

# 3D YAZICI DESTEKLİ PROJE UYGULAMALARININ ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİLİMSEL YARATICILIK DÜZEYLERİ İLE MATERYAL GELİŞTİRMEYE YÖNELİK ÖZ-YETERLİK İNANÇLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

## THE EFFECT OF 3D PRINTER-SUPPORTED PROJECT APPLICATIONS ON THE SCIENTIFIC CREATIVITY LEVELS AND MATERIAL DEVELOPMENT SELF-EFFICACY BELIEFS OF PRE-SERVICE TEACHERS

Ahmet ÇETİN<sup>1</sup>, Fatma ŞAŞMAZ ÖREN<sup>2</sup>, Ertuğ EVREKLİ<sup>3</sup>, Ayşegül KARAPINAR<sup>4</sup>, Emrullah ŞERENLİ<sup>5</sup>, Feride ŞAHİN<sup>6</sup>, İbrahim VAROL<sup>7</sup>, Sinan BEKMEZCİ<sup>8</sup>, Ali Murat ATEŞ<sup>9</sup>

Başvuru Tarihi: 09.06.2024

Yayına Kabul Tarihi: 30.10.2024

DOI: 10.21764/maeuefd.1498077

**Özet:** Bu çalışmada fen öğretimi ve laboratuvar uygulamaları 2 dersinde 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık düzeyleri ile materyal geliştirme öz-yeterlik inanç düzeyleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda çalışma, üçüncü sınıf fen öğretimi ve laboratuvar uygulamaları 2 dersinde öğrenim gören katılımcılar ile deney öncesi modellerden tek grup ön test son test desen kullanılarak gerçekleştirilmiştir (n=14). Uygulama bir dönem ve on dört hafta boyunca sürdürülmüştür. Çalışmada Hu ve Adey (2002) tarafından geliştirilen bilimsel yaratıcılık ölçeği kullanılmış ve materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç ölçeği araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Söz konusu ölçme araçları çalışma grubuna ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda öğretmen adaylarının, bilimsel yaratıcılık ( $z=2.63$ ;  $p=0.08<.05$ ) ve materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç ölçeğinden ( $z=3.24$ ;  $p=.001<.05$ ) almış oldukları son test puanlarının ön teste göre anlamlı düzeyde farklılaştığı görülmüştür. Ayrıca bilimsel yaratıcılık ölçeğinden alınan puanlar ölçeğin alt boyutlarına göre değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının orijinallik ( $z=2.26$ ;  $p=.024<.05$ ), esneklik ( $z=2.15$ ;  $p=.032<.05$ ) ve akıcılık ( $z=2.81$ ;  $p=.005<.05$ ) alt boyutlarında son test puanlarının ön test puanlarına göre anlamlı düzeyde arttığı, bununla birlikte işlevsellik alt boyutuna yönelik ön test son test puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $z=1.31$ ;  $p=.190>.05$ ).

**Anahtar Sözcükler:** 3D yazıcı, proje, bilimsel yaratıcılık ve materyal geliştirmeye yönelik öz yeterlilik

**Abstract:** The current study the effect of 3D printer-supported project applications in the course of Science Teaching and Laboratory Practices 2 on the scientific creativity levels and material development self-efficacy beliefs of pre-service teachers were investigated. The study used a one-group pre-test/post-test design from pre-experimental models (n=14). The implementation lasted for one semester, spanning fourteen weeks. The scientific creativity scale developed by Hu and Adey (2002) and a self-efficacy belief scale for material development developed by the researchers were utilized in the study. These measurement instruments were administered to the study group as pre-tests and post-tests. According to the results obtained from the research, it was observed that the post-test scores of pre-service teachers in scientific creativity ( $z=2.63$ ;  $p=0.08<.05$ ) and self-efficacy belief scale for material development ( $z=3.24$ ;  $p=.001<.05$ ) were significantly different from the pre-test scores. When the scores from the scientific creativity scale were evaluated according to its sub-dimensions, it was determined that the post-test scores of science teachers significantly increased compared to the pre-test scores in the sub-dimensions of originality ( $z=2.26$ ;  $p=.024<.05$ ), flexibility ( $z=2.15$ ;  $p=.032<.05$ ), and fluency ( $z=2.81$ ;  $p=.005<.05$ ), while there was no significant difference between pre-test and post-test scores for the functionality sub-dimension ( $z=1.31$ ;  $p=.190>.05$ ).

**Keywords:** 3D printer, scientific creativity, self-efficacy belief of material development

<sup>1</sup> Prof., Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [acetin@cbu.edu.tr](mailto:acetin@cbu.edu.tr), ORCID: 0000-0003-4453-1906

<sup>2</sup> Prof., Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [fasmaz@gmail.com](mailto:fasmaz@gmail.com), ORCID: 0000-0002-4015-9978

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üyesi., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [evrekli@gmail.com](mailto:evrekli@gmail.com), ORCID: 0000-0002-3567-8132

<sup>4</sup> Arş. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [ysegul.krpnr@gmail.com](mailto:ysegul.krpnr@gmail.com), ORCID: 0000-0002-8501-289X

<sup>5</sup> Arş. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [serenliemrullah@gmail.com](mailto:serenliemrullah@gmail.com), ORCID: 0000-0002-0389-691X

<sup>6</sup> Dr. Öğr. Üyesi., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [feride\\_celik84@hotmail.com](mailto:feride_celik84@hotmail.com), ORCID: 0000-0003-0059-901X

<sup>7</sup> Arş. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [ibrahimvarol45@gmail.com](mailto:ibrahimvarol45@gmail.com), ORCID: 0000-0002-3274-2311

<sup>8</sup> Dr. Arş. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [sinanmbe@gmail.com](mailto:sinanmbe@gmail.com), ORCID: 0000-0001-5190-1894

<sup>9</sup> Dr. Öğr. Üyesi., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, [muratesl@gmail.com](mailto:muratesl@gmail.com), ORCID: 000-0002-2815-1404

## Giriş

Özellikle son yıllarda teknolojinin eğitim ortamlarında yoğun biçimde kullanımına ve entegrasyonuna ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmekte ve bu çalışmaların sınıf ortamındaki farklı değişkenler üzerine etkilerini konu alan araştırmalar ilgili literatürde yerini almaktadır (Manochehri ve Sharif, 2010; Wilson, Ritzhaupt ve Cheng, 2020). Bu bağlamda söz konusu araçlardan biri de 3D yazıcılar olarak karşımıza çıkmaktadır. 3D yazıcıların öğretmen ve öğrencilere farklı kolaylık ve kazanımları yer almaktadır. Öğretmenlerin öğrenme materyalleri üretmelerini sağlarken öğrencilerin teknoloji kullanım becerilerini geliştirmektedir (Karaduman, 2018). Teknolojinin öğrenme sürecinde ve ürün oluşturma-ortaya koyma sürecindeki etkileri düşünüldüğünde özellikle öğretmen yetiştirmede ve sınıf ortamlarında 3D yazıcının kullanımının öğrenme çıktıları üzerine olumlu sonuçlar ortaya çıkaracağı söylenebilir. Nitekim bu araştırmada 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının bilişsel bir değişken olan bilimsel yaratıcılık ve duyuşsal bir değişken olan materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançları üzerindeki etkisi ele alınmaktadır.

### 3D Baskı Teknolojisi ve Eğitimde Kullanımı

3D baskı, eğitim uygulamalarında yenilikçi öğrenme stratejilerinin geliştirilmesinde değişimlere neden olabilecek potansiyele sahip (Novak ve Visdom, 2020), öğrencileri teknolojik tasarım olarak daha gelişmiş bir dünyaya hazırladığı (Pearson ve Dubé, 2021) belirtilen bir eğitim teknolojisi yönelimidir. Eğitimde 3D baskı kullanımı, öğrenme sürecini iki boyutlu öğrenme araçlarından üç boyutlu öğrenme araçlarına evirerek öğrencilerin öğrenme deneyimini güçlendirdiği söylenebilir (Karaduman, 2018). 3D baskı teknolojisi, öğrencilerin model ve ürün oluşturma konularında yaratıcılığını destekleyen araç olarak kullanılabilir. Öğrenme sürecini doğrudan destekleyen, öğrencilerin fikirlerini gerçeğe dönüştürmesine olanak tanıyan bir öğrenme aracı olduğu söylenebilir (Huleihil, 2017). 3D baskı, öğretmenlerin öğretimde üç boyutlu modelleri kullanımları veya modellerde değişiklikler yaparak ders kitaplarında sunulan soyut kavram ve ilkelerin somutlaştırılmasına yardımcı olabilir (Lee ve Kwon, 2023; Hsiao vd., 2018). 3D yazıcılar çoğunlukla kavramlara ilişkin öğretim materyallerinin hazırlanabilmesi (Scolfani ve Vaid, 2014), öğrencilerin öğretim ortamlarında bir ürün/prototip geliştirebilmeleri amacıyla kullanılabilir (Guenther vd., 2021). 3D baskı teorik kavramların görselleştirilmesinin yanı sıra uygulama ve teorik becerilerin bütünleştirilmesi (Assante vd., 2020) ve öğrencilerin bilgisayar destekli tasarımlar ve baskılarla fikirlerini hayata geçirmelerine olanak tanımaktadır (Lee ve Kwon, 2023). Bu doğrultuda 3D baskı teknolojisinin eğitim ortamlarında yaygınlaştırılması için öğretmen adaylarına üç boyutlu baskı

teknolojisine yönelik eğitimler verilmesinin önemi vurgulanmaktadır (Song, 2018; Üçgül ve Altıok, 2023). Eğitimde 3D baskı kullanımı konusunda öğretmen ve öğretmen adaylarının gerekli eğitimi sağlayabilmek, öğretmen yetiştiren kurumlar ve örgün eğitim kurumlarında 3D baskının kullanımına ve ulaşılabilirliğine yönelik çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

İlgili alan yazın incelemeleri sonucunda; eğitimde 3D yazıcı kullanımının akademik başarı, kavramsal anlama, ilgi, kaygı, tutum, motivasyon ve eleştirel düşünme, teknik beceri, yaratıcılık, uzamsal yetenek, mekânsal görsel kalıcılık ve problem çözme becerisi üzerine etkilerinin araştırıldığı (Avinal ve Aydın, 2022; Bicer vd., 2017; Hsiao vd., 2018; Kwon, 2017; LeBow vd., 2018; Sypros vd., 2021); uygulama sürecine ve 3D yazıcı kullanımına yönelik görüşlerin alındığı (Aslan vd., 2021; Arslan ve Erdoğan, 2021; Avinal ve Aydın, 2022; Karaduman, 2018; Karagöz ve Şahin Çakır, 2020; Trust ve Maloy, 2017) araştırmalar yer almaktadır. Bu çalışmaların yanında araştırmanın konusuna yakın özellikte araştırmalar ile karşılaşılmıştır. Bunlardan Novak ve Wisdom (2018) araştırmalarında fen bilimleri yöntemleri dersinde 3D baskı teknolojisini kullanarak öğretmen adaylarının, fen öğretimi öz-yeterlik inançlarını, fen bilimlerine ilgisini, fen alan bilgisini ve teknolojik-mühendislik tasarım yeterliklerini nasıl etkilediğini araştırmışlardır.

### **Bilimsel Yaratıcılık**

Tarihsel süreç boyunca eğitim sistemlerinde bilgi edinimi önemli olsa da zamanla bireylerin eğitim hayatı, günlük ve iş yaşamlarında ihtiyaç duyacağı becerilerin edinimi daha çok ön plana çıkmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu'nun (2016) vizyonu tarafından yaratıcılığın önemi yansıtılmakta ve yaratıcılık önümüzdeki yıllarda istihdam edilebilirlik için çok önemli bir unsur olarak adlandırılmaktadır (Vries ve Lubart, 2017). Yaratıcılık konusundaki çalışmalar arasında, eğitimle bağlantılı yaratıcılık araştırmaları şüphesiz en büyük ve en kalıcı sosyal etkiye sahip olmuştur (Willerson ve Mullet, 2017). Eğitimle bağlantılı araştırmalar arasında fen eğitiminin, öğrencilerin bilimsel yaratıcılığı ile ilgilenmesi gerektiği ve fen eğitiminde bu beceriyi geliştirmek için birçok müdahale araştırması tasarlanmasının önemli olduğu vurgulanmaktadır (Daud vd., 2012). Çocukları, üst düzey beceriler olan yaratıcı düşünme becerileri ve problem çözme becerileri gerektiren bu zorlu durumlara hazırlamak okullara kalmıştır (OECD, 2014). Bu kapsamda araştırmalar genellikle okullarda fen eğitiminde, teknolojinin desteğiyle sorgulama ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesine önem verildiği, buna karşın yenilikçi fikir veya çözüm üretmek için yaratıcı düşünme becerilerine yeterince önem verilmediğine dikkat çekmektedir. Yaratıcılık, bilimsel altyapının önemli bir unsuru ve bilimsel çabaları ilerleten itici bir güç

olarak kabul edilir (Ha ve Ha, 2022). Bu araştırmada, bilimsel yaratıcılık olarak da bilinen bilimsel alandaki yaratıcılık söz konusudur. Bilimsel yaratıcılık, insanların bilimsel bakış açısına ulaşmak için bilim uzmanlıklarını alanla ilgili yaratıcılıkla birleştirdikleri, alana özgü bir yaratıcılık türü olarak da ele alınabilir (Hu ve Adey, 2002; Tran vd., 2021).

Alanyazında bilimsel yaratıcılığın önemini kabul eden çalışmalar, yaratıcılığın fen eğitiminde geliştirilen temel bir yetkinlik olduğunu savunmuştur (Cremin ve Chappell, 2021; McGregor ve Frodsham, 2019). Yaratıcı bireyler ise gerçek dünya problemlerini yaratıcı bir şekilde çözebilmektedir (Huang vd., 2017; Walia, 2019). Çoğu eğitimci, yaratıcılığın öğrenme yoluyla elde edilebileceğine ve geliştirilebileceğine inanmaktadır (Hoffmann vd., 2021). Bu nedenle yaratıcılığın eğitimin amaçlarından biri olduğuna ve gelecek için büyük önem taşıdığı düşünülmektedir (Shi vd., 2017). Alan yazın incelemesinde; bilimsel süreç becerisi ve bilimsel yaratıcılık arasındaki ilişkiyi inceleyen (Aktamış ve Ergin, 2008; Özdemir ve Dikici, 2017), üstün yetenekli öğrencilerde bilimsel yaratıcılık (Kim vd., 2013; Peters-Burton ve Martin-Hansen, 2016), fen eğitiminde bilimsel yaratıcılık (Chin ve Siew, 2015; Diakidoy ve Constantinou, 2001; Hadzigeorgiou vd., 2012; Lim vd., 2016; Liu ve Lin, 2014) ve stem etkinliklerinin (Bahadır ve Köse, 2021; Eroğlu ve Bektaş, 2022), mühendislik tasarım temelli etkinliklerin (Asal Özkan ve Sarıkaya, 2023), aktif öğrenme yönteminin (Kiras ve Akçay, 2016), fen laboratuvarı dersinin (Pekmez vd., 2010), projeye dayalı öğrenmenin (Şimşek vd., 2018) bilimsel yaratıcılık üzerindeki etkilerine yönelik araştırmaların olduğu görülmektedir.

### **Materyal Geliştirmeye Yönelik Öz-yeterlik İnancı**

Öz-yeterlik inançlarının gücü göz önüne alındığında, bilim insanları bu inançların insanların mesleki faaliyetlerini nasıl etkilediğini anlamaya çalışmışlardır (Bandura, 1997). Bu sebeple öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının öz-yeterlik inançları, eğitim araştırmalarının önemli konuları olarak kabul edilmeye başlanmış ve bu alan ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar öz-yeterlik inançları yüksek olan öğretmenlerin öğrenci merkezli öğretim yöntemlerini tercih ettikleri ve derslerini farklı türden öğretim materyalini ve öğrenci merkezli öğretim yöntemlerini kullanarak tasarladıklarını göstermektedir (Flores, 2019; Henson, 2001). Levitt (2002) fen eğitiminde yapılan reform çalışmalarının başarısının yapılan öğretim programına, materyallere ve özellikle öğretmenlerin öz-yeterlik inançlarına bağlı olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle öğretmen adaylarından öncelikli olarak yüksek öz-yeterlik inancına sahip olmaları beklenmektedir (Üredi ve Üredi, 2006). Bandura'nın teorisinde öz-yeterlik inançlarının bağlama ve konuya bağlı olduğu kabul edildiğinden, öz-yeterlik tanımları belirli konu

alanlarını kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu bağlamda materyal geliştirme öz-yeterliği, bir konu için uygun materyalin seçilmesi, planlanması ve etkin kullanımına ilişkin yeterlik beklentisi olarak tanımlanabilir (Çuhadar ve Yücel, 2010). Belirli bir alandaki öz-yeterlik inançlarının o alandaki başarıyı yordayan önemli bir değişken olduğu düşünüldüğünde öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançlarının belirlenmesinin ve geliştirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Çünkü öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının öğretim materyali geliştirme öz-yeterliklerinin geliştirilmesi, geliştirecekleri materyallerin hedeflerine ulaşması açısından katkı sağlayacaktır (Birişçi vd., 2018)

Alan yazın incelemesi sonucunda 3D yazıcının fen laboratuvarında etkilerinin incelendiği çalışmaların yeterli sayıda olmadığı söylenebilir. Araştırmaya en yakın özellikte çalışma Lee ve Kim (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu araştırmada 3D çizim programı ve 3D yazıcının kullanıldığı buluşa dayalı öğretim programının öğrencilerin yaratıcılıklarına olan etkilerini araştırılmaktadır. Bu bağlamda çalışmada fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersindeki 3D yazıcı destekli uygulamaların öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık düzeyleri ve materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik konusundaki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmanın problem cümlesi; “fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersindeki 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının, öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık düzeyleri ve materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançları üzerindeki etkileri nelerdir?” olarak belirlenmiştir. Araştırmanın alt problemleri ise;

a) “Fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersindeki 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının öğretmen adaylarının materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançları üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır?”

b) “Fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersindeki 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık düzeyleri üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır?”

## Yöntem

### Araştırma Deseni

Çalışma kapsamında fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersindeki 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının, öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık düzeyleri ile materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançları üzerindeki etkileri, deney öncesi modellerden tek grup ön test son test model kullanılarak araştırılmıştır (Cohen vd., 2005).

## Çalışma Grubu

Araştırmada deney öncesi yöntem tercih edilmesinden dolayı çalışmada evren ve örneklem seçimine gidilmemiş ve çalışma grubu belirlenmiştir (Sönmez, 2005). Araştırma 2021-2022 yılı bahar yarı döneminde 14 hafta boyunca gerçekleştirilmiş olup, araştırmancının çalışma grubunu MCBÜ Eğitim Fakültesinde Fen Bilgisi Eğitimi programında öğrenim gören öğretmen adayları (n=14) oluşturmaktadır.

## Veri Toplama Süreci

Veriler toplanmadan önce çalışma süreci için xxÜniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulun'a başvuru yapılmış ve aynı kurulun 25.10.2020 tarihli ve 35928 sayılı yazısıyla etik kurul izni alınmıştır. 2020-2021 yılı bahar dönemi sürecinde deneysel süreç ve veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

## Veri Toplama Araçları

**Materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç ölçeği.** Araştırmada öğretmen adaylarının materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç düzeylerindeki değişimin belirlenebilmesi amacıyla araştırmacılar tarafından materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç ölçeği geliştirilmiştir. Bu bağlamda öncelikle “materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik” kavramı tanımlanmıştır. Buna göre materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik; “materyalleri amaca yönelik kullanabilen, öğrenme-öğretme süreçlerine etkin bir biçimde entegre edebilen, materyal tasarımı ve geliştirme süreçlerini etkin biçimde gerçekleştirebilen ve mühendislik teknoloji tasarım süreçlerine hâkim olma durumu” olarak ifade edilmiştir. Ölçek için madde havuzu oluşturulması kapsamında alan yazın incelemesi yapılmıştır (Bakaç ve Özen, 2015; Korkmaz vd., 2019; Ocak ve Karakuş, 2018; Ünsal, 2011). Ayrıca öncelikle fen bilgisi öğretmenliği (n=27) ve matematik öğretmenliğinde (n=21) öğrenim gören dördüncü sınıf öğrencilerine (n=58) “Öğretmen adayları için materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançları konusunda açık uçlu sorular” formu uygulanmıştır. Bu formun analizleri proje ekibindeki fen eğitimi alanındaki uzmanlar tarafından yapılmış ve uyuşum yüzdesi (.96) olarak bulunmuştur. Alan yazından elde edilen maddeler ve öğretmen adaylarının forma ilişkin verdikleri yanıtların analizleri doğrultusunda ölçeğin uzman görüşü öncesi son hali verilmiştir. Bu kapsamda geçerlik aşamasında öncelikle maddelerin konu alanına ilişkin olup olmadığı ve yapısal sorun olup olmadığının belirlenebilmesi için maddeler uzman görüşüne (yüz-görünüş ve kapsam geçerliliği) sunulmuştur. Uzmanlardan gelen görüşler ve öneriler doğrultusunda 14 madde çıkarılarak ölçeğin ön uygulama formuna son hali verilmiştir. Ölçme aracında maddesel bazda normal dağılıma yaklaşabilmek amacıyla yedili Likert tipi ölçekleme kullanılmıştır. Madde yanıtları 7



kategoriden oluşmakta ve tamamen katılıyorum ve tamamen katılmıyorum arasında 1-7 arasında puanlama yapmayı gerektirmektedir. Sonraki aşamada ölçme aracının Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesinde öğrenim gören 2., 3. ve 4. sınıf ( $n_{\text{toplam}}=321$ ) öğrenci üzerinde ön uygulamaları yapılmıştır. Ön uygulamadan elde edilen veriler ile istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.

Ölçme aracının yapı geçerliği kanıtlarını ortaya koymak sürecinde öncelikle açımlayıcı faktör analizi (AFA) ile yapısal olarak boyutlara ilişkin yapı belirlenmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde verilerin faktör analizine uygunluğu için KMO ve Bartlett testleri incelenmiştir. KMO değeri .97; Bartlett testi ise anlamlı bulunmuştur (Approx.  $\chi^2=10827,34$ ;  $df=528$ ;  $p=.000<.05$ ). KMO'nun .60'tan yüksek, Bartlett testinin anlamlı çıkması verilerin faktör analizi için uygunluğunu göstermektedir (Büyüköztürk, 2006). Ayrıca maddelerin tek başlarına örneklem yeterlikleri anti image korelasyonlarına bakarak değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra incelenen korelasyon matrisinde maddeler ve aralarındaki korelasyonlara bakılmış ve incelemelerde bazı maddeler arasında (31-32; 30-31) yüksek korelasyon görülmüş ( $>.88$ ) ve açımlayıcı ile doğrulayıcı faktör analizi sürecinde madde çiftleri kontrol altında tutulmuştur. Açımlayıcı faktör analizi sürecinde öncelikle temel bileşenler analizi ve varimax döndürme yöntemleri kullanılmıştır. Daha sonra maddelerin grafik dağılımlarının yakınsak ve korelasyonel olduğu görüldüğünden sonuçlar yatay döndürme tekniklerinden direct oblimin kullanılarak devam edilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda faktör yükü .50 altında olan 27. ve 32. madde, iki faktörde de yüksek yük veren 1. ve 33. madde ile korelasyon değerleri bozucu değişken olarak görülen 30. madde ilk aşamada ölçek dışında bırakılmıştır. Anlamca bulunduğu faktöre bütünlük göstermeyen ve yine bir diğer faktörde yük veren 4. madde de ölçekten çıkarılmıştır. Ölçekte yer alan maddeler iki faktörde toplanmıştır. İki faktörün ilk analizler sonucunda açıkladığı varyans değeri %60,75 olduğu görülmüştür. Bu faktörlerden ilki “materyal kullanımına yönelik mesleki öz-yeterlik inançları” değeri ise “materyal kullanımına yönelik kişisel öz-yeterlik inançları” olarak isimlendirilmiştir. AFA paralelinde model DFA analizi kapsamında kovaryans matrisi temel alınarak test edilmiştir. DFA sonuçlarında modelin 2-3, 12-13 ve 20-21. maddelerde yüksek uyum iyiliği önerdiği görülmüş ve maddeler incelendiğinde yapısal olarak 2-3 dışındaki maddelerin birbirlerine oldukça yakın anlamda ve benzer yapıyı ölçmeye eğilimli olduğu değerlendirilerek 12 ve 21. maddeler ölçek dışında bırakılmıştır.

Ölçeğe ait geçerlik kanıtlarının toparlanması sürecinde uygulanan açımlayıcı faktör analizi sonucunda maddelerin faktörlere kararlı biçimde oturdukları görülmüştür. Faktörlerin açıkladıkları toplam varyans değeri %68.74 olarak bulunmuştur. Faktörleri oluşturan maddelerin faktör yükleri “materyal kullanımına

yönelik mesleki öz-yeterlik inancı” boyutu için .662 ile .923; “materyal kullanımına yönelik kişisel öz-yeterlik inancı” boyutu için ise .551 ile .903 arasında değişmektedir. İki faktör arasındaki korelasyon değeri .74 olarak belirlenmiştir. Cronbach alfa güvenilirlik değeri ise “materyal kullanımına yönelik mesleki öz-yeterlik inancı” boyutu için .96; “materyal kullanımına yönelik kişisel öz-yeterlik inancı” boyutu için ise .97 olarak belirlenmiştir. Ölçeğin tamamına ilişkin güvenilirlik değeri .97 olarak bulunmuştur. DFA sürecinde uyum indeksleri de değerlendirilmiştir. Buna göre herhangi bir madde arasında iyileştirme önerileri doğrultusunda hata kovaryansları arasına korelasyon eklenmemiş ve CFI=.99, AGFI=.98, GFI=.98, NFI=.85, SRMR=.023, RMR=.030, RMSEA= .000 olarak bulunmuştur.  $\chi^2/df$  oranının 3 ya da az, CFI, NNFI, NFI, GFI, AGFI değerlerinin .90’dan yüksek, RMSEA değerinin .06’dan düşük olması genel olarak faktör yapısının uyumlu olduğunun bir göstergesidir (Kelloway, 1998; Kline, 1998; Hu ve Bentler, 1999).

**Bilimsel yaratıcılık testi.** Araştırmada öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık düzeylerindeki değişimin belirlenebilmesi için Hu ve Adey (2002) tarafından geliştirilen ve Deniz-Çeliker (2012) tarafından çevrilip kullanılan bilimsel yaratıcılık testi kullanılmıştır. Araştırmada orijinallik puanlarına ilişkin değerlendirme yapılabilmesi için ölçme aracına ilişkin ön uygulamalar matematik ve fen bilgisi öğretmenliğinde öğrenim gören (n=42) öğretmen adayları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar sonrasında öğretmen adaylarının vermiş oldukları yanıtların sıklık düzeylerine göre bir orijinallik puan derecelendirilmesi oluşturulmuştur. Söz konusu ön uygulamalara ilişkin analizler alanında üç uzman tarafından yapılmış olup her uzman kendi görüşlerini ifade ettikten sonra ortak olarak tema ve orijinallik puanları hesaplanmıştır. Uzmanların puanlayıcılar arası uyum değeri .89 olarak belirlenmiştir. Ölçme aracına ilişkin olarak öğretmen adaylarının vermiş olduğu ön test ve son testteki yanıtlar Hu ve Adey (2002)’in de çalışmasında belirttiği gibi; esneklik, orijinallik, akıcılık ve işlevsellik boyutları göz önüne alınarak değerlendirilmiş ve puanlandırılmıştır.

### **Deneysel İşlem Yolu**

3D yazıcı destekli laboratuvar uygulamalarına başlamadan önce proje ekibinde yer alan bilişim ve teknoloji uzmanı bir öğretim elemanı tarafından proje kapsamındaki araştırmacı ve örneklem de yer alan öğretmen adaylarına yönelik 3D yazıcı teknolojileri ile öğretim materyali tasarlamak ve öğretim ortamları için materyal oluşturabilmek amacıyla 2021-2022 öğretim yılı güz döneminde dört haftalık süre ile bilgisayar destekli 3D materyal tasarım ve 3D baskı alma eğitimi verilmiştir. Çalışma kapsamında Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 2 dersi, araştırmanın amacına uygun olarak tasarlanmıştır.



Araştırmacılar tarafından belirlenen deneyler çerçevesinde projenin uygulama süreci gerçekleştirilmiştir. Birinci hafta kazanımı sağlanacak kavramın senaryoda gizlenen bir problem ile keşfi ve probleme çözüm için hipotezlerin geliştirilmesi gerçekleştirilmektedir. İkinci hafta ise sadece bu hipotezlerden bir tanesinin seçimi ve buna yönelik tasarımlar gerçekleştirilmeleri istenmiştir. Hipoteze yönelik hazırlanan deney öncesi raporları, araştırmacı dersin öğretim elemanı tarafından değerlendirilip, bilimsel ve teknik açıdan gerekli dönütler verilmiştir. Öğretmen adayları bu dönütleri dikkate alarak Tinkercad tasarımlarını oluşturmuşlardır. Bu tasarımlar projede görev alan diğer araştırmacılar tarafından değerlendirilerek, gerekli dönütler verilmiş ve ders öncesi öğretmen adaylarının tasarımları baskı için hazır hale getirilmiştir. İkinci haftada öğretmen adaylarının problemin çözümüne ilişkin tasarladıkları deney düzeneklerinin sınıf ortamında tartışması yapılmış aynı zamanda üç boyutlu yazıcı ile baskı süreci başlatılmıştır. Dersin üçüncü haftasında öğretmen adayları üç boyutlu yazıcıyı kullanarak ürettikleri materyaller ile problemin çözümüne ilişkin tasarladıkları deney düzeneklerini kurarak, hipotezlerini test etmişlerdir. Bu aşamadan sonra veriler toplanmış ve deney sonuçlarına ilişkin ulaşılan sonuçlar, gruplar tarafından sınıf ortamında sunulmuştur. Dersin son 15 dakikasında bir sonraki haftaya ilişkin problem senaryosu sunularak benzer süreç devam ettirilmiştir. Araştırmanın uygulama sürecine ilişkin planlamalar öz-yeterlik kaynaklarına (doğrudan yaşantı, dolaylı yaşantı, sözel ikna ve duygusal durum) (Bandura, 1977) göre yapılmış ve öğrenme ortamı sözü edilen bağlamda şekillendirilmiştir. Özyeterliğin en güçlü kaynağı olan doğrudan yaşantılar boyutuna katkı sağlamak için, gruptaki tüm öğrencilerin deney öncesi, sırası ve deney sonrası hazırlık sürecine katkı sağlamalarına dikkat edilmiştir. Öz-yeterliğin ikinci kaynağı olan dolaylı yaşantılar boyutuna katkı sağlamak için öğrencilerin yapmış oldukları deneylere ilişkin süreci ve Tinkercad tasarımlarını sınıf içinde diğer arkadaşlarına sunmaları istenmiştir. Bu şekilde tüm öğrenciler diğer grupların tasarımlarından haberdar olmuşlardır. Diğer bir öz-yeterlik kaynağı olan sözel ikna boyutuna katkı sağlamak için ise öğretmen adaylarına dersin öğretim elemanı ve diğer araştırmacılar tarafından gerek deneysel uygulama süreci gerekse materyal tasarım süreci ile ilgili yapıcı dönütler verilmiştir.

## **Bulgular**

### **Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular**

Araştırmanın ilk alt problemi “Fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersinde 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının öğretmen adaylarının materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançları üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır?” şeklindedir. Bu problemin çözümü doğrultusunda deneysel işlem öncesinde

ve sonrasında araştırmacılar tarafından geliştirilen materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç ölçeği öğretmen adaylarına uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1

*Öğretmen Adaylarının Materyal Geliştirmeye Yönelik Öz-Yeterlik İnanç Ölçeği Ön Test Son Test Puanlarının İncelenmesi*

Son test – Ön test ölçümü	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif Sıralar	1	1	1	-3.23	.001
Pozitif Sıralar	13	8.00	104.00		
Fark olmayan					

Tablo 1’deki wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları göz önüne alındığında öğretmen adaylarının son test materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç puanlarının ön teste göre anlamlı farklılık gösterdiği görülmektedir ( $z=3.23$ ,  $p=.001<.05$ ).

### İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmanın ikinci alt problemi “Fen öğretimi laboratuvar uygulamaları 2 dersinde 3D yazıcı destekli proje uygulamalarının öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık düzeyleri üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır?” olarak belirlenmiştir. Bu problemin çözümü doğrultusunda deneysel işlem öncesinde ve sonrasında bilimsel yaratıcılık testi öğretmen adaylarına uygulanmış ve toplam bilimsel yaratıcılık puanı üzerinden elde edilen sonuçlar Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2

*Öğretmen Adaylarının Bilimsel Yaratıcılık Testi Ön Test Son Test Puanlarının İncelenmesi*

Son test – Ön test ölçümü	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif Sıralar	3	3.50	10.50	-2.639	.008
Pozitif Sıralar	11	8.59	94.50		
Fark olmayan	0				

Tablo 2’deki azanlız sonuçlarına göre öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık testinden almış oldukları son test puanlarının ön test puanlarına göre anlamlı düzeyde yüksektir ( $z=2.63$ ;  $p=.008$ ). Testin toplam puanlarından elde edilen bulgulara ek olarak öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık testinden almış oldukları orjinallik, akıcılık, esneklik ve işlevsellik puanlarına yönelik bulgular Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3

*Öğretmen Adaylarının Bilimsel Yaratıcılık Testinden Almış Oldukları Puanların Alt Boyutlara Göre İncelenmesi*

Alt Boyutlar	Son test – Ön test Ölçümü	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
TO (Orjinallik)	Negatif Sıralar	4	4.13	16.50	-2,263	.024
	Pozitif Sıralar	10	8.85	88.50		
	Fark olmayan	0				
TA (Akıcılık)	Negatif Sıralar	1	5.50	5.50	-2.808	.005
	Pozitif Sıralar	12	7.13	85.50		
	Fark olmayan	1				
TE (Esneklik)	Negatif Sıralar	4	3.75	15.00	-2.147	.032
	Pozitif Sıralar	9	8.44	76.00		
	Fark olmayan	1				
M7 (İşlevsellik)	Negatif Sıralar	3	4.00	12.00	-1.311	.190
	Pozitif Sıralar	6	5.50	33.00		
	Fark olmayan	5				

Tablo 3’deki bulgular doğrultusunda öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık testinden almış oldukları son test puanlarının orjinallik ( $z=2.26$ ;  $p=.024<.05$ ); akıcılık ( $z=2.80$ ;  $p=.005<.05$ ); esneklik ( $z=2.14$ ;  $p=.032<.05$ ) boyutlarında ön teste göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu; bununla birlikte işlevsellik puanları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $z=1.31$ ;  $p=.19>.05$ ).

## Tartışma

### Birinci Alt Probleme ilişkin Tartışma

Öğretmen adaylarının materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inanç puanlarının son test lehine anlamlı düzeyde farklılaştığı görülmektedir. Etkinlikler boyunca soyut nesnelere somut nesnelere dönüştürmeleri, tasarım yapmaları, tasarıma yönelik düzeltmeler almaları, düzeltmeler sonucunda üç boyutlu baskı sürecine girmeleri ve bu baskı sürecinde bazı durumlarda başarısızlıklar yaşayarak bazı durumlarda ise tasarladıkları materyalin fiziksel çıktılarını başarıyla doğrudan alabilmeleri söz konusu teknolojiyi etkili bir şekilde kullanabilme yeterliğini hissetmelerine neden olabilir. Deney sunumlarında kullanmak istedikleri materyallerin eksikliğinde ya da materyalin tam olarak konunun kazanımlarını karşılamadığını düşündüklerinde materyallerin kendi düşünce ve tasarımlarına uygun ve istedikleri zamanda üretebilme

durumlarının materyal geliştirme konusunda yarar sağladığı ve bu duruma bağlı olarak materyal geliştirme öz-yeterlik inançlarının arttığı söylenebilir. Araştırmadan elde edilen bulgulara benzer şekilde Bediroğlu (2021) fen öğretmen adayları ile gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında özellikle daha öncesinde web 2.0 içerik geliştirmeye yönelik yaşıntıların katılımcıların materyal geliştirme öz-yeterlikleri üzerinde; Bursal ve Yiğit (2012) öğretmen adaylarının bilgisayar kullanım deneyiminin, orijinal materyal geliştirme öz-yeterlikleri konusunda anlamlı bir farklılığa neden olduğunu ifade etmektedirler. Novak ve Wisdom (2018) çalışmalarında üç boyutlu baskı teknolojilerinin kullanımının ilkökul öğretmen adaylarının fen öğretimi kaygı düzeylerinin azalmasına ve fen öğretimine yönelik öz-yeterlik inançlarına; Arslan ve Erdoğan (2021) ise çalışmalarında 3D baskı etkinliklerinin öğretmen adaylarının TPAB öz-yeterliklerine katkı sağladığını belirlemişlerdir. Aslan vd. (2021) ise fizik, kimya ve biyoloji öğretmenleri ile gerçekleştirdiği çalışmalarında 3D tasarımlarının mesleki gelişimlerine katkı sağlayacağına yönelik görüşler elde etmişlerdir. Teknoloji kullanımının günlük yaşıntının vazgeçilmez bir ögesi haline gelmesine bağlı olarak ve araştırmanın örneklemedeki öğretmen adaylarının çağın gereksinimlerini hızlı uyum sağlayabilmeleri nedeniyle teknolojinin aktif kullananları olarak dijital etkileşimlerinin yoğun düzeyde olmaları tasarım yapabilme ve baskı teknolojisi kullanabilme konusunda beceri gelişimi ve güven duygusu sağladığı söylenebilir. Ayrıca teknolojinin öğretim ortamlarına entegrasyonu ile derse ilgi ve motivasyon artmaktadır (Çaydere ve Akgün, 2023). Bu bağlamda öğretmen adaylarının bu süreçte dijital ve fiziksel etkileşimle bireysel fikirlerini somutlaştırabilmeleri materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançlarının gelişimine katkı sağladığı düşünülmektedir. Söz konusu görüşlere ilişkin olarak Say ve Yıldırım (2020) çalışmalarında öğretmen adaylarının web 2.0 hızlı içerik geliştirmeye yönelik öz-yeterliklerini araştırdıkları çalışmalarında özellikle fen öğretmen adaylarının yeterlik puanlarının diğer gruplara göre yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumun özellikle öğretmen adaylarının 3D yazıcı kullanımı ve bilgisayar programları kapsamında ürün geliştirirken kendi gelişimlerini ve ilerlemeleri görmüş olmaları aynı zamanda başarılı deneyimler edinmiş olmalarının öz-yeterliklerini etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Uzunöz vd. (2017) öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı dersinin kazanımlarına yönelik katılımcıların görüşlerini araştırdıkları çalışmalarında özellikle söz konusu uygulamaların özgüven, beceri ve çok boyutlu düşünce gibi açılardan kendilerine katkı sağlayabileceğine yönelik görüşlerini raporlaştırmışlardır. Bilindiği gibi genellikle başarılı deneyimler öz-yeterliği yükseltirken, başarısız deneyimler öz-yeterliği düşürmektedir (Kurbanoglu, 2004; Usher ve Pajares, 2009). Ayrıca Bandura (1986)'nın da belirttiği gibi algılanan öz-yeterlik, kişinin belirli bir performans düzeyini başarma becerisine ilişkin bir yargıdır ve bireylerin öz-yeterlik inançlarını

gelişmesinde en etkili kaynak, ustalık deneyimleridir (Bandura, 1997). Blonder vd. (2013) çalışmasında özellikle kimya öğretmenleri ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında bazı öğretmenlerin teknoloji destekli uygulamaların derslerinde kullanma konusunda zorlandıklarını bunun da öz-yeterliklerini azalttığını belirtmektedir. Ancak bu çalışmada öğretmen adayları böyle bir durumla büyük ölçüde karşılaşmamışlar ve kendi gelişmelerini de gözlemleme şansı bulabilmiş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca söz konusu süreçte öğretmen adayları yapmış oldukları modelleme ve ürünlere ilişkin olarak hem arkadaşlarının hem de sorumlu öğretim elemanının görüşlerini almış olup aynı zamanda ürünlerin geliştirilmesi sürecinde deneyimleri de arttıkça kendi deneyimleri konusunda da değerlendirmeler yapabilmiş ve materyal geliştirilme sürecinde etkin hale gelmiş olabileceği söylenebilir.

### **İkinci Alt Probleme İlişkin Tartışma**

Öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılık puanlarının son test lehine farklılaştığı görülmektedir. Ayrıca bilimsel yaratıcılık ölçeğinin alt boyutları incelendiğinde; orijinallik, akıcılık ve esneklik boyutlarında yine son test lehine bir anlamlı farklılık görülmüştür. İşlevsellik konusunda ise anlamlı bir farklılık yoktur. Bu kısımda bilimsel yaratıcılığı destekleyebilecek çok fazla değişken olabileceği söylenebilir. Benzer şekilde Lee ve Kim (2015) araştırmasında 3D çizim programı ve 3D yazıcının kullanıldığı buluşa dayalı öğretim programının öğrencilerin genel yaratıcılıklarına, açıklık, akıcılık ve esneklik boyutlarındaki puanları üzerinde anlamlı düzeyde etkilerinin olduğunu belirlemişlerdir. Trust ve Maloy (2017) farklı sınıf düzeylerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, 3D projelerin öğrencilerin yaratıcılıklarını geliştirdiğine yönelik görüşlerini ifade etmişler; Bicer vd. (2017) 3D bilgisayar destekli tasarım yazılımı ve 3D baskı uygulamasının, lise öğrencilerin yaratıcılıklarının gelişimine katkı sağladığı yönünde bulgular bildirmişlerdir. Lin vd. (2021) lise öğrencileri üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında 3D kullanılan STEM tabanlı tasarım etkinliklerinin öğrencilerin hayal güçleri ve yaratıcılıklarını geliştirmede etkili olduğunu belirtmektedirler. Yine, Arslan ve Erdoğan (2021) öğretmen adaylarıyla gerçekleştirdiği çalışmalarında etkinliklerin yaratıcılıklarını ve materyal tasarlamayı geliştirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Öğretmen adaylarının özellikle tasarım süreçlerinde sadece geometrik şekiller kullanarak (Chen ve Cheng, 2021; Trust ve Maloy, 2017) kendi fikirlerine yönelik; bilgi ve birikimleriyle yeni düşünce ya da ürün ortaya koyabilmelerinin (Deniş ve Balım, 2012) bilimsel yaratıcılıklarına katkı sağladığı söylenebilir. Araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda laboratuvar uygulamalarında teknoloji destekli 3D yazıcı kullanımının öğretmen adaylarının tasarım sürecine etkin katılımını sağladığı bu bağlamda problem çözme becerileri süreçlerini de dahil etmeleri nedeniyle bilimsel yaratıcılık üzerinde etkilerinin olabileceği düşünülmektedir. Bu süreçte öğretmen adayları bilimsel yaratıcılık

düzelelerini etkileyebilecekle; farklı fikir ve görüşleri tartışma ve kendi görüşlerine ilişkin argümanlar oluşturma, bilgisayar ortamında bir model oluşturma, bu modeli yazdırma ile modelin kullanıldığı deney ortamında günlük hayattan soruna çözüm bulma süreçlerini bir arada yaşamaktadır. Şahin Pekmez vd. (2010)'un öğretmen adaylarının kendi deneylerini tasarlamış oldukları fen laboratuvarı dersinin bilimsel yaratıcılık üzerindeki etkisinin olmadığı yönünde bulguları göz önüne alındığında söz konusu etkinin büyük ölçüde 3D yazıcı kullanımından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bilimsel yaratıcılık konusundaki görüşe paralel olarak Bi vd. (2020) bilimsel yaratıcılık üzerinde yüksek oranda problem çözenin, bilimsel akıl yürütme ve işbirlikli öğrenme ortamının orta düzeyde etkilerinin olduğunu belirtmektedir. Sun Wang ve Wegerif, (2020) ise teknoloji destekli eğitim uygulamalarının bilimsel yaratıcılık üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu vurgulamaktadır.

Chun (2021)'e göre bireyler 3D programları kullanarak kolaylıkla ürünler yapabilir ve bu ürün tasarım süreci sayesinde yaratıcılıklarını geliştirebilirler. Bu anlamda 3D teknolojisi yaratıcılık sürecinin daha anlaşılır olmasını sağlayan bir araçtır (Huleihil, 2017). Eğitimde 3D baskının kullanılması sürecinde öğrenciler sadece veri sentezi, yaratıcı, analitik ve eleştirel düşünme gibi alanlarda değil aynı zamanda üretkenlik alanlarında da yararlı bilgi ve beceriler kazanabilecektir (Budinski vd. 2022). Bunun yanı sıra 3D yazıcı destekli laboratuvar uygulamaları sürecinde öğretmen adaylarından sürecinde kendilerine sunulan günlük hayattan problemi çözüme ulaştırmaları istenmiştir. Bu süreçte gerek bireysel anlamda gerekse de grup çalışmaları kapsamında öğretmen adaylarının etkin bir şekilde problemin çözümü doğrultusunda da sorgulama becerilerini kullandıkları söylenebilir. Yang vd. (2016) ise özellikle sorgulamaya dayalı fen öğretiminin öğrencilerin yaratıcı bilimsel düşünme üzerinde etkilerini belirtmektedir.

### **Sonuç ve Öneriler**

Öğretmen adaylarının materyal geliştirmeye yönelik öz-yeterlik inançlarının ve bilimsel yaratıcılıklarının anlamlı düzeyde artış gösterdiği belirlenmiş bu sonuçlara ilişkin olarak elde edilen bulguların değerlendirilmesi ve tartışılması sonucunda; 3D yazıcıların tasarlama ve modelleme süreci ile öğretmen adaylarının materyal geliştirme sürecine yönelik öz-yeterlik inançlarının gelişimine ve bilimsel yaratıcılık düzeyi üzerine olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte araştırmanın tek grup ön test model olması ile çalışma grubunun sınırlı düzeyde olmasının beraberinde getirdiği sınırlılıklar düşünüldüğünde benzer çalışmaların kontrol gruplu düzlemde ve farklı örneklemlerde gerçekleştirilmesinin literatüre katkı sağlayabileceği söylenebilir. Yine araştırma kapsamında geliştirilen



materyal geliştirmeye yönelik öz yeterlilik inanç ölçeğinin ise farklı araştırmalarda kullanılabilceğı ve bu anlamda alan yazına katkı sağlayabileceğı düşünölmektedir. Araştırmadan elde edilen bulguların yorumlanması ve edinilen sonuçlar doğrultusunda, 3D yazıcıların kullanımına ve öğrenme ortamlarında etkililiğine yönelik, bilimsel yaratıcılığı farklı açılardan etkileyebilecek değişkenlerin ya da öğretim uygulama ve stratejilerinin araştırılması alanyazına katkı sağlayabilecektir. Bunun yanında fen bilgisi öğretmen adaylarının, 3D yazıcı destekli deneysel materyal geliştirme sürecinden edindiğı 3D materyal uygulama becerilerinin ve 3D materyal geliştirme öz-yeterlik inançlarının, boylamsal çalışmalar ile etkisinin incelenmesi önerilmektedir. Yapılan bu çalışmanın etkinlik ve uygulamalarına benzer bir araştırmayla fen öğretiminde farklı kavram, olgu ya da problem durumlara yönelik rehber materyallerin geliştirildiğı çalışmaların fen öğretiminde 3D yazıcı kullanımının yaygınlaşması ve etkili kullanımına katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

**Etik Kurul İzni:** Araştırma için etik izin xx Üniversitesi Rektörlüğü xx Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulunun Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'nun 25.10.2020 tarihli ve 35928 sayılı kararı ile alınmıştır. Araştırma sürecinde katılımcıların tamamına araştırmanın amacı, içeriğı ve yöntemi hakkında bilgilendirilmiştir. Karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde “Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi Yayın Kurulunun” hiçbir sorumluluğunun olmadığı, tüm sorumluluğun Sorumlu Yazara ait olduğı ve bu çalışmanın herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğunu taahhüt ederiz.

### Kaynakça

- Arslan A., & Edoęan, İ. (2021). Use of 3D printers for teacher training and sample activities *International Journal of Progressive Education*, 17(3), 343-360. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.346.22>
- Asal Özkan, R., & Sarıkaya, R. (2023). Mühendislik tasarım temelli fen etkinliklerinin dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (55), 154-167. <https://doi.org/10.53444/deubefd.1208412>
- Aslan A., Durukan Ü. G., & Batman, D. (2021). Fizik, kimya ve biyoloji öğretmenlerinin 3-boyutlu katı model tasarım ve kullanım ihtiyaçlarına genel bir bakış. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 5(3), 515-534. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.991955>

- Assante, D., Cennamo, G. M., & Placidi, L. (2020, Nisan). 3D Printing in education: an European perspective. A. Cardoso, G. R. Alves, & T. Restivo (Editörler), *Proceedings of the 2020 IEEE Global Engineering Education Conference içinde* (1133-1138. ss.). Piscataway, New Jersey, <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020>
- Avinal M., & Aydın, A. (2022). The effects of activities designed with three-dimensional printing technology on science education. *Journal of Turkish Science Education*, 19(3), 887-910. <http://doi:10.36681/tused.2022.155>
- Bakaç, E., & Özen, R. (2017). Öğretmen adaylarının materyal tasarımı öz-yeterlik inanç düzeylerinin teknolojik pedagojik alan yeterlikleri bağlamında incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 613-632. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1486973>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*, Freeman.
- Bediroğlu, R. (2021). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının dijital öğretim materyali geliştirme öz-yeterlikleri* [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi
- Bi, H., Mi, S., Lu, S., & Hu, X. (2020). Meta-analysis of interventions and their effectiveness in students' scientific creativity. *Thinking Skills and Creativity* 38(100750), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100750>
- Bicer, A., Nite, S. B., Capraro, R. M., Barroso, L. R., Capraro, M. M., & Lee, Y. (2017, Ekim). *Moving from STEM to STEAM: the effects of informal STEM learning on students' creativity and problem-*

*solving skills with 3D printing*. IEEE Frontiers in Education Conference, Indianapolis, United States. <https://doi.org/10.1109/fie.2017.8190545>

Birişçi, S., Kul, Ü., Aksu, Z., Akaslan, D. & Çelik, S. (2018). Web 2.0 hızlı içerik geliştirme öz-yeterlik inancı belirlemeye yönelik ölçek (W2ÖYİÖ) geliştirme çalışması. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 8(1), 187-208. <https://doi.org/10.17943/etku.335164>

Blonder, R., Jonatan, M., Bar-Dov, Z., Benny, N., Rap, S., & Sakhnini, S. (2013). Can you tube it? Providing chemistry teachers with technological tools and enhancing their self-efficacy beliefs. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 269-285. <https://www.researchgate.net/publication/255772920>

Budinski, N., Lavicza, Z. & Houghton, T. (2022). Opportunities for 3D printing in hybrid education. *Open Education Studies*, 4(1), 339-344. <https://doi.org/10.1515/edu-2022-0175>

Bursal, M., & Yigit, N. (2012). Pre-service science and technology teachers' efficacy beliefs about information and communication technologies (ict) usage and material design. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 12(2), 1084-1088. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ981831.pdf>

Büyükoztürk, Ş. (2006). *Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı*. Pegem Akademi

Chen, J., & Cheng, L. (2021). The influence of 3D printing on the education of primary and secondary school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1976(1), 012072. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1976/1/012072>

Chin, M. K., & Siew, N. M. (2015). The development and validation of a figural scientific creativity test for preschool pupils. *Creative Education*, 6(12), 1391-1402. <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2015.612139>

- Chun, H. (2021). A study on the impact of 3D printing and artificial intelligence on education and learning process. *Scientific Programming*, 1-5. <https://doi.org/10.1155/2021/2247346>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2005). *Reserach methods in education*. New York, NY, USA:Routledge
- Cremin, T., & Chappell, K. (2021). Creative pedagogies: A systemic review. *Research Papers in Education*, 36(3), 299-331. <https://doi.org/10.1080/02671522.2019.1677757>
- Çaydere, O., & Akgün, N. (2023). Eğitimde yenilikçi teknolojilerin kullanımı ve çağdaş içerik tasarlama. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 439-451. <https://doi.org/10.30692/sisad.1254245>
- Çuhadar, C., & Yücel, M. (2010). Yabancı dil öğretmeni adaylarının bilgi ve iletişim teknolojilerinin öğretim amaçlı kullanımına yönelik özyeterlik algıları. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(27), 199-210. [http://pauegitimdergi.pau.edu.tr/Makaleler/288588672\\_ss.199-210.pdf](http://pauegitimdergi.pau.edu.tr/Makaleler/288588672_ss.199-210.pdf)
- Daud, A., M., Omar, J., Turiman, P., & Osman, K. (2012). Creativity in science education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 59, 467-474. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.302>
- Deniş Çeliker, H. (2012). *Fen ve teknoloji dersi "güneş sistemi ve ötesi: uzay bilmecesi" ünitesinde proje tabanlı öğrenme uygulamalarının öğrenci başarılarına, yaratıcı düşüncelerine, fen ve teknolojiye yönelik tutumlarına etkisi*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Deniş, H., & Balım, A. G. (2012). Bilimsel yaratıcılık ölçeğinin Türkçeye uyarlama süreci ve değerlendirme ölçütleri. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 1-21. <https://dergipark.org.tr/en/pub/usaksosbil/issue/21646/232705>
- Diakidoy, I. A. N., & Constantinou, C. P. (2001). Creativity in physics: Response fluency and task specificity. *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 401-410. [https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1334\\_17](https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1334_17)

- Eroğlu, S., & Bektaş, O. (2022). The effect of 5E-based STEM education on academic achievement, scientific creativity, and views on the nature of science. *Learning and Individual Differences*, 98, 102781. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102181>
- Flores, J. E. (2019). LNU Pre-service Secondary Science Teachers' Scientific Literacy and Science Teaching Self-Efficacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1254. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1254/1/012043>
- Guenther, C., Hayes, M., Davis, A., & Stern, M. (2021). Building confidence: Engaging students through 3D printing in biology courses. *Bioscene: Journal of College Biology Teaching*, 47(1), 40-58. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1304735.pdf>
- Ha, H., & Ha, M. (2022). Exploring Korean scientists' perceptions of scientific creativity and education for scientific creativity. *International Journal of Science Education*, 44(11), 1767-1791. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2095680>
- Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P., & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about creativity in science education. *Creative Education*, 3(5), 603-611. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.35089>
- Henson, R. K. (2001). The effects of participation in teacher research on teacher efficacy. *Teaching and Teacher Education*, 17(7), 819-836. [http://dx.doi.org/10.1016/S0742-051X\(01\)00033-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00033-6)
- Hoffmann, J. D., Ivcevic, Z., & Maliakkal, N. (2021). Emotions, creativity, and the arts: Evaluating a course for children. *Empirical Studies of the Arts*, 39(2), 123-148. <https://doi.org/10.1177/0276237420907>
- Hsiao, H-S., Chen, J-C., Lin, C-Y., Zhuo, P-W., & Lin, K-Y. (2018). Using 3D printing technology with experiential learning strategies to improve preengineering students' comprehension of abstract scientific concepts and hands-on ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 178-187. <https://doi.org/10.1111/jcal.12319>

- Hu, L. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403. <https://doi.org/10.1080/09500690110098912>
- Huang, P. S., Peng, S. L., Chen, H. C., Tseng, L. C., & Hsu, L. C. (2017). The relative influences of domain knowledge and domain-general divergent thinking on scientific creativity and mathematical creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 25, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.06.001>
- Huleihil, M. (2017). 3D printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 164(1), 012023. [doi:10.1088/1757-899X/164/1/012023](https://doi.org/10.1088/1757-899X/164/1/012023)
- Karaduman, H. (2018). Soyuttan somuta, sanaldan gerçeğe: öğretmen adaylarının bakış açısıyla üç boyutlu yazıcılar. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 273-303. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2018.-358818>
- Karagöz, B. & Şahin Çakır, Ç. (2020). Fen bilgisi öğretmen adaylarının 3 boyutlu yazılar hakkında görüşlerinin belirlenmesi. *Karaelmas Journal of Educational Sciences*, 8(2), 303-317. [https://dergipark.org.tr/tr/pub/kebd/issue/67544/1051092#article\\_cite](https://dergipark.org.tr/tr/pub/kebd/issue/67544/1051092#article_cite)
- Kelloway, E. K. (1998). *Using lisrel for structural equation modeling: a researcher's guide*, Sage Publications.



- Kim, N., Im, S., & Slater, S. F. (2013). Impact of knowledge type and strategic orientation on new product creativity and advantage in high-technology firms. *Journal of Product Innovation Management*, 30(1), 136-153. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2012.00992.x>
- Kiras, B., & Bezir Akçay, B. (2016). Yedinci sınıf vücudumuzda sistemler ünitesinin öğretiminde aktif öğrenme yöntemi uygulamalarının öğrencilerin bilimsel yaratıcılığına etkisi. *International Journal of Active Learning*, 1(2), 1-20.
- Kline, R. B. (1998). *Principal and practice of structural equation modeling*. The Guilford Press.
- Korkmaz, Ö., Arıkaya, C., & Altıntaş, Y. (2019). Öğretmenlerin dijital öğretim materyali geliştirme öz-yeterlik ölçeğinin geliştirilmesi çalışması. *Turkish Journal of Primary Education*, 4(2), 40-56. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/880832>
- Kurbanoglu, S. S. (2004). Öz yeterlik inancı ve bilgi profesyonelleri için önemi. *Bilgi Dünyası*, 5(2), 137-152. <https://doi.org/10.15612/BD.2004.484>
- Kwon, H. (2017). Effects of 3D printing and design software on students overall performance. *Journal of STEM Education*, 18(4), 37-42. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1163773>
- LeBow, V., Bernhardt-Barry, M. L., & Datta, J. (2018). Improving spatial visualization abilities using 3D printed blocks. Proceedings of 2018 ASEE Annual Conference & Exposition Konferansında. Salt Lake City, UT. <https://doi.org/10.18260/1-2--30634>
- Lee, D., & Kwon, H. (2023). Meta analysis on effects of using 3D printing in South Korea K-12 classrooms. *Education and Information Technologies*, 28, 11733-11758. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11644-5>
- Lee, Y. C., & Kim, H. P. (2015). The effects of an invention education program using 3D design and 3D printers on elementary school students' creativity. *Journal of Korean Practical Arts Education*, 21(3), 39-54. <https://doi.org/10.17055/jpaer.2015.21.3.39>

- Levitt, K. E. (2002). An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science Education*, 86(1), 1-22. <https://doi.org/10.1002/sce.1042>
- Lim, C., Kim, J., Hong, M., Seo, S., Lee, C., Yoo, S., ..., & Bak, J. (2016). A study on the application and effects of smart support system for creativity in engineering education. *Journal of Engineering Education Research*, 19(2), 34-44. <https://doi.org/10.18108/jeer.2016.19.2.34>
- Lin, K-Y., Lu, S-C., Hsiao, H-H., Kao, C-P., & Williams, P. J. (2021). Developing student imagination and career interest through a STEM project using 3D printing with repetitive modeling. *Interactive Learning Environments*, 31(5), 2884- 2898. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1913607>
- Liu, S. C., & Lin, H. S. (2014). Primary teachers' beliefs about scientific creativity in the classroom context. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1551-1567. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.868619>
- McGregor, D., & Frodsham, S. (2019). Epistemic insights: Contemplating tensions between policy influences and creativity in school science. *British Educational Research Journal*, 45(4), 770-790. <https://doi.org/10.1002/berj.3525>
- Manochehri, N., & Sharif, K. (2010). A Model-Based Investigation of Learner Attitude towards Recently Introduced Classroom Technology. *J. Inf. Technol. Educ.*, 9, 31-52. <https://doi.org/10.28945/1107>.
- Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D printing project-based learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 5(2), 412-432. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9733-5>
- Novak, E., & Wisdom, S. (2020). Using 3D printing in science for elementary teachers. J. J. Mintzes, E. ve M. Walter (Ed.), *Active Learning in College Science* içinde (s. 729-739). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33600-4\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33600-4_45)

- Ocak, G., & Karakuş, G. (2018). Öğretmen adaylarının dijital okuryazarlık öz-yeterliliği ölçek geliştirme çalışması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(5), 1427-1436. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.1931>
- OECD (2014). *PISA 2012 results: creative problem solving. Students' skills in tackling real-life problems*. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264208070-en>.
- Pearson, H. A., & Dubé, A. K. (2021). 3D printing as an educational technology: Theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice. *Education and Information Technologies*, 27, 3037-3064. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10733-7>
- Peters-Burton, E. E., & Martin-Hansen, L. M. (2016). Implications of gifted student selection techniques for scientific creativity. *In Interplay of Creativity and Giftedness in Science* (pp. 45-69). Brill.
- Say, S., & Yıldırım, F. S. (2020). Investigation of pre-service teachers' web 2.0 rapid content development self-efficacy belief levels and their views on web 2.0 tools. *International Journal of Educational Methodology*, 6(2), 345-354. <https://doi.org/10.12973/ijem.6.2.345>
- Scalfani, F. V., & Vaid, T. P. (2014). 3D printed molecules and extended solid models for teaching symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 91, 1174-1180. <https://doi.org/10.1021/ed400887t>
- Schunk, D.H., & Zimmerman, B.J. (2003). Self-regulation and learning. In Reynolds, W.M.& Miller, G.E. (Ed.), *Handbook of psychology Volume 7 Educational Psychology* içinde (s. 59-78). John Wiley & Sons, Inc.
- Shi, B., Cao, X., Chen, Q., Zhuang, K., & Qiu, J. (2017). Different brain structures associated with artistic and scientific creativity: a voxel-based morphometry study. *Scientific reports*, 7(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/srep42911>

- Song, J. (2018). Learning to teach 3D printing in schools: how do teachers in Korea prepare to integrate 3D printing technology into classrooms?, *Educational Media International*, 55(3), 183-198. <https://doi.org/10.1080/09523987.2018.1512448>
- Sönmez, V. (2005). Bilimsel araştırmalarda yapılan yanlışlıklar. *Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 18, 150-170. <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A6%3A1942/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A17085923&crl=f>
- Sun, M., Wang, M., & Wegerif, R. (2020). Effects of divergent thinking training on students' scientific creativity: The impact of individual creative potential and domain knowledge. *Thinking Skills and Creativity*, 37, 100682. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100682>
- Sypros, P., Georgios, S., Konstantinos, K. T., & Konstantinos, G. (2021). The effect of 3D printing technology on primary school students' content knowledge, anxiety and interest toward science. *International Journal of Educational Innovation*, 3(1), 38-50. <https://www.researchgate.net/publication/349810239>
- Şahin Pekmez, E., Aktamış, H., & Can, B. (2010). Fen laboratuvarı dersinin öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerileri ve bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(1), 93-112. <http://hdl.handle.net/11616/4352>
- Şimşek, C. L., Demirhan, E., & Köklükaya, A. N. (2018). Projeye dayalı öğrenmenin öğretmen adaylarının eleştirel düşünme eğilimleri, problem çözme becerileri ve bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 6(2), 197-212. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2581372>
- Tran, N-H., Huang, C-F., Hsiao, K-H., Lin, K-L., & Hung, J-F. (2021). Investigation on the influences of steam-based curriculum on scientific creativity of elementary school students. *Frontiers in Education*. 6(694516), 1-8. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.694516>

- Trust, T., & Maloy, R. W. (2017). Why 3D print? The 21st-century skills students develop while engaging in 3D printing projects. *Computers in the Schools*, 34(4), 253-266, <https://doi.org/10.1080/07380569.2017.1384684>
- Usher, E. L., & Pajares, F. (2009). Sources of self-efficacy in mathematics: A validation study. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.09.002>
- Uzunöz, A., Aktepe, V., & Gündüz. M. (2017). Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı dersinin mesleki açıdan kazandırdıklarına ilişkin öğretmen adaylarının görüşleri: nitel bir çalışma. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 317-339. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.5c3s14m>
- Üçgül, M., & Altıok, S. (2023). The perceptions of prospective ICT teachers towards the integration of 3D printing into education and their views on the 3D modeling and printing cours. *Education and Information Technologies*, 28, 10151-10181. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11593-z>
- Ünsal, Y. (2011). Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı derslerinde üretilen üç boyutlu nesnelere değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir ölçek önerisi. *2nd International Conference on New Trends in Education and Their Implications* (ss.817-822). Antalya.
- Üredi I., & Üredi, L. (2006). Sınıf öğretmeni adaylarının cinsiyetlerine, buldukları sınıflara ve başarı düzeylerine göre fen öğretimine ilişkin öz yeterlik inançlarının karşılaştırılması. *Yeditepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(1), 98110. <https://search.trdizin.gov.tr/yayin/detay/75097/>
- Vries, H. B., & Lubart, T. I. (2017). Scientific creativity: divergent and convergent thinking and the impact of culture. *The Journal of Creative Behavior*, 53(2), 145-155. <https://doi.org/10.1002/jocb.184>
- Walia, C. (2019). A dynamic definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 31(3), 237-247. <https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641787>

- Willerson, A., & Mullet, D. R. (2017). Creativity research in education from 2005-2015: a systematic review and synthesis. *The International Journal of Creativity and Problem Solving*, 27(2), 5-22. <https://link.gale.com/apps/doc/A533556208/AONE?u=anon~a6f11cae&sid=googleScholar&xid=1b57ce43>
- Wilson, M., Ritzhaupt, A., & Cheng, L. (2020). The impact of teacher education courses for technology integration on pre-service teacher knowledge: A meta-analysis study. *Comput. Educ.*, 156, 103941. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103941>.
- World Economic Forum. (2016). Future of jobs report. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf)
- Yang, K., Lee, L., Hong, Z., & Lin, H. (2016). Investigation of effective strategies for developing creative science thinking. *International Journal of Science Education*, 38(13), 2133-2151. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1230685>

## Extended Abstract

### Purpose

3D printers may contribute to the development of skills in using technology effectively, as they allow teachers to create new learning materials and students to create and print their own models. Considering the effects of technology on the learning process and the process of creating and creating products, it can be said that the use of 3D printers, particularly in teacher training and classroom environments, will yield positive results on learning outcomes. This research examines the effect of 3D printer-supported project applications on scientific creativity, which is a cognitive variable, and self-efficacy beliefs for material development, which is an affective variable. 3D printing technology can be utilized as a learning tool that can support students' creativity in creating models and products. 3D printing technology can be considered as a teaching tool that facilitates the learning process, makes the creativity process more understandable, and enables students to actualize their ideas. Teachers' responsibility for integrating and successfully using 3D printing technologies in the curriculum is increasing. In this context, teacher education research on the ability of pre-service teachers in undergraduate programs to integrate the



technology in question into their lessons becomes important. It seems that there is a need for studies on the utilization and accessibility of 3D printing in teacher training institutions and K-12 education institutions in order to provide the requisite training for teachers and pre-service teachers on the use of 3D printing in education. Within the scope of the study carried out in line with these needs, it was aimed to examine the effects of 3D printer-supported project applications in the science teaching laboratory applications 2 course on the scientific creativity levels of pre-service science teachers and their self-efficacy beliefs for material development.

### **Method**

In the research, a single group pre-test post-test model was employed among the pre-experiment models. Since the pre-experiment method was preferred in the research, the population and sample selection was not made in the study, and the study group was determined. The research was conducted for 14 weeks in the spring semester of 2021-2022, and the study group consisted of teacher candidates ( $n = 14$ ) studying in the Science Education program at MCBU College of Education.

### **Results**

The self-efficacy belief scale for material development developed by the researchers was applied to teacher candidates before and after the application. The results showed that the post-test self-efficacy belief scores of the teacher candidates for material development showed a significant difference compared to the pre-test ( $z = 3.23, p = .001 < .05$ ). The scientific creativity test was applied to the teacher candidates before and after the application. The results showed that the post-test scores of the pre-service science teachers from the scientific creativity test were significantly higher than their pre-test scores, based on the total scientific creativity score ( $z = 2.63; p = .008$ ).

### **Discussion and Conclusion**

The result indicates that pre-service science teachers' self-efficacy belief scores for material development differ significantly in favor of the post-test. During the activities, pre-service teachers are required to transform abstract objects into concrete objects, make designs, receive corrections for the design, enter the three-dimensional printing process as a result of the corrections, and in some cases, experience productive failures in this printing process, and in other cases, successfully obtain the physical output of the material they designed, using the technology in question effectively. It may make them feel a sense of competence in the user. The findings indicated that when pre-service teachers lack the requisite materials to conduct their experiment presentations or believe that the available materials fail to align

with the subject matter objectives, the ability to develop materials in accordance with their own designs and, at their convenience, confers benefits in material development. Consequently, their material development self-efficacy beliefs are enhanced. The findings indicated that technological developments and the use of these developments in education attract students' attention and increase their motivation. In this context, it is thought that pre-service science teachers' ability to embody their individual ideas through digital and physical interaction contributes to developing their self-efficacy beliefs for material development. According to the results, it is thought that using 3D printers in laboratory applications may have effects on scientific creativity, as it enables the active participation of teacher candidates in the design process, and in this context, they also include problem-solving skills processes. This process may influence the scientific creativity levels of prospective teachers. They experience the processes of creating a solution to a problem from daily life, discussing different opinions and creating arguments regarding their own views, creating a model in the computer environment, printing this model, and finding a solution to the problem from daily life in the experimental environment where the model is used. Conducting similar studies with control groups and different samples may contribute to the literature. In addition, the self-efficacy belief scale for material development developed within the scope of the research can be used in different studies. It can contribute to the literature in this sense.