

Üç Boyutlu Yazıcıların Çağdaş Seramik Sanatına Yansıması

Prof. S. Sibel Sevim
Öğr. Gör. Veli Tutaş

Makale Geliş Tarihi: 19.05.2020
Yayına Kabul Tarihi: 30.09.2020

Özet

Sanat, insanın zihnindeki imgeleri eller ve aletler yardımı ile yaratıcı ve özgün biçimde somutlaştırmasıdır. Zamanla gelişen teknolojilerle beraber kullanılan alet ve malzemeler değişmiş, farklı üretim şekilleri ortaya çıkmıştır. Bu üretim şekillerinden birisi de, bilgisayar destekli üç boyutlu modelleme ve üç boyutlu yazıcılar olmuştur. 1980'lerden sonra üç boyutlu yazıcıların modelleme aşamaları tasarım ve üretim tarihinde yerini almış ve sanata etkilerini hızlıca göstermiştir. Prototipler, bilgisayar programları yardımıyla sanal ortamında modellenmesinden sonra bir kalıp tekniği kullanmaya gerek duyulmaksızın çizimin üç boyutlu yazıcıya gönderilerek basılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Üç boyutlu yazıcının temel çalışma prensibi plastik, metal, seramik çamuru gibi malzemelerin katmanlar halinde üst üste gelerek formu oluşturması şeklindedir. Hızlı şekilde prototip üretimine elverişli olması ve modellemenin zor olduğu nesnelere daha kısa sürede daha verimli şekilde üretmeyi sağlaması gibi avantajları bakımından gelecekte seri üretimde kullanılması kaçınılmaz görülmektedir. Bu makalede, üç boyutlu yazıcıların temel çalışma prensiplerine değinilmekte; seramik alanındaki kullanım olanakları sorgulanmaya çalışılmakta ve gelecekte çağdaş seramik sanatına yapacağı etkiler değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sanat, Seramik, Üç Boyutlu Yazıcı.

REFLECTION OF THREE DIMENSIONAL PRINTERS ON CONTEMPORARY CERAMIC ART

Abstract

Art is embodied by the way of creative and original with the help of hands and tools of images in human mind. The tools and materials, which is used with the developing technologies over the time, have changed and different forms of production have emerged. One of these production methods has been computer aided three-dimensional modeling and three-dimensional printers. After the 1980s, the modeling stages of three-dimensional printers, that are quickly showed their effects on art, took their place in the history of design and production. Prototypes are realized by sending it to the three-dimensional printer without need to use a mold technique after modeling in the virtual environment with the help of computer programs and printing the drawing. The basic working principle of the three-dimensional printer is that materials such as plastic, metal and ceramic mud are formed by overlapping in layers and form. It seems inevitable to be used in serial production in the future in terms of its advantages such as being suitable for rapid prototype production and providing more efficient production of objects that are difficult to model.

In this article, basic principles of three-dimensional printers are mentioned; The possibilities for use in the field of ceramics are tried to be questioned and the effects of contemporary ceramic art on the future are evaluated.

Keywords: Art, Ceramics, Three Dimensional Printer.

Prof. S. Sibel Sevim. Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü. Eskişehir.

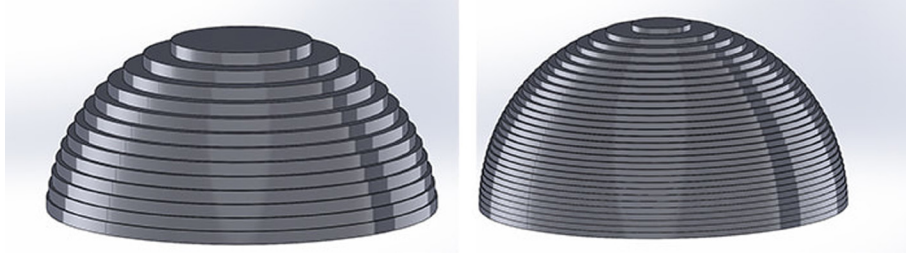
E-posta: sssevim@anadolu.edu.tr ORCID: 0000-0001-7378-027X

Öğr. Gör. Veli Tutaş. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü.

Sakarya. E-posta: vtutas@subu.edu.tr ORCID: 0000-0002-7636-0593

1. Giriş

21. yüzyılın bilim ve teknolojisi geçmişten aldığı bilgi birikimi ile durmaksızın değişim ve gelişim halindedir. Bilim ve teknoloji, insan hayatına hızla yerleşmekte, bununla beraber yeni gelişmelerin oluşmasına da zemin hazırlamaktadır. Teknolojik yöntemlerin içerisinde üç boyutlu yazıcılar, prototip üretiminde geleneksel modelleme ve kalıplamanın yerini hızla almaktadır. Bunun sebeplerinin başında geniş bir biçimsel yelpaze yaratması, daha hızlı üretim sağlaması ve bilgisayarda çizilen üç boyutlu modellemenin birebir aynısını üretebiliyor olması gelmektedir. Üç boyutlu yazıcıların temel çalışma prensibi, bilgisayar ortamında oluşturulan üç boyutlu çizimlerin somut nesnelere haline bir aygıt yardımıyla gerçekleştirilmesine dayanmaktadır. Bunun için öncelikle bilgisayar ortamında Autocad, TopSolid, Solidworks, 3ds max gibi üç boyutlu programlar ile oluşturulan üç boyutlu çizimlerin stl gibi 3d yazıcıyı destekleyen uzantılara çevrilmesi gerekmektedir. Çizimler, yazıcıdaki tabla üzerinde farklı malzemeler ile katmanlar şeklinde üst üste yığılarak formu oluşturmaktadır. Bu modellemede malzemenin bir ipin üst üste yerleştirilmesi misali kat kat (Görsel 1) bir araya getirilmesi nihayetinde bilgisayar ortamındaki modelin birebir gerçeğe dönüştürülmesi esasına dayanır.



Görsel 1. Üç Boyutlu Yazıcıların Katmanlar Halinde Çalışma Prensibi¹

İnsan zihnindeki imgelerin gerçeğe dönüştürülmesinde zaman zaman bazı zorluklar yaşanmaktadır. Bu zorluklardan birisi sınırsız hayal dünyasındaki nesnelere somutlaştırılma sürecindeki sınırlı üretim yöntemleridir. Tam bu noktada üç boyutlu yazıcılar devreye girmiştir. Bu yazıcılar; tasarımcının, hayali ve amacına yönelik bilgisayar programını kullanarak üç boyutlu çizimini yapmasına ve üç boyutlu yazıcıda modellemesine olanak tanımaktadır. Temellerinin 1970'li yıllarda atıldığı bu yöntem, Charless Hull tarafından 1984 yılında 3D System adlı bir şirket ile sektör haline gelmiştir (Taşdelen , Uysal, Oran ve Turp, 2018). Elle veya model kalıp yöntemleri

ile yapımı zor olan formları şekillendirmeye izin veren yöntem; inşaat, otomotiv, tekstil, beyaz eşya, seramik, tıp, makina, gıda, takı gibi pekçok alandaki tasarımcıya biçimsel özgürlük sunmuştur.

Tarih boyunca teknolojik gelişmelerin sanat üzerindeki etkisi kaçınılmaz olmuştur. Bu gelişmeler sanatçılara üretim yöntemlerinde yeni olanaklar sunarken, sanata hem kavramsal hem de biçimlendirme açısından yenilikler getirmiştir. Örneğin fotoğraf makinasının icadı ile yok olacağından endişe edilen resim sanatı, aksine daha yaratıcı ve özgün ifade biçimlerini içeren bir yola girmiştir. Üç boyutlu yazıcıların icadı ise heykel, seramik ve mimari gibi sanat dallarına önemli bir yenilik getirmiştir. Bu yenilik; seramik sanatında hızla kendini göstermiştir. Örneğin kalıpla veya elle şekillendirilmesi zor olan modeller, bu üretim yöntemi ile hızla şekillendirilebilmiştir. Üç boyutlu yazıcılar ilk olarak endüstriyel seramik alanında kullanılmış ve ardından sanatsal seramik alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu tercihte, üç boyutlu yazıcıların tasarımdan modellemeye, modelmeden üretime kadar bütün süreci neredeyse kusursuz bir biçimde tamamlamayı sağlaması etkili olmuştur.

2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Tanımı

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, üç boyutlu bilgisayar programları ile oluşturulmuş sanal verilerin gerçek nesnelere dönüştürmeye yarayan cihazlar olarak tanımlanabilir. Model kalıp yöntemleri ve diğer geleneksel üretim yöntemleri ile yapımı zor ve uzun bir zaman dilimine ihtiyaç duyulan tasarımların daha kısa sürede ve aynı zamanda tasarıma uygun bir formda üretmeye yarayan bir üretim yöntemidir.

Yüzyıllardır kullanılan kesme, delme, kalıba dökme, yapıştırma, vidalama vs. gibi ana malzemeden kullanılacak parçaları çıkararak ürün elde etme yöntemine ise bu nedenle "çıkarmalı üretim" (subtractive manufacturing) adı verilir. Ekleme üretiminde nihai ürün, sayısal ortamda tasarlanan üç boyutlu modelin yazıcıya gönderilerek hammaddenin katmanlar halinde birbiri üzerine yığılmasıyla ya da toz zerreciklerinin sertleştirilmesiyle somut hale gelir. Plastik ya da toz yapıda olsun ana maddenin çeşitli yöntemlerle birbirine eklenmesi söz konusu olduğundan bu yöntem eklemeli üretim adını alır (Özdoğdu, 2014: 203).

Üç boyutlu çizimi tamamlanmış tasarımın profesyonel veya amatör bir kullanıcı tarafından kolaylıkla üç boyutlu yazıcıları kullanmasıyla tasarımın gerçek nesnelere dönüştürmesini sağlar.

3B yazıcılarda üretim eklemeli (additive) bir süreçtir. Katman kesitlerinin belirlenen çözünürlükte bir araya gelmesiyle oluşur. Bundan dolayı bu süreçten "katmanlı

¹ Üç Boyutlu Yazıcıların Katmanlar Halinde Çalışma Prensibi: <https://www.mdpi.com/2227-7080/5/3/50> (Erişim Tarihi: 17.5.2020).

üretim" olarak da bahsedilir. Kavram olarak benzer tanımları olmasına rağmen "3 boyutlu yazdırma" daha bireysel, küçük ölçekteki amatör ruhla yapılmış işleri çağırıştırırken, "katmanlı üretim" daha profesyonel ölçekteki işleri çağırıştırılmaktadır (Şahin ve Turan, 2018: 98).

Macintosh ve Windows gibi işletim sistemlerinin de etkisiyle kişisel bilgisayarların yaygınlaşması, üç boyutlu tasarım programlarının gelişimi ve bununla beraber insanların fikirlerini gerçek nesnelere dönüştürme arzusu ile düşük maliyetli üç boyutlu yazıcılar geliştirilmeye başlanmıştır. Bu teknolojinin tüm dünyada hızla yayılması ve insanların evlerinde dahi kolaylıkla hızlı prototipler yapmaları için Reprap isimli bir proje geliştirilmiştir. RepRap, plastik nesnelere basabilen ücretsiz bir masaüstü 3D yazıcı ve insanlık tarihinin ilk genel amaçlı kendi kendini kopyalayabilen üretim makinesidir. RepRap'ın birçok parçası plastikten yapıldığından ve kendi parçalarını yazdırabildiğinden dolayı kendi kitini oluşturarak kendini çoğaltabilir. 2005 yılından itibaren bu teknoloji, insanların evlerine girmiş ve maliyeti düşük olan bu prototip oluşturma şekli hızla yaygınlaşmıştır.

2.1. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Avantajları ve Dezavantajları

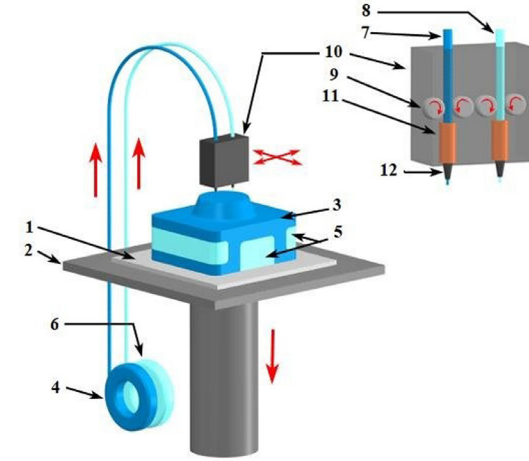
Avantajları	Dezavantajları
Profesyonel veya amatör kullanıcılara kolaylıkla prototip yapma olanağı sağlar.	Üretimde kullanılacak malzeme çeşitliliği sınırlıdır.
Tasarımın, model-kalıba ihtiyaç duymaksızın hızlı ve kolayca somut bir nesneye dönüştürülmesini sağlar.	Oluşturulan prototiplerin fiziksel (renk, doku vb.) özellikleri sınırlıdır.
Bilgisayar ortamında oluşturulan çizimin birebir şeklinin üç boyutlu olarak yapılabilmesini sağlar.	Prototipin boyutu büyüdükçe maliyeti artmaktadır.
Prototipin oluşturulması sırasında gözlemlenerek olası hatalara müdahale edilebilmesini sağlar.	Yüzey hassasiyeti henüz yeterli düzeyde değildir.
Prototipin oluşturulma sürecinde kullanılan malzemeden minimum fire verilmesini sağlar.	Kötü amaçlı kullanıma sebep olabilir. (Silah, tüfek vb. yapımı)
Yatırım maliyeti evde kullanıma dahi uygundur.	İzinsiz çoğaltmalar yapılabilir.

(Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018)

2.2. Üç Boyutlu Yazıcıların Çalışma Prensiplerine Göre Çeşitleri

Birleştirmeli yığılma modeli (FDM-Fused Deposition Modelling), seçici lazer sinterlemesi (SLS-Selective Laser Sintering), tarayarak ışınla kütleme tekniği (SLA-Stereo Lithography Apparatus), polijet modeli (Eklemeli Üretim-Additive Modelling), Tabaka yapıştırıcı parça imalatı (LOM-Laminated Object Manufacturing), Bağlayıcı Püskürtme Tekniği (Binder Jet) gibi üç boyutlu yazıcı çeşitleri vardır. Fakat bu makale, seramik malzemesine uygunluğu, yaygın kullanımı, bilinirliği ve çalışma prensiplerindeki farklılıklar dolayısıyla FDM (Birleştirmeli Yığılma Modeli) ve SLS (Seçici Lazer Sinterleme) yöntemleri ile sınırlandırılmıştır.

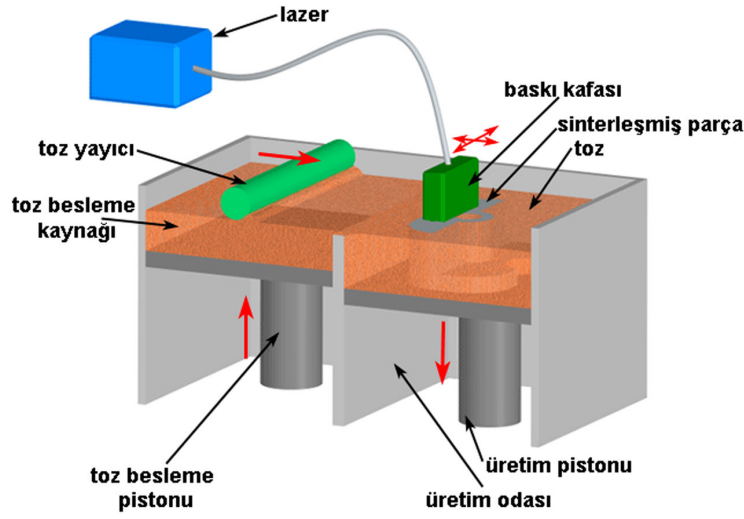
2.2.1. Birleştirmeli Yığılma Modeli (FDM Fused Deposition Modelling)



Görsel 2. Birleştirmeli Yığılma Modeli 3 Boyutlu Yazıcı (Karausu, 2018)

Her bir parçasının numaralandırılmış hali Görsel 2'de görülen birleştirmeli veya eritmeli yığılma modeli olarak dilimize çevrilmiş bu yöntemde oluşturulacak nesne, termoplastik polimer malzemenin üretim tablasının üzerine katmanlar şeklinde biraraya gelmesi ile oluşturur. Baskı işlemi, ekipman yapım platformunda (2) bulunan köpük taban (1) üzerinde gerçekleşir. Basılı parça (3) yapı malzemesi makarası (4) kullanılarak destek malzemesi makarasından (6) gerçekleştirilen parça destekleri (5) üzerine yönlendirilmiştir. Malzeme telleri (4, 6) destek malzemesi filamanından (7) ve yapı malzemesinden (8) geçmektedir, bu da ekstrüzyon başlığında [10] bulunabilen tahrik tekerlekleri (9) yardımıyla yönlendirilmektedir. Sıvılaştırıcılar (11) kullanılarak erime durumuna getirilirler. Yüzeyle serilmeden önce teller ekstrüzyon memelerinden (12) geçer. Polimer

malzeme, ekstrüzyon memelerinde 0.4 mm çapında eritilerek modellenecek nesne inşa edilir (Karasu, 2018: 2). Bu modelleme yönteminin en büyük dezavantajı prototipin formunun açılı olması durumunda alt katmanların üst katmanları taşıyamaması ve polimer malzemenin sarkmasıdır. Bu dezavantajına rağmen kullanımının kolay ve maliyetinin düşük olması sebebi ile en yaygın üç boyutlu yazıcı modelidir.



Görsel 3. Seçici Lazer Sinterlemesi²

Bu teknoloji toz materyalin ısı ve basınç altında kaynaştırarak katı cisimlere dönüştürülmesine dayanmaktadır (Görsel 3). SLS teknolojisinde FDM'den farklı olarak parçalar ham madde olarak kullanılan toz içine gömülü olarak üretilmektedir. Bu nedenle üretilecek bir çok modelde destek malzemesi kullanılmama ihtiyacı duyulmamaktadır. Ancak FDM ile karşılaştırıldığında oldukça yavaş bir yöntemdir. Bunun sebebi ise her katman için düzgün bir toz yüzeyinin serilmesi gerekesidir. Tozun düzgün serilebilmesi için serici kafa oldukça yavaş hareket etmektedir, bu durum da toplam üretim süresini arttırmaktadır. SLS teknolojisi oldukça kompleks şekilleri kolaylıkla üretebilmesi nedeni ile endüstride tercih edilen metotlardan biridir (Şahin ve Turan, 2018: 102). Yüzey hassasiyeti oldukça yüksek olan bu yöntem SLA (Tarayarak ışınla kütleme tekniği) olarak isimlendirilen yöntemde

olduğu gibi lazer ile yapılmasına rağmen bu yöntemden farkı seramik, cam, alüminyum, plastik gibi malzemelerin toz halinde kullanılmasıdır. Oysa SLA yönteminde, akışkan malzemenin lazer ile sertleştirilmesi esasına dayanması ile birbirlerinden ayrılırlar.

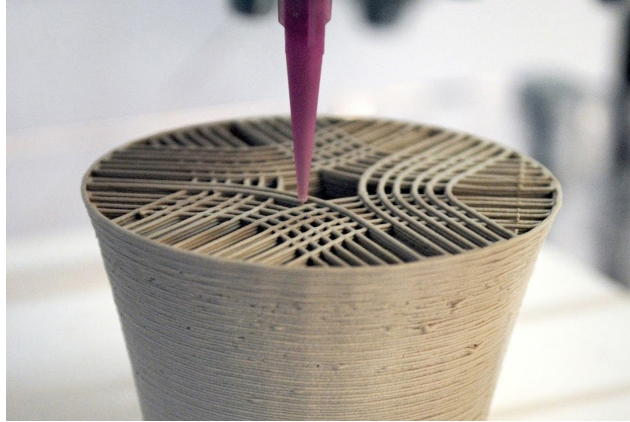
3. Seramik Sanatı ve Endüstrisinde Üç Boyutlu Yazıcılar

Geleneksel üretim yöntemlerinden olan model kalıp ve eksiltmeli yöntemden farklı olarak eklemeli üretim yöntemi olarak tanımlanan üç boyutlu yazıcılar, üretimi zor ve uzun zaman gerektiren parça ve modelleri hızlı ve kolay şekilde biçimlendirme olanağı sunarlar. Bu üretim yönteminin kullanıldığı alanlardan birisi de seramik olmakla birlikte şekillendirilmesi ve çözümlenmesi zor kompleks ürün ve parçaların geleneksel modelleme yöntemlerine başvurmaksızın tek seferde modellenmesine izin verirken sadece prototip değil, endüstriyel bir ürünün veya parçasının da üretiminin yapılabileceği yöntemidir. Bilgisayar destekli program ile yapılan çizimin üç boyutlu yazıcıda birebir aynısının oluşturulmasını sağlamaktadır. Üç boyutlu yazıcılar seramik alanı için de hızlı ve kolay prototip üretiminin yanında bir çok avantaja sahiptir. Üretim sürecindeki avantajlarından birisi tüketiciyi üretime dahil edebilmesidir. Kişisel üretimin önünü açarken, tüketici kendi üç boyutlu çiziminin veya talebinin maliyeti düşük şekilde üretimini yapabilir.

3.1. Seramik Sanatı ve Endüstrisinde Kullanılan Üç Boyutlu Yazıcılar ve Şekillendirme Yöntemleri

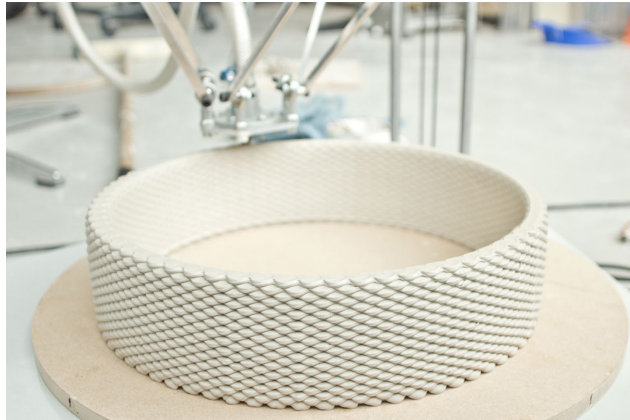
Seramik alanında en yaygın kullanılan üç boyutlu yazıcılardan birisi olan FDM (Birleştirmeli Yığılma Modeli) yöntemi seramik alanı için de son derece uygundur. Görsel 4'de görüldüğü biçimde plastik malzemenin bir başlığın ucunda eritilmesi ve bilgisayar programı kontrolünde katmanlar halinde ürünün oluşturulması esasına dayanan bu yöntem, seramik için kullanıldığında ise eritmeye gerek duyulmamaktadır. Plastik kıvamdan biraz daha sulu kıvamda hazırlanan seramik çamuru yazıcıya bağlı kompresörün sağladığı basınçla başlığın ucundan, ince bir sucuk şeklinde geçerek katmanları oluşturur ve ürünü elde etmemizi sağlar. Yığılma yoluyla oluşturulmuş yarı mamülden şekillendirme suyu uzaklaştırılarak kurutma işlemi gerçekleştirilir. Yarı mamül olarak elde edilen ürün minimum 9000C veya kullanılan harmanın pişme sıcaklığına bağlı olarak daha yüksek sıcaklıklarda pişirilerek seramik ürün elde edilmiş olur.

² Seçici Lazer Sinterlemesi: https://www.researchgate.net/figure/Three-dimensional-printing-Source-Custom-PartNet_fig4_326689200 (Erişim Tarihi: 20.04.2020).



Görsel 4. FDM Yöntemi Seramik Üç Boyutlu Yazıcı³

Üç boyutlu yazıcıların seramik sanatında kullanımına en önemli katkıyı yapan sanatçılardan biri Jonathan Keep' tir. Sanatçı delta model olarak bilinen üç boyutlu yazıcı mekanizmasını, seramik çamuru ile çalıştırılabilir bir hale getirmiştir. Harç Yığıma (FDM) tekniği ile çalışan, JK Delta Ceramic 3D Printer isimli bu yazıcı, herkes tarafından kolaylıkla kolay ulaşılabilir malzemelerden yapılmıştır. Böylece pek çok sanatçı tarafından kolayca yapılabilecek, basitleştirilmiş bir üç boyutlu yazıcının temellerini atmıştır (Özguven, 2015:178).



Görsel 5. Olivier Van Herpt, FDM Yöntemi Yazıcı⁴

Günümüzde seramik endüstrisinde seri üretim adına henüz yaygın kullanılmayan 3B baskı teknolojisinin, seramikte kullanım olanakları üzerine birçok üniversite ve araştırma kurumunda çalışmalar halen sürdürülmektedir. Örneğin Hollanda'da bulunan Design Academy Eindhoven, Dutch Design Week kapsamında mezun öğrencilerinin projelerini sunmakla birlikte bunlar arasında 2015 yılında, bugünlerde 3B baskı teknolojisi alanında adını sıklıkla duyduğumuz Olivier Van Herpt'in "Functional 3D Printed Ceramics" projesini sergilemiştir. Bu proje, büyük boyutlu seramiklerin 3b baskı yöntemiyle basılmasında önemli bir rol oynamış ve 3B baskının seramik alanında adını duyurmasında öncülük etmiştir (Işıktaş, 2018: 1200).

SLS yönteminde cihaz üzerindeki tablaya serilen toz malzemenin, ısı altında lazer gücü ile katılması esasına dayanır. Ürün alt bölümünden üst bölümüne doğru katmanlar halinde, toz materyalin içerisinde gömülü şekilde oluşturulur. Tabla içerisindeki toz malzemenin gerekli kısımları lazer ile sertleştirilir sonra bir süpürücü yardımı ile tablaya yeni toz malzeme doldurulur, tekrar lazer uygulanır ve bu işlem devam ederek katmanlar halinde prototip oluşturulmuş olur. FDM yönteminden farklı olarak destek yapıya ihtiyaç duymaz ve aynı zamanda yanyana veya üst üste ürünler oluşturma olanağı sunar. Bu yöntemin avantajlarından birisi çok küçük parçalar dahi üretilebilir olmasıdır. Toz materyalin içerisinde gömülü olarak oluşturulmuş ürün temizlenir ve yarı mamül elde edilmiş olur (Görsel 6). Kuru haldeki malzeme kullanıldığı için tekrar kurutma işlemine ihtiyaç yoktur. Bu sebeple oluşturulmuş prototipe gerekli olan sıcaklıkta pişirim işlemi gerçekleştirilir.



Görsel 6. SLS Yöntemi Üç Boyutlu Yazıcı ile Modellenmiş Vazo (Huson, 2011)

3.2. Üç Boyutlu Yazıcıların Seramik Endüstrisine Yansıması

Endüstriyel seramik üretim yöntemi, insanın direkt kullanım hizmeti esas alınarak ilerleyen bir yöntem olması sebebi ile ürünlerin sağlık ve hijyen koşulları ile ergonomic ayrıca seri üretime uygun olması gibi bazı

³ FDM Yöntemi Seramik Üç Boyutlu Yazıcı: unfold.be: <http://unfold.be/pages/ceramic-3d-printing.html> (Erişim Tarihi: 02.05.2020).

⁴ FDM Yöntemi Yazıcı: uarkceramics.org: <http://uarkceramics.org/university-of-arkansas-ceramics-blog/2015/4/7/olivier-van-herpt> (Erişim Tarihi: 03.05.2020).

standartlara sahip olmaları gerekir. Tasarımlar yapılırken bu ve benzeri pek çok koşul göz önüne alınarak yapılan endüstriyel üretim yönteminde, yapılacak tasarımın seri üretime uygunluğu için model kalıp yöntemine uygun hale getirilmesi şarttır. Tasarlanması tamamlanan ürünün model ve kalıp yöntemi ile oluşturulması ise uzun ve zahmetli olmasının yanında oldukça zor ve ustalık isteyen bir süreçtir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi bu noktada endüstriyel seramik üretimine dahil olması pekçok avantajı da beraberinde getirmektedir.



Görsel 7. Denby Firması ile Ortak Uygulanan Şekerlikler (Martinez ve Can, 2016)

Tasarlanan seramik ürünün modeli geleneksel modelleme yöntemi ile modellendiğinde tasarım ile prototip arasında bazı biçim ve ölçü gibi farklılıklar olma olasılığı var iken üç boyutlu yazıcı ile oluşturulmuş prototipte bu farklılıklar olmamaktadır. Çünkü yazıcı direkt olarak üç boyutlu çizimi esas alacak, birebir modelleyecektir. Yazıcı modellemeyi çok daha kısa sürede yapacağından modelleme esnasında gözlemlene şansı ile müdahale edilebilir. Bunun dışında geleneksel üretim yöntemleri ile yapımı zor olan seramik tasarımları kolaylıkla yapabileceği sunarak, tasarımcısına daha özgür düşünebilme ve yaratabilme olanağı vermektedir. Endüstriyel üretimde model kalıp yapımı oldukça zahmetli olmasının yanında maliyeti yüksek bir yöntemdir. Bu sebeple işletmeler tasarımlarını yapıp model kalıp sürecine geçerken yüksek miktarda üretim yapacakları varsayımına dayanarak hareket ederler. Oysa üç boyutlu yazıcı teknolojisi; üreticiye ya da tasarımcıya kişisel üretim yapma olanağını tanıırken tüketiciye de tek ve yegane ürüne sahip olma imkanı tanımakta, tüketici üç boyutlu çizimini üreticiye vererek kendi tasarımını üretmesini dahi talep edebilmektedir. Bu durumda üç boyutlu yazıcı teknolojisi sadece prototip oluşturma yöntemi olmaktan çıkarak direkt tüketicinin isteği doğrultusunda da üretim yapabilir. Tüketici; geleneksel yöntem ile üç boyutlu yazıcı üretimlerini kıyasladığın-

da: geleneksel üretim yöntemi ile binlerce üretilen endüstriyel bir tasarım ürününden sadece birine sahip olur iken bu yöntem ile tek ve biricik olarak sahip olduğu tasarım ürünü tıpkı bir sanat eserine sahipmişcesine keyifle kullanabilir.

Bu bağlamda, dijital üretim teknolojilerinin kişiselleşiyor oluşunu, makine tabanlı üretimde insanı yeniden merkeze koyma çabasının bir göstergesi olarak değerlendirildiği görülmektedir. El işçiliğinden uzaklaşarak, üretimin insanla ilişkisini koparan makineler, bu sefer insana yaklaşarak ve zanaat üretimine benzer şekilde tekil üretime izin vererek, kişisel üretimin avantajlarını yeniden sağlamak amacıyla hareket ediyor izlenimi vermektedir (Mühür, 2016: 90).

Bu şekilde seri halde üretilen milyonlarca benzer ürünler yerine, daha kişisel ve özgün ürünler üretebilme olanağı yaratılmıştır. Bu durumun sonucunda yakın bir gelecekte insan; üretim akışına tekrar dahil olarak ve seri üretime bağlı kar amaçlı üretim yönteminden de uzaklaşılacaktır. Bu durum sadece seramik sektöründe değil tasarım unsuru gerektiren diğer sektörler için de geçerlidir.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin en büyük dezavantajlarından birisi, şu andaki çalışma sistemi ile seri üretime uygun olmamasıdır. Prototip ve kişisel üretim için hızlı ve pratik olan yöntemin seri üretim için geleneksel üretim yöntemleri ile karşılaştırıldığında yavaş olduğu gözlenmekle beraber bu durumun çok yakın bir gelecekte aşılacak istenilen hıza ulaşacağı umulmaktadır. Üç boyutlu yazıcıların bir diğer dezavantajı da kişisel üretim yönteminde eğer üretim bir üreticiye yaptırılacak ise bunun tüketici açısından geleneksel üretim yöntemine kıyasla oldukça maliyetli olma olasılığıdır. Bu sebeplerle üç boyutlu yazıcı yöntemini seri üretim için geliştirilmesi gerekmekte bu haliyle yetersiz kalmakta ve maliyetli olmaktadır. Ancak bu durumun da kısa sürede çözüleceği ön görülmektedir.

3.3. Üç Boyutlu Yazıcıların Seramik Sanatına Yansıması

Sanat; İnsanın zihninde oluşturduğu imgeleri elleri ve bazı araç gereçlerle gerçek nesnelere dönüştürmesi sürecinin bütünü, zihinsel yaratım ile ustalığın birleşimidir. Sanatçının yaratımı, duygu, düşünce, birikim ve hayaller dünyasının zenginliği ile doğru orantılı olmakla beraber imgelerini gerçek nesnelere dönüştürmede kullanacağı araç ve teknikleri ustaca kullanabilme becerisine bağlıdır. Peki sanatın yaratımında anahtar olan araç ve gereçlerin ustaca kullanımı yani yetenek mi yoksa imgelem oluşturma yani zihinde nesnelere canlandırabilme yetisi midir? Bu noktada kuşkusuz sanat ve zanaat kavramlarını ayıran temel şey imge yaratmadır diyebiliriz. Aksi takdirde ustaca oluşturulmuş olan her nesne, sanat objesi olma niteliği

taşıması söz konusudur.

Diğer yandan sanat eseri ile endüstriyel tasarım unsuru bir ürünü birbirinden ayıran en önemli özellik, sanatsal ürünün tek ve eşsiz olması, endüstriyel tasarım unsuru ürünün ise ilk prototip tasarıma bağlı olarak seri üretilmesidir. Sanat objesi, sanatçı tarafından bir yaratım sürecinin sonucu eser özelliğine sahip iken endüstriyel tasarım ürünlerinde temel kaygı; özgün tasarım yanında, işlevselliği, seri üretime uygulanabilirliği ve üretim maliyeti gibi konulara uygunluğuna bağlı üretimlerdir.

İnsanlığın ateşi keşfinden beri, teknoloji durmaksızın bir gelişim göstermiş, sanayi devriminden sonra bu gelişim hızlanmış ve son yüzyılda inanılmaz bir ivme kazanmıştır. Teknolojik gelişmelerin sanata olan etkisi kaçınılmaz olmakla beraber bu etkiyi açıklamak için verilebilecek en iyi örneklerden birisi fotoğraf makinasının icadıdır. Bu icatla beraber resim sanatı başka bir yola girmiş ve fotoğraf sanatı doğmuştur. Böylece fotoğraf sanatı, çağdaş resim sanatının bugünkü haline gelmesindeki esaslardan birisi olmuş ve böylece resim sanatında görülmek istenen ustaca fırça darbeleri önemini yitirerek, doğanın taklidi olmaktan çıkmış sanatçının yeni doğalar yaratabilme şekli ve sonsuz hayaller dünyası haline gelmiştir. Bu duruma paralel olarak bugün her insanın telefonunda bir fotoğraf makinası olduğu düşünüldüğünde fotoğraf sanatının başka bir noktaya evrildiği söylenebilir.



Görsel 8. John Balistreri, İsimsiz, SLS Yöntemi⁵

⁵ John Balistreri: <https://www.pinterest.com/pin/316659417522385878/> (Erişim Tarihi: 02.05.2020).

Diğer yandan seramik sanatını ele alacak olursak; üretiminde elle, torna ile, kalıpla veya şablonla pek çok şekillendirme olanağı sunan zengin bir alandır. Seramik sanatında diğer sanat alanlarında olduğu gibi işlevsellik aranmaz burada önemli olan hangi yöntemle veya nasıl üretildiği değil sonucun estetik kaygı, haz, bir anlatımı içermesi tek ve eşsiz olmasıdır. Seramik sanatçısı eserini üretirken kalıp, torna, elle şekillendirme ya da teknolojinin sunmuş olduğu üç boyutlu yazıcılar gibi gelişmiş teknolojileri kullanabilir. Burada önemli olan anlatım, estetik kaygı, teknik özgünlük ve içerik gibi kavramların sanatı oluşturmasıdır. Sanat objesi yapma kaygısı olan sanatçı, şayet endüstriyel bir üretim yöntemi olan model kalıp yöntemini kullanacak olursa ve aynı kalıptan birden fazla obje ürettiğinde, yaptığı her şey sanat objesi olma özelliği gösterir mi? Kuşkusuz buradaki anahtar kelime zamandır. Çünkü esas kaygı sanat objesi yaratmak olmakla beraber yaratım sahibi olan seramik sanatçısının her kalıpla nesne oluşturması farklı bir zaman dilimini kapsamakla beraber her nesneye bir sanat objesi olma özelliği vermektedir. Sanat objesi olmasının anahtarı tek ve eşsiz olması demektir beraber burada kalıpla üretilmiş her nesneyi sanat objesi olarak tanımlayarak bir düğüm yaratmış olunabilir fakat yaratımı yapanın sanatçı olması ve esas kaygısının sanat objesi yapma kaygısı düğümü çözen noktadır.

Teknolojik gelişmeler ile birlikte üç boyutlu yazıcıların birçok alanda olduğu gibi seramik sanatının üretim sürecine de girerek damgasını vurması, üretim biçimini değiştirdiğinin ve giderek farklı bir biçimde değiştireceğinin kaçınılmaz bir göstergesidir. Üç boyutlu yazıcıların seramik sanatına girmesi ile el becerisinin giderek önemini yitireceğini tahmin etmek zor değildir. Böylece sanatın gerçek kaygısı olan imgelem asıl hedef haline gelecektir. Bu yöntemi kullanacak sanatçının sahip olması gereken yeteneği el becerisi olmaktan çıkarak, dijital bilgi birikimi olma zorunluluğu olacak, belki de bu teknoloji en çok seramik sanatının kullanımına uygun olacaktır. Çünkü seramik sanatı, diğer sanat dalları ile kıyaslandığında çamurun plastik özelliğinden dolayı sanatçılar tarafından kullanımı tercih edilerek, etkili bir ifade aracı olmuştur. Seramiğin plastik özelliği ve farklı çamur yapıları üç boyutlu yazıcılar ile tam bir uyum gösterdiğinden sanatçılar tarafından gelecekte üretim yöntemi olarak bu teknolojinin kullanımının giderek tercih edileceği ön görülmektedir.

Seramik sanatçısının zihninde oluşturduğu imgeyi üç boyutlu bilgisayar çizimi haline getirmesi ile üç boyutlu yazıcı; mükemmele yakın biçimlendirme olanağı sunar. Buradaki en önemli husus; seramik sanatçısının üç boyutlu çizim programları kullanımı konusunda yetkin olmasıdır. Diğer taraftan sanatçının teknolojik dünyaya kendini kaptırması sonucunda el/beyin

koordinasyonunu bertaraf edecek olması göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur ve bu noktada dengede durmayı bilmek gerekmektedir.



Görsel 9. Jonathan Keep, Curve Serisi, FDM Yöntemi⁶

Seramik, pişirilmesi gereken bir malzeme olmakla beraber diğer sanat dallarında olduğu gibi şekillendirme nihayetinde sanat objesi ortaya çıkmaz. Seramik sanatında şekillendirme sonunda elde edilen yarı mamülün (pişirimi gerçekleşmemiş şekillendirilmiş çamur) pişirilmesi gerekir ve bu durumda seramik objenin ortaya çıkması konusunda son sözü ateş söyler. Başarılı bir pişirim için yarı mamülün eşit et kalınlığına (Görsel 9-10) sahip olması gerekir ki bu eğer kalıpla yapılmamışsa tam bir ustalık gerektirir. Kalıpla şekillendirme bu özelliği sunmakla beraber yapım süreci oldukça uzun ve meşakkatlidir. Oysa üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile şekillendirme oldukça hızlı, şekillendirme süresinde gözlemlenerek müdahale edilebilir ve yapılan üç boyutlu çizime bağlı olarak eşit et kalınlığı sunar. Bunun dışında şekillendirmede çamur katmanlarının içerisinde kesinlikle hava boşluğu bulunmaması gereklidir ki aksi durumda yarı mamül pişirim esnasında olumsuz sonuçlar verebilir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi şekillendirme işlemi sırasında, çamur katmanları arasında hava boşluğu oluşmasına izin vermeyecek biçimde gerçekleşir, böylece sanatçıların kabusu olan pişirim sırasında oluşabilecek çatlamlar ve deformasyonlar gibi olumsuzluklar engellenmiş olur. Bu durum üç boyutlu yazıcıların olumlu özelliklerinden biridir.

⁶ Curve Serisi: http://www.keep-art.co.uk/Singles/curve_01.html (Erişim Tarihi: 02.05.2020).



Görsel 10. John Balistreri, Vase, SLS Yöntemi⁷

4. Sonuç

Sanayi devrimi ile beraber son 200 yıllık zamanda bilim ve teknoloji, dev adımlarla gelişimini sürdürmesi ile beraber bu gelişim binlerce yıllık insanlık tarihinin bütünüyle kıyaslandığında oldukça dikkat çekecek şekilde fark yaratmıştır. Bilim ve teknolojideki gelişmelerden endüstri ve sanat da kendilerine düşen payı alarak, kaçınılmaz değişimlerini sürdürmüştür.

Geleneksel biçimlendirme yöntemlerine sıkı sıkıya bağlı sanatçılara nazaran pek çok sanatçı bu bilimsel ve teknolojik gelişmelerden faydalanarak sanatlarını başka açılımlara götürmektedir. Bu durumda içinde bulunduğu çağ ve üretim olanaklarını takip eden sanatçılar, bilim insanları ile birlikte multi disiplinler bir çalışma sergileyerek, çağını da daha doğru bir biçimde yansıtmış olmaktadır.

Kuşkusuz bu noktada dikkat edilmesi gereken husus üç boyutlu yazıcıların yaygınlaşması ile doğacak niteliksiz üretimlerdir. Her evde amatör kullanıcıların dahi rahatlıkla üretim yapabilmeleri ile kalite ve sanatsal kaygıdan uzak oluşturulmuş üç boyutlu nesnelere; seramik, heykel, mimari gibi üç boyutlu sanat alanlarında, bir kaos ortamı yaratabilir. Oluşabilecek bu kaostan kurtuluş da tabii ki sanatçıların yaratım güçleri ve sahip oldukları sınırsız hayal dünyaları ile gerçekleştirecekleri gerçek sanat objeleri ile

⁷ SLS Yöntemi: <https://www.pinterest.com/pin/157766793170916163/> (Erişim Tarihi: 02.05.2020).

olacaktır. Üç boyutlu yazıcıların seramik sanatı özelinde yapabileceği bir diğer olumsuzluk da, seramik malzeme ile sanatçının elleri arasında kurulan duygusal bağın yitirilmesidir. Teknolojinin sanatla birlikte gelişim ve değişim göstermesine rağmen bu bağın kopma olasılığı sanatçılar ve seramik sanatçıları için ciddi bir kaygıdır. Fakat beklenti, sanatsal dehanın bu durumun üstesinden gelmesidir.

Oluşabilecek olumsuzluklara rağmen üç boyutlu yazıcılar, seramik sanatını biçimsel modelleme zenginlikleri ile başka noktalara taşıyacaktır. Nasıl ki günümüzde cep telefonları ve sağladığı olanaklar yaşamımızın vazgeçilemez bir unsuru haline geldiyse üç boyutlu yazıcılar gibi gelişmiş teknolojiler seramik sanatçıların geleneksel modelleme yöntemlerinin sınırlandırmasından kurtaracak daha özgür vesirsizca düşünerek imgelerini gerçek objelere dönüştürebilmelerine imkan sağlayacaktır. Diğer taraftan üç boyutlu yazıcıların, teknoloji ve modelleme yöntemlerindeki farklılıklara bağlı olarak biçimsel zenginlik sağlamanın yanında yeni bir anlayış ve objelerin formlarında yeni bir dil yaratılmasına da olanak tanıyacak olmasıdır. Olumlu görülebilecek bir diğer durum da üç boyutlu yazıcıların yaygınlaşması ile çok sayıdaki genç nesil sanatçı ve tasarımcı adayının ilgisi çekilerek sanatın daha geniş kitlelere ulaşması sağlanabilecektir. Nasıl ki teknolojinin gelişmesi paralelinde resim sanatı fotoğrafı, fotoğraf sanatı da sinema sanatının doğmasını sağladıysa üç boyutlu yazıcı teknolojisinin de seramik sanatına benzer etki yapması ve sanatın gelişimine sınırsız katkısı olacağı umulmaktadır. Tıpkı yüzlerce yıldır sanat, bilim ve teknolojinin birbirlerinden etkilendiği ve birbirlerinin gelişimine katkıda bulunduğu gibi bu etkileşimin gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir.

Kaynakça

İşıktaş, İ. D. (2018). "Tasarımda ve Üretimde Üç Boyutlu Baskı Teknolojisinin Seramik Alanında Kullanım Olanakları", *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 1200.

Karauşu, C. (2018). "The 3D printing modelling of biodegradable material", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 2.

Mühür, M. (2016). "3B Yazıcı ile Basılan Seramik Ürünler Üzerine Değerlendirme", *Seramik Türkiye*, 90.

Özgündoğdu, A. F. (2014). "Seramik Üretiminde Çağdaş Bir Biçimlendirme Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar", 8. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 203.

Özgülven, S. (2015). "Seramik Sanatında Üç Boyutlu Yazıcıların Yeni Bir İfade Biçimi Olarak Kullanılması", *İdil Dergisi*, 178.

Şahin, K. ve Turan, B. O. (2018). "Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi", *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 98-102.

Yıldırım, G., Yıldırım, S. ve Çelik, E. (2018). "Yeni Bir Bakış-Üç Boyutlu Yazıcılar ve Öğretimsel Kullanımı: Bir İçerik Analizi", *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 165.

İnternet Kaynakları

İnternet: Taşdelen, M. A., Uysal, N., Oran, S., ve Turp, O. (2018). "Geleceğin Üretim Teknolojisi Üç Boyutlu Yazıcılar", <http://www.turkchem.net/gelecegin-uretim-teknolojisi-uc-boyutlu-yazicilar.html> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 08.05.2020).

Görsel Kaynaklar

Görsel 1: Üç Boyutlu Yazıcıların Katmanlar Halinde Çalışma Prensibi

<https://www.mdpi.com/2227-7080/5/3/50> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 17.05.2020).

Görsel 2: Birleştirmeli Yiğma Modeli 3 Boyutlu Yazıcı

Karauşu, C. (2018). "The 3D printing modelling of biodegradable material", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 2.

Görsel 3: Seçici Lazer Sinterlemesi

https://www.researchgate.net/figure/Three-dimensional-printing-Source-CustomPartNet_fig4_326689200 adresinden alındı (Erişim Tarihi: 20.04.2020).

Görsel 4: FDM Yöntemi Seramik Üç Boyutlu Yazıcı

<http://unfold.be/pages/ceramic-3d-printing.html> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 02.05.2020).

Görsel 5: Olivier Van Herpt, FDM Yöntemi Yazıcı

<http://uarkceramics.org/university-of-arkansas-ceramics-blog/2015/4/7/olivier-van-herpt> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 03.05.2020).

Görsel 6: SLS Yöntemi Üç Boyutlu Yazıcı ile Modellenmiş Vazo

Huson, D. (2011). "3D Printing of Ceramics for Design Concept Modelling", *27th International Conference on Digital Printing Technologies*, Minnesota, USA., 5.

Görsel 7: Denby Firması ile Ortak Uygulanan Şekerlikler

Martinez, E. H. ve Can, E. (2016). "Bilgisayar Destekli Üretim Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar ve Günümüz Koşullarında Uygulama Örneği", *Sanat Tasarım Dergisi*, 5.

Görsel 8: John Balisteri, İsimsiz, SLS Yöntemi

<https://www.pinterest.com/pin/316659417522385878/> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 02.05.2020).

Görsel 9: Jonathan Keep, Curve Serisi, FDM Yöntemi

http://www.keep-art.co.uk/Singles/curve_01.html adresinden alındı (Erişim Tarihi: 02.05.2020).

Görsel 10: John Balistreri, Vase, SLS Yöntemi

<https://www.pinterest.com/pin/157766793170916163/> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 02.05.2020).