

# Disiplinlerarası Sanat Uygulamalarında 3D Baskı Teknolojisinin Kullanımı

Osman TÖRER<sup>1</sup>

Makale Geliş Tarihi: 18.04.2022  
Yayıma Kabul Tarihi: 15.12.2022

## Öz

Bu makalede 3D baskı teknolojisinin disiplinlerarası sanat bağlamında kullanılması araştırılmıştır. Üç boyut terimi evrensel dil olan İngilizce’de “Three Dimension” olarak kullanıldığından dolayı bu ifade “3D” şeklinde kısaltılarak kullanılmıştır. 3D teknolojisi kullanılarak üretilen sanat eserlerinin hangi malzeme ile üretildiği, üretim süreci ve üretilen sanat formu incelenmiştir. Resim, heykel, seramik, moda, mimari, sinema gibi sanat disiplinlerinin 3D teknolojisi ile üretildiği sanat eserleri örneklerle sunulmuştur. Bu araştırma yazısı farklı sanat disiplinlerin bir araya geldiği 3D dünyasının kısa bir özeti niteliğindedir. Yeni teknolojilerin sanatçılar tarafından kullanılması ve ortaya çıkan sanat ürünlerinin teknolojik alt yapısı tanıtılmıştır. 3D yazıcıların profesyonel kullanımı yanında ev kullanıcısı tarafından da bir sanat eseri üretmek amaçlı kullanımı gösterilmiştir. 3D baskı teknoloji konusunda yazılı kaynak sınırlı sayıda olduğundan daha çok internet kaynaklarından faydalanılmıştır. Sanat ekonomisi düşüncesinde olan sanatçıların üretim maliyetini düşürmek için 3D baskı firmalarından yardım almışlardır. Araştırma yapılırken 3D baskı teknoloji şirketleri, haber kaynakları, sanatçı portfolyoları, kitaplar ve sergi katalogları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 3D Baskı, Teknoloji, Bilgisayar Sanatı, Dijital Sanat, Tersine Mühendislik

## THE USE OF 3D PRINTING TECHNOLOGY IN INTERDISCIPLINARY ART APPLICATIONS

### Abstract

In this article, the use of 3D printing technology in the context of interdisciplinary art is investigated. Since the term three dimensions is used as “Three Dimensions” in English in the universal language, this expression has been shortened to “3D”. The materials, the production process and the produced art form of the works of art produced using 3D technology were examined. The works of art in which art disciplines such as painting, sculpture, ceramics, fashion, architecture, cinema are produced with 3D technology are presented with examples. This research article is a brief summary of the world of 3D Decembers, where different art disciplines come together. The use of new technologies by artists and the technological infrastructure of emerging art products were introduced. In October, in addition to the professional use of 3D printers, the use of home users to produce a work of art has also been demonstrated. Since there are a limited number of written resources on 3D printing technology, Internet resources are used more. Artists who are in the idea of art economics have received help from 3D printing companies to reduce the cost of production. During the research, 3D printing technology companies, news sources, artist portfolios, books and exhibition catalogs were examined

**Keywords:** 3D Printing, Technology, Computer Art, Digital Art, Reverse Engineering

<sup>1</sup>Dr.Öğr.Üyesi Osman TÖRER, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü, Tokat, E-posta: osman.torer@gop.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4588-8704

## GİRİŞ

Sanat ve teknoloji birlikteliğinin geçmişin su çarklarına yazılan şiirlerden günümüz bilgisayar teknolojilerine uzanan bir yolculuğu vardır. Zanaat ve el işçiliğinin endüstri devrimiyle başka bir boyut kazanması, seri üretimin ürün görseli olarak sıradanlaşması ve bununla beraber kişiselleştirilmiş ürün fikrinin ortaya çıkması 1877’de “Art and Craft” hareketinin başlamasında etkili olmuştur. Bu etkilenme 1927’de Bauhaus okulunun açılmasıyla devam etmiştir (Tuğal,2018:17). Günün şartlarına uygun araç ve gereçleri kullanan sanatçı, her zaman yeniyi aramış ve deneyimlerini bir sonraki nesillere aktarmıştır.

Sanatçılar, yaşadıkları dönemin teknolojisi ile eserlerini üretmektedirler. Teknoloji, buldukları dönemin şartlarında ilham aldıkları düşünceleri hayata geçirmede kolaylık sağlamıştır. Elektronik teknolojisinin 20. yüzyıla yön vermesi ile sanatçıların eserlerinde gözle görülür bir değişim oluşmuştur. Tüplü ekranlar, elektronik devreler ve neon ışıklar sanatçıların ürettiği eserlerin bir parçası olmuştur. Walter Benjamin’in 1935 yılında yazdığı “Tekniğin Olanaklarıyla Yeniden Üretilbildiği Çağda Sanat Yapıtı” adlı makalesinde bir sanat yapıtının çok çeşitli yeniden üretim tekniklerinin olduğundan bahsetmektedir. Benjamin, “Aslında sanat yapıtı her zaman yeniden üretilebilir olmuştur. İnsanların yapmış oldukları her zaman yine insanlar tarafından yeniden üretilmiştir.” olarak ifade etmiştir (Benjamin,2013:45). Yüzyıllar önce bu görevi üstlenenlerden biri de fotoğraf makinesidir. Şimdi ise Benjamin’in bu ifadesinden yola çıkarak günümüz sanat yapıtlarının yine günümüz teknolojisiyle yeniden üretimi örneğin bir heykel biçiminin 3D tarayıcı kullanarak taranması ve 3D baskı makinesiyle üretilmesi ilk akla gelenlerdendir.

Çamur ve kil ile başlayan boyutlandırma işlemi, çağın getirdiği teknolojilerle şekillenmiştir. Sanayi çağının, özellikle de seri üretim bantlarının kurulması ve insan ihtiyaçlarının artmasıyla üretim makineleşmiştir. 19. yy insanlığın teknoloji nedeniyle en hızlı ilerleme sağladığı dönem olmuştur ( Freyer, 2014:27).

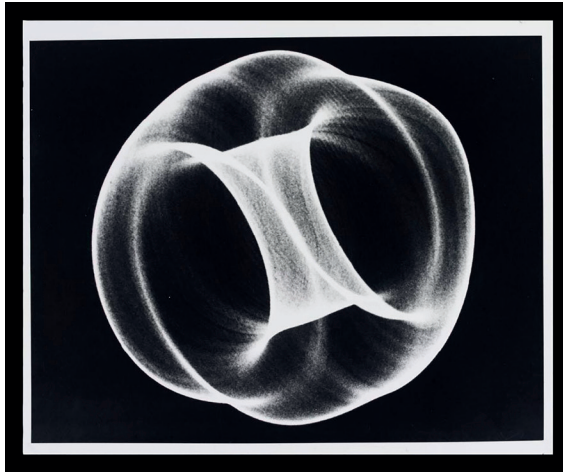
İnsanlık tarihi boyunca birçok endüstri devrimi yaşanmıştır. Bunlar tarihsel olarak dokuma endüstrisi, demir-çelik üretimi, ulaştırma endüstrisi, kimya endüstrisi, elektrik ve benzinli araçlardır. 20. yy ile birlikte yeni endüstrileşme elektronik devreler yardımı ile olmuştur. Uydu, TV, internet gibi teknolojik gelişmeler sanatın da yönünü belirlemesinde önemli rol oynamıştır. 21.yy ile de dijital çağ terimi kullanılmaya başlanmıştır. 1990’larda internet kullanımının bireysel olarak yayılması bu çağı bir adım öteye taşımıştır.

21.yy, Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dördüncü sanayi devri dönemidir(Eberl,2019:194) Nesnelerin internet üzerinden iletişim kurması sağlanmıştır. 1950’lerde geliştirilen sibernetik bilimi günümüzde yapay zekâ olarak karşımı-

za çıkmıştır. Böylece gelişen teknolojiyle beraber nesnelerin birbirleriyle iletişim kurması kolaylaşmıştır.

## 20. Yüzyılda Bilgisayar Sanatı Yansımaları

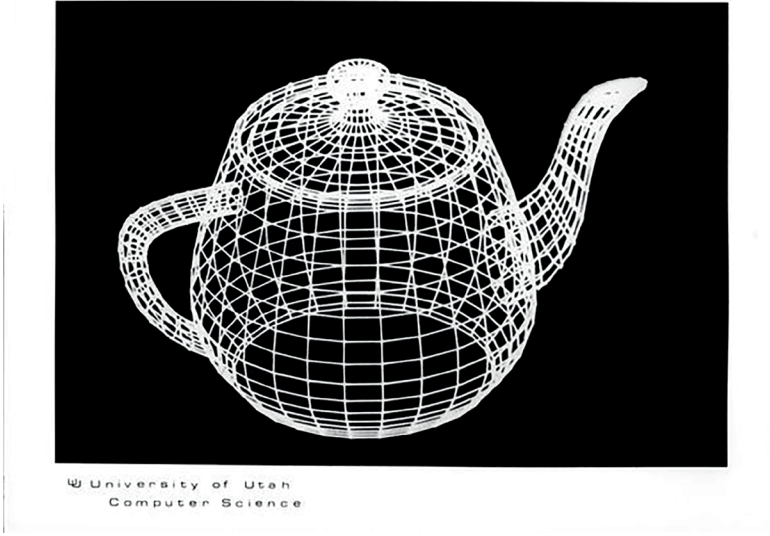
1946 yılında ABD ordusu tarafından geliştirilen ENIAC, ilk genel kullanım amaçlı elektronik bilgisayar olarak tarihe geçmiştir (Ford,2018:50). I ve O'lardan oluşan kodlu sistemler gelişmeye başlamıştır. IBM firması tarafından 1957 yılında sunulan düşük seviye program dili olan FORTRAN yazılımı kullanımıyla yeni bir döneme girilmiştir. (Adams,Brainerd,Martin,Smith ve Wagener,1992:13) 1950'ler ve 60'lar bilim insanlarının yanında sanatçılar da bilgisayar ile ilgilenmişlerdir. Sanatçılar ürettikleri sanat ürünlerini matematik ve elektronik yardımıyla izleyicilere göstermekteydiler. Örneğin Amerikalı sanatçı Ben F. Laposky, osilaskop üzerinden geliştirdiği çalışmalarla tanınmıştır. (Görsel 1). Osilaskop, elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan aletler içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan cihazdır. İşaretin dalga şeklinin, frekansının ve genliğinin aynı anda belirlenebilmesini sağlar. Dalga şeklini grafik olarak ekranda gösterir. Yani elektrik dalga sinyali çizer. "Osilasyon 40" adlı çalışma 1952 yılında Osilaskop yardımıyla görüntüyü değiştirerek oluşturulmuştur. Osilasyon çalışmaları, dijital sanatın gelişimine önemli bir katkı sağlamış ve dijital sanatın erken dönemlerinde öncü bir figür olmasını sağlamıştır.



Görsel 1. Ben F. Laposky, Osilasyon 40, 1952, C-Tipi Fotoğraf Baskı, 20.3x25.1cm

Bilgisayar dünyasının hızlı yükselişi pek çok alanda kendini göstermiştir. Bu alanlardan biri de sanattır. Elektronik çağın transistor devreleri yerini sayısal kodlara bırakmıştır. Animasyonlar, projektörler ve dijital ekranlar sanatçıların oyun alanı olmuştur. İki boyutlu yüzeysel ekranlardan 3D denilen sanal boyutlu alana geçilmiştir.

1975 yılında Utah Üniversitesi'nde Martin Newell tarafından ilk kez bir nesne üç boyutlu olarak tasarlanmıştır ( Görsele 2). Bu tasarım ileriki yıllarda pek çok mühendise, tasarımcıya ve sanatçıya ilham verecektir.



Görsel 2. Martin Newell, "Utah Çaydanlığı" 1975

Sanatçılar üretecekleri sanat eserlerini bilgisayar ekranında tasarlayıp eser üretimine girmeden hızlı bir şekilde görme fırsatı bulmuşlardır. Hızlı Prototiplendirme olarak adlandırılan bu çalışma tarzı pek çok dijital sanat ürünü üreten sanatçı tarafından benimsenmiştir. Bilgisayar destekli tasarım tekniği olan CAD/CAM yazılımları sadece mühendislerin değil sanatçıların başucu yazılımları olmuştur. Işığı, mekânı, kullanılacak malzemeyi, eseri hayata geçirmeden sanal ortamda görebilmektedirler.

1960'larda sanatçılar elektronik medya yardımıyla sanat ürünlerini üretmişler, 1980'lerin başlarından itibaren ise dijital sanat ürünleri üretmeye başlamışlardır. 1980'lerin ortalarında bilgisayar kullanımı yaygınlaşmış ve karmaşık sayısal kodlar yerine ara yüzü sadeleşmiş bir formatla evlerimize girmiştir. Compact Disc (CD) olarak adlandırılan depolama sistemleri 1983'te tanıtılmış ve bu sistemle kullanılacak verileri istenilen yere rahatlıkla taşınmasına olanak sağlamıştır (Wands,2006:27). Apple ve Microsoft gibi rekabetçi teknoloji firmaları ev kullanıcıları için kişisel bilgisayarlar üretmişlerdir. 1980'lerin ortasında 3D yazıcı teknolojisi ile bu dijital çağ anlayışı bir adım daha ileri gitmiştir. Bilgisayar üzerinden heykel, seramik, mimari, sinema hatta resim alanlarında örnekler sunulmaya başlanmıştır. Sanatçılar mühendislik alanında da kullanılan yazılımlar

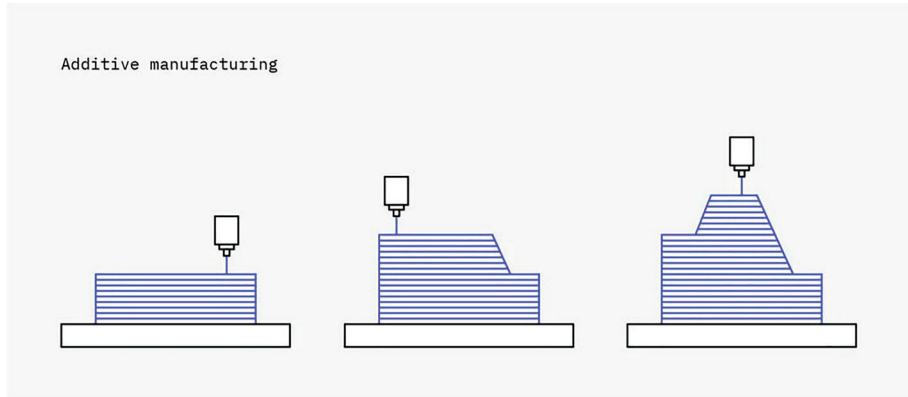
sayesinde eserlerini kolaylıkla üretebilmektedir. Sanatçılar fikirlerini elle tutulur sanat nesnelere çevirmişlerdir. Hızlı prototiplendirme ve hızlı üretim, tersine mühendislik gibi kavramlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay zekâ yazılımları sayesinde üretim sürecindeki hatalar belirlenmekte ve malzeme, zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

### 3D Baskı Teknolojisi Tarihine Hızlı Bakış

20.yy ortalarında ortaya çıkan bilgisayar sanatı, tüplü ekranlardan ilerleyerek dijital sanata ve elle tutulur baskı formlarına dönüşmüştür. 1977 yılında Amerikalı bilim insanı Wyn Kelly Swainson tarafından ilk Hızlı Prototiplendirme için 3D yazıcı patenti alınmış fakat bu yazıcı hiç üretilmemiştir (Hoskins,2018:30). 3D baskı tekniklerinin ilk örnekleri 1980'lerin ortalarında ortaya çıkmıştır. Hızlı Prototiplendirme ismiyle adlandırılan katmanlı baskı tekniği ilk olarak Japon bilim insanı Dr. Hideo Kodama tarafından dile getirilmiş fakat patent başvurusunun gecikmesi ve iptal olmasıyla başka bir bilim insanı olan Amerikalı Chuck Hull'un bu teknolojiye lider olmasının önünü açmıştır. Hull, 1983'te ilk 3D baskı makinesini icat ederek 3D Systems Corporation'ın kurucu ortaklarından olmuştur.<sup>1</sup> Diğer araştırmacı ve mucitler de pek çok patent başvurusu ile yeni icatlarla 3D baskı evrenini genişletmeye devam etmiş ve etmektedir.

### 3D Baskı Nedir?

3D baskı tekniğini kısaca bilgisayara bağlı bir 3D yazıcının özel geliştirilen şerit malzemeyi ısıtıcı ucundan eritilerek katmanlar halinde yığılması olarak tanımlanabilir. Bu eritilen malzeme plastik, metal alaşımli plastik, kauçuk veya ahşap olabilmektedir. Bu işleme FDM (kaynaşmış biriktirme modellemesi) denilmektedir. (Görsel 3).

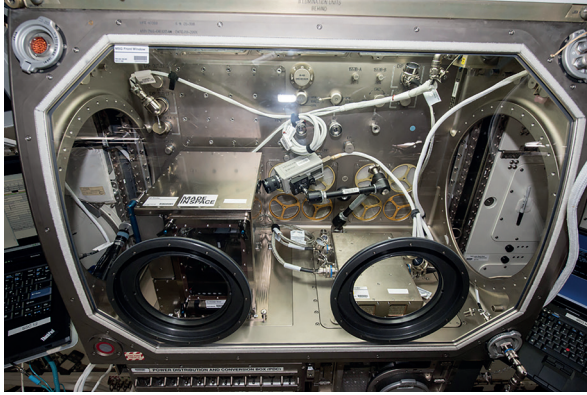


Görsel 3. FDM Baskı Aşaması

<sup>1</sup> <https://www.sculpteo.com/blog/2017/03/01/whos-behind-the-three-main-3d-printing-technologies/> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

Gelişmiş 3D baskı makineleri farklı türden imal edilmiş baskı malzemelerini aynı anda basabilmektedir. Böylece birbiri içinde hareket edebilen veya farklı malzemelerden basılmış objeler üretilebilmektedir.

ABS, PC-ABS, Nylon, PLA gibi standart termoplastik malzemeler kullanarak üretimleri gerçekleştirmektedir. Termoplastik, ısıtıldığında homojen bir sıvı haline gelen ve soğutulduğunda sertleşen polimer reçinelerinden üretilen bir plastik türüdür<sup>2</sup>. FDM dışında farklı 3D baskı uygulamaları da mevcuttur. Bunun yanında alaşım malzemeler de kullanılmaktadır. Metal, ahşap gibi baskı malzemeleri üretilmektedir. Bulut sistemler sayesinde baskı dosyası istenilen bir makineye gönderilebilmektedir. NASA tarafından 2014 yılında Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (UUI) ilk 3D baskı gerçekleştirilmiştir (Görsel 4). Astronotlar, UUI için gerekli bir lokma takımı üretmişlerdir. 2010 yılında Amerika'da kurulan "Made In Space" firması Zero- G adlı yazıcı ile istasyon için gerekli parçaları üretmeyi hedeflemiştir.



Görsel 4. NASA tarafından 2014 yılında Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (UUI) ilk 3D baskı gerçekleştirilmiştir.

"Made In Space" firması, dünyadan UUI'ye giden kargo yükünü azaltmayı planlamaktadır. UUI'ye gerekli tüm parçalar e-posta yoluyla astronotlara iletilecek ve parça üretimi sağlanacaktır.<sup>3</sup>

### Çağdaş Sanat Bağlamında 3D Baskı Çalışmaları

Alman 3D yazıcı şirketi olan 3D Systems'in CEO'su Abe Reichental, 3D baskı teknolojisini 21. Yüzyılın boş tuvaline benzetir. Abe, 3D baskıyı harika bir dengeleyici olarak görmektedir. Şirketin yeni tüketici ürününün tanıtımında gazetecilere verdiği demeçte şöyle der, "Benim iddiam, tüm sürtünmeyi ve korkutmayı ortadan kaldırırsanız herkesin yaratıcı olabileceğidir". (Lipson ve Kurman, 2013:35)

2 <https://pagev.org/termoplastikler> 01/02/2022 tarihinde alınmıştır.

3 <https://3dprintingindustry.com/news/space-3d-printing-first-print-in-space-37078/>. 10/02/2022 tarihinde alınmıştır.

Amerikalı soyut ekspresyonist heykeltıraş ve bilgisayar sanatı öncülerinden Robert Mallery, “Heykel, gerçekleştirilmesi için malzeme, araçlar ve teknik olarak aşamaların ustalıklı manipüle edilmesine bağlı, son derece fiziksel bir sanattır” der. (Shanken, 2012:203)

1967’de Mallery, bilgisayar yardımıyla heykel denemeleri yapmaya başlamıştır. Tam olarak 3D baskı teknolojisi kullanmasa da çalışmanın katmanlı yapısı olarak benzerdir. Mallery, bu çalışmasında sıralı kontur gösterimi konusundaki ilk fikirlerini güncellemiş ve bunları bilgisayar desteği olarak uygulamıştır. Yazılım mühendisleri ile birlikte geliştirdiği bilgisayar destekli heykel programı TRAN2’yi kullanmıştır. 1968’de ürettiği dünyanın ilk bilgisayar üzerinden üretilen heykeli Quad 1’i tasarlamıştır. Daha sonra sırasıyla 2 ve 3 olarak iki çalışma yapmıştır (Görsel 5). “TRAN2, heykel oluşturmak için yirmi alt rutine sahip bir grafik programıdır. Program, bilgisayar tarafından kullanılmak üzere form tanımlama verilerinin derlenmesi için bir araç öngörmektedir. Bu, bütünü düzenli bir dizi paralel kesite veya kontur “dilimlerine” bölerek yapılır ve bunlar daha sonra grafiklenir. X, Y ve Z koordinatları olarak sayısallaştırılır ve delikli kartlara aktarılır. Kontur bölümleri üzerinde bir dizi matematiksel dönüşüm işlemleri uygulanmakta ve bu sayede bilgisayar, orijinal bir heykel halinde kontur bölümlerini modelleyip yeniden şekillendirmektedir. Bilgisayar çizicisi, dönüştürülmüş kontur bölümlerinin eksiksiz bir seti ile birlikte oluşturulan formun bir dizi perspektif görünümünü yeniden üretir. Kısacası kullanılan sistem bir CNC tezgâhının dijital olarak düzenlenmiş hali de denilebilir<sup>4</sup>.



Görsel 5. Quad 1, 2 ve 3

4 <https://archive.org/details/ComputerSculptureArticleByRobertMalleryInArtforumMay1969-Pulsa/page/n5/mode/2up> 16/03/2022 tarihinde alınmıştır.

Yeni malzemeleri keşfetmek, 3D evreninin büyümesine yardımcı olmaktadır. Şu anda, 3D baskıya ilgi duyan çoğu insan kullanılan malzemeleri tanımaktadır. Plastikler, reçineler ve metaller gibi malzemeler sıradan 3D baskı için bilinen kaynaklardır. Endüstrideki yenilikçiler, biyo-bazlı reçineler ve doğal olarak oluşan bir karbon polimeri olan grafit gibi materyalleri de denemektedirler. Ancak dijital baskının disiplinler arası doğası, 3D baskı alanının dışında keşfedilecek sayısız malzeme ve uygulama olduğu anlamına gelmektedir. 3D baskı sanatçıların, malzemelerin ve uygulamaların sınırlarını zorlamak, var olana meydan okumak, sıradan malzemeleri yükseltmek ve 3D baskı teknolojisini farklı şekillerde görebilmek için yeni teknolojik gelişmeleri takip etmesi gerekmektedir. Böylece izleyenleri şaşırtacak, hayran bıraktıracak ve bunlarla beraber sorgulama yaptırabilecek 3D baskı teknikleri de gelişecektir.

Açık kaynak kodlu yazılımlar ve donanımlar 2000'lerin başında yayılmaya başlamıştır. Pahalı 3D yazılım kullanımı yerini ücretsiz ve açık kaynak kodlu yazılımlara bırakmıştır. Bu yazılımlardan biri de 2002 yılında ücretsiz yapılarak halka açılan Blender 3D yazılımıdır. Yazılım sayesinde sanatçılar modelleme, animasyon ve görsel efekt oluşturmaya başlamışlardır. Açık kaynaklı yazılımlar artık teknolojiye daha çok bir hareket olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Örneğin, 2007'de Adrian Bowyer ve Bath Üniversitesi'nden bir ekip, açık kaynaklı bir 3D yazıcı tasarımı olarak Reprap'ı (Rapid Prototyper) geliştirmiştir. RepRap için kullanılabilen parçaların çoğu aslında bir RepRap 3D yazıcı tarafından yapılır. Başka bir deyişle, kendini yeniden üretir. İlk RepRap 3D yazıcıyı geliştirenlerin umudu, diğerleri onunla çalışırken ve tasarımı değiştirirken 3D yazıcının gelişip büyümesidir. (Mongeon, 2016:4)

Digital Grotesque, kumtaşından 3D olarak basılmış iki tam ölçekli mağaradan oluşur. Grotto I, 2013'te, Grotto II ise 2017'de Mimarlar Michael Hansmeyer ve Benjamin Dillenburger tarafından üretilmiştir. Tasarım aşaması ortalama 2 yıl sürmüş olan bu yapılar, mimarlık alanındaki tekniğin günümüz teknolojisiiyle yeniden tasarlanıp üretilmesine örnek olarak gösterilmektedir. Mimari ile özdeşleşmiş dekoratif öğelere sahip heykel formundadır. Digital Grotesque, tamamen 3D baskılı kumtaşından inşa edilen ilk insan ölçekli alandır. Milyonlarca bağımsız yüzeyden oluşan karmaşık bir geometrisi vardır. 3,2 metre yüksekliğinde, 16 metre karelik geniş bir odanın boyutlarına milimetrenin onda biri çözünürlükte yazdırılmıştır. Geometrisi tamamen özelleştirilmiş algoritmalarla tasarlanmıştır.





Görsel 6. Michael Hansmeyer ve Benjamin Dillenburger, "Grotto I", 2013 ( solda) ve Grotto II", 3D Baskı, 2017 (sağda)

İngiliz Lorna Barnshaw, 2013 yılında tasarımını yaptığı çeşitli insan yüzleriyle tanınmaktadır. Her biri farklı bir bilgisayar uygulaması, yazılımı ve çıktı kaynağı olarak 3D baskı yöntemi kullanılarak oluşturulan, 'REPLIKANT' adını verdiği yüz çalışmaları vardır (Görsel 7).



Görsel 7. Lorna Barnshaw, "3D yazıcı ile basılmış insan yüzü" 2013

Gerçeği olabildiğince yakın bir şekilde kopyalamak isteyerek, teknolojik kopyası ile asgari düzeyde müdahale ederek insanlığı dijital bir filtreden geçirip onu fiziksel dünyaya geri getirmeyi amaçlamıştır. Kullanılan her bilgisayar yazılımına özgü özelliklere sahip bir dizi maske benzeri heykel parçalarından oluşur. Dö-

nüştürücü olarak fotoğrafları basılacak 3D modellere aktarır. Yüz unsurlarını alışılmadık biçimde şekillendirilmiş örneklerine dönüştürmüştür. Baskı yöntemi olarak Cubify yazılımı kullanan başka bir çalışması da, insan yüzünün oldukça soyut, geometrik bir yeniden yorumudur. Teknoloji odaklı toplumumuzdan etkilenen Barnshaw'ın çalışmalarını, dijital ilerlemelerin sürekli arzını ve bunun günlük hayata asimilasyonunu araştırmak olarak açıklamaktadır.<sup>5</sup>

İtalyan seramik sanatçısı Francesco Pacelli, 3D baskı dünyasına ilgi duyar. Kil ve çamurun alternatif şekillendirme teknikleri üzerinde araştırmaları vardır. Kil gibi sıvı bir malzemenin baskıda nasıl kullanılacağını araştırmıştır. Günümüz baskı malzemelerinden olan polimerler ve termoplastikler, ısıtıldıktan sonra oda sıcaklığında katılaştıklarından ve belirli çökme sorunlarına neden olmadıkları için yazdırılması daha kolaydır. Öte yandan, kil gibi yoğun sıvı malzemeler LDM (Likit Depolanabilen Modelleme) işlemi ile katman katman biriktirildiğinde, geometride bozulma, kuruma ve büzülme gibi üretimde bazı sınırlamalar gözlemlenmektedir. Akışı sağlanan malzemenin kararlı kalması ve üretimde aksaklıklar çıkmaması beklenir. Bu nedenle araştırma yönüne odaklanan WASP şirketi ve sanatçı Francesco Pacelli, LDM süreci bilgisini derinleştirmek, potansiyel olarak akışkan seramik malzemelerin sayısını genişletmek ve işlevsellik elde etmek için 3D baskıda doğru dozları ve baskı parametrelerini tanımlamak için işbirliği yapmışlardır. (Görsel 8)



Görsel 8. Francesco Pacelli ve WASP şirketinin birlikte çalıştığı yazıcı (detay)

5. <https://www.designboom.com/technology/3d-printed-facial-studies-by-lorna-barnshaw/> 16/03/2022 tarihinde alınmıştır.

## Pacelli bir röportajında,

Tüm sanat çağdaş olmuştur. En yeni teknikleri ve günümüz araçlarını birleştirerek, ancak en eskilerini de unutmadan, dijital ve analog, sanal ve fiziksel, inanç ve bilimi karıştırarak kavram ve düşünceler geliştirmeyi gerçekten inanıyorum. Bir sanatçı olarak, gelişen bilgi sürecinin temel bir parçası olarak fikirleri, teknikleri ve zihinleri paylaşmanın önemini iletmeye çalışacağım.<sup>6</sup>

Hindistan asıllı İngiliz heykel sanatçısı Sir Anish Kapoor, birkaç yıl boyunca çağdaş sanatçıların teknik olarak zor ve yenilikçi sanat eserleri yaratmalarına yardımcı olmayı sağlayan fon şirketi Factum Arte ile çalışmıştır. Kapoor, doğrudan CAD dosyalarından yazdırabilen bir 3D çimento yazıcısı geliştirme üzerine araştırma yapmıştır. Mayıs 2007’de Utrecht’te açılan genetik konulu bir sergi olan GENESIS için ilk örnek yapılmıştır. 3D çimento baskı tekniğini kullanan heykeller 2009’da Kraliyet Akademisi’nde sergilenmiştir. Deneysel 3D baskı malzemeleriyle yapılan bu çalışmalarda kavramsal olarak güzellik yapısını ve şansı vurgulamaktadır. Sağlam bir yapı malzemesi ile baskı işlemini farklı çimento karışımlarıyla karıştırarak organik ve kararsız hale getirir.(Görsel 9) Kapoor ve Factum’un 3D çimento baskı üzerinde birlikte yaptıkları süreç ve çalışma, 2009’da “Uyumsuzluk ve Entropi” kitabında anlatılmıştır.



Görsel 9. Sir Anish Kapoor’un Çimento Baskı Makinesi, 2007

6 <https://cfonline.org/art-technology-francesco-pacelli-demonstrates-wasps-3d-printed-ceramics-contemporary-ceramic-art/> 01/03/2022 tarihinde alınmıştır.

Hollandalı sanatçı Eric van Straaten,

Teknik olarak sınırlı imkânlarla 'mükemmel' bir sonuç elde etme mücadelesinden ilham aldığını söylemektedir. Dijital alanda çalışmak sanatçıya sınırsız olanaklar sağlanmış gibi görünse de, bu seviyede 3D baskı büyük bir teknik zorluktur ve çok fazla kod odaklı olmadan 'geçici çözümler' düşünmeyi ve daha fazlasını kullanıcı dostu kombinasyonları birleştirerek düşünmeyi gerektirir.<sup>7</sup>

Farklı yazılım türleri kullanan sanatçı çalışmalarını teknik bir yolculuktan çok sanatsal bir yolculuk olarak nitelendirir (Görsel 10). Straaten, monokrom malzemelerle yapılan bazı deneylerden sonra, i.materialise yazılımı yardımıyla doğrudan renkli baskı yapmanın yolunu keşfetmiştir.

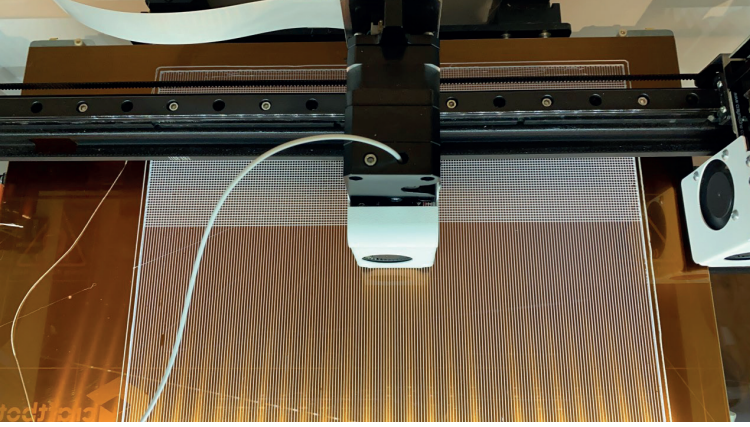


Görsel 10. Eric van Straaten'in kullandığı çoklu renk baskı örneği

İsrail asıllı moda tasarımcısı Danit Peleg, ticari olarak satılan ilk 3D baskılı giysiyi üreten ve Forbes dergisi tarafından 2018'de Avrupa'nın Teknolojide En İyi 50 Kadınından biri olarak seçilmiştir.<sup>8</sup>Tamamen farklı bir sanat formunun sınırlarını zorlamak için 3D baskı teknolojisini kullanır (Görsel 11).

7 <https://madeinshoreditch.co.uk/2016/07/03/eric-van-sraaten-journey-3d-printer/> 16/03/2022 tarihinde alınmıştır.

8 <https://www.forbes.com/top-tech-women/#2a39d0644df0> 16/03/2022 tarihinde alınmıştır.



*Görsel 11. Peleg'in giyilebilen 3D kıyafeti baskı aşamasından ayrıntı.*

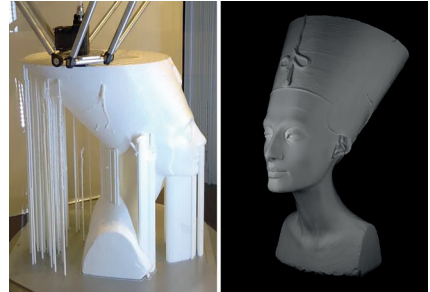
Moda dünyasındaki birçok tasarımcı-sanatçı gibi, Peleg ve ekibi, giyilebilir sanat yaratmak için farklı malzemelerin benzersiz özelliklerinden yararlanmayı hedeflemiştir. Peleg, çalışmalarına başka bir boyut katarak müşterilerin onu kişiselleştirme özelliğini eklemiştir. Danit Peleg 2007'de kendi web sitesinde, müşterilerin çevrimiçi olarak satın alabileceği dünyanın ilk kıyafetini yine müşteriler tarafından kişiselleştirmelerini ve sipariş etmelerini sağlayan bir kişiselleştirme platformunu geliştirmiştir. Evde veya belirlenmiş bir mağazada dosya satın alabilecek ve kıyafet basabilecektir.

İngiliz sanatçılar Rob ve Nick Carter, 2015 yılında Bronz Meşe Korusu ile sanat tarihindeki önemli sanatçıların eserlerini yeniden yorumladığı "Transforming" adlı devam eden bir dizinin parçası olarak tasarlamışlardır. Bronze Oak Grove, 1600 yılında Hollandalı ressam Jacob de Gheyn II tarafından yapılan bir çizim olan, köklerinin üzerinden yatay olarak kesilmiş bir meşenin gövdesinden esinlenmişlerdir. Rob ve Nick, geleneksel 'yitik mum' bronz döküm teknikleri ve gelişmiş 3D tarama ve baskı yoluyla Gheyn'in karmaşık kalem ve mürekkep çalışmasını gerçekçi bir ağaç kütüğüne dönüştürmüşlerdir( Görsel 12). Geleneksel sanatı 3D baskılara yorumlayarak yeniden yeni hale getirmeye çalışmışlardır. Dış mekân kurulumunda düzenlenmiş dokuz bronz ağaç kütüğünden oluşan bir dizi olarak hayata geçirmişlerdir.



Görsel 12. Jacob de Gheyn II, “Kesilmiş Meşe Ağacı” Kağıt Üzeri Çini Mürekkebi, 11 × 23 cm 1600(solda) Rob ve Nick Carter, “Bronz Döküm Meşe Ağaçları”, 9 adet, her biri 48 × 183 × 127 cm,2015, (Sağda)

Girişimci Jonathan Beck tarafından 2014 yılında kurulan “Scan the World” Açık Kaynak Müzesi, Google Art&Culture ile birlikte 3D tarama teknolojilerini kullanarak 3D yazdırılabilir heykelleri ve kültürel eserleri paylaşmayı ve dijital kültürel mirasın her yerde görülmesi amacıyla kapsamlı ücretsiz bir ekosistem oluşturmayı hedeflemektedir. (Görsel 13) Kültürü erişilebilir kılmak için tarihi mirası kitlelere ulaşımını kolaylaştırmak istemişlerdir. 17 binden fazla özel ve kamuda bulunan koleksiyon sanat objeleri taranmıştır. Londra merkezli 3D baskı şirketi 3DCompare çalışmaya destek vermiştir.<sup>9</sup> Taranan ve dijital ortamda saklanan veriler herhangi bir ev kullanıcısı tarafından 3D baskı yoluyla çoğaltılabilmektedir.



Görsel 13. Jonathan Beck tarafından taraması yapılan heykel, 2019 ( solda) 3D taraması yapılan heykelin baskı aşaması, (sağda)

Resim sanatında 3D baskı teknolojileri kısıtlı kullanım alanına sahip olsa da geçmişte üretilen litofan (Lithophanes) tekniğinin, günümüz teknolojisiyle resimsel anlamda yeniden üretilmesidir. Litofan, Yunanca taş anlamına gelen “Litho” ve ortaya çıkarmak anlamına gelen “Phainen” sözcüklerinden türetilmiş bir terimdir (Kaya,2018:16). Litofan ustaları, diş hekimlerinin kullandığı arkadan aydınlatmalı bir cam parçası üzerinde küçük aletlerle mumu oymaktadırlar.

<sup>9</sup> <https://art.art/blog/jonathan-beck-and-global-3d-scanning-innitiative> 20/01/2022 tarihinde alınmıştır.

Daha sonra bir alçı kalıp yaparlar. Görüntünün pozitifini oluşturmak için kalıba porselen sıvı kil dökülür. Son olarak porselen kurduktan sonra fırına konulur ve 2000 derecede pişirilir (Görsel 14).



Görsel 14. 19.yy'da Üretilmiş Litofan Bir Lamba Örneği

Litofan'da uygulanan bu teknik ile katman kalınlıkları sayesinde ışığın geçirgenliğinin değiştirilerek derinlik oluşturulması prensibine dayanır. İngiliz koleksiyoner Laurel Gotshall Blair tarafından 1965 yılında kendi evinde bir Litofan Müzesi açılmıştır. Blair'in ölümünden sonra 2002'de daha kurumsal bir müze olarak düzenlenmiştir. Koleksiyonunda 2.300 den fazla eser vardır.

Fotoğrafçılık, anı yakalamanın basit bir yolu olarak icat edilse de şimdi 3D baskı ile her iki dünyanın da en iyisini deneyimlemenizi sağlamaktadır. İnce, ayrıntılı ve hassas litofanlar, yüksek çözünürlüklü stereolitografi (SLA) yazıcıda 3D baskı için en uygunu olmaktadır. 3D yazıcı üzerinden üretimi gerçekleştirilen görüntünün detayları ışığa tutulduğunda ortaya çıkar. Farklı kalınlıklar üzerinden geçen ışık, iki boyutlu olan görsele bir boyut daha eklenmesini sağlar (Görsel 16). Günümüzde Litofanlar, bir 3D yazıcı tarafından oluşturulan kabartmalı fotoğraflar olarak karşımıza çıkmaktadır (Görsel 15). Baskı sonuçları ilk başta pek görünmemektedir ancak hafif bir ışık tutulduğunda ayrıntılar ortaya çıkmaktadır. Çalışma şekli, ışığın kalın kısımlar tarafından bloke edilirken

ince kısımlardan geçmesidir. Bu sayede ışıktaki farklılıklar görüntünün detaylarını göstermektedir. Resmi bir litofan modeline dönüştürmek için birçok araç vardır. İlk olarak, fotoğrafın ana nesnesini tahmin eder ve onu kabartırlar. Sonra güzel bir kenarlık verirler ve size son dosyayı STL gibi 3D formatta sunarlar.



Görsel 15. Litofan 3D baskı aşaması

Gelişen teknoloji ile beraber sinema dünyasında 3D baskı, kostüm, sahne dekoru ve film karakteri olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk önce prototip oluşturmayı veya birkaç farklı versiyonu basmayı ve bunları birbirleriyle karşılaştırmayı mümkün kılmaktadır. Bu daha fazla esneklik sunmaktadır. Çekim sırasında bir parça kırılırsa, oldukça hızlı bir şekilde tekrar basılabilmektedir. Ek olarak, basit bir değişiklikle oyuncu daha kostümü denemeden bir parçası tasarlanabilir; üretilmeden önce boyutlarına göre ayarlanmasına gerek yoktur. Bazı 3D yazıcıların taşınması nispeten kolay olduğundan üretim, yerinde yapılabilir. Böylece uzun ve maliyetli sahne teslimatlarından kaçınılabilmektedir. Hızlı prototiplendirme ile zaman ve maliyet tasarruflarına ek olarak, 3D baskı tekniği, sinemada tasarım özgürlüğü sunmaktadır. Diğer imalat yöntemleri ile de karmaşık yapıya sahip kostüm gibi ürünleri üretmek mümkündür. Avusturyalı tasarımcı Julia Koerner, 3D baskı tekniği konusunda uluslararası alanda çalışmaları vardır. Black Panther adlı sinema filminde kostüm tasarımcısı olarak görev alan Koerner, karmaşık ve zor yapıda olan kostümleri kendi algoritmasıyla 3D olarak üreterek filmde kullanmıştır (Görsel 16). Julia Koerner bir söyleşide şunları söyler, “Kıyafetlerin el yapımı görünmemesi ve bir bilgisayar tarafından algoritmalarla oluşturulan bir şeyin teknolojik görünüm içermesi önemliydi. Bu nedenle kos-



tüm parçaları için geometriler geliştirdik. Özel bir yazılım kullandık. Malzeme karmaşıklığı ve davranışı ile deneyler yaptık<sup>10</sup>



Görsel 16. Black Panther filminde kullanılan kostümlerden detaylar

Julia Koerner, 2019 yılı Oscar ödülleri "En İyi Kostüm Tasarımı" dalında ödül kazanmıştır. Yine 2019 yılında Koerner, Archinect tarafından "Mimarlığın 3D Üretim Kraliçesi" olarak adlandırılmıştır.<sup>11</sup>

Mimaride ise 3D baskı teknolojisi, tasarım aşamasından tıpkı seramik ve heykel sanat eserleri çalışmalarında olduğu gibi sıvı beton gibi yapı malzemeleri ile kullanılmaktadır. Dubai'de bulunan medya ofisi 3D baskı yöntemiyle üretilmiştir. 17 günde basılan bu yapı iki günde yerine yerleştirilmiştir. Geleceğin ofisi olarak adlandırılmıştır(Görsel 17). Genellikle çok katlı olmayan prefabrik yapılar inşa etmek için kullanılmaktadır.



Görsel 17. Dubai'de bulunan hükümet medya ofisi

10 <https://www.juliakoerner.com/black-panther> 16/03/2022 tarihinde alınmıştır.

11 <https://www.metalocus.es/en/news/3d-printing-academy-awards-win-oscar-best-costume-design> 11/03/2022 tarihinde alınmıştır.

2019'da dünyanın en uzun 3D baskılı beton yaya köprüsü Şanghay'da tamamlanmıştır. Zoina Land Müşterek Dijital Mimari Araştırma Merkezi - Tsinghua Üniversitesi'nden (Mimarlık Okulu) Profesör Xu Weiguo tarafından tasarlanan 26,3 metre uzunluğundaki köprü, Çin'in Zhaoxian kentindeki antik Anji Köprüsü'nden ilham almıştır (Görsel 18). A+ Ödüllerinden Mimarlık ve Teknoloji alanında birincilik kazanmıştır. Köprünün tüm beton bileşenleri 450 saatte tamamlanmış, herhangi bir kalıp veya donatı gerektirmemiştir. Maliyeti geleneksel köprülere kıyasla üçte bir oranında düşük olarak gerçekleşmiştir.



Görsel 18. Anji Köprüsü, Antik Çin (solda), 3D basım aşaması( ortada), basımı gerçekleşen köprü(-sağda)

Tersine Mühendislik ve CAD/CAM yazılımları ile 3D baskı teknolojisi sayesinde tarihi yapılar restore edilmektedir. Tersine mühendislik olarak adlandırılan teknoloji, 1920'lerde başlayan bir süreçtir.<sup>12</sup>Genellikle askeri alanlarda casusluk amacı güdülerek yapılmıştır. Bu teknoloji bir savaş makinesinin nasıl çalıştığı, nasıl üretildiği, hangi malzemeden yapıldığı gibi konularla ilgilidir. Tersine mühendislik tekniği sanat ürünleri için de kullanılmaktadır.

Bir sanat eserinin birebir kopyasını yaparak üretmek ve o sanat eserini evimizin bir köşesine koymak mümkündür. Geliştirilen yeni teknikler bunu daha da kolay yapmaktadır. Kullandığımız cep telefonu uygulamaları ve tabletler sayesinde bu hayata geçmektedir. Seçilen objenin 360 derecelik bir açıyla fotoğraflanması ve bu fotoğrafların 3D yazılımlar sayesinde birleştirilerek sanal görüntüsünün oluşturulmasıdır. Daha sonraki aşamalar nesnenin yapısal hatalarını CAD/CAM yazılımları ile düzeltilmesidir. Düzeltilen 3d nesne artık basıma hazırdır. 3D basım yazılımları sayesinde elle tutulur bir nesneye dönüşmüştür.

2015 Yılında mimarlık tarihçisi Dr. Andrew Tallon, Ortaçağ Katolik Katedrali'nin gerçek bir dijital kopyasını oluşturmak için Notre-Dame Katedrali'nin tamamını 3D tarama teknolojisiyle dijital olarak haritalandırmıştır. Dr. Tallon, katedralin tüm iç ve dışını haritalamak için en gelişmiş lazerleri kullanmıştır. Bu proje bugüne kadarki en iddialı 3D tarama projelerinden biri olarak görülmektedir.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> <https://astromachineworks.com/what-is-reverse-engineering/> 16/01/2022 tarihinde alınmıştır.

<sup>13</sup> <https://edition.cnn.com/style/article/notre-dame-andrew-tallon-laser-scan-trnd/index.html> 23/01/2022 tarihinde alınmıştır.

15 Nisan 2019'da Notre- Dame Katedrali yanmış ve yapıda oldukça büyük hasar oluşmuştur. 12. ve 13. yy teknolojisiyle inşa edilen Katedralin onarım çalışmaları günümüz teknolojileri yardımıyla yeniden üretilmesine olanak sağlamaktadır. Onarım için geleneksel yöntemlerle birlikte katedralin ilk inşası döneminde kullanılan tekniklerin kullanılması hedeflenmiştir. Yeni teknolojiler hem hızlı hem de orijinaline yakın yapı malzemesi ile binanın yeniden inşasına destek vermektedir. Hollandalı 3D teknoloji firması Concr3de, kullanılacak malzemelerden olan betonu eski malzemeyle yeni teknolojik alt yapıyla birleştirme fikrini ortaya çıkarmıştır. Katedralin nefindeki kül, toz ve hasarlı taş kalıntılarını toplayarak 3D yazıcıda yazdırılabilir bir toza dönüştürmeyi hedeflemektedirler. Şirket “Bu toz, Paris taşının sarımsı gri rengine sahip olacak ve ahşabın kömürleşmiş kalıntılarıyla karıştırılacaktır.

Bu tozu kullanabilir ve Notre-Dame'in tahrip olmuş kısımlarını doğrudan 3D olarak yazdırabiliriz.” (Görsel 19).



Görsel 19, Notre- Dame Katedrali'nin toz, kül ve taş karışımı

Kullanılacak bu teknik ile Notre-Dame'in küllerinden bir Anka kuşu gibi doğmasını sağlayacak teknoloji olarak adlandırılabilir. Yeni teknoloji ürünleriyle yangından arta kalan kalıntılarla tarihi yapının aslına uygun bir şekilde restore edilmesi sağlanacaktır. Concr3de'den yapılan kurumsal basın açıklamasında “Bina, katmanlı tarihini gururla göstermeli ve dünyaya onu fethettiğini göstermelidir. Ateş aynı zamanda Notre-Dame'in da geleceği olabilir. Tabii ki, bu çok fazla iş gerektirecektir, ancak bu tamamen mümkündür. Büyük bir yazıcıyla bir günde iki metreküp malzeme üretebilirsiniz.”<sup>14</sup>

14 <https://www.france24.com/en/20190427-paris-france-notre-dame-rebuild-reconstruction-concr3de-3d-printing-macron> 25/03/2022 tarihinde alınmıştır.

## Sonuç

Araştırma yapılırken bilgisayar teknolojisinin gelişimi sırasında eş zamanlı olarak sanatın da gelişim süreci gözlemlenmiştir. Sanatçılar yeni malzeme arayışları ile beraber yeni teknikleri keşfetmişlerdir. İlk bilgisayardan günümüz bilgisayarlarına geçen sürede sanat adına teknoloji yardımıyla çeşitli araştırmalar yapmışlardır. Sanat ve teknoloji, beraber hareket etmektedir. 1980'lerin bilgisayar teknolojileri yeni sanat anlayışına yol göstermiştir.50'ler ve 60'lar yapay zekâ ile sayısal kod çözümleri gelişmiş. 70'lerde kişisel bilgisayarların gelişimi hızlanmıştır. 80'ler ile birlikte dijitalleşme örnekleri verilmiştir.

Endüstriyel ürün geliştirme ve üretme mantığı sanat dünyasına katkıda bulunmuştur. Sanat müzelerinde bulunan heykeller 3D tarayıcılar vasıtasıyla dijital verilere çevrilmiştir. Bu verilerle internet üzerinden evlerde 3D yazıcılar sayesinde birer kopyası alınması sağlanmıştır. Teknoloji firmaları özellikle de 3D baskı firmaları sanatçılara adeta oyun sahası açmıştır. Sanatçının ihtiyacı olan tekniği bulmak ve yaşanan teknik sorunlara çözüm bulmak için firmalar kendi laboratuvarlarını açmışlardır. Her yeni teknik pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Örneğin sıvı çimentoğun biçimsel olarak sabit kalmasını sağlamak ve istenilen formda şekil verdirmek veya monokrom bir baskı yerine çoklu renk baskıları uygulamak gibi sorunlardan bahsedilebilir. Sıradan ev kullanıcısının 3D baskı için kullandığı ürünler yerine sanatçı, malzeme sıradanlığından çıkaracak yeni ürünleri keşfetmiştir. Bazen sorunu kendisi çözmüş bazen de büyük kuruluşlardan yardım almıştır. 3D yazıcı firmaları ürünlerini tanıtmak için sanatçılarla işbirliği yapmıştır. Sanatçılar maliyet olarak üstesinden geleme-yecek çalışmaları Factum Arte gibi vakıflar yardımıyla hayata geçirmektedir. Böylece sanat destekçilerinin hem mevcut sanat ürünlerinin dijitalleştirilmesi ve korunması konusunda hem de yeni üretilecek sanat eserlerinin oluşmasında katkıları olmaktadır.

Sanatçının “en yeni”, “en iyi” ve “ilk” olma kaygısı teknolojik gelişimin ve sanat dünyasının heyecanı olarak görülebilir. Farklı sanat disiplinlerinin 3D yoluyla üretimi, sanat ürününün maliyetini azaltma veya hızlı üretim tekniklerinden faydalanma düşüncesidir. Sanatçılar bir sanat eserini üretmeden dijital olarak görme şansına sahiptir. Hızlı prototiplendirme denilen nihai eser üretiminden önce bir deneme aşamasıdır. Böylece sanatçılar sanat ürünlerinin üretim aşamasında gerekli müdahaleleri yapabilmektedir. Burada dijital sanatın ön izleme özelliğinden de bahsedilebilir. 3D baskı teknolojisinin disiplinlerarası sanat ile işbirliği yapması yeni sanat formlarının doğmasına, gelişimine ve üretimine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

Adams J. C.Brainerd W. S, Martin J. T, Smith B. T. Wagener J. L. (1992), Fortran 90 Handbook, New York: McGraw-Hill Book Company

Benjamin, W, (2013), Pasajlar (A. Cemal, Çev.), İstanbul: Yapı Kredi Yayınları

Eberl,U, (2019), Akıllı Makineler ( L. Tayla, Çev.),İstanbul: Paloma Yayınları

Ford,M, (2018), Robotların Yükselişi (C. Duran, Çev.), İstanbul: Kronik Kitap

Freyer, H. (2014), Sanayi Çağı (B.Akarsu ve H. Batuhan, Çev.), Ankara: Doğu Batı Yayınları

Hoskins, S, (2018), 3D Printing for Artists, Designer and Makers, New York: Bloomsbury Publishing Plc

Kaya,E, (2018), Porselen Lithophane Tekniğinin İncelenmesi ve İç Mekan Duvar Panosu Olarak Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Lipson, H. ve Kurman, M. (2013), Fabricated: The New World of 3D Printing, Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc

Mongeon,B, (2016), 3D Technology in Fine Art and Craft, Burlington:Focal Press

Shanken, E.A, (2012), Sanat ve Elektronik Medya(O. Akinhay, Çev.), İstanbul:Akbank Sanat

Tuğal, S.A, (2018), Oluşum Süreci İçinde Dijital Sanat, İstanbul: Hayalperest Yayınevi

Wands B, (2006), Art of The Digital Age, London:Thames & Hudson Ltd.

## İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.sculpteo.com/blog/2017/03/01/whos-behind-the-three-main-3d-printing-technologies/> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://pagev.org/termoplastikler> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://3dprintingindustry.com/news/space-3d-printing-first-print-in-space-37078/> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://archive.org/details/ComputerSculptureArticleByRobertMalleryInArtforumMAY1969-Pulsa/page/n5/mode/2up> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.designboom.com/technology/3d-printed-facial-studies-by-lorna-barnshaw/> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://cfileonline.org/art-technology-francesco-pacelli-demonstrates-wasps-3d-printed-ceramics-contemporary-ceramic-art/> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://madeinshoreditch.co.uk/2016/07/03/eric-van-straaten-journey-3d-printer/> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.forbes.com/top-tech-women/#2a39d0644df0> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://art.art/blog/jonathan-beck-and-global-3d-scanning-innitiative> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.juliakoerner.com/black-panther> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.metalocus.es/en/news/3d-printing-academy-awards-win-oscar-best-costume-design> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://astromachineworks.com/what-is-reverse-engineering/> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://edition.cnn.com/style/article/notre-dame-andrew-tallon-laser-scan-trnd/index.html> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.france24.com/en/20190427-paris-france-notre-dame-rebuild-reconstruction-concr3de-3d-printing-macron> 16/02/2022 tarihinde alınmıştır.

## **GÖRSEL KAYNAKLAR**

Görsel 1: <https://collections.vam.ac.uk/item/O187634/oscillon-40-photograph-laposky-ben/> (Erişim Tarihi: 20/01/2022)

Görsel 2: <https://www.computerhistory.org/revolution/computer-graphics-music-and-art/15/206/554> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 3: <https://twotrees3d.com/what-is-3d-printer/> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 4: <https://3dprintingindustry.com/news/space-3d-printing-first-print-in-space-37078/> (Erişim Tarihi: 20/03/2022)

Görsel 5: <https://www.robertmallary.com/computer-art> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 6: <http://digital-grotesque.com/concept.html> (Erişim Tarihi: 12/03/2022)

Görsel 7: <https://www.designboom.com/technology/3d-printed-facial-studies-by-lorna-barnshaw/> (Erişim Tarihi: 02/02/2022)

Görsel 8: <https://cfileonline.org/art-technology-francesco-pacelli-demonstrates-wasps-3d-printed-ceramics-contemporary-ceramic-art/> (Erişim Tarihi: 28/01/2022)

Görsel 9: <https://blog.adafruit.com/2014/01/16/3dxart-artist-anish-kapoor-and-factum-arte-3d-printing-in-cement-3dthursday-3dprinting-3d/> (Erişim Tarihi: 23/03/2022)

Görsel 10: [https://www.linkedin.com/pulse/recommended-3d-printer-printing-fashion-unboxing-video-danit-peleg?trk=portfolio\\_article-card\\_title](https://www.linkedin.com/pulse/recommended-3d-printer-printing-fashion-unboxing-video-danit-peleg?trk=portfolio_article-card_title) (Erişim Tarihi: 18/03/2022)

Görsel 11: <https://3dprintingindustry.com/news/scan-the-world-has-launched-its-new-crowdfunding-campaign-on-myminifactory-191689/> (Erişim Tarihi: 15/03/2022)

Görsel 12: <https://madeinshoreditch.co.uk/2016/07/03/eric-van-straaen-journey-3d-printer/> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 13: <https://mymodernmet.com/free-3d-models-scan-the-world/> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 14: <https://www.arts.ucla.edu/single/meet-julia-koerner-the-designer-who-helped-bring-black-panthers-3d-printed-costumes-to-life/> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 15: <https://archello.com/story/42727/attachments/photos-videos/5> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 16: <https://www.idealwork.com/3d-print-the-worlds-longest-concrete-bridge/> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 17: [http://www.china.org.cn/travel/2011-11/11/content\\_23888852.htm](http://www.china.org.cn/travel/2011-11/11/content_23888852.htm) (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 18: <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/a-brief-history-of-3d-printing-in-architecture/> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

Görsel 19: <https://www.france24.com/en/20190427-paris-france-notre-dame-rebuild-reconstruction-concr3de-3d-printing-macron> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)