyle hava araçlarında ağırlık konusunda avantaj da sağlamaktadır. Savunma sanayide dışa bağılılığı azaltmada bir aracı görev üstlenen 3 boyutlu yazıcılar sayesinde yerli üretim araçlar ve parçalar mümkün olmaktadır.

Sonuç olarak 3 boyutlu yazıcı teknolojisi hayatımızda birçok sektörde yerini almakla birlikte gittikçe yaygınlaşmaktadır. Hızla gelişen teknolojiler ve bu teknolojilerin getirmiş olduğu yenilikler ile hayatımız kolaylaştırmakta ve bizler de bu teknolojilere ayak uydurmaktayız. Nitekim bu dijital dönüşüme ayak uyduramamak ve getirdiği avantajlardan yararlanmamak gerek bireyler gerekse işletmeler açısından düşünülemez.

KAYNAKLAR

- Akbaba, A. İ. (2019). *Endüstri 4.0 ve 3 Boyutlu Yazıcılar*. İmaj Yayınevi. 1. Baskı. Ankara.
- Aldanmaz, E. A. ve Sever, R. (2017). Gıdaların Dizaynında 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulamaları. <https://ab.org.tr/ab17/bildiri/242.pdf> (Erişim 21.12.2020)
- Anjum, T., Dongre, P., Misbah, F. ve Nanyam, V. N. (2017). Purview of 3DP in the Indian Built Environment Sector. *Procedia engineering*, 196, 228-235.
- Avcı, G., Eren, O. ve Sezer, H. K. (2019). Tekstil Sektörüne Eklemeli İmalat Yaklaşımı: 3b Yazıcılar İle Deneysel Çalışma. *Uluslararası Bilim, Teknoloji Ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu*, 1-9.
- Barnatt, C. (2016). *3D Printing*. Wroclaw, Poland: ExplainingTheFuture. com.
- Beskan, U., Aladağ, S. ve Yapar, E. A. (2020). 3b Yazıcı Teknolojisinin Sağlık Alanındaki Uygulamaları. *Türk Farmakope Dergisi*, 63-70.
- Değerli, C. ve El, S. N. (2017). Üç Boyutlu (3d) Yazıcı Teknolojisi İle Gıda Üretimine Genel Bakış. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(6), 593-599.
- Deksi, A. (2016). Olağanüstü Durumlarda Barınma İçin Yenilikçi Bir Yaklaşım Önerisi: 3D Yazıcı İle Uygulama (*Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*).
- Dodziuk, H. (2016). Applications of 3D printing in healthcare. *Polish journal of cardio-thoracic surgery*, 13(3), 283-293.
- Düzgün, D. E. ve Çetinkaya, K. (2019). Moda Alanında 3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Kullanımı. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(1), 19-31.
- Ege Bölgesi Sanayi Odası, (2017). Sanayi 4.0. Ebso Araştırma Müdürlüğü Yayını.
- Emre, Ş., Yolcu, M. B. ve Celayir, S. (2015). Üç Boyutlu Yazıcılar ve Çocuk Cerrahisi. *Çocuk Cerrahisi Dergisi*, 29(3), 77-82.
- Erener, Ş. ve Boz, S. (2021). Modern Üretim Tekniklerinde Eklemeli İmalat Sistemlerinin Yeri ve Kullanım Alanları. *Turkish Journal of Fashion Design and Management*, 3(1), 47-56.
- Felek, S. Ö. (2019). Mimari Yapılarda 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanımı. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 3(3), 289-296.
- Hausman, K. K. & Horne, R. (2014). *3d Printing For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons Inc.
- Gebhardt, A. ve Fateri, M. (2013, January). 3D printing and its applications. In *RTEjournal-Forum für Rapid Technologie* (Vol. 2013, No. 1).
- Godoi, F. C., Prakash, S. ve Bhandari, B. R. (2016). 3d printing technologies applied for food design: Status and prospects. *Journal of Food Engineering*, 179, 44-54.
- Hager, I., Golonka, A., ve Putanowicz, R. (2016). 3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction?. *Procedia Engineering*, 151, 292-299.

- Hornick, J. (2015). 3d Printing Will Rock The World. South Carolina: *Create Space Independent Publishing Platform*
- Ichida, Y. (2016). Current Status of 3D Printer Use among Automotive Suppliers: Can 3D Printed-parts Replace Cast Parts. *IFEAMA SPSCP*, 5, 69-82.
- Kalender, M., Kılıç, S. E., Ersoy, S., Bozkurt, Y. ve Salman, S. (2019, June). Additive manufacturing and 3D printer technology in aerospace industry. In *2019 9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)* (pp. 689-694). IEEE.
- Kara, N. (2013). Havacılıkta Katmanlı İmalat Teknolojisinin Kullanımı. *Engineer & The Machinery Magazine*, (636).
- Keskin, O. (05.05.2020). 3D Yazıcıların Otomotiv Sektöründe Kullanımı. 22 Aralık 2020 tarihinde <https://www.tridi.co/blog/3d-yazicilarin-otomotiv-sektorunde-kullanimi> adresinden erişildi.
- Kim, S., Seong, H., Her, Y. ve Chun, J. (2019). A study of the development and improvement of fashion products using a FDM type 3D printer. *Fashion and Textiles*, 6(1), 1-24.
- Kökhan, S. ve Özcan, U. (2018). 3D yazıcıların eğitimde kullanımı. *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi)*, 2(1), 81-85.
- Kreiger, M. A., MacAllister, B. A., Wilhoit, J. M. ve Case, M. P. (2015). The Current State of 3D Printing for Use in Construction. In *The Proceedings of the 2015 Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure*. Ames. Iowa (pp. 149-158).
- Kuzu Demir, E., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H. ve Kuzu, A. (2016). Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye'deki Uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*. 17. 481-503.
- Kürtüncü, M., Arslan, N., Yaylacı, B. ve Eyüpoğlu, N. (2018). Sağlıkta Gelişen Teknoloji: Üç Boyutlu Yazıcılar. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 2(2), 99-110.
- McCarthy, K. (2012). Improving Rapid Prototyping Through the Installment of 3D printers in Automotive Companies. *Honors Theses*. 2262.
- Noor N., Shapira A., Edri R., Gal I., Wertheim L. ve Dvir T. (2019). 3d Printing Of Personalized Thick And Perfusible Cardiac Patches And Hearts. *Advanced Science*.2019.
- Özalp, F., Yılmaz, H. D. ve Yaşar, Ş. (2018). 3D Yazıcı Teknolojisine Uygun Sürdürülebilir ve Yenilikçi Betonların Geliştirilmesi. *Hazır Beton*.
- Özsoy, K. ve Duman, B. (2017). Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 1(1), 36-48.
- Rifkin, J. (2015). Nesnelerin İnterneti ve İşbirliği Çağı. (Çev.: Levent Göktem). İstanbul: Optimist Kitap.

- Sakin, M. ve Kiroglu, Y. C. (2017). 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. *Energy Procedia*, 134, 702-711.
- Saraçyakupoğlu, T. (2020). Havacılık Endüstrisinde 3 Boyutlu Üretim Uygulamalarının Uçuşa Elverişlilik Kural ve Düzenlemelerine Göre Değerlendirilmesi. *International Journal of 3d Printing Technologies and Digital Industry*, 4(1), 53-65.
- Shatornaya, A. M., Chislova, M. M., Drozdetskaya, M. A. ve Ptuhina, I. S. (2017). Efficiency of 3D printers in Civil Engineering. *Stroitel'stvo Unikal'nyh Zdanij i Sooruzenij*, (9), 22-30.
- Szulzyk Cieplak, J., Duda, A. ve Sidor, B. (2014). 3d printers – new possibilities in education. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8 (24), 96–101, DOI: 10.12913/22998624/575
- Şüheda, Ö. Z. E. L., Zeren, M. ve Alp, N. Ç. (2020). 3d Yazıcılar İle Katmanlı İmalat Teknolojisinin Otomotiv Endüstrisinde Uygulanması. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 4(1), 18-31.
- Tanrıverdi, Ç. (11.02.2021). Dünyada İlk Kez Biyo 3D Kullanılarak Pirzola Üretildi. 16. Şubat 2021 tarihinde <https://www.webtekno.com/biyo-3d-yazici-ile-uretilen-pirzola-h106145.html> adresinden erişildi.
- Uygunoğlu, T. ve Özgüven, S. (2019). İnşaat Mühendisliği 3d Teknolojisinde Kullanılan Harçların Reolojik Özelliklerinin Araştırılması. *International Journal of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 3(2), 189-197.
- Vanderploeg, A., Lee, S. E. ve Mamp, M. (2017). The Application of 3D Printing Technology in The Fashion Industry. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 10(2), 170-179.
- Yap, Y. L. ve Yeong, W. Y. (2014). Additive manufacture of fashion and jewellery products: a mini review: This paper provides an insight into the future of 3D printing industries for fashion and jewellery products. *Virtual and Physical Prototyping*, 9(3), 195-201.
- Yıldıran, M. (2016). Moda Giyim Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım Ve Üretim. *Art-E Sanat Dergisi*, 9(17), 155-172.
- Zhou, F., Lin, G. M., Zhang, W. G., ve Shang, M. (2014). 3D printing technology and the latest application in the aviation area. *In Advanced Materials Research* (Vol. 912, pp. 1057-1060). Trans Tech Publications Ltd.

İNTERNET KAYNAKLARI

<http://www.packworldturkiye.com/haber/3-boyutlu-baski-teknolojisinin-gida-endustrisinde-kullanimi.html> (Erişim 19.12.2020)

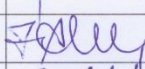
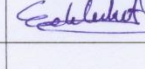
<http://www.voksel.com.tr/blog/saglik-sektorunde-cigir-acan-devrim-3d-yazici-teknolojisi> (Erişim 19.12.2020)

- <https://3d3teknoloji.com/blog/3d-yazici-ile-kuyumculuk-uygulamalari/> (Erişim 21.12.2020)
- <https://3dprinting.com/news/contour-crafting-expected-to-be-used-to-build-homes-by-2018/>
(Erişim 21.12.2020)
- <https://3dprintingindustry.com/news/3d-printed-house-a-reality-in-amsterdam-7313/> (Erişim 21.12.2020)
- <https://3dprintingindustry.com/news/d-shape-to-3d-print-entire-luxury-estate-in-new-york-50555/> (Erişim 21.12.2020)
- <https://fibilo.com/3d-yazicilarin-kullanim-alanlari/> (Erişim 19.12.2020)
- <https://vizyonergenc.com/icerik/3d-baski-teknolojisi-askeri-amacli-kullanilabilir-mi> (Erişim 21.12.2020)
- <https://www.3dbaskitasarim.com/otomotiv-alaninda-3d-kullanimi> (Erişim 22.12.2020)
- <https://www.tridi.co/blog/3d-yazicilarin-otomotiv-sektorunde-kullanimi> (Erişim 22.12.2020)
- <https://www.tridi.co/blog/80-lerden-bugune-3d-baski-teknolojilerinin-kisa-tarihi> (Erişim 15.12.2020)
- <https://www.ucboyutluyazici.com/3d-yazici-ile-protez-ve-organ-uretmek-mumkun-mu/>
(Erişim 19.12.2020)
- <https://zaxe.com/savunma-sanayiinde-3d-yazicilar-sektorun-tum- ihtiyaclarini-karsilayabilecek-potansiyele-sahiptir/> (Erişim 20.12.2020)
- <https://www.haberturk.com/ekonomi/teknoloji/haber/1543605-gelecegi-3d-yazicilar-kuracak>
(Erişim 15.12.2020)

ETÜ SENTEZ
İKTİSADİ VE İDARİ
BİLİMLER DERGİSİ
ETU SYNTHESIS JOURNAL OF
ECONOMIC AND ADMINISTRATIVE SCIENCES

ETÜ Sentez İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi
ETU Synthesis Journal of Economic and Administrative Sciences

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı ve Çatışma Beyanı
Researchers' Contribution Rate Statement and Conflict Statement

Sorumlu Yazar Responsible/Corresponding Author	Ahmet İlker Akbaba				
Makalenin Başlığı Title of Manuscript	3 Boyutlu Yazıcılar ve Kullanım Alanları 3D Printers and Areas of Usage				
Tarih Date	23.01.2021				
Makalenin türü (Araştırma makalesi, Derleme vb.) Manuscript Type (Research Article, Review etc.)					
Yazarların Listesi / List of Authors (Tüm yazarlar imzalamalıdır. Yazarların birlikte imzalamaları mümkün değilse, bu formu doldurup ayrı ayrı yükleyebilirler. Tüm imzalar ıslak imzalı olmalıdır.)					
Sıra No	Adı-Soyadı Name - Surname	Katkı Oranı* Author Contributions	Çıkar Çatışması**	İmza Signature	Tarih Date
1	Ahmet İlker Akbaba	Makale Metni % 50, Literatür % 50, Sonuç % 50	Bulunmamaktadır		23.01.2021
2	Emirhan Akbulut	Makale Metni % 50, Literatür % 50, Sonuç % 50	Bulunmamaktadır		23.01.2021
3					
4					
5					

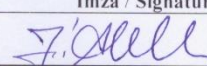
*Her yazarın karşısındaki alana makale metninin yazımı, istatistiksel/ekonometrik analizlerin yapılması, yorumlanması, literatür taraması, anketin hazırlanması, kaynak ve veri temini gibi yazarların makalenin her aşamasındaki katkısı ayrı ayrı yazılmalıdır (Örneğin Literatür taramasında katkı % 50 gibi). Eğer tüm yazarların katkı oranı eşit ise "makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır" gibi bir ifade yazılabilir.

** Eğer yazarlar arasında makale ile ilgili bir çıkar çatışması yok ise her bir yazarın karşısına "Çıkar çatışması bulunmamaktadır" yazınız. Eğer yazarlar arasında makale ile ilgili bir çıkar çatışması var ise çıkar çatışması olan yazarın karşısına "Çıkar çatışması bulunmamaktadır" yazdıktan sonra çıkar çatışmasının ne olduğunu detaylı olarak yazınız.

Sorumlu Yazar:

Responsible/Corresponding Author:

Adı-Soyadı Name - Surname	Ahmet İlker Akbaba
Çalıştığı kurum University/company/institution	Erzurum Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü Erzurum Technical University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business
Posta adresi Address	Ömer Nasuhi Bilmen Mah. Havaalanı Yolu Cad. Yakutiye/Erzurum
E-posta E-mail	aakbaba@erzurum.edu.tr
Telefon Numarası Phone	+90 533 380 40 25

Sorumlu Yazar; Responsible/Corresponding Author	İmza / Signature 	Tarih / Date 23.01.2021
--	---	----------------------------