



Tasarım Temelli Öğrenme Uygulamalarının Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının STEM Anlayışlarını Geliştirmeye Etkisi*

Hicran ARSLANHAN**, Tufan İNALTEKİN***

Öz: Bu araştırmanın amacı, tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmeye etkisini incelemektir. Araştırma, tek grup ön test-son test ve izleme testi deneysel araştırma deseninden oluşmaktadır. Araştırmanın örneklemini, 2017-2018 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde Kafkas Üniversitesi Dede Korkut Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı 3. sınıfta öğrenim gören 36 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmanın deneysel uygulaması, fen bilgisi öğretmen adaylarının lisans programı “Özel Öğretim Yöntemleri-I” dersinde gruplar halinde tasarım problemlerinin çözümü üzerinde çalışmalarını içermektedir. Araştırmanın verileri “*STEM Yetkinlik Algısı Ölçeği*”, “*STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formu*” ve “*Görüşme Formu*” ile toplanmıştır. Araştırmanın nicel verileri ön test, son test ve izleme testi olarak tekrarlı ölçümler yoluyla, nitel veriler ise sadece deneysel uygulama sonrasında elde edilmiştir. Araştırmanın nicel verileri ilişkili örneklem için tek faktörlü ANOVA testi kullanılarak analiz edilmiştir. Nitel veriler ise içerik analizi yoluyla çözümlenmiştir. Araştırmanın nicel verilerinden elde edilen bulgular, tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM yetkinliklerini ve STEM alanları bilgi düzeylerini geliştirmede önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Nitel verilerden elde edilen bulgular ise tasarım temelli öğrenmenin öğretmen adaylarının STEM eğitimi, STEM kariyer beklentileri, beceri gelişimi ve öğrenci öğrenmesinde nasıl kullanılması gerektiğine ilişkin anlayışlarını geliştirmeye önemli etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: STEM, Tasarım Temelli Öğrenme, Fen Bilgisi Öğretmen Adayları

The Effects of Design-Based Learning Applications on STEM Perceptions Development of Pre-Service Science Teachers

Abstract: The aim of this study is to examine the effects of design-based learning applications on development of pre-service science teachers' STEM perceptions.

*Bu makale, ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

**Fen Bilimleri Öğretmeni, Kocaeli 15. Kolordu Ortaokulu, hcnarslanhan@gmail.com, Orcid No: 0000-0002-3824-9579

***Dr.Öğr.Üyesi, Kafkas Üniversitesi, Dede Korkut Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, inaltekintufan@gmail.com, Orcid No: 0000-0002-3843-7393



The research, one group pretest-posttest-following test research design was used. Participants were 36 pre-service science teachers who enrolled to the Dede Korkut Faculty of Education at Kafkas University in 2017-2018 academic year spring semester. In the experimentation process, the pre-service science teachers studied about the design problems as group in the course of ‘Special Teaching Methods-I’. Data was gathered by ‘STEM Competence Scale’, ‘Assessment Form of STEM Domain Knowledge’, and ‘Interview Form’. Whereas the quantitative data was gathered through pretest, posttest and retention test, the qualitative data was gathered just after the experimentation process. One-way ANOVA for repeated measures was used to analyze the quantitative data and content analysis approach was used to analyze the qualitative data. The findings based on the quantitative data showed that design-based learning activities significantly enhanced pre-service science teachers’ STEM competencies, and domain knowledge related with STEM disciplines. Furthermore, the results obtained from the qualitative data revealed that design-based learning activities affected the pre-service science teachers’ STEM perceptions, expectations of STEM career, skill development and how to use a student’s learning.

Keywords: STEM, Desing Based Learning, Preservice Science Teachers

Giriş

Küresel ekonomi ve teknolojik manzara ile berber ülkeler hızlı bir değişim yaşamaktadırlar. Bunun sonucu olarak her ülkede iyi eğitilmiş ve vasıflı iş gücüne duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır (Carter, 2015). Dahası gelecekteki birçok meslek çalışanın, birden fazla alandaki bilgiyi bütünleştiren ve bunu problemlerin çözümünde etkili bir şekilde kullanabilen bireylerden oluşacağı düşünülmektedir (Milfort, 2012). Bununla birlikte son yıllarda Amerika ve Çin’in başını çektiği teknolojik rekabet, eğitim alanında yeni reformlarının yapılmasını gerekli kılmıştır (Akgündüz ve diğ., 2015). Eğitime ilişkin reform hareketleri içerisinde en dikkat çekici olan ise fen bilimleri, matematik, teknoloji ve mühendislik alanlarının entegrasyonu yoluyla öğrenmeyi temsil eden STEM’dir (National Research Council [NRC], 2012, 2014; Next Generations Science Standards [NGSS], 2013). Bugün dünyanın birçok ülkesinde 21. yy.ın eğitim modeli olarak STEM eğitimi kabul edilmektedir. Neredeyse her ülke geleceği için STEM bilgisi ve becerisine sahip 21.yy vatandaşları hazırlama yarışına girmiştir (Allendoerfer, Wilson, Kim ve Burpee, 2014). Bu model, fen bilimleri öğretmenlerinin öğretim sürecinde STEM disiplinleri arasında bütünleştirici bir eğitim felsefesi oluşturmaları olarak görülmektedir. Ayrıca fen bilimleri eğitiminde öğretmenlerin

ontolojik bir dönüşümü ve değişimi takip ederek günümüz fen bilimleri eğitiminin değişen kuramsal manzarasına cevap verebilmesidir (De Freitas, Lupinacci ve Pais, 2017).

Fen bilimlerinin doğasını anlamada öğrencilere aktif katılım ve keşfedici fırsatlar sunacak şekilde tasarlanan öğrenme ortamları, onların çevrelerindeki dünyayı yaratıcı ve sorgulayıcı bir şekilde incelemelerine olanak tanımaktadır (Bell, Lewenstein, Shouse ve Feder, 2009; Fallik, Rosenfeld ve Eylon, 2013). Günümüzde bu öğrenme yollarının en temel karşılığı olarak STEM eğitimi karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte STEM'i fen bilimleri derslerinde etkili bir şekilde uygulayabilecek öğretmen eksikliği sürekli dikkat çeken bir engel olarak karşımızda durmaktadır. Bugün fen bilimleri eğitimi için öncelikli amaçlardan birisi, STEM bilgisi bakımından iyi yetişmiş öğretmenlerin hazırlanıp sisteme dâhil edilmesidir (Günbatar ve Bakırcı, 2019). Dolayısıyla bunu yapabilmek için etkili STEM öğretmen hazırlığı uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Dani, Hartman ve Helfrich, 2018; King, 2017). Fen bilimleri öğretmenlerini hazırlamada STEM uygulamalarının kullanılması, onlar için farklı kişi ve gruplarla çalışılan yeni bir öğrenme deneyimini ifade etmektedir. Bu tür meslek öncesi deneyimler günümüzde öğretmen adayları için etkili STEM eğitimi anlama yolunda mükemmel fırsatlar sunmaktadır. Fen bilimleri öğretmen hazırlığında kullanılan STEM deneyimleri, öğretmen adaylarının hem pedagojik olarak hem de STEM içeriğiyle ilgili bilgi ve uzmanlıklarının gelişmesini sağlamaktadır (Avery ve Reeve, 2013; Dani ve diğ., 2018; Kim ve Bolger, 2017).

Günümüzde STEM kariyerini sürdüren öğrenci sayısını artırmak, birçok ülke için en iddialı hedef haline gelmiştir. Dolayısıyla bunu başarabilmenin en temel yolu olarak ülkeler nitelikli STEM öğretmenleri hazırlamaya önem vermişlerdir (Bakırcı ve Karışan, 2018). Okullarda STEM eğitiminin kalitesini ve entegrasyonunu artırmak için yapılan çağrıların başarısı, özellikle öğretmenlerin STEM'le ilgili bilgi ve inanışlarına bağlıdır (Bakırcı ve Kutlu, 2018; Ring, Dare, Crotty ve Roehrig, 2017). Bugün birçok araştırma, STEM eğitime öğretmen hazırlama programlarının ve STEM entegrasyonunun doğasının nasıl olması gerektiğine yoğunlaşmaktadır (Brown, Brown, Reardon ve Merrill, 2011; Çorlu ve Çallı, 2017; English, 2016; Kim ve Bolger, 2017; Stohlman, Moore ve Roehrig, 2012; Williams, Walter, Henderson ve Beach, 2015). ABD'nin başını çektiği pek çok ülke, fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitiminin sınıfta nasıl uygulanacağına dair etkili bir anlayış geliştirmelerini artık zorunluluk olarak görmektedir (Ring ve diğ., 2017). Eğer öğretmenler etkili bir STEM eğitimi anlayışından yoksunsalar ve zayıf bir inanışa sahipler, onu sınıflarında doğru bir şekilde uygulayabilme olasılıkları azdır (Karışan ve Bakırcı,

2018; Stohlman ve diğ., 2012). NSTC (2013), K-12 eğitiminde STEM'i ilerletmenin en temel yollarından birisinin, gelecekte öğrenci uygulamalarına rehberlik edecek öğretmen adaylarının hizmet öncesi STEM eğitimi niteliklerinin geliştirilmesi olduğunu vurgulamaktadır. Dünyadaki STEM eğitimi uygulamalarının, günlük yaşamı içerisine alan problemleri fen, matematik ve teknolojiyi kullanarak bir mühendislik tasarımı yoluyla çözme anlayışını öne çıkardığı görülmektedir (Chalmers, Carter, Cooper ve Nason, 2017; DeFreitas ve diğ., 2017; English, 2017; NGSS Lead States, 2013). Bununla birlikte ülkemizde STEM'e dayalı uygulanan programların özellikle ortaokul düzeyinde robotik çalışmalar yoluyla büyük oranda sürdürüldüğü anlaşılmaktadır. Ülkemizde Dünya'daki tasarım temelli STEM eğitimi anlayışının kavranamamasının en temel nedeni olarak, bu anlayışı uygulayabilecek bilgi ve yeterlilikte fen bilimleri öğretmenlerinin olmayışı gösterilmektedir.

STEM'e ilişkin mesleki gelişim uygulamaları, öğretmenlerin dört STEM disiplini içinde daha derinlemesine bilgi anlayışı edinmelerine ve STEM eğitimi ile ilgili inanışlarının geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Ejiwale, 2013; Moore ve diğ., 2014; Roehrig, Moore, Wang ve Park, 2012; Stohlmann ve diğ., 2012; Wang, Moore, Roehrig ve Park, 2011). Günümüzde birçok öğretmen sadece bir tek disiplini kullanabilecek şekilde yoğun eğitimler almaktadır (Honey, Pearson ve Schweingruber, 2014). Buna karşın tüm düzeylerdeki okullar ve sınıflarda artık STEM konuları için ayrı bölümler ve ders süreleri vardır. Dolayısıyla öğretmen adayları için mesleğe başladıklarında STEM'i uygulama konusunda kaçınılmaz bir durum vardır. Lisans dönemi öğretmen yetiştirme programları incelendiğinde STEM'i tasarıma dayalı öğrenme uygulamaları içerisinde kullanabilmeyi sağlayacak bir mesleki hazırlık sürecinin yer almadığı görülmektedir. Dahası lisans döneminde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM eğitimine odaklanan çeşitli mesleki hazırlık fırsatlarına rağmen öğretmen adayları için lisans derslerine entegre edilmiş bütünlüklük bir STEM uygulamasının yer almadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla fen bilimleri öğretmenlerinin mesleğe başlamadan önce tasarıma dayalı öğrenme uygulamaları içerisinde STEM anlayışını etkili bir şekilde yapılandıracakları öğretmen yetiştirme modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle araştırmamız, fen bilimleri öğretmen adayları için tasarım deneyimlerini merkeze alan bütünlüklük bir STEM eğitime odaklanmıştır. Bu kapsamda araştırmanın amacı, fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarına, lisans dersleriyle bütünleştirilmiş tasarım temelli öğrenme uygulamalarının etkisini incelemektir. Bu bağlamda çalışmanın problem cümlesi, fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmede lisans dersleriyle bütünleştirilmiş bir tasarım

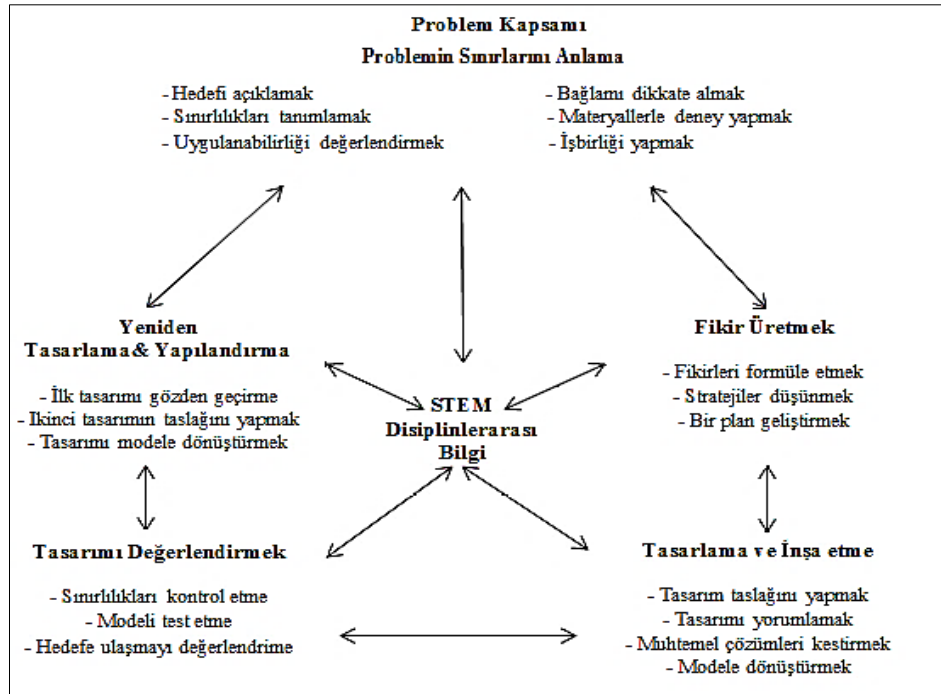
temelli öğrenme programının etkisi nedir? Bu araştırmaya rehberlik eden alt problemler ise şunlardır:

1. Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM yetkinliği algılarını geliştirmeye etkisi nedir?
2. Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM alanları bilgi düzeylerini geliştirmeye etkisi nedir?
3. Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM eğitimi anlayışlarını geliştirmeye etkisi nedir?

Tasarım Temelli Öğrenme ve STEM

STEM'i öğrenme, anlamlı bir problemle başlar ve sonra bu problemi çözmek için en iyi yolların bulunmasını gerektirir (Chalmers ve diğ., 2017). Problemi çözmede mühendislik tasarım uygulamaları en temel süreci temsil etmektedir (Park, Park ve Bates, 2016). Günümüzde STEM eğitimi, öğrencilerin karmaşık gerçek dünya problemlerini çözme yeteneklerini geliştirmelerine yardımcı olacak daha iyi bir öğretim yaklaşımı geliştirmek için makul bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır (NRC, 2014). Bu arayışla birlikte mühendislik tasarımı, entegre STEM müfredatının uygulanması için ana süreç haline gelmiştir. Fen bilimleri eğitiminde yapılan pek çok çalışma, mühendislik tasarım etkinliklerinde bütünleştirici STEM yaklaşımını kullanmanın, fen ve matematiksel bilgi uygulamasıyla ilgili öğrenci öğrenmesini geliştirebildiğini göstermiştir (Schnittka ve Bell, 2011; Purzer, Goldstein, Adams, Xie ve Nourian, 2015; Wendell ve Rogers, 2013). Mühendislik disiplinler arası bir yapıdadır ve mühendisler genel olarak karşılaştıkları gerçek dünya problemlerini çözmek için matematik ve fen bilimlerini kullanmaları gerekir (Lachapelle ve Cunningham, 2014). Mühendislik tasarım deneyimlerinin STEM müfredatı içerisine dahil edilmesi, ortaokul öğrencilerinin toplumdaki çeşitli mühendislik rollerini anlamalarının yanı sıra, matematik ve fen bilimleri içeriğini kavramsallaştırarak başarı, motivasyon ve problem çözmeyi geliştirmelerine yardımcı olabileceğini göstermektedir (English ve King, 2015). Mühendislik tasarımı, çeşitli olası çözümleri geliştiren ve belirli gereksinimleri karşılayacak optimizasyonları konfigüre eden kararlı, sistematik, yinelemeli ve yaratıcı bir yaklaşımdır (Fan ve Yu, 2017; Fan, Yu ve Lou, 2017; Zhou ve diğ., 2017). Eğitimde tasarıma dayalı uygulamalar, öğrencilerin bir problemin çözümünde mümkün olan en iyi sonucu elde etmeleri için olası çözümleri test etme ve gözden geçirme yoluyla öğrenmeye teşvik edilmesidir (Crismond ve Adams, 2012). Öğrencileri tasarım temelli problem çözmeye teşvik etmek, onlar için oldukça zengin öğrenme zemini oluşturmaktır (Bagiati ve Evangelou, 2015; Charlton, 2017; English, 2016; English, 2017;

English, Arleback ve Mousoulides, 2016; English ve diğ., 2017; NGSS, 2013). Mühendislik tasarım sürecine ilişkin örnek bir model Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu model, STEM’i öğrenmede mühendislik tasarım sürecinin nasıl işletilmesi gerektiğini tanımlamaktadır.



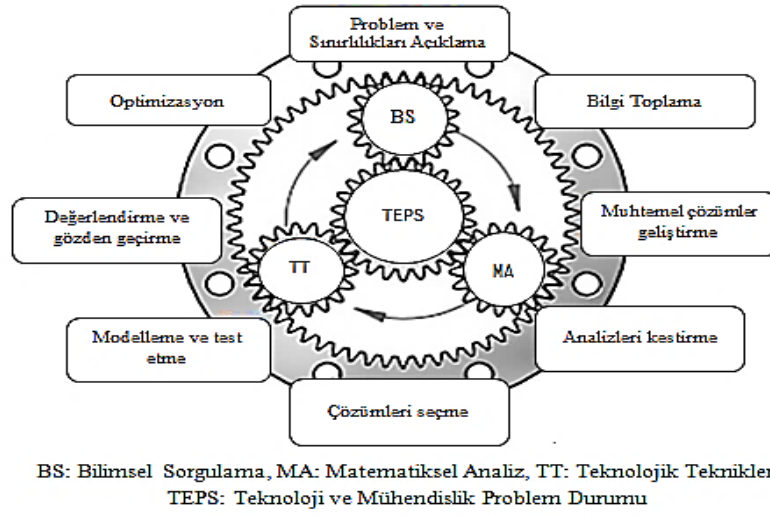
Şekil 1. Mühendislik tasarım süreci modeli (English, King ve Smeed, 2017).

Mühendislik tasarımları, STEM disiplinlerinin nasıl birleştirileceğini öğrenmenin doğal bir yolu olarak, öğrenmede sürükleyici bir etken olabilir. Çünkü gerçek dünyadaki mühendislik problemleri matematik ve fen bilimlerinin uygulamasını gerektirmektedir (English ve King, 2015; Shernoff, Sinha, Bressler ve Ginsburg, 2017). Dahası mühendislik tasarım süreçleri, ideal STEM içeriğini öğrenmede bir katalizör görevi sağlamaktadır (NAE & NRC, 2009; NRC, 2012). STEM öğrenmede bir katalizör olarak mühendislik tasarımının kullanılması, dört STEM disiplininin tümünün eşit bir platform üzerine getirilmesi için hayati önem taşımaktadır. Özellikle fen bilimleri eğitimi, mühendislik tasarım yaklaşımı kullanılarak geliştirilebilir (Estapa ve Tank, 2017; Peters-Burton, Lynch, Behrend ve Means, 2014). Çünkü bu tasarım sürecinde öğrenciler bilimsel bilgiyi kullanmak ve bilimsel sorgulamayı uygulamak için fırsatlar bulurlar (Bartholomew ve Strimel, 2017). Mühendislik tasarımına yönelik yaklaşımlar, öğrencilerin kendi deneyimlerini inşa etmelerini sağlamaktadır. Öğrenciler, tasarımlar hazırlayıp bunları analiz ettikçe yeni fen bilimleri ve matematiksel bilgi oluşturmaya yönelik fırsatlar elde etmiş olacaktırlar. Dahası Mühendislik tasarımı, öğrencilerin kendi bilgilerini test

edebilmelerini ve onu pratik problemlere uygulayabilecekleri bir bağlam sağlamaktadır (Guzey, Harwell, Moreno, Peralta ve Moore, 2017; Hora ve Oleson, 2017).

Uygun bir mühendislik tasarım faaliyeti, fen bilimleri, matematik ve teknoloji kavramlarını öğrenmek için anlamlı bir bağlam sağlayabilen ve böylece öğrencilerin düşünme, modelleme, test etme, değerlendirme ve diğer üst düzey düşünme becerilerini geliştiren açık uçlu oldukça yinelenen bir süreçten oluşmalıdır (NGSS Lead States, 2013; Wendell ve Rogers, 2013). Mühendislik tasarımı, birkaç temel çekirdek unsur içerir. Bu unsurlar; sistem düşüncesi, sınırlılıkların tanınması, tahmine dayalı analiz ve optimizasyondur. Bu temel unsurlara odaklanmak, öğrencileri daha etkili mühendislik tasarım uygulamaları gerçekleştirmeye yönlendirmektedir (Fan ve Yu, 2017; NRC, 2009). Ayrıca en iyi çözümün seçilmesi, prototipin modellenmesi, test sonuçlarının değerlendirilmesi ve optimizasyon çalışmalarının en uygun çözümleri bulmak için yeniden düzenlenmesi gerekmektedir (Asunda ve Hill, 2007). Mühendislik tasarımında STEM bilgisi kavramsal ve prosedürel bilgi etrafında şekillenmektedir. Bunlardan kavramsal bilgi, disiplinler içerisindeki çeşitli kavramların anlaşılmasını içerir (*bilimsel ilkeler, matematiksel formüller ve mekanizmalar gibi*). Prosedürel bilgi ise, problem çözme, modelleme, tahmine dayalı analiz ve optimizasyon gibi tasarım süreci ile ilgili gerekli bilgi ve düşünme becerileridir.

K-12 seviyesinde, mühendislik tasarım uygulaması anlamlı bir öğrenme süreci olabilir. Bu sayede öğrenciler ölçüt ve kısıtlamaları belirleyerek, kabul edilebilir çözümler üretip ve bunları değerlendirerek, prototipler inşa edip ve bunları test ederek en iyi çözümü optimize etme yoluyla problemleri tanımlamayı öğrenebilirler (NGSS Lead States, 2013). Fan ve Yu'nun (2016) mühendislik tasarımı yoluyla STEM anlayışını geliştirmek için ortaya koyduğu model Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Mühendislik tasarımı yoluyla STEM anlayışını geliştirme modeli

Yöntem

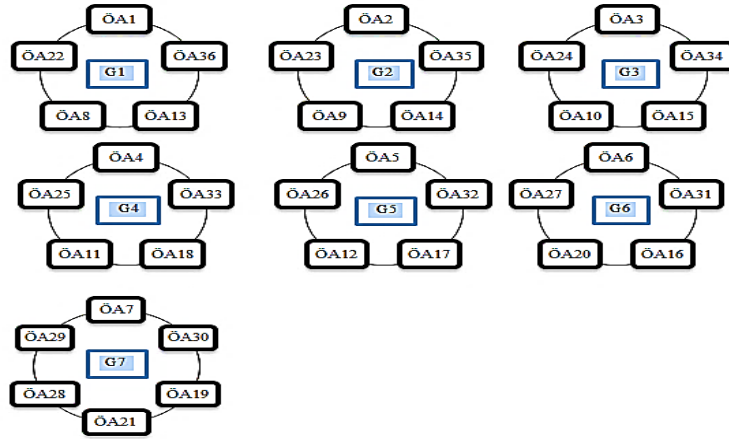
Araştırmanın Deseni

Tek grup ön test-son test-izleme testi deneysel deseniyle yürütülen bu araştırmada, tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarına etkisi, tek bir grup üzerine yapılan uygulamayla incelenmiştir.

Örneklem

Bu araştırmanın örneklemini, 2017-2018 eğitim-öğretim yılının bahar yarıyılında Kafkas Üniversitesi Dede Korkut Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı 3.sınıfta öğrenim gören 36 öğretmen adayından oluşmaktadır. Araştırmada amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi seçilmiştir (Şimşek ve Yıldırım, 2011). Bu öğretmen adayları, uygulama süreçlerinde denk takımlar halinde çalışmalarını için heterojen gruplara ayrılmıştır. Gruplar belirlenirken öğretmen adaylarının geldikleri dönem itibarıyla hem akademik başarıları hem de tasarım ve mühendislik konularına ilişkin yaklaşımları göz önüne alınarak dengeli grupların oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Öğretmen adaylarının mühendislik anlayışları ve eğitimde nasıl kullanılması gerektiğine ilişkin yaklaşımlarını incelemek amacıyla iki sorudan oluşan bir mülakat yapılmıştır. Bu mülakatta her bir öğretmen adayına, 1)Mühendislik alanlarına ilginizi nasıl tanımlarsınız? ve 2)Fen bilimleri derslerinde mühendislik uygulamaları nasıl kullanılabilir, bu konudaki bilginizi nasıl tanımlarsınız?. Öğretmen adayları, bu sorulara vermiş oldukları cevapların düzeylerine (mühendisliğe ilgi durumu ve mühendislik bilgisini fen bilimlerinde kullanabilme algısı) göre sınıflandırılarak

her bir tasarım grubuna dağıtılmışlardır. Toplam 7 tasarım temelli öğrenme grubu oluşturulmuştur. Bu gruplardan birisi 6 diğer gruplar ise 5'er Fen Bilimleri öğretmen adayından oluşmuştur. Araştırmadaki heterojen öğrenme gruplarının dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Tasarım temelli heterojen öğrenme gruplarının dağılımı

Uygulama Süreci

Deneyisel uygulama, 2017-2018 eğitim-öğretim dönemi bahar yarıyılında Kafkas Üniversitesi Dede Korkut Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 3. sınıf lisans programı derslerinden “Özel Öğretim Yöntemleri I” dersinin 2 saatlik uygulama bölümünde 5 haftalık bir sürede yürütülmüştür. Uygulama başlamadan önceki ilk iki hafta, tasarım temelli öğrenmeye ilişkin kuramsal açıklamalar, YouTube kaynaklı tasarım videoların seyredilmesi ve STEM temelli planlama formlarının incelenmesini içermiştir. Tasarım temelli öğrenme grupları uygulamalar boyunca STEM temelli ders planlama formu kullanmışlardır. Bu form, *İstanbul Aydın Üniversitesi STEM Öğretmeni Sertifika Programında* uygulanan ders planı örnek şablonunu içermektedir. Tasarım temelli gruplar uygulamaya ilişkin fikirlerini, bu plan içerisinde dört aşamalı olarak oluşturmuşlardır. Bunlar;

- ✓ Etkinlikle ilgili fen bilimleri, teknoloji, mühendislik, matematik ve 21.yy becerilerine ilişkin kazanımlar
- ✓ STEM alanlarını ilgilendiren fikirler, hesaplamalar ve açıklamalar
- ✓ Etkinlik tasarım döngüsü (Tasarım basamakları ve çizimler)

Araştırma süresince, fen bilimlerinden belirli ünitelerdeki hedef ve kazanımlar dikkate alınarak, hazırlanan 5 tasarım problemi kullanılmıştır. Tasarım problemlerinin her biri gerçek yaşamdan bir problem durumunu içermektedir. Tasarım temelli öğrenme grupları, her hafta bir problemin tasarım temelli çözümleri üzerinde çalışmışlardır. Uygulama sürecinde kullanılan tasarım problemleri ve öğrenme amaçlarına ilişkin bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. *Tasarım temelli öğrenme problem adı ve öğrenme amaçları*

Tasarım probleminin adı	Öğrenme amacı
1-Yenilenebilir Enerji	Yenilenebilir kaynakları kullanarak enerji üretmek ve ürettiği enerjiyi hazırlamış olduğu evin içinde gerekli yerlerde kullanmak için bir sistemi tasarlama.
2-Evsel Atıkları Depolama	Evdeki atıkları geri dönüşüme kazandırabilecek bir depolama sistemi tasarlamak.
3-Yük Asansörü	Ev ve bahçe içerisinde yükleri taşımak amacıyla bir asansör sistemi tasarlamak.
4-Süs Havuzu	Bahçeye yapılacak bir havuz için suyu basınçla belirli yüksekliklere çıkmasını sağlayacak bir sistemi tasarlamak.
5-Su kaydıracağı	Bahçeye yapılacak havuza çocukların rahatça kayabileceği yükseklik ve açılarda bir su kaydıracağı sistemi tasarlamak

(Not: Bu 5 aşamalı aktiviteleri her bir grup kendi evlerinin tasarımı olarak düşünmüş ve her hafta yapılan tasarımı diğer tasarım bölümlerine eklemiştir.)

Araştırmacı tarafından her haftanın tasarım problemi, önceki uygulamanın bittiği ders saati sonunda gruplara dağıtılmıştır. Uygulamalar, STEM disiplinleriyle ilişkilendirme araştırması, materyal seçimi, güncel hayattan problemin içeriğine uygun tasarımların video ve resimlerinin toplanması, tasarım prototiplerine ilişkin çizimler ve STEM temelli aktivite planlarını oluşturma aşamalarıyla sürdürülmüştür. Gruplar uygulama saatine hafta boyunca hazırladıkları tüm doküman ve materyalleri getirmişlerdir. İki saatlik uygulama boyunca problemi çözen tasarımları ortaya çıkarmak için gruplar halinde çalışmışlardır. Gruplar bu uygulama sürelerini iki aşamada tamamlamışlardır. İlk aşamada tüm gruplar uygulama öncesi hazırladıkları STEM aktivite planları, prototip modellerine ilişkin çizimler, kullanılacak materyaller ve özellikleri, fen bilimleriyle kavramsal ilişkisi, modelin matematiksel hesaplamaları ve tasarımın teknolojiye uyumlu hale getirilmesi üzerine tartışmaları ve doküman incelemelerini yapmışlardır. İkinci aşamada araştırma grupları prototip (ilk örnek) için model çizimleri ve hesaplamalarını dikkate alarak tasarımlarını ortaya çıkarmışlardır. Uygulama süreçlerinden çeşitli bölümler aşağıda Resim 1’de yer almaktadır.



Uygulama süreci bittiğinde her grup sırasıyla problemin çözümü için geliştirdikleri tasarımları diğer gruplara sunmuşlardır. Bu süreç içerisinde her bir grup diğer gruplardan gelen

soruları da cevaplamışlardır. Son aşamada ise her bir tasarım temelli öğrenme grubu uygulama bitiminin ardından son şeklini verdikleri haftalık STEM aktivite planlarını araştırmacılara teslim etmişlerdir. Tasarım temelli öğrenme gruplarının problem çözme aşamaları Tablo 2’te özetlenmiştir.

Tablo 2. *Tasarım temelli öğrenme gruplarının problem çözme aşamaları*

Süreç	Aktivite Amacı
1-Problemi tanımlama	Her grup kendi içerisinde problem senaryosunu tartışması,
2-Problemin çözümüne ilişkin tartışmalar	Problemin çözümüne ilişkin gerekli olan bilgilerin toplanması ve gözden geçirilmesi
3-STEM aktivite planları ve çizim dokümanlarıyla ön hazırlık	Tasarım probleminin çözümüne ilişkin toplanan bilgileri STEM aktivite planlarına işleme ve tasarıma ilişkin modelin ön çizimlerinin yapılması
4-Tasarım için materyal seçimi	Tasarım için gerekli mekanik, elektronik ve diğer materyallerin kararlaştırılması
5-Fen bilimleri ilişkisi kurma	Tasarımın fen bilimleri konularıyla ilişkilendirme ve çalışma prensiplerini tespit etme
6-Matematiksel hesaplamalar	Tasarımın doğru çalışmasında materyallere ve modelin bütününe ilişkin hesaplamaların yapılması
7-Mühendislik bilgisini kullanma ve tasarım çizimleri	Mühendislik prensiplerini kullanarak tasarımsal çözümlerin geliştirmesi
8-Teknoloji uyumu	Tasarımı teknolojiyle bütünleştirecek sistemlere karar verme
9-Prototipi hazırlama	Mekanik ve elektronik parçaları birleştirerek ilk tasarımı ortaya çıkarma ve test etme
10-Prototipi sunma ve diğer grupların değerlendirmesi- Optimizasyon	Grupların tasarladıkları modellerin özelliklerini, STEM alanlarıyla ilişkilerini ve çalışma sistematığını diğer gruplara sunmaları, diğer grupların değerlendirmeleri ve modelin öneriler doğrultusunda yeniden gözden geçirilmesi
11-STEM aktivite planları ve çizim dokümanlarının son şeklini teslim etme	STEM aktivite planları ve model çizimlerinin tasarımın son biçimine uygun olarak yeniden düzenlenmesi

Verilerin Toplanması

Araştırmada nicel ve nitel veri toplama teknikleri kullanılarak veri çeşitliliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının özellikleri aşağıda sunulmuştur.

STEM Yetkinlik Algısı Ölçeği. Alan yazın incelendiğinde birçok STEM tutum ölçeği geliştirme çalışmasının yer aldığı görülmektedir (Faber ve diğ., 2013; Guzey, Harwel ve Moore, 2014; Kier, Blanchard, Osborn ve Albert, 2013; Lin ve Williams, 2015; The Friday Institute for Educational Innovation, 2012). Mevcut STEM ölçek geliştirme çalışmaları dikkate alınarak bu araştırma için yeni bir ölçek geliştirmeye karar verilmiştir. Bu kapsamda likert derecelendirmenin dışında öğretmen adaylarının yetkinlik algılarını tespit etmek amacıyla 1’den (Oldukça Yetersizimden), 5’e (Oldukça Yeterliyime) kadar bir puanlama sistemine sahip ölçek geliştirme amaçlanmıştır. Ölçek maddeleri STEM’in dört disiplinine uygun olarak o alandaki öğretmen adayının yetkinliğini tanımlayacak şekilde hazırlanmıştır. Ölçek, her bir STEM disiplininin 5 madde olmak üzere toplam 20 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin

bütününden en düşük 20, en yüksek ise 100 puan alınabilmektedir. Ölçeğin tamamına ait Cronbach α iç tutarlılık katsayısı .84 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca ölçeğin alt boyutlarına ait iç tutarlılık katsayıları sırasıyla fen bilimleri .78, matematik .83, mühendislik, .79 ve teknoloji .76 olarak hesaplanmıştır (Arslanhan, 2019).

STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formu. “STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formu” dört adet sorudan oluşmaktadır. Bu sorular, problemin kökü ve problemin çözümünde kullanılacak bilgileri STEM alanlarıyla ilişkilendirmeyi içeren iki bölüm şeklinde hazırlanmıştır.

STEM Anlayışı Görüşme Formu. Görüşme bireylerin herhangi bir konuda sahip olduğu düşünceleri öğrenmek amacıyla kullanılan en etkili araştırma yöntemlerinden birisidir (Eroğlu ve Bektaş, 2016). Bu araştırma için ilgili alan yazındaki görüşme formları incelenmiş ve bu kapsamda en uygun görüşme formu hazırlanmıştır (Bell, 2016; McGee, Thakore ve LaBlance, 2016). Her bir soru öğretmen adayının tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonrasındaki STEM’e ilişkin düşüncelerindeki değişimi tanımlamayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda araştırma için hazırlanan görüşme formu beş adet açık uçlu soruyu içermektedir. Hazırlanan görüşme formu hem fen bilimleri öğretmen adaylarından toplanan nicel verileri desteklemek hem de STEM anlayışlarındaki değişimi derinlemesine tanımlamak amacıyla kullanılmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırmada toplanan verilerin analizi için yapılan işlemler şu şekildedir:

1. “STEM Yetkinlik Algısı Ölçeği” ve “STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formu” ile toplanan nicel veriler, parametrik testlerden ilişkili örneklemeler için tek faktörlü ANOVA testi kullanılarak analiz edilmiştir.

2. “STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formu” ile toplanan nitel veriler ilk önce nicel verilere dönüştürülmüştür. Bu işlem “STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Rubriği” kullanılarak yapılmıştır. Bu rubrik hazırlanırken alan yazın kapsamlı bir şekilde incelenerek, fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM disiplinlerine ilişkin bilgi düzeylerinin kolayca anlaşılmasını sağlayacak bir ölçüt sistemi hazırlanmıştır (Capraro ve diğ., 2013; Capraro ve Corlu, 2013; Fan ve Yu, 2017; Han, Yalvaç, Capraro ve Capraro, 2015; Kennedy ve Odell, 2014; Martin ve Reinking, 2018; Walker, Moore, Guzey ve Sorge, 2018). Bu rubrik özellikle Fan ve Yu’nun (2017) STEM kavramsal bilgi modeli dikkate alınarak hazırlanmıştır. Rubrik

fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM disiplinlerine ilişkin bilgi düzeylerini değerlendiren beşli bir puanlama sistemini içermektedir. Rubrikteki puanlama ölçütleri şu şekildedir: Örnek Bilgi Düzeyi (4 puan), Yeterli Bilgi Düzeyi (3 puan), Temel Bilgi Düzeyi (2 puan), Zayıf Bilgi Düzeyi (1 puan) ve Boş (0 puan) olarak düzenlenmiştir. Ölçütler, öğretmen adayının vermiş olduğu cevabın, STEM alanları bilgisine (Fen Bilimleri-Teknoloji-Mühendislik-Matematik) yönelik anlayış düzeyini ortaya koymaktadır. Örneklemde yer alan öğretmen adaylarının yedisinin sorulara vermiş oldukları cevaplar, bu rubrik kullanılarak iki bağımsız fen bilimleri uzmanının değerlendirmesine sunulmuştur. Miles ve Huberman (1994) dışarıdan bağımsız bir denetleyicinin araştırma sonucunda elde edilen ürünleri incelemesinin nitel araştırmalar için önemli bir geçerlilik stratejisi olduğunu belirtmektedirler. Bu kapsamda rastgele seçilen yedi öğrencinin cevapları (~%20), iki bağımsız kodlayıcı tarafından değerlendirilmiştir. Bu puanlamalar sonucunda oranlayıcılar arası tutarlılık katsayısı $r = .81$ olarak hesaplanmıştır.

3. Görüşme formundan elde edilen verileri çözümlemek için içerik analizi yapılmıştır. Her bir öğretmen adayının sırasıyla açık uçlu sorulara verdiği cevaplar içerisinden kodlar çıkarılmıştır. Bu kapsamda ilk aşamada birinci sorudan başlanarak, tüm öğretmen adaylarının bu soruya verdikleri cevaplar analiz edilmiştir. İkinci aşamada bu soruya ilişkin öğretmen adaylarının cevaplarından çıkarılan tüm kodlar gözden geçirilerek ortak bir tema altında birleştirilmesi işlemi yapılmıştır. Her açık uçlu soruya verilen cevaplar bu analiz sistematğine göre tekrarlanmıştır.

Bulgular

STEM Yetkinlik Algısı Ölçeği 'ne Ait Ön test, Son test ve İzleme Testi Bulguları

“STEM Yetkinlik Algısı Ölçeği” bileşenlerinin ön test, son test ve izleme testi puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin yapılan tekrarlı ölçümler için ANOVA sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. “STEM Yetkinlik Algısı Ölçeği” bileşenlerinin ön test, son test ve izleme testi puanlarının ANOVA sonuçları

STEM Alanı	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	<i>F</i>	<i>p</i>	Test	Ort.	s.s	Anlamlı Fark
Ölçüm	Denekler arası	214.99	35	6.14			ÖT	9.66	1.09	2-1, 3-1

	Ölçüm	489.13	2	244.57	433.00	.000	ST	14.22	1.60
	Hata	39.54	70	.57			İzT	14.13	1.86
	Toplam	743.66	107						
Matematik	Denekler arası	102.52	35	2.93			ÖT	9.78	1,51
	Ölçüm	575.02	2	287.51	145.50	.000	ST	14.81	1,40
	Hata	138.32	70	1.98			İzT	14.53	1,54
	Toplam	815.85	107						
Mühendislik	Denekler arası	98.55	35	2.82			ÖT	7.51	1.03
	Ölçüm	768.02	2	384.01	491.89	.000	ST	13.28	1.41
	Hata	54.65	70	.78			İzT	13.03	1.15
	Toplam	921.21	107						
Teknoloji	Denekler arası	173.58	35	4.96			ÖT	7.33	1.19
	Ölçüm	611.17	2	305.58	507.29	.000	ST	12.50	1.58
	Hata	42.17	70	.60			İzT	12.26	1.50
	Toplam	826.92	107						

*Ortalama farkları .05 seviyesinde anlamlıdır. 1:Öntest(ÖT), 2:Sontest(ST), 3:İzleme Testi(İzT)

Tablo 3 incelendiğinde öğretmen adaylarının STEM Yetkinlik Algısı Ölçeği'nin alt boyutları olan fen bilimleri, matematik, mühendislik ve teknoloji alanlarına ilişkin ön test, son test ve izleme testi puanları arasında sırasıyla anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur, $[F(2, 70) = 433.0, 145.51, 491.89, 507.29, p < .05]$. Ayrıca tüm STEM alanları yetkinlik algısı ön test ortalama puanları, son test ve izleme testi ortalama puanlarına göre daha düşüktür. Yine son test ve izleme testi STEM yetkinlik algısı puanları arasındaki fark tüm alanlar bakımından anlamlı bulunamamıştır. Bu bulgu, tasarım temelli öğrenme uygulaması alan fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM alanlarındaki yetkinlik algılarının uygulama sonrasında ve daha sonra yapılan izleme ölçümlerinde anlamlı ölçüde arttığını, uygulama sonrasındaki STEM alanları yetkinlik algısı düzeylerinin ise daha sonra yapılan izleme çalışmalarındaki ölçüm sonuçlarından farklılaşmadığını, yani uygulamanın etkisinin devam ettiğini göstermektedir.

STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formuna Ait Ön test, Son test ve İzleme Testi Nicel Analiz Bulguları

Tablo 4' te "STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formu" bileşenlerinin ön test, son test ve izleme testi puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin yapılan tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4. "STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme Formu" bileşenlerinin ön test, son test ve izleme testi puanlarının ANOVA sonuçları

STEM Alanı	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Test	Ort.	s.s	Anlamı Fark
Fen Bilimleri	Denekler arası	42.99	35	1.23			ÖT	7.75	.84	2-1, 3-1
	Ölçüm	635.19	2	317.59	626.57	.000	ST	13.03	.87	

	Hata	35.48	70	.51			İzT	12.72	.86
	Toplam	713.66	107						
Matematik	Denekler arası	60.32	35	1.72			ÖT	8.27	.74
	Ölçüm	448.46	2	224.23	531.41	.000	ST	12.69	1.1
	Hata	29.54	70	.42			İzT	12.50	.94
	Toplam	538,324							
Mühendislik	Denekler arası	73.07	35	2.09			ÖT	7.19	.89
	Ölçüm	504.24	2	252.12	512.65	.000	ST	11.97	1.08
	Hata	34.43	70	.49			İzT	11.55	1.05
	Toplam	611.74	107						
Teknoloji	Denekler arası	67.88	35	1.94			ÖT	6.33	1.26
	Ölçüm	454.24	2	227.12	244.24	.000	ST	10.78	1.02
	Hata	65.09	70	.93			İzT	10.58	1.08
	Toplam	587.21	107						

Tablo 4 incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM Alanları Bilgisi Değerlendirme formundaki fen bilimleri, matematik, mühendislik ve teknoloji alanlarına ilişkin bilgilerinin ön test, son test ve izleme testi puanları arasında sırasıyla anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur, $[F(2, 70)= 626.566, 531.41, 512.65, 244.24 p<.05]$. Ayrıca tüm STEM alanları bilgisi ön test ortalama puanları, son test ve izleme testi ortalama puanlarına göre daha düşüktür. Yine son test ve izleme testi puanları arasındaki fark anlamlı bulunamamıştır. Bu bulgu, tasarım temelli öğrenme uygulaması alan fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM alanları bilgi düzeylerinin uygulama sonrasında ve daha sonra yapılan izleme ölçümlerinde anlamlı bir şekilde arttığını; uygulama sonrasındaki STEM alanları bilgi düzeylerinin ise daha sonra yapılan izleme çalışmalarındaki ölçüm sonuçlarından farklılaşmadığını, yani uygulamanın etkisinin devam ettiğini göstermektedir.

STEM Görüşme Formundan Elde Edilen Bulgular

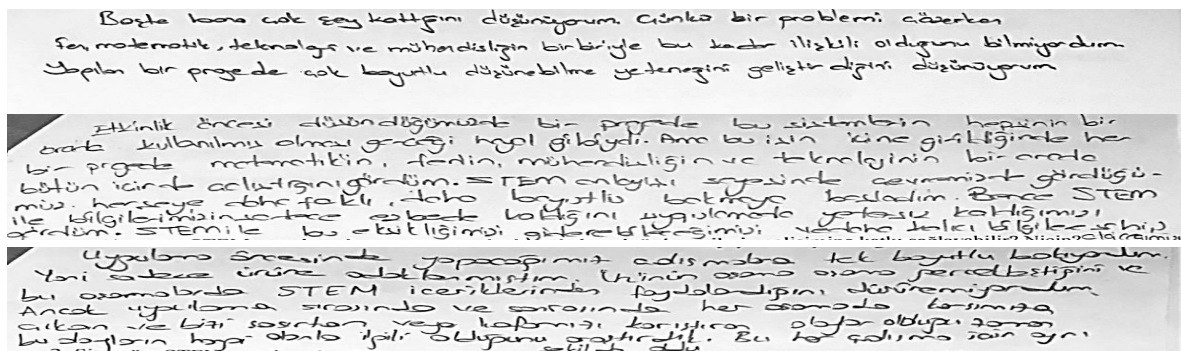
Bu bölümde uygulama sonrası STEM görüşme formuyla elde edilen nitel verilerin içerik analizi bulgularına yer verilmiştir. Bu bulgular, görüşme formundaki sorularla uyumlu olacak şekilde beş tablo altında sunulmuştur.

Tablo 5. Fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarım temelli öğrenme uygulamalarından sonra STEM anlayışlarındaki değişime ilişkin bulgular

Tema	Kod Tanımlaması	f	%
STEM Anlayışındaki Değişim	Orjinal (yaratıcı) fikir üretme	16	% 44.4
	Öğrenciler için öğretim sürecinin nasıl biçimlendirileceği	18	% 50
	STEM alanlarını bütünleştirme	21	% 70
	Bir fen konusunun birden çok disiplinle nasıl ilişkilendirildiği	13	% 36.1

Fen bilimleri alanında tasarım yoluyla öğrenmenin önemi	10	% 27.7
Günlük hayattaki birçok mühendislik sistemini açıklayabilme	8	% 22.2
STEM yoluyla fende öğrenme ve öğretimi kavrama	16	% 44.4
Matematiksel düşünce ve tasarım ilişkisi kurma	5	% 13.88
Tasarımları teknolojiye uyumlu hale getirme	9	% 25
Bir mühendis gibi öğrenme ve bilgi üretme	13	% 36.1

Tablo 5’ te fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonrasında STEM anlayışlarındaki değişime ilişkin içerik analizi bulguları yer almaktadır. Tablo 5 incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarındaki en büyük değişimin STEM alanlarına ilişkin bütünleştirmenin nasıl yapıldığını anlamaya yönelik olmasıyla açıklandığı görülmektedir (f=21). Bununla birlikte tüm öğretmen adaylarının toplamda on temel STEM anlayışındaki değişim kodu ortaya koydukları görülmektedir. Öğretmen adaylarının STEM anlayışlarındaki değişimi yansıtan ifadelerden örnek alıntılar Şekil 4’ te sunulmuştur.



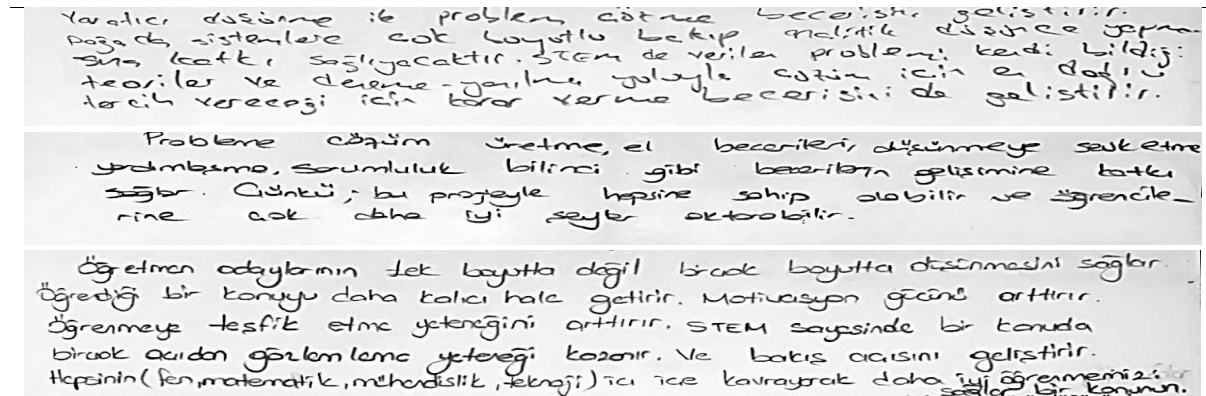
Şekil 4. Öğretmen adaylarının STEM anlayışlarındaki değişimlerden örnek alıntılar

Tablo 6. *Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının hangi tür becerilerinin gelişimine katkı sağladığına dair bulgular*

Tema	Kod Tanımlaması	f	%
Beceri Gelişimi	Takım çalışması ve işbirliği	14	% 38.88
	Araştırma/Sorgulama	12	% 33.33
	Eleştirel düşünme	4	% 11.11
	Problem çözme	16	% 44.44
	Yaratıcı düşünme	21	% 58.33
	Sorumluluk alma	7	% 19.44
	Estetik düşünme (Sanatsal Yaratıcılık)	16	% 44.44

Tablo 6’ da fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonrasında hangi tür becerilerinin geliştiğine ilişkin anlayışlarının içerik analizi bulguları yer almaktadır. Tablo 6 incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının en çok geliştirdikleri becerilerinin f=21 ile “*yaratıcı düşünme*” olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte ayrıca tüm öğretmen adaylarının toplamda yedi temel beceride gelişim gösterdiklerine yönelik fikirler

ortaya koydukları görülmektedir. Öğretmen adaylarının geliştirdikleri becerilere ilişkin ifadelerini yansıtan örnek alıntılar Şekil 5'te sunulmuştur.

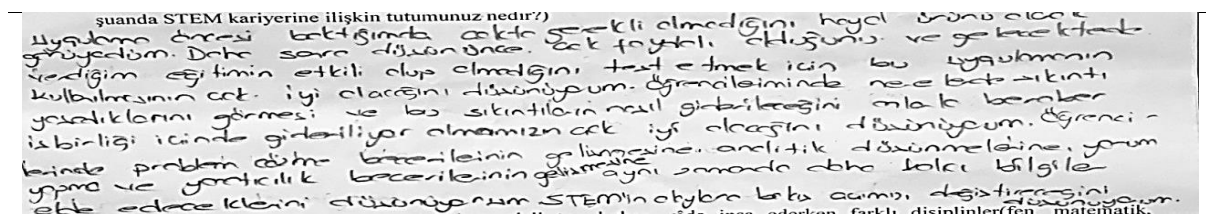


Şekil 5. *Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının hangi tür becerilerinin gelişimine katkı sağladığına ilişkin düşüncelerinden örnek alıntılar*

Tablo 7. Fen bilimleri öğretmen adaylarının uygulama sonrası STEM kariyeri anlayışlarındaki değişime ilişkin bulgular

Tema	Kod Tanımlaması	f	%
STEM Kariyeri	Lisans ve lisans üstü STEM’i kavrayıcı uygulama dersleri	11	% 30.55
	Okul dışı STEM öğrenme projeleri	8	% 22.22
	Modelleme ve tasarım çalışmaları için kurumsal işbirlikleri	14	% 38.88
	Lisans sonrası STEM uygulama programları	5	% 13.88
	Fen öğretmenleri için STEM tasarım atolyeleri	15	% 41.66
	Fen öğretmenleri için yurt dışı STEM destek programları	7	% 19.44

Tablo 7’de fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonrasında STEM kariyer anlayışlarındaki değişime ilişkin içerik analizi bulguları yer almaktadır. Tablo 7 incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM kariyeri anlayışlarındaki değişime ilişkin en çok ifade ettikleri kod f=15 ile “*STEM tasarım atolyelerine katılma*” olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte tüm öğretmen adaylarının toplamda altı temel kod altında STEM kariyerine yönelik fikirler ortaya koydukları anlaşılmaktadır. Öğretmen adaylarının STEM kariyeri anlayışlarındaki değişime ilişkin ifadelerinden örnek alıntılar Şekil 6’ da sunulmuştur.



STEM uygulamada önce STEM'in nelerde karşımıza bu kadar
yansıdığı, fen, matematik, mühendislik ve teknolojinin birbiriyle
nasıl ilişkili olduğunu, fen ve matematik konularının daha kolay anlaşılabilir
olduğunu, öğrencilere konuları daha anlaşılır bir şekilde
verebileceğimizi, konuları birbiriyle ilişkilendireceğimizi öğrendim.

Şekil 6. Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM kariyeri anlayışlarında yaptığı değişime ilişkin düşüncelerinden örnek alıntılar

Tablo 8. STEM alanlarının öğrenci öğrenmesinde nasıl kullanılması gerektiği konusunda fen bilimleri öğretmen adaylarının uygulama sonrası düşüncelerindeki değişime ilişkin bulgular

Tema	Kod Tanımlaması	f	%
STEM Alanlarının Kullanımı	Her fen ünitesinde STEM alanlarının kullanılmasını gerektiren en az bir aktivite yapma (Okul içi STEM atolye çalışmaları)	9	% 25
	Okul dışı araştırma ve tasarım görevleri verme	9	% 25
	Fen derslerinde basit malzemelerle bireysel tasarımlar yapmalarını sağlama	11	% 30.55
	Öğrencilerin STEM aktivitelerini işbirlikli ve takım çalışması halinde sürdürmeleri	6	% 16.66
	Fen bilimleri öğretmenlerinin STEM aktivite kontrol ölçütleri oluşturması ve süreci buna uygun takip etme	3	% 8.33
	Öğrencilerin STEM uygulamalarının bazıları, sadece çizim ve basit materyallerle tasarımı, bazılarının ise STEM alanlarının tümünü kullanmayı gerektiren zor aktiviteleri içermesi	4	% 11.11

Tablo 8’ de fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonrasında STEM alanlarının öğretimde nasıl kullanılması gerektiği konusunda anlayışlarındaki değişime ilişkin içerik analizi bulguları yer almaktadır. Tablo 8 incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM alanlarının öğretimde nasıl kullanılması gerektiği konusunda anlayışlarındaki değişime ilişkin en çok ifade ettikleri kod f=11 ile “fen derslerinde basit malzemelerle bireysel tasarımlar yapmalarını sağlama” olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte tüm öğretmen adaylarının STEM alanlarının öğretimde nasıl kullanılması gerektiği konusunda toplamda altı temel kod altında fikirler ortaya koydukları anlaşılmaktadır. Öğretmen adaylarının STEM alanlarının öğretimde nasıl kullanılması gerektiğine ilişkin ifadelerinden örnek alıntılar Şekil 7’ de sunulmuştur.

Bu bilimleri kullanırken birbirine entegre ederek kullanılmaktadır.
Probleme yönelik çözüm geliştirirken farklı konularda fen, matematik, teknoloji ve mühendislik konularını bütünleştirerek çözüm yolu geliştirilmelidir.

mühendislik, bilgisayar mühendisliği, işletme, tıbbi, diğer abh. farklı disiplinler bir arada çalışır. Örneğin, bir mühendislik öğrencisi, bir işletme öğrencisiyle birlikte çalışarak, bir ürünün tasarımını yapabilir. Bu tür çalışmalar, öğrencilerin farklı alanları öğrenmelerine yardımcı olur. Örneğin, bir mühendislik öğrencisi, bir işletme öğrencisiyle birlikte çalışarak, bir ürünün tasarımını yapabilir. Bu tür çalışmalar, öğrencilerin farklı alanları öğrenmelerine yardımcı olur.

Şekil 7. STEM alanlarının öğrenci öğrenmesinde nasıl kullanılması gerektiği konusunda fen bilimleri öğretmen adaylarının uygulama sonrası düşüncelerindeki değişime ilişkin örnek alıntılar

Tablo 9. Fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmek için verilmesi gereken fırsatların nasıl olması gerektiğine ilişkin bulgular

Tema	Kod Tanımlaması	f	%
STEM'i Kavrama Uygulamaları	Mühendislik tasarım aktiviteleri oluşturma	7	% 19.44
	STEM atolye dersleri oluşturma	13	% 36.1
	STEM lisans bitirme ödevleri	9	% 25
	STEM takım çalışması performans ödevleri	6	% 16.66
	Fen bilimleri disiplinleri dersleriyle uyumlu STEM uygulamaları	10	% 27.77
	Matematik, mühendislik ve teknoloji alanlarından uzmanlarla STEM aktivitesi işbirliği	5	% 13.88
	Mühendislik tasarımları üzerine fen, matematik ve teknoloji boyutlarını tartışılmasına yönelik çalışmalar	3	% 8.33

Tablo 9’ da fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonrasında öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmek için verilmesi gereken fırsatlar konusunda anlayışlarındaki değişime ilişkin içerik analizi bulguları yer almaktadır. Tablo 9 incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmek için verilmesi gereken fırsatlara ilişkin en çok ifade ettikleri kod f=13 ile “STEM atolye dersleri oluşturma” olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte tüm öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmek için verilmesi gereken fırsatlar konusunda toplamda yedi temel kod altında fikirler ortaya koydukları anlaşılmaktadır. Öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmek için verilmesi gereken fırsatlara ilişkin ifadelerinden örnek alıntılar Şekil 8’ de sunulmuştur.

STEM uygulamaları derslere verilebilir.

Çünkü öğretmen adaylarını yaparak ve deneyerek daha kalıcı bir öğrenme ortamı olabilir. Uygulamaları öğrenirken farklı kollarla çok boyutlu düşünmeyi öğrenir ve kolları son

STEM programı sınıf ortamında yapılmalı. Her şey uygun değildir.

Bu yüzden laboratuvar ve atolye ortamı sağlanmalıdır. Ayrıca bu alanda yapılan her alanda ürünlerin listelenmesi gerekir.

Şekil 8. Fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmek için verilmesi gereken fırsatlar nasıl olması gerektiğine ilişkin düşüncelerden örnek alıntılar

Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmada tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmeye etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmanın bulgularına göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmış ve bu sonuçlar literatürde yer alan ilgili çalışmalar bağlamında tartışılmıştır.

Araştırmada fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM yetkinlik algısı düzeylerinin tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonucunda önemli oranda gelişim gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Araştırma grubunun uygulama öncesi ve sonrası STEM alanları bazında yetkinlik algısı puanları incelendiğinde uygulama sonrasında önemli puan artışları sağladıkları tespit edilmiştir. Son testten alınan puanların, araştırmanın bitiminden dört hafta sonra uygulanan izleme testi sürecinde de korunduğu yine ulaşılan diğer bir sonuç olmuştur. Elde edilen bu sonuç, tasarım temelli öğrenmenin STEM yetkinliği algısı üzerine etkisinin araştırıldığı birçok çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Adedokun, Bassenbacher, Parker, Kirkham ve Burgess, 2013; Awad ve Barak, 2018; Berry, McLaughlin ve Cooper, 2019; Butz, Branchaw, Pfund, Byars-Winston ve Leverett, 2018; Dani ve diğ., 2018; De Coito ve Myszkal, 2018; Mentzer, Czerniak ve Duckett, 2019; Lee, Hsu ve Chang, 2019; Thomson, DiFrancesca, Carrier, Lee ve Walkowiak, 2018; Al Salami, Makela ve deMiranda, 2017; Sibuma, Wunna, John, Anggoro ve Dubosarsky, 2018; Stohlman ve diğ., 2012; Yang, Anderson ve Burke, 2014). Bu araştırmanın sonuçları incelendiğinde, tasarım temelli öğrenmenin fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM yetkinlik algıları üzerine yukarıdaki çalışmalarla benzer ve olumlu yönde etki ettiğini göstermiştir. Araştırmalardan özellikle Ayaz ve Sarıkaya'nın (2019) tasarım temelli öğrenme uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM algılarına etkisini inceledikleri çalışmalarının sonuçları, bu araştırmayla önemli oranda benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar, bu çalışmalarında tasarım temelli öğrenme uygulamalarının, öğretmen adaylarının STEM alanları beklentilerine önemli katkılar sağladığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuç, öğretmen adaylarının meslek öncesi hazırlıklarına tasarım temelli öğrenme uygulamalarının entegre edilmesinin, onların fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik ilgisini geliştirmeye önemli ölçüde katkı sağlayacağını göstermiştir. Diğer bir çalışmada, Jaipal-Jamani ve Angeli'nin (2017) öğretmen adaylarının robot tasarımları yoluyla STEM'e ilişkin yeterlilik algısı gelişimlerini inceledikleri çalışmalarının, bu araştırmayla yine

önemli benzerliklere işaret ettiği anlaşılmaktadır. Araştırmacılar çalışmalarında lisans fen öğretimi dersinde robotik tasarım üzerine fen bilimleri öğretmen adaylarını çalıştırarak, öğretmen adaylarının STEM'e karşı yeterliliklerinin gelişimini incelemiştir. Araştırma sonuçları, öğretmen adaylarının eğitiminde robotik tasarım süreçlerinin kullanılmasının onların STEM yeterliliklerini önemli oranda geliştirdiğini ortaya koymuştur. Yine Kurup, Li, Powell ve Brown'un (2019) gelecekteki öğretmenlerin STEM öğretme anlayışı, niyeti ve inanışlarına odaklandıkları çalışmalarında, öğretmen adaylarının meslek öncesi STEM yetkinlik durumlarına ilişkin ortaya koydukları sonuçlar, bu araştırmayı önemli ölçüde destekler niteliktedir. Araştırmacılar meslek öncesi uygulama süreçlerinin öğretmen adaylarının STEM yetkinliklerini geliştirmeye yönelik etkili uygulamaları içermesi gerektiğine dikkat çekmektedirler. Ayrıca bir çok öğretmen adayının gelecekte STEM yetkinliği ve anlayışı bakımından yetersiz bir biçimde öğrenci karşısına çıkacağının yaptıkları çalışmayla anlaşıldığına vurgu yapmaktadırlar. Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde, fen bilimleri öğretmen adaylarının etkili bir STEM anlayışı geliştirmelerinde tasarım temelli öğrenme süreçlerinin önemli bir mesleki gelişim aşaması olduğu anlaşılmaktadır. Fan ve diğ. (2017) tasarım temelli STEM öğrenme süreçlerinde başarılı olmak için ilgi, tutum, algı ve meta bilişin anahtar faktörler olduğuna dikkat çekmektedir. Bu durum değerlendirildiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarıma dayalı STEM yetkinliği algılarının gelişimi, STEM öğrenme ve öğretim motivasyonlarını doğrudan etkileyeceği şeklinde yorumlanabilir.

Bu araştırmada ayrıca fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM alanları bilgi düzeylerinin tasarım temelli öğrenme uygulamaları sonucunda önemli oranda gelişim gösterdiği saptanmıştır. Araştırma grubunun uygulama öncesi ve sonrası STEM alanları bilgi düzeyi puanları incelendiğinde, uygulama sonrasında STEM'deki her bir alan bilgisi bakımından uygulama öncesine göre önemli puan artışları olduğu tespit edilmiştir. Son testten alınan puanların, araştırmanın bitiminden dört hafta sonra uygulanan izleme testi sürecinde de korunduğu yine ulaşılan diğer bir sonuç olmuştur. Bununla birlikte araştırma grubunun uygulama öncesi ve sonrası aldıkları STEM disiplinleri alan bilgisi puanlarına ilişkin yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm alanlardaki bilgi düzeyi bakımından anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç tasarım temelli öğrenmenin fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM disiplinleri alan bilgileri üzerine etkilerinin araştırıldığı birçok çalışmayla benzerlik göstermektedir (Aydın-Günbatır, Tarkin-Çelikkıran, Kutucu ve Ekiz-Kıran, 2018; Novak ve Wisdom, 2018). Bu araştırmaların dışında Fan, Yu ve Lou'nun (2017) araştırması bu araştırmanın sonuçlarıyla önemli benzerliklere sahiptir. Özellikle tek bir grup

üzerinde tasarım temelli deneysel uygulamanın sonuçlarını ortaya koymaları bakımından oldukça benzerdir. Bu çalışmada araştırmacılar tasarım temelli öğrenme uygulamalarının, STEM alanları kavram bilgisini geliştirmede etkili bir yaklaşım olduğunu göstermişlerdir. Diğer bir araştırmada yine Fan ve Yu (2017) STEM uyumlu mühendislik tasarımı çalışmalarının kavramsal bilgi alanında öğrenme performansını önemli bir şekilde etkilediğini ve geliştirdiğini göstermişlerdir. İfade edilen araştırmalar ve bu araştırmanın sonuçları bağlamında değerlendirildiğinde öğretmen hazırlık programlarında tasarım temelli öğrenmeye dayalı mesleki gelişim uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM alanları bilgisini geliştirmede pozitif etkilere sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Bu araştırmada fen bilimleri öğretmen adaylarından görüşme formu yoluyla elde edilen nitel bulgular, nicel bulguları daha anlamlı hale getirmede önemli bir destek sağlamıştır. Görüşmeye ait nitel bulgular, özellikle fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM eğitim anlayışları ve kariyer beklentilerine ilişkin önemli ipuçlarını ortaya koymuştur. Fen bilimleri öğretmen adaylarıyla yapılan görüşmelerden elde edilen bulgular, tasarım temelli öğrenmenin öğretmen adaylarının STEM yapılarını beş önemli tema altında şekillendirdiğini göstermiştir. Bu temalar; STEM’de anlayış değişimi, beceri gelişimi, STEM kariyeri beklentisi, STEM alanlarının kullanımı ve STEM’i öğrenme ve öğretme uygulamaları şeklindedir. Elde edilen bu sonuç, fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM eğitimi anlayışları üzerine tasarım temelli öğrenme uygulamalarının etkisinin araştırıldığı bazı çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Dani ve diğ., 2018; Dare, Ellis ve Roehrig, 2018; DeChambeau ve Ramlo, 2017; French ve Burrows, 2018; Price, Kares, Segovia ve Loyd, 2019). Bu araştırmaların sonuçları, tasarım temelli öğrenmenin fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM disiplinlerinin nasıl bütünleştirildiğini anlamaları ile yaratıcı düşünme, takım çalışması, işbirliği, araştırma, sorgulama ve problem çözme temelli STEM’i öğrenme yaklaşımlarına yönelik anlayışlarında nasıl bir değişimine yol açtığını göstermektedir. Kim, Oliver ve Kim (2018) tasarım temelli öğrenmenin fen bilimleri öğretmen adaylarının anlayışlarındaki değişime etkisini inceledikleri çalışmalarının sonuçları bu araştırmayla önemli benzerliklere sahiptir. Araştırmacılar çalışmalarının sonucunda tasarım temelli öğrenmenin, yeni bir fen bilimleri öğretmen eğitimi modelini yapılandırmada etkili bir yol olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar tasarımsal uygulamalar içerisinde çalışan fen bilimleri öğretmen adaylarının özellikle daha yaratıcı ve sistematik düşündüklerini tespit etmişlerdir. Retna (2016), tasarımsal düşünceye odaklanan bir öğrenme yaklaşımının öğrenenlerin yaratıcılığını, problem çözmesini, etkili iletişim kurmalarını, takım çalışmasını ve başkalarının düşüncelerini dikkate alma gibi bir takım

bilişsel ve sosyal becerileri geliştirmelerini önemli ölçüde desteklediğini tespit etmişlerdir. Dolayısıyla tasarım temelli STEM uygulamaları, fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmenin yanında sosyal ve bilişsel bir takım becerilerin gelişimine de önemli katkılar yaptığı söylenebilir. Başka bir çalışmada Shahali, Halim, Rasul, Osman ve Zulkifeli (2017) tasarım temelli öğrenme uygulamaları yoluyla STEM öğrenme ilgisinin gelişimine odaklanmışlardır. Bu araştırmanın sonuçları öğretmenlerde STEM kariyeri yapma konusunda uygulama sonrasında önemli pozitif değişimlerin olduğunu göstermiştir. Yine Erdogan ve Ciftci (2017) fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM eğitimi konusundaki görüşlerini incelemişlerdir. Bu araştırmanın sonuçları, aday öğretmenlerin STEM bilgilerinin geliştirilmesine yönelik uygulamalara ihtiyaç duyduklarını ve ayrıca öğretmen adaylarının bu konuda istekli olduklarını göstermiştir. English, King ve Smeed (2017) ise mühendislik tasarımı uygulamaları yoluyla entegre STEM öğrenmesini ilerletme konusunda bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonuçları STEM disiplinleri bilgisinin öğrenenler tarafından etkili bir şekilde nasıl kullanılması gerektiğine yönelik bir anlayışın gelişimini ortaya koymuştur. Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM anlayışlarına yapmış olduğu etkilere ilişkin araştırmalar incelendiğinde böyle bir uygulamanın onlar için STEM eğitimini kavramada önemli bir deneyim olduğuna işaret etmektedir. Bu araştırma ve geçmiş araştırmalara dayalı olarak öğretmen adaylarının araştırma, sorgulama ve problem çözme süreçleri yoluyla tasarımsal öğrenmeyi kullanmalarının, onlar için STEM disiplinlerinin nasıl entegre edildiğini daha anlaşılır kılması bakımından oldukça önemli bir mesleki gelişim desteği sağladığı söylenebilir.

Araştırmanın hem nicel hem de nitel sonuçları, tasarım temelli öğrenmenin fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmede önemli etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Tasarım temelli öğrenme modelinin, meslek öncesi hazırlıkta fen bilimleri öğretmen adaylarının özellikle STEM yetkinliği, alan bilgisi, kariyer beklentileri, beceri gelişimi ile STEM öğrenme ve öğretme anlayışlarını geliştirmeye anlamlı şekilde katkı sağladığını göstermiştir. Bu araştırmanın tasarım temelli öğrenme süreçleri içerisinde öğretmen adaylarının nasıl meşgul olmaları gerektiğini gösteren örnek bir uygulama modeli olması bakımından literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Dahası fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarım temelli araştırma ve uygulama süreçlerini STEM eğitimi çatısı altında birleştirmelerini sağlamaya yönelik öğretmen eğitimcilerinin kullanabileceği örnek bir uygulamayı ifade etmektedir.

Öneriler

Bu araştırmaya dayalı olarak gelecekteki araştırmalar ve uygulayıcılara şu öneriler yapılabilir;

- ✓ Meslek öncesi fen bilimleri öğretmen hazırlığında tasarım temelli öğrenmeler lisans dersleriyle bütünleştirilerek öğretmen adaylarının gelecekte öğrencileri için uygulayacakları tasarım temelli STEM öğrenme süreçlerini daha etkili kavramaları sağlanabilir.
- ✓ Bu araştırma 3. sınıf fen bilimleri öğretmen adaylarıyla yapılmıştır, bununla birlikte her sınıf düzeyinde tasarım temelli öğrenme uygulamaları ders programlarına dâhil edilebilir.
- ✓ Fen bilimleri öğretmen adaylarının tasarıma dayalı bir STEM aktivitesi geliştirmeleri lisans bitirme çalışması olarak programa dâhil edilebilir.

Makalenin Bilimdeki Konumu

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü/Fen Bilgisi Eğitimi

Makalenin Bilimdeki Özgünlüğü

Literatürde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışları üzerine yer alan çalışmaların büyük oranda durum tespitini içerdiği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte öğretmen adaylarının eğitiminde STEM'i lisans dersleri içerisine dahil ederek ve tasarım temelli öğrenme uygulamaları yoluyla STEM'i kavramalarını sağlayan bir çalışmanın yer almadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle hizmet öncesi dönemde fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarına tasarım temelli öğrenme uygulamalarının etkisi incelenmiştir.

Kaynaklar

- Adedokun, O. A., Bessenbacher, A. B., Parker, L. C., Kirkham, L. L., & Burgess, W. D. (2013). Research skills and STEM undergraduate research students' aspirations for research careers: Mediating effects of research self-efficacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50, 940–951.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & vd. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi? [A report on

- STEM Education in Turkey: A provisional agenda or a necessity?] [White Paper]. İstanbul, Turkey: Aydın Üniversitesi. Retrieved from <http://www.aydin.edu.tr/belgeler/IAUSTEM-Egitimi-Turkiye-Raporu2015.pdf>
- Allendoerfer, C., Wilson, D., Kim, M. J., & Burpee, E. (2014). Mapping beliefs about teaching to patterns of instruction within science, technology, engineering, and mathematics. *Teaching in Higher Education*, 19(7), 758–771.
- Al Salami, M. K., Makela, C. J., & de Miranda, M. A. (2017). Assessing changes in teachers' attitudes toward interdisciplinary STEM teaching. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 63–88.
- Arslanhan, H. (2019). Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmeye etkisi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Avery, Z. K., & Reeve, E. M. (2013). Developing effective STEM professional development programs. *Journal of Technology Education*, 25(1), 55–69.
- Asunda, P. A., & Hill, R. B. (2007). Critical features of engineering design in technology education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 44(1), 25–48.
- Awad, N., & Barak, M. (2018). Pre-service science teachers learn a science, technology, engineering and mathematics (STEM)-oriented program: The case of sound, waves and communication systems. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1431-1451.
- Ayaz, E. & Sarikaya, R. (2019). The effect of engineering design-based science teaching on the perceptions of classroom teacher candidates towards STEM disciplines. *International Journal of Progressive Education*, 15(3), 13-27.
- Aydın-Günbatır, S. A., Tarkin-Çelikkıran, A., Kutucu, E. S., & Ekiz-Kıran, B. (2018). The influence of a design-based elective stem course on pre-service chemistry teachers' content knowledge, STEM conceptions, and engineering views. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 954-972. doi: 10.1039/C8RP00128.
- Bagiati, A., & Evangelou, D. (2015). Engineering curriculum in the preschool classroom: The teacher's experience. *European Early Childhood Education Research Journal*, 23, 112–118.
- Bakirci, H., & Karisan, D. (2018). Investigating the preservice primary school, mathematics and science teachers' STEM awareness. *Journal of Education and Training Studies*, 6(1), 32-42.

- Bakırcı, H., & Kutlu, E. (2018). Fen bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM yaklaşımı hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(2), 367-389.
- Bartholomew, S. R., & Strimel, G. J. (2017). Factors influencing student success on open-ended design problems. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(3), 753–770.
- Bell, D. (2016). The reality of STEM education, design and technology teachers' perceptions: A phenomenographic study. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 61–79.
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A., & Feder, M. (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. Washington, DC: National Academies Press.
- Berry, A, McLaughlin, P., & Cooper, G. (2019). Building STEM self-perception and capacity in pre-service science teachers through a school-university mentor program in Tasos Barkatsas. Nicky Carr and Grant Cooper (eds.), *STEM Education: An Emerging Field of Inquiry*. (pp. 190-207). Koninklijke Brill NV, Leiden, Netherlands.
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5–9.
- Butz, A., Branchaw, J., Pfund, C., Byars-Winston, A., & Leverett, P. (2018). Promoting STEM trainee research self-efficacy: A mentor training intervention. *Understanding Interventions Journal*, 9(1).
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. (2013). *Project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (2nd ed.). Rotterdam: Sense.
- Capraro, R. M., & Corlu, M. S. (2013). Changing views on assessment for STEM projectbased learning. In R. M. Capraro, M. M. Capraro & J. J. Morgan (Eds.), *STEM projectbased learning an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (pp. 109–118). Boston, MA: Sense Publishers.
- Carter, L. (2015). The road less travelled: Globalisation, neoliberalism and science education. In J. Zajda (Ed.), *The international handbook globalisation and education policy research* (pp. 839–850). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Chalmers, C., Carter, M., Cooper, T., & Nason, R. (2017). Implementing “big ideas” to advance the teaching and learning of science, technology, engineering, and

- mathematics (STEM). *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 25-43.
- Charlton, A. (2017). *Design Thinking and 21st century skills to create a customised test tube rack*. A community engagement Project. ResearchGate.
- Corlu, M. S. (2013). Insights into STEM education praxis: An assessment scheme for course syllabi. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13, 2477–2485.
- Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738–797.
- Çorlu, M. S., & Çallı, E. (2017). *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi*. İstanbul: Pusula
- Dani, D., Hartman, S. L., & Helfrich, S. (2018). Learning to teach science: Elementary teacher candidates facilitate informal STEM events. *The New Educator*, 14(4), 363–380.
- Dare, E., Ellis, J., & Roehrig, G. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(4), 1-19.
- deChambeau, A., & Ramlo, S. (2017). STEM high school teachers' views of implementing PBL: An investigation using anecdote circles. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(1), 7. doi.org/10.7771/1541-5015.1566
- DeCoito, I., & Myszkal, P. (2018). Connecting science instruction and teachers' self-efficacy and beliefs in STEM education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(6), 485-503.
- DeFreitas, E., Lupinacci, J., & Pais, A. (2017). Science and technology studies educational studies: Critical and creative perspectives on the future of STEM education. *Educational Research*, 53(6), 551–559.
- Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, 7(2), 63-74.
- English, L. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1–8.
- English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 5-24.
- English, L. D., Arleback, J. B., & Mousoulides, N. (2016). Reflections on progress in mathematical modelling research. In A. Gutierrez, G. Leder & P. Boero (Eds.), *The second handbook of research on the psychology of mathematics education* (pp. 383–413). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14), 1-18.
- English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255–271.
- Erdogan, I., & Ciftci, A. (2017). Investigating the views of pre-service science teachers on STEM education practices. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(5), 1055-1065.
- Eroğlu, S., & Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67.
- Estapa, A. T., & Tank, K. M. (2017). Supporting integrated STEM in the elementary classroom: A professional development approach centered on an engineering design challenge. *International Journal of STEM education*, 4(6), 1–16.
- Faber, M., Unfried, A., Wiebe, E. N., Corn, J. Townsend, L. W., & Collins, T. L. (2013, June). *Student attitudes toward STEM: The development of upper elementary school and middle/high school student surveys*. 120th ASSE Annual Conference & Exposition. Atlanta.
- Fallik, O., Rosenfeld, S., & Eylon, B. S. (2013). School and out-of-school science: A model for bridging the gap. *Studies in Science Education*, 49, 69–91.
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2016). Core value and implementation of the science, technology, engineering, and mathematics curriculum in technology education. *Journal of Research in Education Sciences*, 61(2), 153–183.
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 107–129.
- Fan, S. C., Yu, K. C., & Lou, S. J. (2017). Why do students present different design objectives in engineering design projects? *International Journal of Technology and Design Education*. 28(4), 1039-1060.
- French, D. A., & Burrows, A. C. (2018). Evidence of science and engineering practices in preservice secondary science teachers' instructional planning. *Journal of Science Education and Technology*, 27(6), 536–549.

- Friday Institute for Educational Innovation (2012). *Middle/high school student attitudes toward STEM survey*. Raleigh, NC: Author.
- Guzey S. S., Harwell, M., & Moore, T. (2014). Development of an instrument to measure students' attitudes toward STEM. *School Science and Mathematics*, 114(6), 271–279.
- Guzey, S. S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y., & Moore, T. (2017). The impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in science, engineering, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 207–222.
- Günbatır, M. S., & Bakırcı, H. (2019). STEM teaching intention and computational thinking skills of pre-service teachers. *Education and Information Technologies*, 24(2) 1-15.
- Han, S., Yalvac, B., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2015). In-service teachers' implementation and understanding of STEM project based learning. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 11(1), 63–76.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- Hora, M. T., & Oleson, A. K. (2017). Examining study habits in undergraduate STEM courses from a situative perspective. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 1–19.
- Jaipal-Jamani, K., & Angeli, C. (2017). Effect of robotics on elementary preservice teachers' self-efficacy, science learning, and computational thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 175–192.
- Karışan, D., & Bakırcı, H. (2018). Öğretmen adaylarının FeTeMM öğretim yönelimlerinin anabilim dalına ve sınıf düzeyine göre incelenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 152-175.
- Kennedy, T., & Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Kier, M., Blanchard, M., Osborne, J., & Albert, J. (2014). The development of the STEM Career Interest Survey (STEM-CIS). *Research in Science Education*, 44, 461–481.
- Kim, D., & Bolger, M. (2017). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 587-605.
- Kim, E., Oliver, J. S., & Kim, Y. A. (2018). Engineering design and the development of knowledge for teaching among preservice science teachers. *School Science and Mathematics*, 119, 24–34.



- King, N. S. (2017). When teachers get it right: Voices of black girls informal STEM learning experiences. *Journal of Multicultural Affairs*, 2(1), 5.
- Kurup, P. M., Li, X., Powell, G., & Brown, M. (2019). Building future primary teachers' capacity in STEM: Based on a platform of beliefs, understandings and intentions. *International Journal of STEM Education*, 6(10), 1-14.
- Lachapelle C. P., & Cunningham C. M. (2014). Engineering in elementary schools. In: Purzer S, Strobel J, Cardella M (eds.) *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 61–88). Purdue University Press, West Lafayette.
- Lee, M. H., Hsu, C. Y., & Chang, C. Y. (2019). Identifying Taiwanese teachers' perceived self-efficacy for science, technology, engineering, and mathematics (STEM) knowledge. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 15–23.
- McGee, E., Thakore, B. K., & LaBlance, S. S. (2016). The burden of being model: Racialized experiences among Asian STEM students. *Journal of Diversity in Higher Education*, 10(3), 1-18.
- Martin, B., & Reinking, A. (2018). Key ideas to consider when implementing STEM. *The Journal of the Illinois Council of Teachers of Mathematics*, 64(1), 1-7.
- Mentzer, G. A., Czerniak, C. M., & Duckett, T. R. (2019). Comparison of two alternative approaches to quality STEM teacher preparation: Fast-track licensure and embedded residency programs. *School Science and Mathematics*, 119, 35–48.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd edition). Sage.
- Milfort, M. (2012). *An examination of the information technology job market Credentials that work*. Washington, DC: Jobs for the Future.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Research into practice* (pp. 35–60). West Lafayette, IN: Purdue University Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council [NAE&NRC]. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: The National Academic Press.



- National Research Council [NRC]. (2014). *STEM learning is everywhere: Summary of a convocation on building learning systems*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Science and Technology Council [NSTC]. (2013). *National Strategy for Civil Earth Observations*. Washington, DC: Executive Office of the President.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- 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*, 27(5), 412-432.
- Park, D. Y., Park, M. H., & Bates, A. B. (2016). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 275-294.
- Peters-Burton, E., Lynch, S., Behrend, T., & Means, B. (2014). Inclusive STEM high schools: 10 critical components. *Theory Into Practice*, 53, 64-71.
- Price, C. A., Kares, F. K., Segovia, G., & Lloyd, A. B. (2019). Staff Matter: Gender differences in STEM career interest development in adolescent youth. *Applied Developmental Science*, 23(3), 239-254.
- Purzer, S., Goldstein, M., Adams, R., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(9), 1-12.
- Retna, K. S. (2016). Thinking about 'Design Thinking': A study of teacher experiences. *Asia Pacific Journal of Education*, 36(1), 5-19.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). Evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5) 444-467.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Schnittka, C. G., & Bell, R. L. (2011). Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33, 1861-1887.



- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 13.
- Sibuma, B., Wunnava, S., John, M., Anggoro, F., & Dubosarsky, M. (2018). *The impact of an integrated Pre-K STEM Curriculum on teachers' engineering content knowledge, self-efficacy, and teaching practices*. In: 2018 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC) (pp. 224–227).
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34.
- Şimşek, H., & Yıldırım, A. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınevi.
- Thomson, M. M., DiFrancesca, D., Carrier, S., Lee, C., & Walkowiak, T. (2018). Changes in teaching efficacy beliefs among elementary preservice teachers from a STEM-focused program: Case study analysis. *Journal of Interdisciplinary Teacher Leadership*, 2(1), 29-43.
- Walker, W. S., Moore, T. J., Guzey, S. S., & Sorge, B. H. (2018). Frameworks to develop integrated STEM curricula. *K-12 STEM Education*, 4(2), 331–339.
- Wang, H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1–13.
- Wendell, B., & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513–540.
- Williams, C. T., Walter, E. M., Henderson, C., & Beach, A. L. (2015). Describing undergraduate STEM teaching practices: A comparison of instructor self-report instruments. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–14.
- Yang, E., Anderson, K. L., & Burke, B. (2014). The impact of service-learning on teacher candidates' self-efficacy in teaching STEM content to diverse learners. *International Journal of Research on Service Learning in Teacher Education*, 2, 1-46.



Zhou, N., Pereira, N. L., George, T. T., Alperovich, J., Booth, J. Chandrasegaran, S., & vd. (2017). The Influence of Toy Design Activities on Middle School Students' Understanding of the Engineering Design Processes. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 481–493.

Extended Summary

Statement of Problem

STEM, which is a new educational approach triggered by the global economy and labor force, requires a learning approach in which individuals integrate science, mathematics, engineering and technology disciplines. This understanding also means meeting the demands of labor force in the 21st century. In addition to this, it is understood that STEM-based programs in our country are largely carried out through robotic studies, especially at secondary school level. The most important factor in the lack of understanding of the design-based STEM education concept in the world is the lack of sufficient science teachers in our country who will apply this understanding to their teaching. Therefore, there is a need for teacher training models in which science teachers can effectively structure the understanding of STEM at the beginning of their vocational education that is, in the learning applications based on schematic thought education during their undergraduate education. Moreover, in the undergraduate vocational preparation programs, prospective science teachers need to be supported with instructional programs in which they will develop the understanding of STEM around schematic thought. Therefore, our research focuses on an integrated STEM training centered on engineering design experiences for prospective science teachers. In this context, the aim of the study is to examine the effects of design-based learning practices integrated with undergraduate courses on prospective science teachers' understanding of STEM.

Method

In this study, a mixed method research model that used both quantitative and qualitative research methods was based on. In this context, firstly, an experimental study was conducted to determine the effect of design-based learning practices on prospective science teachers' understanding of STEM. In this study, which was conducted with a single group pretest-posttest-follow-up test experimental design, the effect of design-based learning practices on prospective science teachers' understanding of STEM was examined with an experiment on a single group. Afterwards, interviews were conducted to define the change in preservice

teachers' understanding of STEM. The sample of this study consisted of 36 pre-service science teachers studying in the 3rd grade. The data of the study were collected by using “*Scale of Competency in STEM*”, “*Evaluation Form of Knowledge in STEM Areas*” and “*Interview Form of Understanding of STEM*”. The quantitative data of the study were analyzed by using single-factor ANOVA test for repeated measurements from parametric tests. In order to examine the changes in design-based learning groups' understanding of STEM more thoroughly after the experimental application, content analysis was conducted for the data collected through interviews.

Findings

The findings of the study indicated that perceptions of competence in STEM areas belonging to pre-service science teachers who had design-based learning practices increased significantly after the application and in subsequent monitoring measurements; the levels of perception of competence in STEM areas after the application did not differ from the measurement results in the subsequent monitoring studies, that is, the effect of the application continued. Another finding showed that the knowledge levels in STEM areas belonging to pre-service science teachers who had design-based learning practices increased significantly after the application and in subsequent monitoring measurements, the knowledge levels of science in STEM after the application did not differ from the measurement results in the subsequent monitoring studies, that is, the effect of the application continued. In addition, the qualitative analysis findings obtained from the interviews indicated that design-based learning practices contribute significantly to the changes in pre-service science teachers' understanding of STEM, their skill development, their STEM career, their practices of comprehending STEM, and their understanding in themes such as using STEM in science.

Discussion, Conclusion and Suggestions

This research revealed that prospective science teachers' levels of competency perception in STEM improved significantly as a result of design based learning practices. In the study, it was also concluded that prospective science teachers' knowledge levels of STEM areas improved significantly as a result of design based learning practices. In addition, the results of the interviews obtained from prospective science teachers significantly support the quantitative results of the research. Interviews indicate that prospective science teachers have developed an understanding of the five fundamental themes in STEM education after design-based learning processes. These themes are STEM training, skill development, STEM career, using of STEM areas, and learning and teaching STEM. Based on the results of this research,



the following recommendations can be made for future researches and practitioners; design-based learning in pre-vocational science teacher preparation can be integrated with undergraduate courses in different contents and areas and a more effective comprehension of design-based STEM learning processes can be provided. In addition, design-based learning practices for prospective science teachers at all grade levels of the undergraduate course can be included in the programs. A development project of a design-based STEM activity for prospective science teachers may also be included in the program as an undergraduate thesis.