

## 3B BETON ÜRETİMİ İÇİN MERMER TOZU VE SERAMİK ARTIKLARININ KULLANILMASININ ARAŞTIRILMASI

Ali Erdem Çerçevik \*, Yusuf Cengiz Toklu, Süheyla Yerel Kandemir, Mustafa Özgür  
Yaylı

Geliş Tarihi/ Received: 22.05.2018, Kabul tarihi/Accepted: 08.12.2018

### Özet

3B baskı teknolojisi ile üretim dünyada son dönemde birçok alanda artmaktadır. 3B yazıcıların insan dokusu üretiminden silah üretimine, implant üretiminden uzay yapısı üretimine, otomobil üretiminden bina ve köprü üretimine kadar kullanımları yaygınlaşmıştır. Özellikle 3B baskı teknolojisi kullanarak yapı üretimi maliyet ve zaman avantajları açısından çok hızlı gelişen yenilikçi bir teknolojidir. Yapı üretimi için öncelikle amaca uygun tasarım sonrasında da üretim için malzeme tasarımı önemlidir. 3B yapı üretiminde kullanılan malzeme klasik yapı malzemelerine benzese de önemli birkaç noktada farklılık göstermektedir. Bu çalışma kapsamında yapı üretimi için kullanılan beton malzemede mermer tozu ve seramik artıklarının kullanılması araştırılmıştır. Atık olarak ortaya çıkan ve ekonomik değeri olmayan bu malzemelerin beton üretiminde kullanılması beton maliyetini düşürecektir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucu mermer tozu ve seramik artıklarının 3B beton teknolojisinde kullanılabilmesi belirlenmiştir. Sonuç olarak, 3B yapı teknolojisinin gelecekte yapı üretimini değiştireceği, bu sebepten dolayı da uygun malzemelerin temininin gerekliliği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer Tozu, Seramik Artıkları, 3B Baskı Teknolojisi, Otomatik Yapı Üretimi.

## INVESTIGATION OF MARBLE POWDER AND CERAMIC WASTE FOR PRODUCTION OF 3D CONCRETE

### Abstract

Production with 3D printing technology has recently increased in many areas in the world. The use of 3D printers from human tissue production to weapons production, from implant production to space structure production, from automobile production to building and bridge production has become widespread. Using 3D printing technology in construction industry is a rapidly developing innovative technology with important cost and time advantages. For building production, material design is an important factor besides proper design. Although the material used in 3D building production is similar to the classical building materials, it differs in several important points. In this study, the use of marble powder and ceramic wastes in the concrete material used for building production was investigated. The use of these materials, which are not otherwise economically valuable, will decrease the cost of concrete. Experimental studies that are presented in this article, have shown that marble powder and ceramic waste can be used effectively in 3D concrete technology. It is clear that the 3D building printing technology will change the building production in the future, hence the necessity of providing suitable materials.

**Key Words:** Marble Powder, Ceramic Wastes, 3D Printing Technology, Contour Crafting.

\* Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü  
E-posta: erdem.cercevik@bilecik.edu.tr

## 1. Giriş

Çağımızın yeni teknolojilerinden olan 3B yazıcı teknolojisi bilgisayar ortamında hazırlanmış herhangi bir nesnenin ölçekli bir modelinin hızlıca üretilmesini sağlamaktadır. İstenilen 3 boyutlu modelin hızlı bir şekilde üretilmesine de birçok alanda ihtiyaç duyulmaktadır. Üretilen modellerle bilgisayar ortamında hazırlanan modellerin kullanılabilirliği, söküp takılabilirliği ve amaca uygunluğu denetlenebilmektedir. 3B yazıcılar, önceleri seri üretime geçmeyecek az sayıda parça üretimi için düşünülmüştür. Daha sonraları ise kısa sürede üretim yapabilmeleri sayesinde otomotiv, havacılık, tıp ve ilaç sanayi gibi çok geniş bir kullanım alanına hizmet etmeye başlamışlardır. Son yıllarda ise prototip ürünler, özellikle medikal, elektronik ve otomasyon sistemlerinde direkt parça olarak kullanılmaktadır (Çelik vd, 2013; Liciu, vd, 2018; Truby vd, 2018).

3B yazıcı uygulamalarının gelişmesiyle birlikte bu teknoloji inşaat alanına da girmiştir. 3B yazıcılar hızlı üretim süreleri ile diğer alanlarda sağladıkları avantajları inşaat alanında da sergilemişlerdir. Üretimde otomasyonun gelişmesine rağmen, inşaat otomasyonunun gelişmesi yavaş olmuştur. Geleneksel otomasyon imalat yöntemleri, malzeme ve üretim teknikleri nedeni ile hızlı üretim yapmaya imkân tanımamaktadır. Bu, inşaat otomasyonunda yavaş büyüme oranını açıklayabilir. 3B yazıcı ile yapı üretimi (Counter Crafting, CC), alt yapıların yanı sıra bütün yapıların otomatik olarak inşa edilmesinde büyük bir potansiyele sahip yeni bir katmanlı imalat teknolojisidir. Bu işlemi kullanarak, her biri farklı bir tasarıma sahip olan tek bir ev veya ev kolonisi, her evde elektrik, su tesisatı ve klima için tüm kanalları içine alan tek bir hareketle otomatik olarak oluşturulabilir (Khoshnevis, 2004).

Yapı üreten 3B yazıcılarda özel betonlar kullanılmaktadır. Bu betonlar özel çimento, agrega ve katkıları ile üretilmektedir. Araştırmacılar 3D yazıcılar için en uygun betonu üretmek için çalışmalar yapmışlardır (Kazemian vd., 2017, Le vd., 2012, Perrot vd., 2016, Khoshnevis vd., 2016, Babak ve Khoshnevis, 2017, Paul vd., 2018, Gosselin, 2016, Toklu vd., 2017). Yapılan çalışmalarla, 3B yazıcılar ile daha uyumlu betonlar üretilmiş ve buna bağlı olarak daha farklı yapı tipleri üretme imkânı doğmuştur.

Bu çalışmada da atık malzemeler kullanılarak 3B yazıcı için uygun beton üretimi yapılmaya çalışılmıştır. Atık malzeme olarak seramik kırığı ve mermer tozu kullanılmıştır. Çalışmada, kıvam deneyleri, basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği deneyleri belirlenen karışımlarda gerçekleştirilmiştir.

## 2. 3B Beton Baskı Uygulamaları

Geleneksel inşaat yöntemlerinde malzeme, işçilik, kalıp, zaman ve atık miktarı yüksek maliyetler oluşturmaktadır. 3 boyutlu beton yazıcılar yapısından dolayı malzeme tasarrufu sağlayabilmekte ve imalatın süresini kısaltarak inşaat maliyetini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bu teknoloji ile daha özgün tasarımlar imal edilebilmektedir. Geçmişten günümüze inşaat sektörü hala insan gücü ağırlıklıdır ve tehlikeli bir sektördür. Bu teknolojinin en büyük avantajı inşaat sahasında daha az sayıda işçi kullanılmasıdır (Şekil 1). 3 boyutlu beton yazıcı cihazını çalıştırmak için eğitimli birkaç kişinin olması yeterlidir. Bu

nedenle bu teknoloji iş güvenliği açısından geleneksel inşaat yöntemlerine göre daha güvenlidir. Sonuç olarak durmaksızın günde 24 saat çalışabilmektedir (Fernandes ve Feitosa, 2015).



Şekil 1. 3B Beton Baskı Teknolojisi Yardımı ile Konut Üretimi (Khoshnevis, 2015)

Beton kullanarak yapı üretimi çağımızda en çok kullanılan inşaat tekniğidir. Ancak yerinde döküm için kalıp işçiliği yapmak zorunludur. Bu da hem zaman hem de kaynak ihtiyacını doğurmaktadır. Buna çözüm olarak da 3B yazıcılarda uygulanan teknik yapı üretiminde kullanılmaya başlamıştır. 3B yazıcı tekniği ile yapı üretimi de klasik 3B yazıcı sistemine benzemektedir. Bir nozzle ağzından çıkan beton ile yapı elemanı üretilmektedir (Şekil 2). Uygulamada Şekil 1'deki gibi tüm yapının üretilmesi ya da sadece elemanların önceden dökülerek inşaat sahasında birleştirilmesine dayanmaktadır.



Şekil 2. Betondan Yapı Elemanı Üreten Nozzle (Khoshnevis, 2015)

3B beton yazıcı tekniği ile yapı üretimi için gerekli olan donanım ve yazılım klasik 3B yazıcıların donanım ve yazılımına benzemektedir. Bilgisayar ortamında hazırlanmış model, malzeme ve malzemenin dökümünün yapıldığı nozzle ihtiyaç olan altyapıdır. Teknik olarak yapı üreten 3 boyutlu yazıcılar klasik 3 boyutlu yazıcılara benzese de kullandıkları

malzemede ciddi bir farklılık vardır. Çünkü yapı üretiminde kullanılan malzeme çimentonun bağlayıcı olarak kullanıldığı beton harçtır. Bu sebeple beton harcın gerekli uygunlukta olması gerekmektedir.

Günümüzde, beton kıvamının ve özelliklerinin araştırılan birçok araştırma yapılmıştır (Zhang ve Khoshnevis, 2013, Koçak vd., 2011, Akalın vd., 2007, Çelik vd., 2003, Fu vd., 2013). Bu çalışmalar beton kıvamının, betonun mukavemet değerleri ve kalıcılık özelliklerini direkt etkilediğini göstermiştir.

### 3. Literatür Taraması

Hızlı prototipleme yöntemlerinde çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. Bu malzemeler katı esaslı, sıvı esaslı ve toz esaslı olabilir. Örneğin metal, titanyum, polimer, plastik, polipropilen, reçine, kâğıt, seramik tozu malzemesi vb. gibi birçok malzeme kullanılabilir (Çelik vd., 2013).

3B beton yazıcılarında kullanılan beton harç karışımı istenen özelliklerde olmalı, inşa edilebilmeli, istenen sertlikte ve kıvamda olmalı, dayanıklı olmalıdır. Döküldüğünde konumunu ve şeklini korumalı, katmanları destekleyecek kadar sert olmalı, art arda dökülebilmeli, yapısını desteklemek için yeterli mukavemete ulaşmalıdır (Fernandes ve Feitosa, 2015).

Mermer tozunun beton harçlara katılması literatürde birçok çalışmaya konu olmuştur. Kendiliğinden yerleşen betonlar, polimer betonlar, cam lif takviyeli betonlar bunlardan bazılarıdır. Bu betonların fiziksel mekanik ve durabilite özellikleri detaylı olarak araştırılmış, betonda ince malzeme olarak kullanılması uygun görülmüştür (Ünal ve Uygunoğlu, 2004, Filiz vd., 2010, Gökçer vd., 2013, Tanyıldızı ve Coşkun, 2016, Erdem ve Öztürk, 2012, Alişer vd., 2016).

Seramik atıkları beton üretimi için kullanılabilir. Maddi değeri hemen hemen hiç olmayan malzeme olarak görülen seramik atıkları betonun hem maliyetinin azalmakta hem de atık malzemenin bertarafını sağlamaktadır. Yapılan birçok çalışmada betona seramik atıkları katılarak deneyler yapılmış, bu uygulamanın avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Beton üretiminde seramik atıkları kullanılması, standart kıvam suyu miktarının artmasına ve erken yaşta betonun eğilme dayanımında düşüşe neden olmaktadır. Ancak beton maliyetini düşürmekte ve betonun yayılma çapını artırmakta yani daha akışkanlık özelliğini yükseltmektedir. (Kalinçimen vd., 2015, Torgal ve Jalalı, 2011, Sanchez vd., 2003).

Otomasyon teknolojisinde inşaat işleri için 3 boyutlu beton yazıcıda kullanılacak malzemeler üzerine çok fazla çalışmaya rastlanılmamaktadır. Bu çalışmada, mermer tozu ve seramik kırıklarının 3 boyutlu yazıcıda kullanılacak beton üretiminde kullanılması araştırılmıştır. Farklı oranda malzemeler kullanılarak uygun beton üretimi yapılmaya çalışılmıştır. Ayrıca atık malzemeler olan mermer tozu ve seramik kırığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### 4. Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında 3B beton dökümü için uygun malzeme araştırması yapılmıştır. 3B beton yazıcı için gerekli malzemenin en önemli özelliği malzemenin kıvamıdır. Bu çalışmada

da mermer tozu ve seramik kırıklarını çimento, su ve agrega kullanarak bir karışım hazırlanmıştır.

Kullanılan mermer tozu Bilecik'te bulunan mermer kesim tesislerinden elek altı boyutta temin edilmiştir. Seramik kırıkları ise yine Bilecik'teki tesislerden kırık parçalar halinde temin edilmiş, laboratuvarında çeneli kırıcı yardımı ile boyutları küçültülmüştür (Şekil 3). Kırılan parçalar eleklerden geçilerek 1-2 milimetre boyutunda agrega malzemesi elde edilmiştir (Şekil 4). Agrega olarak kırmataş agrega yine 1-2 mm çaplarında karışıma katılmıştır. Su olarak şehir şebeke suyu, çimento tipi ise CEM I 42.5 R hızlı priz alan çimento kullanılmıştır.



Şekil 3. Kullanılan çeneli kırıcı



Şekil 4. Elde edilen malzeme

Hazırlanan karışımın öncelikle kıvam deneyleri yapılmıştır. Taze beton için öncelikle slump testi standarda uygun şekilde yapılmıştır (TS EN 12350-2). 3B beton yazıcıda kullanılacak betonlar 3B yazıcı mantığında olduğu gibi üst üste dizileceği için oldukça kıvamlı betonlardır. Bu nedenle kıvam deneyleri için sadece kıvam testleri yapılmamış, literatüre uygun şekilde numuneler üst üste dizilebilme denemeleri yapılmıştır (Weng vd. 2018). Sonrasında sertleşmiş beton için basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği deneyleri için 100×100×100 mm ölçülerindeki küp numuneler hazırlanmıştır. Numunelere 7, 14 ve 28 gün 20 ±2 °C de standart su kürü uygulanmıştır. Kür uygulanan numunelere basınç dayanım deneyi ve ultrasonik ses geçiş hızı deneyi yapılmıştır (Şekil 5 ve 6).



Şekil 5. Beton Presi ile Basınç Deneyi



Şekil 6. Ultrases Cihazı

Çalışma kapsamında öncelikle 3B beton yazıcının kullanabileceği malzemenin üretilmesi amaçlandığı için farklı oranlarda karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanmaya çalışılan kıvam ile 3B yazıcı ağzından (nozzle) çıkabilecek kadar akışkan, üst üste durabilecek kadar kıvamlı beton yapmaktır. Çizelge 1’de bu karışım denemelerinden bazıları ve kıvamları verilmiştir. Belirlenen en uygun iki kıvam için taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Farklı oranlar denenmiş numunelerin malzeme oranları

NUMUNELER	AGREGA (gr)	ÇİMENTO (gr)	MERMER TOZU(gr)	SERAMİK ATIKLARI(gr)	SU (gr)	GÖZLENEN KIVAM
NUMUNE 1	300	100	30	-	50	KURU KIVAM
NUMUNE 2	800	600	-	400	450	ÇOK SULU KIVAM
NUMUNE 3	800	600	-	450	450	ÇOK SULU KIVAM
NUMUNE 4	800	600	-	500	350	SULU KIVAM
NUMUNE 5	1200	600	-	500	250	KURU KIVAM
NUMUNE 6	1200	600	-	450	250	KURU KIVAM
<b>NUMUNE 7</b>	<b>800</b>	<b>600</b>	-	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>UYGUN KIVAM</b>
NUMUNE 8	800	650	50	-	400	ÇOK SULU KIVAM
NUMUNE 9	800	650	150	-	400	SULU KIVAM
<b>NUMUNE 10</b>	<b>800</b>	<b>650</b>	<b>300</b>	<b>25</b>	<b>330</b>	<b>UYGUN KIVAM</b>
NUMUNE 11	800	650	70	30	300	TOPAKLANMA

Bu çalışmada amaç, 3 boyutlu yazıcılarda kullanılacak, çeşitli katkı malzemeleri içeren yeni karışımlar elde edebilmektir. Bu yeni karışımların bilinen beton sınıflarına göre sınıflandırılmaları doğaldır ki mümkün değildir.

## 5. Deneysel Sonuçlar

Çalışmanın bu bölümünde, uygun bulunan kıvamlardan ilki olan numune 7 için döküm yapılmıştır. Malzeme beton döküm kurallarına uygun şekilde dökülmüştür. Öncelikle taze beton testleri yapılmıştır. Bu testlerden, betonun kıvamın belirlemek için yapılan slump testi sonucunda 25 mm çökme belirlenmiştir (Şekil 7). Beton sınıfı S1 yani oldukça kıvamlı olduğu belirlenmiştir (TS EN 12350-2). Daha sonra 3B yazıcı için uygunluk deneyi bir pompa yardımı ile yapılmıştır. Pompa içine doldurulan beton üst üste dizilmeye çalışılmıştır (Şekil 8). 3B yazıcıların yapı ya da yapı elemanı üretmesi için pompa ağzından çıkacak şerit taze betonların üst üste dizilerek yükselmesi gerekmektedir. Yapıyı üreten pompa elemanı üretmek için hareket etmekte ve tekrar aynı noktadan ancak bir üst düzeyden geçmektedir. Öncelikle alt katmanların belli bir taşıyıcılığı olmalı, yazıcı pompası çalışıkça geçen süre ile ilk katmanların priz alması tamamlanmalı ve yükselerek yapı oluşturulmalıdır.

Bu numune için ancak 3 kat döküm yapılabildiği görülmüştür. Deneylere başlanmadan önce yapılan çalışmalarda kıvam uygun görülse de 3B beton için sadece seramik atıklı karışımda 3 kat sonrasında bozulmalar gözlemlenmiştir. Ancak yine de 3B yazıcı için kullanılacak bir karışım olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. Numune 7 Slump Testi



Şekil 8. Numune 7 Döküm Testi

İkinci çalışma olarak numune 10 karışımı ele alınmıştır. Bu karışımda mermer tozu ve seramik atığı birlikte kullanılmıştır. Bu karışım için yapılan slump testi sonucu 25 mm çökme belirlenmiştir. Deneme dökümü testi için yapılan dökümde ise 7 kat üst üste döküm yapılabildiği görülmüştür. Ayrıca Şekil 9'da görüldüğü gibi köşeli bir döküm yapılmıştır. Köşeli döküm yapılmasının nedeni ise literatürde yapılan çalışmalarda köşelerde oluşan çatlakların istenmemesidir (Weng vd. 2018). 3B yazıcılarda yapılan yapı elemanları yapı modeline göre keskin dönüşler yapabilmektedir. Bu dönüşlerde çatlakların oluşması elemanın mukavemetini azaltmaktadır. Bu sebeple de üretilen malzemenin köşelerde en az çatlak bulunmasına çalışılmaktadır.



Şekil 9. Numune 10 Deneme Dökümü

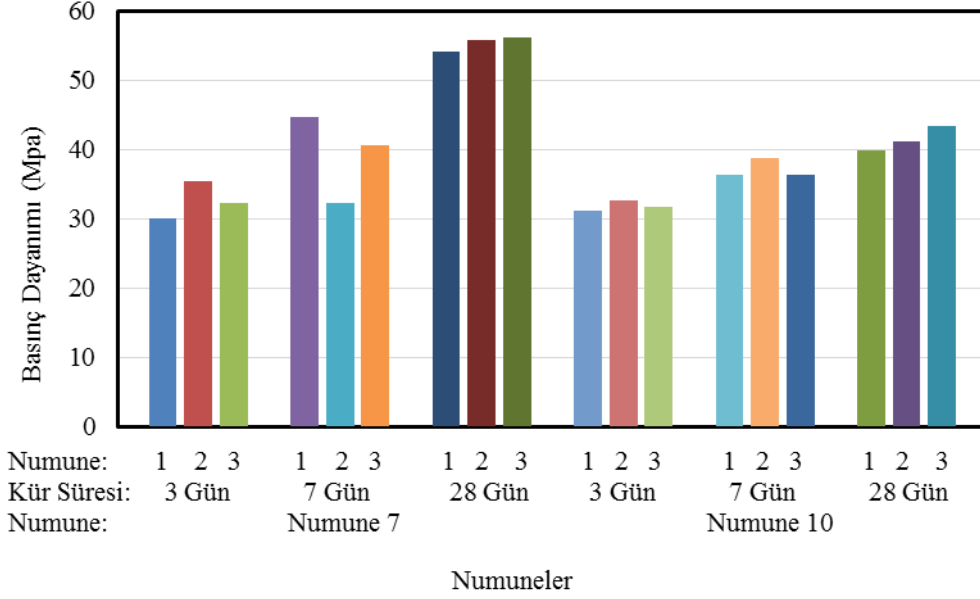
Taze beton deneyleri yapılan betonlar sertleşmiş beton deneyleri için kalıplara dökülmüştür. Kalıplarda prizini alan betonlar kür havuzuna konulmuş, 3, 7, 28 gün sonunda üçer numunenin ultrases geçiş hızına bakılmış, sonuçlar ve kalite sınıfları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Numune 7 ve 10’nin 3, 7, 28 Günlük Ultrases Geçiş Hızları ve Kalite Sınıfları

Kalite Sınıfları (TS EN 12504-4)		Numune 7 ve 10’nin 3, 7, 28 Günlük Ultrases Geçiş Hızları		
Ultrases Geçiş Hızı (Km/sn)	Beton Kalitesi	Kür Süresi (Gün)	Numune 7 Ultrases Geçiş Hızı (Km/sn)	Numune 10 Ultrases Geçiş Hızı (Km/sn)
>4.5	Çok İyi	3	4.13	3.90
3.5-4.5	İyi	7	4.32	4.05
3.0-3.5	Orta	28	4.78	4.20
<3.0	Kötü			

Numune 7’nin ultrases geçiş hızı değerleri TS EN 12504-4’de verilen sınıflandırmaya göre yapılmaktadır. Bu sonuçlara göre numune 7’nin 3 ve 7 günlük sonuçları iyi, 28 günlük sonuçları ise çok iyi olarak belirlenmiştir. Numune 10’nun ultrases geçiş hızına göre beton sınıfı iyi beton sınıfındadır. Daha sonra numune 7 ve 10 için basınç dayanımı değerleri belirlenmiştir (Şekil 10).





Şekil 10. Numune 7 ve 10'un Basınç Deneyi Sonuçları

3B beton yazıcılar için hızlı üretim söz konusu olduğu için betonun erken dayanım kazanması da önemlidir. Seramik artıklarının bulunduğu numune 7'nin erken dayanım özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

Beton dayanımına göre numune 10'nun dayanımı numune 7'ye göre daha düşük çıkmıştır. Mermer tozu ve seramik kırığının sadece seramik kırığı katılarak hazırlanmış betona göre dayanımının arttığı belirlenmiştir.

## 6. Sonuçlar

Bu çalışmada 3B yazıcılarda kullanılacak betonlar üretilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada atık olarak üretilen ince malzemeler çimento, su ve kırmataş agregalar eklenerek 3B beton yazıcılar için uygun kıvamlı beton karışımı belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan basınç deneyleri sonucunda betonlara seramik atığının eklenmesinin seramik atığı ve mermer tozlu karışımdan daha iyi mukavemet değerleri verdiği belirlenmiştir. Ancak mermer tozu ve atıklı karışımla üretilen harçlar 3B beton yazıcılarda kullanım için daha uygun olduğu yapılan görsel deneylerle belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak ise sadece seramik atıklı harcın ince malzemesinin yetersiz kalması olarak yorumlanabilir. Harca seramik kırığından daha ince olan mermer tozunun katılması dayanımı bir miktar düşürse de kıvamını 3B yazıcılar için daha uygun hale getirdiği belirlenmiştir.

3B yazıcı ile yapı üretimi gelecekte hızla yaygınlaşacaktır. Geleneksel yapı üretimine göre hızlı ve daha az maliyetli olan bu teknoloji gelişime açık bir alandır. Bu sebeple de bu teknolojinin kullanılması için uygun malzeme araştırmaları gereklidir.

## 7. Kaynaklar

- Akalın Ö., Mutlu M. M, Arca E. (2007) Modifiye süperakışkanlaştırıcı katkı ile betonda uçucu kül optimizasyonu. İMO, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/4006.pdf>
- Alişer B., Yıldız S., Keleştemur O. (2016)Cam lif takviyeli çimento harçlarının sülfat direncine mermer tozu ilavesinin etkisi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 28.2.
- Babak Z., Khoshnevis B. (2017)Effects of interlocking on interlayer adhesion and strength of structures in 3D printing of concrete. Automation in Construction 83; 212-221.
- Çelik İ., Karakoç F., Çakır M. C., Duysak A. (2013) Hızlı prototipleme teknolojileri ve uygulama alanları. Journal of the Institute of Science & Technology of Dumlupınar University. 31.
- Çelik M. H, Aruntaş H. Y., Baran Y. (2003)Seyitömer ve çayırhan uçucu küllerinin Portland çimentosu-uçucu kül pastasının priz başlama ve sonu sürelerine etkisi. Politeknik Dergisi, 6 (1), 397-409.
- Erdem R. T., Öztürk A.U. (2012) Mermer tozu katkısının çimento harcı donma-çözünme özellikleri üzerine etkisi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 1, 2.
- Fernandes G., Feitosa L. (2015) Impact of Contour Crafting on Civil Engineering. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2278 -0181.
- Filiz M., Özel C., Soykan O., Ekiz Y. (2010) Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması. Electronic Journal of Construction Technologies/Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi. 6(2).
- Fu X., Wang Y., Huang S., Hou X., Hou W. (2013)The influences of siliceous waste on blended cement properties. Cement and Concrete Research, 33 (6), 851-856
- Gosselin C., Duballet R., Roux P., Gaudillière N., Dirrenberger J., Morel P. (2016) Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete—a new processing route for architects and builders. Materials & Design, 100, 102-109.
- Gökçer B., Yıldız S., Keleştemur O. (2013) Atık mermer tozu ve cam lif katkılı harç numunelerinin yüksek sıcaklık altındaki davranışları. Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi 5.2 2013; 42-55.
- Kalınçimen G., Öztürk A U., Kaplan G., Yıldız S. A. (2015) Seramik Atıklarının Çimento İkame Malzemesi Olarak Kullanılması ve Asit Dayanıklılığının İncelenmesi. Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences 1.1; 9-16.
- Kazemian A., Yuan X., Cochran E., Khoshnevis B. (2017) Cementitious materials for construction-scale 3D printing: Laboratory testing of fresh printing mixture. Construction and Building Materials, 145, 639-647.

- Khoshnevis B (2015) Contour Crafting Inventor Dr. Khoshnevis: Widespread 3D Printed Homes in 5 Years, High-Rises in 10 Years, <https://3dprint.com/53437/contour-crafting-dr-khoshnevis/> (24.02.2018).
- Khoshnevis B. (2004) Automated construction by contour crafting—related robotics and information Technologies. *Automation in Construction* 13.1; 5-19.
- Khoshnevis B., Yuan X., Zahiri B., Jing Z., Xia B. (2016) Construction by contour crafting using sulfur concrete with planetary applications, *Rapid Prototyping J.* 22 (5); 848–856.
- Koçak Y., Subaşı S., Emiroğlu M. (2011) Uçucu külün betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. *Electronic Journal of Construction Technologies* 7.1 2011; 14-27.
- Le T. T., Austin S. A., Lim S., Buswell R. A., Gibb A. G. F., Thorpe T. (2012) Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete, *Mater. Struct.* 45; 1221–1232.
- Liciu, E., Frumuşeanu, B., Popescu, B. M., Florea, D. C., Niculescu, L., Ulici, A. (2018). Personalized surgical planning—the use of 3d printing in oncological pathology. *Romanian Journal of Orthopedic Surgery and Traumatology*; Special Issue 1. doi: 10.2478/rojost-2018-0051.
- Paul S. C., Tay Y. W. D., Panda B., Tan M. J. (2018) Fresh and hardened properties of 3D printable cementitious materials for building and construction. *Archives of Civil and Mechanical Engineering.* 18(1), 311-319.
- Perrot A., Rangeard D., Pierre A. (2016) Structural built-up of cement-based materials used for 3D-printing extrusion techniques, *Mater. Struct.* 49 (4); 1213–1220.
- Sanchez-Roja M. I., Frias M., Rivera J., Marin F. P. (2003) Wastes Products from Prefabricated Ceramic Materials as Pozzolanic Addition. In: *Proceedings of the 11th ICCI, Durban*; 935–43.
- Tanyıldızı H., Coşkun A. (2016) Investigation of compressive strength and ultrasonic pulse velocity properties of lightweight concrete containing rosso levanto marble in Elazığ. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* 27.2.
- Toklu Y. C., Çerçevik A. E., Şahinöz M. (2017) Otomatik Yapı Üretim Teknolojisinde Kullanılabilecek Malzemelerin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21.1; 51-57.
- Torgal P. F., Jalali S. (2011) Compressive Strength and Durability Properties of Ceramic Wastes Based Concrete, *Materials and Structures.* 44:155–167.
- Truby, R. L., Wehner, M., Grosskopf, A. K., Vogt, D. M., Uzel, S. G., Wood, R. J., & Lewis, J. A. (2018). Soft somatosensitive actuators via embedded 3D printing. *Advanced Materials*, 30(15), 1706383.
- TS EN 12350-2 (2002) Taze beton deneyleri- Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi. Türk Standartları.

TS EN 12504-4 (2004) Beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrases geçiş hızının tayini. Türk Standartları.

Ünal O., Uygunoğlu T. (2004) Afyon Mermer Tozu ve Soma Uçucu Kül Katkılı Betonların Donma-Çözülme Özellikleri ve Ekonomik Değerlendirilmesi. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. 83-88.

Weng, Y., Li, M., Tan, M. J., & Qian, S. (2018). Design 3D printing cementitious materials via Fuller Thompson theory and Marson-Percy model. *Construction and Building Materials*, 163, 600-610.

Zhang J., Khoshnevis B. (2013) Optimal machine operation planning for construction by Contour Crafting Automation in *Construction* 29; 50–67.