

PAPER DETAILS

TITLE: Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Mühendislik Tasarım Becerilerinin İncelenmesi

AUTHORS: Gamze Yayla Eskici

PAGES: 924-951

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3337234>

Research Article/Araştırma Makalesi

Investigation of Engineering Design Skills of Science Teacher Candidates

Gamze YAYLA ESKİCİ *¹ 

¹ Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Education, Sivas, Turkey gamze.yyl@gmail.com

* Corresponding Author: gamze.yyl@gmail.com

Article Info

Received: 16 August 2023

Accepted: 04 October 2023

Keywords: Science teacher candidates, engineering design, interdisciplinary science education

 10.18009/jcer.1344266

Publication Language: Turkish



Abstract

This study aimed to examine the processes of science teacher candidates demonstrating their engineering design skills. The participants of the study consist of 28 senior science teacher candidates. The case study method was used in the study. To collect data, activities involving daily life problems were prepared by the researcher to enable students to use their engineering design skills. The class was divided into groups of four and a total of seven activities were implemented, one activity for each group. The implementation lasted four weeks. To evaluate the activities, an engineering design skills evaluation rubric was prepared. Each step of the design was scored separately and the level of display of engineering design skills was determined. As a result of the study, it was seen that science teacher candidates' level of display of engineering design skills was low, and they were especially insufficient in preparing decision matrices to choose the solution.

To cite this article: Yayla-Eskici, G. (2023). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerinin incelenmesi. *Journal of Computer and Education Research*, 11 (22), 924-951. <https://doi.org/10.18009/jcer.1344266>

Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Mühendislik Tasarım Becerilerinin İncelenmesi

Makale Bilgisi

Geliş: 16 Ağustos 2023

Kabul: 04 Ekim 2023

Anahtar kelimeler: Fen bilgisi öğretmen adayları, mühendislik tasarım becerisi, disiplinlerarası fen eğitimi

 10.18009/jcer.1344266

Yayın Dili: Türkçe

Öz

Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerini sergileme süreçlerini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmanın katılımcılarını fen bilgisi öğretmenliği 4. Sınıfta öğrenim gören 28 öğretmen adayından oluşmaktadır. Çalışmada özel durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Verilerin toplanması için araştırmacı tarafından mühendislik tasarım becerilerini kullanmalarını sağlayacak günlük hayat problemlerin yer aldığı etkinlikler hazırlanmıştır. Sınıf dörder kişilik gruplara ayrılmış ve her grup için bir etkinlik olmak üzere toplam yedi etkinlik uygulanmıştır. Uygulama dört hafta sürmüştür. Etkinlikleri değerlendirmek için, mühendislik tasarım becerileri değerlendirme rubriği hazırlanmıştır. Tasarımın her basamağı ayrı ayrı puanlanarak mühendislik tasarım becerilerini sergileme düzeyleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerini sergileme düzeylerinin düşük düzeyde olduğu, özellikle de çözümü seçmek için karar matrisleri hazırlamada yetersiz kaldıkları görülmüştür.

Summary

Investigation of Engineering Design Processes of Science Teacher Candidates

Gamze YAYLA ESKİCİ *¹ 

¹ Sivas Cumhuriyet University, Sivas Turkey, gamze.yyl@gmail.com

* Corresponding Author: gamze.yyl@gmail.com

Introduction

Establishing interdisciplinary relationships and being able to look at problems from different perspectives are important in terms of learning the ways of science and scientific knowledge. For this reason, it has recently come to the fore to integrate what has been learned by using more than one discipline in education. In this context, this popular situation was also reflected in science education and some attempts were made to increase the quality of education. Engineering and design skills mentioned in the science curriculum, which was renewed in 2018, were added to other skill areas (MoNE, 2018).

These initiatives in the STEM field have brought with them a number of problems. For example, the need for teachers to gain experience in these applications has arisen at the point of gaining engineering and design skills to students. In addition, in order to use technology effectively in STEM and related engineering design applications, qualified and equipped teachers with pedagogical and field knowledge as well as engineering design skills should be trained (Gündüz & Odabaşı, 2004; Kirschner & Selinger, 2003). The success of pre-service teachers in this field, who will apply and evaluate high-level skills such as presenting a solution proposal for a problem, expressing this proposal as an engineering design, testing the solution and redesigning by revealing where the solution does not work, is a matter of curiosity.

In the study, it was aimed to evaluate the engineering design process of science teacher candidates. For this purpose, answers to the following questions will be sought:

1. What is the engineering design level of science teacher candidates?
2. What is the level of science teacher candidates at each step in engineering designs?
3. What are the mistakes made by the pre-service teachers in the engineering design steps in the report they prepared?

Method

Case study method was used in the study. The study group of this research consists of 28 pre-service science teachers. STEM integration based engineering design activity booklets were used as data collection tool in the research. In the booklets, there are activities including case studies on heat and temperature, magnetism, inclined plane, optics, work and energy, electricity and friction force, and guiding questions to prepare the report.

An engineering design process evaluation rubric was prepared in order to evaluate the problem and the solution process for the problem in the STEM integration-based activity booklets of the pre-service science teachers studying in the last year. While preparing the rubric, both Hynes et al. (2011) design steps and Volkmann and Abell (2019) inquiry-based activity evaluation rubric were also used. The rubric is as shown in Table 1. Each content/principle in the rubric was evaluated and scored in 5 steps. In addition, the activity reports of the pre-service teachers were examined separately and their answers at each design step were examined. Errors in each answer given are noted. Common errors were tried to be determined by grouping the obtained errors. In this context, the errors and their frequencies in each design step were determined by descriptive analysis. In this way, it is aimed to reveal the deficiencies in the engineering design steps and to guide the trainings to be given in the future. The data obtained as a result of the analysis are presented in tables.

Results

When each engineering design step performed in the activity was examined, it was seen that 64.2% of pre-service teachers performed at Levels 2 and 3 in defining the need and problem. In the step of choosing the best solution, it was revealed that 42.9% of pre-service teachers performed at Level 2. Similarly, it was determined that 35.7% of pre-service teachers produced content at Level 2 in the step of communicating the solution. In this respect, it can be said that the applications made in the relevant steps have bad-unclear contents. In addition, it was determined that 39.3% of the pre-service teachers produced content at the 3rd level, in the step of researching the problem, 35.7% in the step of developing possible

solutions, and 32.1% in the step of redesigning. Accordingly, it can be said that pre-service teachers in the relevant steps have medium-to-development content. It was revealed that 32.1% of the pre-service teachers produced content at Level 4 in the prototype preparation step, and 35.7% in the solution testing step. For this reason, it can be said that pre-service teachers are good-successful in their applications at these steps. Only in the last design step, it was determined that 35.7% of the pre-service teachers had all the desired features in presenting their products.

Discussion and Conclusion

As a result of the applications made in this research carried out in the special teaching methods course, when the engineering designs requested from the pre-service teachers are evaluated, it is seen that the pre-service teachers perform below the expectations.

When the steps in the design steps are examined in detail, it is clearly seen in which steps the pre-service teachers have difficulties and in which steps they express themselves easily. In this respect, it can be said that pre-service teachers are not ready to have engineering design in science courses in the future.

Teacher candidates: They showed poor performance in identifying the need and problem, choosing the best solution, and communicating the solution. For this reason, it can be said that pre-service teachers are quite unsuccessful in determining the scientific problem for the problems they encounter, preparing decision matrices by ignoring some criteria, tending to the best solution, and questioning before redesign, that is, conveying the solution by sharing the decision reasons.

It has been seen that the pre-service teachers are at a medium-to-development level in the steps of researching the problem, developing possible solutions and redesigning. As seen in the activity reports, this is due to the inability of the students to form the leading ideas when they search for solutions again without providing full scientific satisfaction.

Giriş

Disiplinlerarası ilişki kurma ve problemlere farklı açılardan bakabilme, bilimin yollarını öğrenme ve bilimsel bilgi bakımından önemlidir. Bu nedenle son zamanlarda eğitim öğretimde birden fazla disiplin kullanarak öğrenilenleri bütünleştirebilmek ön plana çıkmıştır. Örneğin: Disiplin biyoloji, fizik, kimya, mühendislik gibi birbirinden ayrı bilim dallarını, disiplinlerarası yaklaşım ise, farklı disiplinlerin bir konu için birbiriyle ilişkili yanlarının kullanıldığı çalışmaları ifade etmektedir (Şahin, Göcük & Sevgi 2018). Disiplinlerarası öğrenme yaklaşımı oldukça eski olmasına rağmen, disiplinlerarası öğrenmenin eğitim sistemimizdeki uygulamaları ve alan yazındaki yeri giderek önem kazanmaktadır. Disiplinlerarası durumlarda tanımlanan ve adı geçen gerçek yaşam problemleri de oldukça önemlidir. Gerçek yaşam problemlerinden kastedilen birden çok olası çözümü olan iyi tanımlanmış problemlerdir (Vasquez, Sneider & Corner, 2013; Özbey & Köyceğiz, 2020).

STEM ve STEM Eğitimi

Gerçek yaşam problemlerini temel alan, Fen (Science), Teknoloji (Technology), Mühendislik (Engineering), Matematik (Mathematics) bilimlerini içeren STEM, disiplinler arası entegrasyonla oluşturulan 21. Yüzyıl becerilerini bireye kazandırmayı hedef almış bir sistem olup STEM eğitiminde, günlük hayatla ilişkili öğrenme ortamları sağlanırken fen ve matematik bilgilerini öne çıkaran, mühendislik becerilerini keşfetmelerini sağlayan disiplinler bütünleşmektedir (Vasquez vd., 2013). STEM eğitim yaklaşımı sayesinde öğrenciler Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik gibi disiplinlerin entegrasyonuna dayalı olarak birçok alanda yeterlilik kazanmaktadır (Çakır, Ozan, Kaya & Buyruk, 2016, s. 182; Karamustafaoğlu & Pektaş, 2023). Modern ve teknolojik toplumumuzun gelecekte karşılaşacakları zorlukları daha iyi karşılaması ve birçok problemin üstesinden gelebilmesi için mühendislik ve fen arasında güçlü bir bağlantı oluşturulmaktadır. Bu nedenle dünya genelinde mühendisliğin öne çıktığı öğretim programları yaygınlaşmaktadır (Çelik, Pektaş & Karamustafaoğlu, 2018; Moore, Tank & Aran W. Glancy, 2015). Gelişmiş ülkelerin gündeminde olan mühendislik eğitiminde STEM eğitimi ile bütünleşik olarak problem çözme becerilerini odaklı çalışmalar yürütülmektedir (Bybee, 2010; English, 2023; O'Neill, Finau-Faumuina & Ford, 2023; Roberts, Maiorca, Jackson & Mohr-Schroeder, 2022; Yuliati,

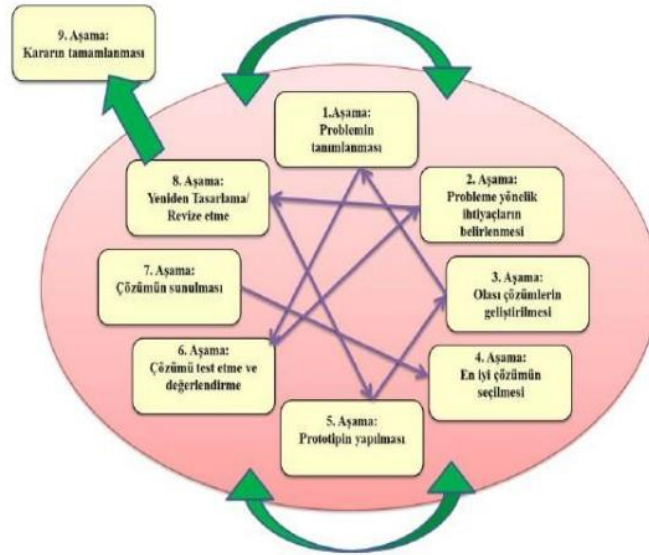
Munfaridah, Ali, Rosyidah & Indrasari, 2020). Türkiye’de de inovasyon kapasitesini arttırabilmesi için STEM alanında nitelikli işgücüne ihtiyacı vardır (Kınık-Topalsan, 2018).

İlkokul ve ortaokul sürecinde çocuğun çevresini, doğal olayları, bilimsel gelişmeleri öğrendiği, disiplinler arası bağlantıları anlamlandırmaya başladığı buna bağlı olarak bilimsel düşünmeyi, problem çözme becerilerini kazandığı derslerin başında fen bilgisi gelmektedir (Kaptan, 1999). STEM, disiplinlerarası öğretim, mühendislik uygulamaları gibi popüler durumlar fen bilimleri eğitime de yansımış ve eğitimin kalitesini arttırmak için birtakım girişimlerde bulunulmuştur. Geçmişte de değişimlere ayak uydurmak için girişimlerin çoğunun öğretim programını güncellemek şeklinde olduğu bilinmektedir (Ayas, 1995; Ayas, Çepni & Akdeniz, 1993). Güncellenen fen bilimleri dersi öğretim programıyla bahsi geçen mühendislik ve tasarım becerileri öğretim programında alana özgü becerilere eklenmiştir (MEB, 2018; Yayla-Eskici & Özsevgeç, 2019; Yayla-Eskici & Özsevgeç, 2020). Bu açıdan bakıldığında, öğretim programının güncellenmesinin yanında eğitim sisteminde de bir değişim söz konusudur (Bakırcı & Kaplan, 2021). Mühendislik uygulamaları sonucunda çocukların erken yaşlarda bilimsel bilgi ve bilgiyi edinme yollarıyla tanışmaları sağlanmaktadır (Kuvaç & Koç-Sarı, 2018). Bu durum okulda öğrenilenler ile gerçek yaşam arasında bağlantı kurulmasına hizmet etmekte ve fene yönelik anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesine olanak tanımaktadır. (Kınık-Topalsan, 2018; Bolat & Karamustafaoğlu, 2023).

Mühendislik Tasarım Becerileri ve Tasarım Süreci

İlkokul-ortaokul düzeyi için önerilen mühendislik tasarım becerisi döngüsü özetle “Bir mühendis nasıl tasarım yapar?” sorusunun cevabı olarak düşünülebilir. Mühendisler için süreç her zaman bu kadar sade olmayabilir ancak, burada tasarım süreci öğrenci seviyesine göre basitleştirilmiş şekli olarak düşünülebilir. (Kınık-Topalsan, 2018). Mühendislik tasarım becerisi uygulamalarında mühendislik tasarımına yönelik bilgi ve beceriler ile tasarım sürecinde işleve sahip olan bilim anlayışının gelişimi beklenmektedir (Wendell vd., 2010). Dym, Agogino, Eris, Frey & Leifer (2005) tasarımı, mühendislik sürecindeki önemli bir parça olduğunu ifade etmiş ve süreci “tasarımcıların, ilgililerin ihtiyaçlarını karşılamak için ürettiği sistematik, akıllı bir süreç” olarak tanımlamıştır. İlgili literatürde bireylerin yaşlarına göre farklı mühendislik tasarım süreci modellerinin yer aldığı görülmektedir (Cunningham & Hester, 2007; Hynes vd., 2011; Fan & Yu, 2016). Bu çalışmada

üniversite düzeyinde yapılan bir çalışmanın sonucu olan Hynes ve diğerleri (2011) belirttiği dokuz aşama temel alınmıştır (Şekil 1). Tasarım sürecinde genellikle probleme yönelik ölçütleri belirleme, olası çözüm yollarının araştırılması, seçilen çözüm için prototip hazırlama, prototipin test edilmesi ve önceki adımların tekrarlanması şeklinde bir süreç söz konusudur (NRC, 2012).



Şekil 1. Mühendislik tasarım süreci (Hynes vd., 2011)

Öğrencileri mühendislik tasarım süreci ile tanıştırmamanın amacı, onların "bir şeyler inşa etmelerini" sağlamak değildir. Bu durum yaygın bir yanılgıdır. Mühendislik tasarım süreci, öğrencilere mühendisliğin, sorunlara yüksek kaliteli çözümler ve/veya ürünler geliştirmek amacıyla karar vermeyi geliştirmek için düşüncelerin organize edilmesi ile ilgili olduğunu öğretmeyi amaçlamaktadır. Mühendislik tasarımı ile ilişkili bilgi ve beceriler, belirli bir mühendislik sorununun gerektirebileceği mühendislik disiplini (örneğin, mekanik, elektrik, inşaat vb.) ve mühendislik bilimi (örneğin, termodinamik, statik veya mekanik) bilgisinden bağımsızdır (Hynes vd., 2011). Bu nedenle tasarım görevleri, genellikle mühendislik ve teknoloji okuryazarlığıyla ilişkilendirilen eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesini gerektirir. Mühendislik tasarım sürecinin başarılı bir şekilde uygulanmasındaki üç temel kavram şunlardır: öğrenciler mühendistir; öğretmenlerin öğrencilerini dinlemesi gerekir, ve mühendislik tasarım süreci yoluyla öğrenmenin doğru şekilde yapılması için sınıf ortamlarının değişmesi gerekmektedir (Hynes vd., 2011).

Mühendislik ve tasarım becerileri adına yapılan bu eğitim-öğretim girişimleri birtakım sorunları da beraberinde getirmiştir. Örneğin mühendislik ve tasarım becerilerini öğrencilere kazandırma noktasında öğretmenlerin de bu uygulamalarda deneyim kazanmaları ihtiyacı doğmuştur. Ayrıca, STEM ve buna bağlı mühendislik tasarım becerisi uygulamalarında teknolojiyi etkili kullanabilmek için pedagojik ve alan bilgisinin yanında mühendislik tasarım becerileriyle donanımlı ve nitelikli öğretmenlerin yetiştirilmesi gerekmektedir (Gündüz & Odabaşı, 2004; Harman & Yenikalaycı, 2021; Karamustafaoğlu, Tezel & Sarı 2018; Kirschner & Selinger, 2003; Özkaya, Bulut & Şahin, 2022). Bir probleme ait çözüm önerisi sunma, bu öneriyi mühendislik tasarımı olarak ifade etme, çözümü deneme ve çözümün nerelerde çalışmadığını ortaya koyarak yeniden tasarlama gibi üst düzey becerileri ileride uygulatacak ve değerlendirecek olan öğretmen adaylarının bu alandaki başarısı merak konusu olmaktadır.

İlgili literatürde mühendislik tasarım becerisi temelli etkinlikler ve STEM eğitimi uygulamaları yapıldığı görülmektedir (Aydın & Karşı-Baydere, 2023; Küpeli, 2021; Moore vd., 2014; Silk, Schunn & Strand-Cary, 2009; Türkoğuz & Kayalar, 2021; Uzel, 2019; Yurttaş, 2021). Bu çalışmalarda amaç yürütülen eğitimin ya da etkinliklerin problem çözme, yaratıcılık gibi becerilere etkisini araştırmaktır. Bu araştırma yapılırken mühendislik tasarım sürecinin basamakları incelenmemiştir. Yani mühendislik tasarımı temel alan eğitimlerin becerilere etkisi değerlendirilirken, hazırlanan mühendislik tasarımlarının doğruluğu sorgulanmamıştır. Bu bağlamda, mühendislik tasarım becerilerine yönelik sürecin nasıl yürütüldüğünün incelenmemesi, mühendislik tasarımının akademik başarı, problem çözme becerisi gibi incelenen diğer değişkenlere olan etkisini de belirsizleştirmektedir. Fan, Yu ve Lou (2018) mühendislik tasarımında süreci etkileyen faktörleri incelemiştir. Öğrencilerin ilgileri ve üst biliş becerilerinin mühendislik tasarımı en çok etkileyen durumlar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Fakat onlar da tasarım sürecinde hangi adımlarda nasıl eksiklerin olduğuna değinmemişlerdir. Bunun yanında ilgili literatürde, mühendislik tasarım becerisi ve bu becerinin öğretim programındaki işleniş, uygulanabilirliği hakkında öğretmen ya da öğretmen adaylarının görüşleri alındığı görülmektedir (Bakırcı & Kaplan, 2021; Güneş Koç & Kayacan, 2018; Hacıoğlu, Yamak & Kavak, 2016; Harman & Yenikalaycı, 2021; Meral, Yalçın, Çakır & Samur, 2022). Bu çalışmalarda ise, mühendislik tasarım becerilerine dair süreçteki zorlukların ve sıkıntıların ortaya konulması hedeflenmiştir. Fakat bu sorunlar belirlenirken

herhangi bir eğitimsel uygulama ya da etkinlik yapılmamıştır. Oysaki mühendislik tasarım sürecinin ya da bu süreçteki becerilerin işleyişteki etkileri belirlenirken belirli bir uygulama yapmak ve etkilerini saptamak daha gerçekçi olacaktır. Çünkü uygulama sayesinde mühendislik tasarımı yapılırken hangi noktalarda ne kadar başarıya ulaşıldığına dair somut kanıtlar elde edilecektir. İlgili literatürde birkaç çalışmanın bu durumu fark ederek mühendislik tasarım süreçlerini irdeledikleri görülmektedir. Karakaya ve Yılmaz (2021) çalışmalarında lise öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini incelemiş hedeflenen düzeye ulaşamadıklarını ortaya çıkarmıştır. Kınık-Topalsan (2018) ise, sınıf öğretmeni adaylarının mühendislik tasarım temelli fen etkinliklerini değerlendirmiş ve performanslarının düşük olduğunu görmüştür. İlgili çalışmalarda tasarım süreci değerlendirilirken her bir tasarım basamağı incelenmiş ve tasarım kalitelerine göre düzeyleri belirlenmiştir.

Mühendislik tasarım sürecine ait basamakların, içeriklerin incelendiği sınırlı sayıdaki çalışmalarda fen eğitime yön verecek olan fen bilgisi öğretmen adaylarının durumu belirsizdir. Fen bilgisi dersi öğretim programında STEM'in ve dolayısıyla mühendislik tasarım becerilerinin çalışabilirliği öğretmen adaylarının bu konuya yönelik bilgi, beceri ve yeterliliğe sahip olmaları ile doğru orantılıdır. Öğrencilere mühendislik becerilerinin gelişmesi için öncelikle öğretmenlerin bu konuda yetkin olmaları gerekmektedir. Dolayısıyla fen bilgisi öğretmenliği eğitiminde program bitiminde adayların sahip olması gereken niteliklerden birisi mühendislik tasarım becerileridir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının tasarım becerilerine ne derece hakim olduğunun belirlenmesi bahsedilen bu konulara da yön verecektir. Ayrıca, öğretmen adaylarının eğitim sürecini içeren ayrıntılı verilerin elde edilmesi incelenen içerikle ilgili olarak ileride oluşabilecek sorunların giderilmesinde büyük değer taşımaktadır (Ayvacı, Bebek & Yamaçlı, 2023). Bu bağlamda bu çalışma problemin belirlenmesi, ihtiyaçların belirlenmesi gibi becerilerin yer aldığı mühendislik tasarım sürecine dair öğretmen adaylarının bilgisini ve yeterliliklerini ortaya çıkarması bakımından önemlidir.

Çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine dair sürecin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır:

1. Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerini sergileme düzeyleri nasıldır?
2. Öğretmen adaylarının hazırladıkları rapordaki mühendislik tasarım becerilerini sergilerken yaptıkları hatalar nelerdir?

Yöntem

Araştırmanın Deseni

Çalışmada özel durum yöntemi kullanılmıştır. Durum çalışması, bir sistem içerisinde gerçekleşen durumun ya da olayların detaylandırılarak açıklanması olarak ifade edilmektedir (Creswell, 2007; Özmen & Karamustafaoğlu, 2019). Durum çalışmalarının en büyük faydası, araştırılmak istenen konunun derinlemesine ve birçok yönden incelenmesine olanak sağlamasıdır. Bu araştırmada, öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerini nasıl sergilediklerinin derinlemesine araştırılabilmesi için durum çalışması yöntemi uygun görülmüştür.

Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubu 2019-2020 eğitim-öğretim yılında Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde yer alan bir üniversitedeki fen bilgisi öğretmenliği son sınıfta öğrenim gören 28 öğretmen adayından oluşmaktadır. Katılımcıların %46,4'ü (N=13) kadın ve %53,6'sı (N=15) erkektir. Katılımcıların belirlenmesinde mühendislik tasarım becerilerine ve etkinliklere daha kolay uyum sağlayacağı düşünülen son sınıf öğrencileri tercih edilmiştir. Son sınıfta olmaları sebebiyle örneklem hem alan bilgisi hem de pedagojik bilgi bakımından birçok eğitimi de tamamlamıştır. Bu sayede öğretmen olarak çalışma seviyesine gelmiş bu adayların mühendislik becerisine ne kadar hakim oldukları da ortaya çıkarılmak istenmiştir. Ayrıca çalışma grubunda yer alan katılımcıların birbirleriyle uyum içerisinde çalışabilmelerine dikkat edilmiştir. Bu sebeple örneklem seçiminde amaçlı örnekleme yapılmıştır (Yağar & Dökme, 2018). Araştırmada, katılımcıların etkinlikleri işbirliği içerisinde gerçekleştirebilmeleri amacıyla 4'er kişilik 7 takım oluşturulmuştur. Takımların oluşturulmasında öğrencilerin kişisel ve akademik başarı düzeyleri dikkate alınarak takımların kendi içinde heterojen, takımlar arasında homojen dağılımın sağlanmasına dikkat edilmiştir.

Veri Toplama Aracı

Araştırmada veri toplama aracı olarak STEM entegrasyon temelli mühendislik tasarım becerisine yönelik etkinlik kitapçıkları hazırlanmıştır. Kitapçıklarda ısı ve sıcaklık, magnetizma, eğik düzlem, optik, iş ve enerji, elektrik ve sürtünme kuvveti konularından örnek olayların yer aldığı etkinlikler ve raporu hazırlamak için yönlendirici sorular bulunmaktadır. Hazırlanan kitapçıklar kullanılarak her gruba bir konu verilip kendi konu ve etkinliklerine dair uygulamalar yapmaları ve ürün elde etmeleri hedeflenmiştir. Şekil 2’de kitapçıktaki genel içerik başlıklarından bir örnek sunulmuştur. Kitapçıkta örnek olay ile ilgili resim, sorular için cevaplama boşlukları ve rapor sunumu için yeterli alanlar bırakılmıştır.

Mehmet işe gitmek için geç kalmıştır. Arabasına koşarak hemen kontağı açmış fakat havanın soğuk olması sebebiyle camlar, yan aynalar birçok görüş alanının buzla kaplı olduğunu fark etmiştir. Mehmet’in çok zamanı yoktur. Camlardaki bu durumu hemen düzeltip arabasını sürmeye başlaması gerekmektedir. Mehmet durumu hemen düzeltmeyi başaramamış ve işe geç kalmıştır. İşyerinde arkadaşına durumu anlatmış ve arkadaşı da bazen böyle sonular yaşadığını camlardaki buzu daha hızlı eritecek bir sistem olması gerektiğini söylemiştir.

1. Mehmet’in bu durumdan kurtulmasını sağlayacak çözümler neler olabilir?
2. Mehmet’in bu durumdan kurtulmasını sağlayacak çözümler için sınırlılıklar nelerdir?
3. Mehmet’in bu durumuna çözüm getirmek için sınıf ortamındaki kaynakları kullanarak araştırma yapabilirsiniz. Ancak öncelikle ne gibi bilgilere ihtiyacınız olduğunu grup arkadaşlarınızla tartışarak not ediniz.
4. Mehmet’in durumu için önerdiğiniz çözüm önerileri nelerdir?
5. Çözüm önerilerinizden birine karar vermeniz için her bir çözümü kriterleriniz ve sınırlılıklarınız bağlamında sorgulamanızı bekliyoruz. Mühendisler çözüm önerilerini sorgulamak için geçirdikleri bu sorgulama sürecinde karar verme matrislerinden yararlanırlar. Sizin matrisleriniz nelerdir?
6. Matrislerinizden faydalanarak prototip sunumu yapabiliyor musunuz?
7. Eğer tasarımınızda karalıysanız son halini hazırlayınız. Tasarımınızda neden başarılı olduğunuzu düşünüyorsunuz? Karar gerekçeleriniz nedir?
8. Başka bir bilim insanı sizin ürününüzü geliştirmek istese açıklamalarınız yeterli olur mu?

*Yukarıdaki olaya yönelik yaptığınız araştırma sürecini ve ürününüzü aşağıdaki başlıkları kullanarak raporlaştırınız. Raporunuzu hazırlarken yukarıdaki sorulara cevap arayınız. Bu sorulara cevap verebilmeniz raporunuzun ve ürününüzün kalitesi açısından size yol gösterecektir.

PROBLEMİN BELİRLENMESİ

ARAŞTIRMALAR VE ARAŞTIRMA SONUÇLARI

OLASI ÇÖZÜMLER

EN İYİ ÇÖZÜM (KARAR MATRİSLERİNİZ)

PROTOTİP

PROTOTİPİN TEST EDİLMESİ (PROBLEM VE MALİYET AÇISINDAN)

YENİ TASARLAMA ÖNCESİ SORGULAMA (KARAR GEREKÇELERİNİZ)

YENİDEN TASARLAMA (YAPILAN İYİLEŞTİRMELER)

SON TASARIM

Şekil 2. Mühendislik tasarım becerilerine yönelik etkinlik kitapçığı örneği

STEM eğitiminde anlamlı öğrenmeye teşvik etmek için gerçek dünya bağlamlarının kullanılması gerekmektedir (Roehrig, Dare, Ring-Whalen & Wieselmann, 2021). Etkinliklerde öğretmen adaylarından probleme yönelik mühendislik ve teknoloji odaklı çözüm önerileri üretmeleri beklenmiştir. Etkinlikler, öğretmen adaylarının öğrenim hayatları boyunca fizik, kimya, biyoloji ve matematik derslerinde edindikleri kazanımları mühendislik tasarım becerilerini kullanarak ürüne dönüştürmelerine kadar geçirdikleri süreçleri değerlendirmek için hazırlanmıştır. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerini sergileme düzeylerini belirlemek amacıyla tasarım basamaklarının her aşamasında sorular bulunmaktadır. Bu sayede tasarımın düzeyi belirlenirken yalnızca sürece dair yazım ve çizim değil, neyin nerden geldiğine dair daha net bilgiler elde edilmek istenmiştir. Sorular, Hynes ve diğerleri (2011) tarafından tanımlanan mühendislik tasarım sürecinin temel basamakları dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Mühendislik Tasarım Becerileri Değerlendirme Rubriği

Fen bilgisi öğretmenliği son sınıfta öğrenim gören öğretmen adaylarının STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıklarında yer alan problem ve probleme yönelik çözüm sürecini değerlendirmek için mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği hazırlanmıştır. Rubrik hazırlanırken hem Hynes ve diğ. (2011) tasarım basamakları hem de Volkmann ve Abell (2019) sorgulamaya dayalı etkinlik değerlendirme rubriğinden faydalanılmıştır. Rubrik Tablo 1’de gösterildiği gibidir. Rubrikteki her bir içerik/ilke 5 basamakta değerlendirilip puanlanmıştır. Geliştirilen rubrik fen eğitimi alanında uzman üç kişinin görüşü alınarak son haline getirilmiş ve kapsam geçerliliği sağlanmıştır. Geliştirilen etkinlik değerlendirme ölçütleri beş aşamaya ayrılmış, maddeler bu beceriyi sergileme durumu “yapılan uygulamalar ilgisiz-yetersiz” (1), “yapılan uygulamalar kötü-net değil” (2), “yapılan uygulamalar orta-geliştirilmeli” (3), “yapılan uygulamalar iyi-başarılı” (4), “yapılan uygulamalar çok iyi-istenilen tüm niteliklere sahip” (5) şeklinde puanlandırılmış ve böylece geliştirilen etkinliklerin mühendislik tasarım sürecine uygunluğunun ne kadar sağlandığı değerlendirilmiştir (Kınık-Topalsan, 2018).

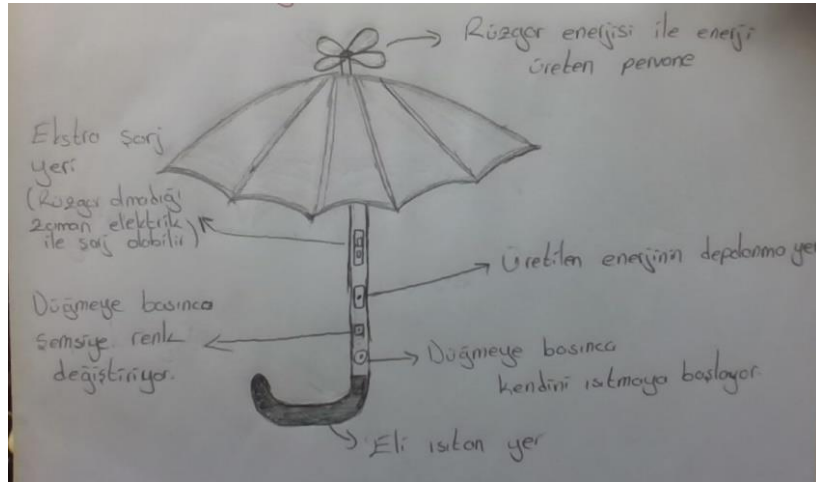
Tablo 1. Mühendislik tasarım becerilerine yönelik etkinlikleri değerlendirme rubriği

İlkeler	İçerik	Kontrol
İhtiyaç ya da problemi tanımlama	<i>Problemi tanımlamak için sorular sorarak öncü düşünceler oluşturulması</i>	Mühendislik tasarımı gerçek yaşam temelli soru, problem ya da ihtiyaç ile başlamış mı?
Probleme yönelik araştırma yapma	<i>Öncü düşüncelerin şekillendirilmesi</i>	Var olan çözümlerin araştırılmış, deneysel veriler toplanmış ya da alternatif çözümlere yönelik beyin fırtınası yapılmış mı?
Olası çözümler geliştirme	<i>Taslak raporun oluşturulması</i>	Elde edilen bilgiler değerlendirilip konu ile ilgili ön raporlar hazırlanmış mı?
En iyi çözümü seçme	<i>Karar matrislerinin hazırlanması</i>	Bazı kriterleri göz ardı ederek en iyi tasarıya yönlenmiş mi?
Prototip hazırlama	<i>İlk tasarımın yapılması</i>	Tasarıyı görselleştirerek ayrıntılar ortaya koyularak tasarım yapılmış mı?
Çözümü test etme	<i>Hem problemi giderme hem de malzeme kullanışlık, maliyet açısından değerlendirmelerin yapılması</i>	Yapılan tasarımın başarısının test edilmesi ve değerlendirilmesi yapılmış mı?
Çözümü iletme	<i>Yeniden tasarlama öncesi sorgulama ve paylaşım</i>	Karar gerekçeleri paylaşılmış mı?
Yeniden tasarlama	<i>İyileştirmelerin yapılması</i>	Tasarı bilimsel açıdan tatmin sağlanana kadar yeniden tasarlamaya olanak sunuyor mu?
Son tasarım	<i>Ürünün sunulması</i>	Tasarımın <u>geliştirilebilir</u> son hali paylaşılmış mı?

Verilerin Analizi

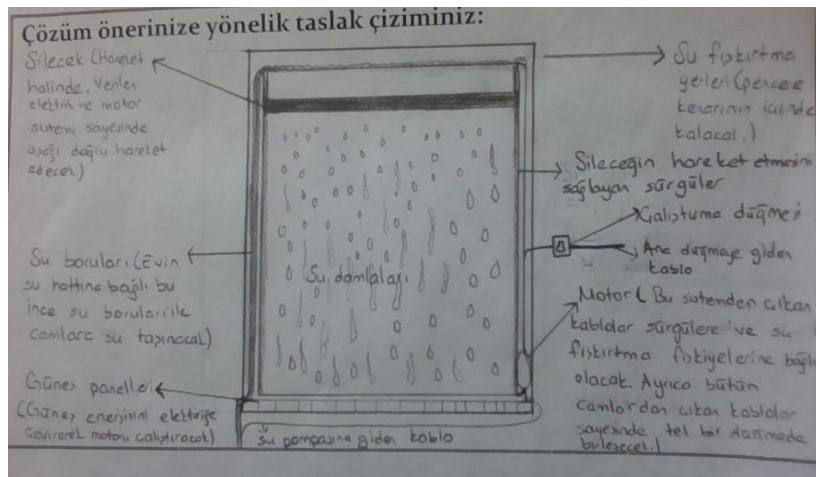
Öğretmen adayları etkinlikleri gruplar halinde yapmış, beraber araştırmış fakat her öğretmen adayı araştırması sonucundaki basamakları ve tasarımını kendisi oluşturmuştur. Bu sayede öğretmen adaylarının her birinin sürece ayrıntılı olarak dahil edilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple etkinlik verileri her öğretmen adayı için ayrı ayrı elde edilmiştir. Verilerin analizinde her bir basamak puanlanarak ortalama puanlar hesaplanmıştır. Puanlandırma fen eğitimi alanında uzman başka bir öğretim üyesine de yaptırılarak puanlayıcı güvenilirliği hesaplanmıştır. Verilerin güvenilirliği için, $\text{güvenirlik} = (\text{görüş birliği}) / (\text{görüş birliği} + \text{görüş ayrılığı})$ formülüne başvurulmuştur (Miles & Huberman, 1994: 64). Araştırmacılar arasındaki uyum %91 olarak hesaplanmıştır. Tablo 1’de verilen maddelere ilişkin ortalama puanlar hesaplanarak sunulmuştur. Puanların aritmetik ortalamaları alınarak, 1,00-1,79: “Kötü”, 1,80-2,59: “Düşük nitelikte”, 2,60-3,39: “Yeterli”, 3,40-4,19: “İyi” ve 4,20-5,00: “Mükemmel” olarak kategorize edilmiştir. 3,40 ve yukarı ortalama puan alan

maddeler başarılı olarak kabul edilmiş, 3,40'dan aşağı puan alan maddeler ise üzerinde daha fazla çalışılması gerektiği yönünde yorumlanmıştır (Kınık-Topalsan, 2018).



Şekil 3. Öğretmen adayının ilk tasarım (prototip) örneği

Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerileri yalnızca basamakların incelenmesi ve rapordaki yazılı kısımların değerlendirilmesinden elde edilmemiştir. Mühendislik tasarım becerisinde en önemli aşamalardan olan tasarımların ortaya koyulması sundukları içeriklerin desteklemesi bakımından önemlidir. Şekil 3'te öğretmen adayı problemine yönelik ilk tasarımını gerçekleştirmiştir. Bu şeklin değerlendirilmesinde tasarımın açıkça anlaşılır olması ve her bir çizim parametresinin ayrıntısıyla ortaya koyulması önemli görülmüştür. Şekil 4'te ise, öğretmen adayı problemine yönelik son tasarımını gerçekleştirmiştir. Elde edilen son ürünün rubrikte de belirtildiği üzere; yeniden tasarlamaya olanak veren, ayrıntıları ile ortaya konmuş, geliştirilebilir gibi özelliklerini kapsamaya dikkat edilmiştir.



Şekil 4. Öğretmen adayının son tasarım (ürün) örneği

Araştırmanın ikinci alt problemine yönelik olarak, öğretmen adaylarının etkinlik raporları ayrı ayrı incelenerek her bir tasarım basamağındaki cevapları incelenmiştir. Verilen her bir cevaptaki hatalar not edilmiştir. Elde edilen hatalar gruplandırılarak ortak hatalar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, betimsel analiz yapılarak her tasarım basamağındaki hatalar ve frekansları belirlenmiştir. Bu sayede mühendislik tasarım becerilerini sergileme sürecindeki eksikler ortaya çıkarılarak ileride verilecek olan eğitimlere de yön vermek amaçlanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen veriler ayrı bir başlıkta tablolar halinde sunulmuştur.

Bulgular

Mühendislik Tasarım Becerisi Sergileme Düzeylerine Ait Bulgular

Fen bilgisi öğretmen adaylarının etkinliklere yönelik tasarımları ve her basamaktaki sorulara verdikleri yanıtlar değerlendirilerek aldıkları puanların frekansları, yüzdeleri, aritmetik ortalamaları ve bu aritmetik ortalamalar ile elde edilen tasarım gerçekleştirme düzeyleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarlama ilkelerine göre aldıkları puanların frekans, yüzde değerleri ve aritmetik ortalamaları

No	İlkeler	1		2		3		4		5		Ort.	Gerçekleşme düzeyi
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%		
1	İhtiyaç ya da problemi tanımlama	5	17,9	9	32,1	9	32,1	4	14,3	1	3,6	2,53	Düşük nitelikte
2	Probleme yönelik araştırma yapma	2	7,1	7	25,0	11	39,3	4	14,3	4	14,3	3,03	Yeterli
3	Olası çözümler geliştirme	8	28,6	8	28,6	10	35,7	1	3,6	1	3,6	2,25	Düşük nitelikte
4	En iyi çözümü seçme	1	3,6	12	42,9	6	21,4	7	25,0	2	7,1	2,89	Yeterli
5	Prototip hazırlama	5	17,9	4	14,3	3	10,7	9	32,1	7	25,0	3,32	Yeterli
6	Çözümü test etme	3	10,7	3	10,7	7	25,0	10	35,7	5	17,9	3,39	Yeterli
7	Çözümü iletme	8	28,6	10	35,7	6	21,4	2	7,1	2	7,1	2,28	Düşük nitelikte
8	Yeniden tasarlama	5	17,9	8	28,6	9	32,1	3	10,7	3	10,7	2,67	Yeterli
9	Son tasarım	2	7,1	2	7,1	8	28,6	6	21,4	10	35,7	3,71	İyi

Etkinlikte yapılan her bir mühendislik tasarım becerisi basamağı incelendiğinde, ihtiyaç ve problemi tanımlamada öğretmen adaylarının % 64,2’sinin 2. ve 3. Seviyede performans gösterdiği görülmüştür. En iyi çözüm seçme basamağında ise, öğretmen adaylarının %42, 9’unun 2. Seviyede performans sergilediği ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde çözümü iletme basamağında da öğretmen adaylarının % 35,7’sinin 2. Seviyede içerik

ürettikleri belirlenmiştir. Bunun yanında probleme yönelik araştırma yapma basamağında % 39,3, olası çözümler geliştirme basamağında % 35,7, yeniden tasarlama basamağında % 32,1 öğretmen adayının 3. seviyede içerik ürettikleri belirlenmiştir. Prototip hazırlama basamağında ise % 32,1, çözümü test etme basamağında % 35,7 öğretmen adayının 4. Seviyede içerik ürettikleri ortaya çıkmıştır. Yalnızca son tasarım basamağında ise, %35,7 öğretmen adayının yaptıkları ürünleri sunmada istenilen tüm özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir.

Tablo 2’de bulunan ortalamalar incelendiğinde ortalaması 1,00-1,79 puan aralığına düşen maddelerin bulunmadığı görülmektedir. Öğretmen adayları, fen ile ilişkili konularda problemler bulmadan ürün oluşturma sürecine kadar yaptıkları aşamalarda ‘kötü’ sayılabilecek bir uygulama yapmamıştır. İlgili basamakları düşük nitelikte de olsa çalışmalarına yansıtabilmişlerdir. Fakat bu durum diğer ortalamalar incelendiğinde tam olarak yeterli olmadığı görülmektedir

Ortalaması 1,80-2,59 puan aralığına düşen maddeler 1., 3. ve 7. maddeler olarak tespit edilmiştir. Bu durum öğretmen adaylarının bu basamaklarda “düşük nitelikte” bir performans ortaya koyduklarını göstermektedir. 2., 4., 5., 6. ve 8. maddelerin puan ortalamasının 2,60-3,39 aralığında olduğu tespit edilmiştir. İlgili maddelerde yazan değerlendirme kriterleri “yeterli” olarak görülmektedir.

Son tasarım yani ürün sunma olarak geçen basamakta ise “iyi” sayılacak derecede performans elde edilmiştir. Öğretmen adayları taslakların geliştirip son ürünlerini sundukları bu basamakta diğer tüm aşamalardan daha ileri düzeyde içerik ürettikleri görülmüştür. Araştırmada, ortalaması 4,20-5,00 puan aralığının düşen tek bir maddeye rastlanmıştır. Son madde yani ürünlerin sunulması kısmında, öğretmen adaylarının çoğu (%35,7) mükemmel seviyede içerik üretse de aritmetik ortalamalar genel durumda “iyi” düzeyde bir performans olduğunu göstermektedir.

Mühendislik Tasarım Becerisi Sergilenirken Yapılan Hatalara Ait Bulgular

Öğretmen adaylarının yaptıkları tasarımlar ve tasarım süreci hakkında daha ayrıntılı bilgi sunması bakımından rapor içeriklerindeki hatalar analiz edilmiştir. Elde edilen verilere göre mühendislik tasarım becerisi sürecinde yapılan hatalar ve frekansları aşağıdaki gibidir.

Tablo 3. Problem belirleme basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Örnek olayla ilişkili fakat gerçek yaşamla bağlantısız problem belirlenmiştir.	9
Problemin belirlenmesi başarısızdır/net değildir.	9
Örnek olayla bağlantısız problem belirlenmiştir.	5
Örnek olayla ilişkili fakat yüzeysel/ basit problem belirlenmiştir.	4

Tablo 3 incelendiğinde, öğretmen adaylarının problem belirleme basamağında yaptıkları hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğun (N=9) örnek olayla ilişkili problem belirlese de bu problemlerin günlük yaşamla bağlantısını ifade edemedikleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca yine aynı sayıda öğretmen adayının problem belirlemede başarısız oldukları görülmektedir. Bazı öğretmen adayları ise (N=4), problem belirlenirken örnek olayla ilişkili olsa da basit düzeyde problem belirledikleri görülmektedir.

Tablo 4. Araştırma yapma basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Var olan çözümler ayrıntılı araştırılmış fakat verilerin toplanması eksiktir.	11
Probleme yönelik araştırma eksik ve net değildir.	7
Var olan çözümler ayrıntılı araştırılmış, veriler toplanmış fakat alternatif çözümler belirlenmemiştir.	4
Probleme ilgisiz araştırma yapılmış ve veri toplanmıştır.	2

Problem belirlendikten sonra öğretmen adayları beraber araştırma yapma basamağına geçmişlerdir. Tablo 4 incelendiğinde, öğretmen adaylarının birlikte yaptıkları araştırmalar sonunda raporlarında yaptıkları araştırma hataları görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğunun (N=11) araştırma için var olan çözümlerin ayrıntısıyla araştırdıkları fakat verileri toplamada eksik kaldıkları görülmektedir. Bazı öğretmen adayı ise (N=2) problemle ilişkisiz araştırma yapıp veri toplamışlardır.

Tablo 5. Olası çözüm geliştirme basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Elde edilen veriler değerlendirilmiş fakat ön rapor hazırlanmamıştır.	10
Veriler eksik ve tam değerlendirilmemiştir.	8
Araştırma verileri yetersiz ve ilgisizdir.	8
Elde edilen veriler değerlendirilmiş fakat ön rapor yetersizdir.	1

Gruplar araştırmalarını yapıp raporlaştırdıktan sonra araştırma sonuçları bağlamında olası çözümler geliştirmeye geçmişlerdir. Tablo 5 incelendiğinde, öğretmen adaylarının çözüm geliştirmede yaptıkları en temel hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğu (N=10) araştırmaları sonucunda elde ettikleri verileri değerlendirmiş fakat değerlendirme sonuçlarının irdelendiği ön raporu hazırlamamışlardır. Bir öğretmen adayı ise verilerini değerlendirdiği fakat yetersiz/kötü bir ön rapor hazırlandığı görülmektedir.

Tablo 6. En iyi çözümü seçme basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Çözümü seçerken göz ardı edilecek kriterler ve karar matrisleri net değildir.	12
Çözüm seçilirken göz ardı edilecek kriterler belirli, karar matrisleri oluşturulmuş fakat tasarımlar arasından yapılan seçim belirsizdir.	7
Çözüm seçilirken göz ardı edilecek kriterler belirli fakat tasarım seçimi yapılmamıştır.	6
Çözüm için verilen kriterler, karar matrisleri ve seçimler konuyla ilgisizdir.	1

Öğretmen adayları olası çözümlerini geliştirdikten sonra çözümü seçme aşamasına geçmişlerdir. Tablo 6 incelendiğinde, öğretmen adaylarının bu çözümleri seçerken yaptıkları en temel hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğunun (N=12) çözümü seçerken göz ardı etmeleri gereken kriterleri ve karar matrislerini belirlerken net olmadıkları görülmüştür. Bir öğretmen adayının ise, çözümü seçerken oluşturduğu kriter, karar matrisleri ve seçimler konuyla ilgisizdir.

Tablo 7. Prototip hazırlama basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Tasarı görselleştirilmiş fakat bazı görseller anlamsızdır.	9
Tasarı ile çözüm ilgisizdir.	5
Tasarımın çözüme olan katkısı net değildir.	4
Tasarım çözüm bakımından geliştirilmesi gerekmektedir.	3

Karar matrisleri ve kriterlerini doğru şekilde hazırlanıp en iyi çözüme yönelen öğretmen adayları prototipleri yani ilk tasarımlarını hazırlamaya geçmişlerdir. Tablo 7 incelendiğinde, öğretmen adaylarının prototiplerinde yaptıkları hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğunun (N=9) prototiplerini görselleştirirken bazı görselleri anlamsız şekilde ifade ettikleri, yani anlaşılmadığı görülmektedir. Bazı öğretmen adaylarının ise (N=3), hazırlanan prototiplerinin çözüm bakımından yeniden geliştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 8. Çözümü test etme basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Yapılan tasarımın başarısının test edilmesinde problem ayrıntısıyla değerlendirilmiş fakat maliyet değerlendirmesi yüzeysel yapılmıştır.	10
Yapılan tasarımın değerlendirilmesinde hem problem hem de maliyet değerlendirmesi yüzeysel yapılmıştır.	7
Yapılan tasarımın değerlendirilmesinde problemin değerlendirilmesi yüzeysel yapılırken maliyet değerlendirmesi bulunmamaktadır.	3
Yapılan tasarımın değerlendirilmesinde problem ve maliyetten bahsedilmemiştir.	3

İlk tasarımlarını yani prototiplerini hazırlayan öğretmen adayları yaptıkları tasarımı test etme, çözümü ne derece yansıttığını değerlendirme aşamasına geçmişlerdir. Tablo 8 incelendiğinde, öğretmen adaylarının bu prototiplerin çözümü test etmesini değerlendirirken yaptıkları hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğunun (N=10) yaptıkları tasarımları test ederken probleme ayrıntısıyla değindiği fakat tasarım maliyetini incelerken yüzeysel kaldıkları görülmüştür. Bazı öğretmen adayları ise (N=3), yapılan prototiplerin değerlendirilmesinde hem problemten hem de maliyetinden bahsetmedikleri görülmektedir.

Tablo 9. Çözümü iletme basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Yeniden tasarlamadan önce yapılan sorgulama ve karar gerekçeleri net değildir.	10
Yeniden tasarlama öncesi sorgulama yeterince yapılsa da karar gerekçeleri paylaşılmamıştır.	8
Yeniden tasarlama öncesinde sorgulama yeterince yapılsa da karar gerekçeleri yetersiz paylaşılmıştır.	6
Yeniden tasarlama öncesinde yapılan sorgulama oldukça başarılı fakat karar gerekçeleri yetersizdir.	2

İlk tasarımın problem ve maliyet bakımından irdelenmesinin ardından öğretmen adayları çözümü iletme yani yeniden tasarım yapma öncesi değerlendirmelere geçmişlerdir. Tablo 9 incelendiğinde, öğretmen adaylarının çözümü iletme basamağında yaptıkları hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğunun (N=10) yeniden tasarlamaya geçmeden yaptıkları sorgulamada ve karar gerekçelerini ifade etmede net olmadıkları görülmektedir. İki öğretmen adayı ise, sorgulamada başarılı olsa da karar gerekçelerinde yetersizdir.

Tablo 10. Yeniden tasarlama basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Yeni tasarım yeniden geliştirilmeye olanak sunmakta fakat yapılan iyileştirmeler geliştirilmelidir.	9
Yapılan iyileştirmeler net değildir ve tasarım yeniden yapılandırmaya uygun değildir.	8
Tasarımda iyileştirme yapılmamış ve tasarım yeniden geliştirmeye uygun değildir.	5
Tasarımda başarılı iyileştirmeler yapılmış fakat kısmen yeniden tasarlamaya uygundur.	3

İlk tasarımın sorgulamasını yapıp karar gerekçelerini belirleyen öğretmen adayları yeniden tasarım yapmaya geçmişlerdir. Tablo 10 incelendiğinde, öğretmen adaylarının yeniden tasarımları sırasında yaptıkları hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğunun (N=9) yaptıkları tasarımın yeniden geliştirmeye açık olduğunu fakat tasarımlarında yaptıkları iyileştirmelerinin geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Bazı öğretmen adaylarının ise (N=3), ilk tasarımlarında başarılı iyileştirmeler yaptıkları fakat tasarımın geliştirilmesine kısmen uygun olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 11. Son tasarım basamağında yapılan hatalara ilişkin bulgular

Hata kaynağı	f
Kısmen geliştirilebilir bir ürün sunulmuştur.	8
Ürün geliştirilebilir nitelikte olmasına rağmen anlaşılmayan görseller bulunmaktadır.	6
Ürün sunumundaki görseller anlaşılır olmayıp geliştirilmeye de uygun değildir.	2
Ürün sunumu yetersizdir ve geliştirmeye uygun değildir.	2

Tasarımını iyileştiren ve yeniden düzenleyen öğretmen adayları son tasarım basamağına geçmişlerdir. Tablo 11 incelendiğinde, öğretmen adaylarının mühendislik tasarım ürünlerinin sunumunda yaptıkları hatalar görülmektedir. Öğretmen adaylarının çoğunluğunun (N=8) kısmen geliştirilebilir bir ürün ortaya koydukları görülmektedir.

Tartışma ve Sonuç

Verileri özel öğretim yöntemleri-II dersinde elde edilen bu araştırmada yapılan uygulamaların bir ürünü olarak, fen bilgisi öğretmen adaylarının istenilen mühendislik tasarım becerileri değerlendirildiğinde, öğretmen adaylarının beklenenin altında bir performans gösterdikleri görülmektedir. İlgili literatürde de öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerini uygulama sürecinde ve STEM uygulamalarında yetersiz

oldukları görülmüştür (Kınık-Topalsan, 2018; Türkoğuz & Kayalar, 2021; Uzel, 2019). Tasarım basamaklarındaki adımlar detaylı incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının hangi basamaklarda sıkıntı yaşadıkları, hangi basamaklarda rahatlıkla kendilerini ifade ettikleri açıkça görülmektedir. Bu bakımdan öğretmen adaylarının ileride fen derslerinde mühendislik tasarım becerilerini uygulamak için hazır olmadıkları söylenebilir. Bu durum elbette istenen bir sonuç değildir. Etkinlik yaparken kendilerinin de nerelerde zorlandığını gören öğretmen adayları kendi performanslarının da farkında olmuşlardır. Bu sebeple gelecek nesiller için oldukça önemli olan ve dönemin teknolojiye adapte olmuş çocuklarına da bu konuda verecekleri eğitim konusunda kendilerine güvenleri azalmıştır. Ford (2007)'ye göre öğretmenlerin STEM öğretimi konusundaki güvenleri bu uygulamalara dair içeriği öğretmek için önemlidir. Bu sebeple fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine yönelik süreç ile ilgili bilgilerinin ve becerilerinin artırılması güvenlerinin gelişmesi için önemli görülmektedir.

Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerini sergilerken hangi basamaklarda başarılı oldukları hangi basamaklarda başarısız oldukları da çalışma sayesinde ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları; ihtiyaç ve problemi belirleme, en iyi çözümü seçme ve çözümü iletme basamaklarında kötü- net olmayan düzeyde performans göstermişlerdir. Bu sebeple öğretmen adaylarının karşılaştıkları sorunlara yönelik bilimsel problemi belirlemede, bazı kriterleri göz ardı ederek karar matrisleri hazırlayıp en iyi çözüme yönelme ve karar gerekçelerini paylaşarak yeniden tasarlama öncesi sorgulama yani çözümü iletme konusunda oldukça başarısız oldukları söylenebilir. Bu durum öğrencilerin problemi belirlese de gerçek yaşam temelli düşünceleri oluşturamaması, çözümü seçse de karar matrislerini ifade edememe gibi alt basamaktaki süreçlerin eksikliğinden kaynaklanıyor olabilir. İlgili tasarım basamaklarında yapılan hatalar incelendiğinde, öğretmen adaylarında geliştirilmesi gereken tasarım becerileri daha net görülebilir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının problem geliştirirken örnek olayla ilişkilendirdiği fakat gerçek yaşam temelli hazırlayamadıkları ortaya çıkmıştır. En iyi çözümü seçerken, göz ardı etmeleri gereken kriterleri ve karar matrislerini net şekilde belirleyemedikleri de bir diğer sonuçtur. Çözümü iletme basamağında ise, hem sorgulama hem de karar gerekçelerini belirlemede yetersizdirler.

Fen bilgisi öğretmen adayları probleme yönelik araştırma yapma, olası çözümler geliştirme ve yeniden tasarlama basamaklarında orta-geliştirilmesi gereken düzeyde oldukları görülmüştür. Etkinlik raporlarında da görüldüğü üzere bu durum öğrencilerin çözümleri araştırdığında öncü düşünceleri şekillendirememesi, ön rapor eksik hazırlama ve tam bir bilimsel tatmin sağlamadan yeniden taslak geliştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple öğretmen adaylarının bu basamaklarda uygulama yaparak becerilerinin geliştirilmesi gerektiği aşikardır. İlgili tasarım basamaklarında yapılan hatalar incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarında geliştirilmesi gereken tasarım becerileri daha net görülebilir. Öğretmen adayları araştırma yaparken çözümler ayrıntılı şekilde araştırılmış fakat verilerin toplanması eksiktir. Çözümler geliştirilirken elde edilen veriler değerlendirilmiş fakat ön rapor hazırlanmamıştır. Yeniden tasarlama basamağında ise, yapılan tasarımlar geliştirmeye olanak sağlasa da yaptıkları iyileştirmelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının tasarımı görselleştirerek ayrıntıları ortaya koyup prototipleri hazırlama ve yapılan tasarımları test ederek çözümü test etmeleri bakımından iyi-başarılı oldukları görülmüştür. Burada bir çelişki de dikkat çekicidir. Araştırma yapma ve olası çözüm geliştirme basamağında geliştirilmesi gereken düzeyde olan öğretmen adayları, prototip hazırlamaya gelince başarılı şekilde performans göstermişlerdir. Fakat bu durum istenen bir sonuç değildir. Çünkü prototip ve ona dair sunumlar başarılı olsalar da araştırma ve taslak raporda eksikler yapan öğretmen adaylarının yaptıkları bu prototiplerin çözüm üretme açısından kalitesini sorgulanabilir. İlgili tasarım basamaklarında yapılan hatalar incelendiğinde, öğretmen adaylarda geliştirilmesi gereken tasarım becerileri daha net görülebilir. Bu bakımdan, prototip hazırlarken görselleştirmeyi yaparken bazı görselleri anlamsız olduğu görülmüştür. Çözümü test ederken ise, problemi ayrıntısı ile test ettikleri fakat maliyet değerlendirmede eksik kaldıkları görülmüştür.

Tüm basamaklarda istenen düzeyde içerik üretemeyen fen bilgisi öğretmen adaylarının ürün sunma basamağında en iyi performansı sergilediği görülmüştür. Bu da benzer şekilde sorgulanması gereken bir durumdur. Çünkü diğer basamakları istenilen seviyede yapamayan öğretmen adaylarının elde ettikleri ürünleri başarılı şekilde ve ilkelere uygun sunabilse de bu durumun başarısı çok da net değildir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının genel durumu göz önüne alındığında kötü seviyede tasarım basamağına rastlanmamıştır. Bu durum fen bilgisi öğretmen adaylarının lisans derslerinde birçok farklı derste problem çözme, eleştirel düşünme gibi becerileri kullandıkları derslerden kaynaklanabilir. Son sınıfta öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adayları bu sınıfa kadar pedagojik ve bilimsel içerik bakımından farklı derslerde uygulamalar yapmışlardır. Özellikle laboratuvar ve uygulamalı dersler sayesinde öğretmen adaylarının tasarım süreçlerinden az da olsa haberdar oldukları açıktır. Fakat mükemmel yani istenilen seviyede gerçekleşen bir basamak da maalesef olmamıştır. Bu durum da her ne kadar farkında olsalar da öğretmen adayları için mühendislik tasarım becerileri, bu becerilere dair süreçteki adımlar, tasarım ilkeleri, mühendislik becerileri gibi eğitimlerin gerekli olduğunu göstermektedir. İlgili literatürde de öğretmen ve öğretmen adaylarının bu taraz eğitimlere ihtiyaç duydukları dile getirilmiştir (Güneş Koç & Kayacan, 2018; Meral vd., 2022; Yurttaş, 2021). Öğretmen adaylarının ihtiyaç ve problemi belirleme, olası çözüm geliştirme ve çözümü iletme basamaklarında düşük nitelikte olması tasarım basamaklarının can alıcı noktalarında eksikler yaşadıklarının bir göstergesidir. Probleme yönelik araştırma yapma, en iyi çözümü seçme, prototip hazırlama, çözümü test etme ve yeniden tasarlama gibi dokuz basamaktan beş basamağın yeterli düzeyde olması ise oldukça sevindiricidir. Ayrıca son tasarım yönünden kendilerini oldukça güzel ifade ederek iyi seviyede içerikler sunan öğretmen adayları yaptıkları ürünleri sergilemede başarılı sayılabilirler.

Öneriler

Çalışmada fen bilgisi öğretmen adayları için mühendislik tasarım becerilerine yönelik etkinlikler hazırlanmış, uygulanmış ve performansları incelenmiştir. Fen bilgisi öğretmen adayları mühendislik tasarım becerilerini sergilemede genel olarak iyi düzeyde performans sergilemeler de, tasarım basamaklarının bazılarının gerçekleşme düzeyinin düşük nitelikte oldukları görülmüştür. Bu bakımdan fen bilgisi öğretmen adaylarına yönelik mühendislik tasarım becerileri eğitimlerinde: Problem ya da ihtiyacı tanımlama, olası çözüm geliştirme ve çözüm iletme basamaklarında uygulamalar yaptırılabilir.

Öğretmen adaylarının hazırladıkları tasarımların aşamalarında sıkıntı yaşasalar da ürünlerini ifade etmekte başarılı oldukları ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, tasarımlarını iyi ifade eden öğretmen adaylarının pazarlama ve ürün patent alma konusundaki durumu merak konusudur. Ürünlerini tasarım boyutlarına uygun ifade eden öğretmen adaylarının

ürünleri için afiş hazırlama, reklam tasarlama ve pazarlama konularındaki durumları da incelenebilir.

Öğretmen adaylarının tasarımlarında yaptıkları hatalar göz önüne alındığında: problemin günlük hayatla bağlanması, verilerin toplanması, verilere göre ön rapor hazırlanması, görsellerin ifade edilmesi için çizim vb. uygulamalar, tasarım maliyetinin değerlendirilmesi, sorgulama becerileri ve karar gerekçelerinin belirlenmesi, tasarımın iyileştirilmesi, geliştirilebilir/geliştirmeye açık ürün hazırlama konularında eğitimler verilmesi önerilebilir. Ayrıca çalışmada elde edilen bu hataların benzer durum çalışmalarında da var olup olmayacağı araştırılabilir.

Öğretmen adayları için etkinlikler hazır olarak verilmiş ve ilgili problemin belirlenmesi ve sonrasında tasarım boyutuna geçmesi beklenmiştir. Bu konuda yetkinlik kazanması beklenen öğretmen adaylarının etkinlikleri de kendileri hazırlayarak ileride yapacakları mühendislik tasarım becerilerine yönelik etkinliklerinde nasıl başarı gösterecekleri incelenebilir.

Çalışma fen bilgisi öğretmen adayları son sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Diğer sınıf seviyelerinde de durum araştırılarak fen bilgisi öğretmen adaylarının tasarım basamaklarında lisans eğitiminde nasıl bir gelişim gösterdikleri araştırılabilir.

Benzer çalışmalar mühendislik tasarım becerisinin önemli olduğu matematik öğretmenliği, sınıf öğretmenliği gibi farklı lisans düzeylerinde de araştırılabilir.

Bilgilendirme

Bu çalışmada kullanılan verilerin 2020 yılı öncesine ait olduğu araştırmacı tarafından onaylanmıştır.

Yazar Katkı Beyanı

Gamze YAYLA ESKİCİ: Kavramsallaştırma, metodoloji, verilerin toplanması, işlenmesi, analizi, yorumlanması, denetim, inceleme-yazma ve düzenleme

Kaynaklar

- Ayas, A. (1995). Fen bilimlerinde program geliştirme ve uygulama teknikleri üzerine bir çalışma: İki çağdaş yaklaşımın değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(11), 149-155.
- Ayas, A., Çepni, S., & Akdeniz, A. R. (1993). Development of the Turkish secondary science curriculum. *Science Education*, 77(4), 433-440. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770406>

- Aydın, E., & Karşı-Baydere, F. (2023). "Basit makineler" konusunda mühendislik tasarım sürecine göre geliştirilen etkinliklerin 8. Sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına ve bilimsel süreç becerilerine etkileri. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (14), 121-154. <https://doi.org/10.21733/ibad.1198454>
- Ayvacı, H. Ş., Bebek, G., & Yamaçlı, S. (2023). Experiences of pre-service science teachers in "teaching practice" during the covid-19 pandemic. *International e-Journal of Educational Studies*, 7(13), 134-152. <https://doi.org/10.31458/iejes.1229871>
- Bakırcı, H., & Kaplan, Y. (2021). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin mühendislik ve tasarım becerileri alanında karşılaştığı sorunlar ve çözüm önerileri. *Journal of Computer and Education Research*, 9(18), 626-654. <https://doi.org/10.18009/jcer.908161>
- Bybee, R.W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35. <https://www.proquest.com/openview/75bbe8b13bf3f54ebd755333ffd8621e/1?cbl=34845&pq-origsite=gscholar>
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches*. New York: Sage.
- Cunningham, C. M., & Hester, K. (2007, Haziran). Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children. Paper presented at the ASEE Annual Conference and Exposition.
- Çakır, R., Ozan, C. E., Kaya, E. & Buyruk, B. (2016). The impact of FeTeMM activities on 7th grade students' reflective thinking skills for problem solving levels and their achievements. *Participatory Educational Research (PER)*, 4, 182-189. <https://dergipark.org.tr/en/pub/per/issue/47596/601279>
- Çelik, H., Pektaş, H. M., & Karamustafaoğlu, O. (2018). Science teaching laboratory applications: Common knowledge construction, learning cycle models and stem approach. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 9(3), 11-29.
- Drake, S., (1998). How Our Team Dissolved the Boundaries. *Educational Leadership*, 49(2), 20-22.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- English, L. D. (2023). Ways of thinking in STEM-based problem solving. *ZDM-Mathematics Education*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01474-7>
- Ford, B. A. (2007). *Teaching and learning: Novice teachers' descriptions of their confidence to teach science content* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database.
- 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. [http://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61\(2\).06](http://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61(2).06)
- Fan, S. C., Yu, K. C., & Lou, S. J. (2018). Why do students present different design objectives in engineering design projects?. *International Journal of Technology and Design Education*, 28, 1039-1060. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9420-5>

- Gündüz, Ş., & Odabaşı, Ş. (2004). Bilgi çağında öğretmen adaylarının eğitiminde öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme dersinin önemi. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3(1), 43-48. <http://www.tojet.net/articles/v3i1/317.pdf>
- Güneş Koç, R. S., & Kayacan, K. (2018). Fen bilimleri öğretmenlerinin 2018 fen bilimleri öğretim programında yer alan mühendislik ve tasarım becerilerine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi. *Turkish Studies Educational Sciences*, 13(19), 865-881. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13771>
- Hacıoğlu, Y., Yamak, H., & Kavak, N. (2016). Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 5(3), 807-830. <https://doi.org/10.14686/buefad.v5i3.5000195411>
- Harman G., & Yenikalaycı, N. (2021). STEM eğitiminde mühendislik tasarım sürecine dayalı etkinliklere yönelik fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 53(53), 206-226. <http://10.15285/maruaebd.729672>
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D. & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1165&context=ncete_publications
- Kaptan, F. (1999). *Fen bilgisi öğretimi*. İstanbul: Öğretmen Kitapları Dizisi, Milli Eğitim Basımevi.
- Karakaya, F., & Yılmaz, M. (2021). Fen lisesi öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerinin incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(3), 511-534. <https://doi.org/10.17860/mersinefd.993346>
- Karamustafaoğlu, O., & Pektaş, H. M. (2023). Developing students' creative problem solving skills with inquiry-based STEM activity in an out-of-school learning environment. *Education and Information Technologies*, 28(6), 7651-7669. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11496-5>
- Karamustafaoğlu, O., Tezel Ö. & Sarı U. (Ed.) (2018). *Güncel yaklaşım ve yöntemlerle etkinlik destekli fen öğretimi*. Ankara: Pegem Akademi.
- Kınık Topalsan, A. (2018). Sınıf öğretmenliği öğretmen adaylarının geliştirdikleri mühendislik tasarım temelli fen öğretim etkinliklerinin değerlendirilmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 186-219. <https://doi.org/10.23891/efdyu.2018.66>
- Kirschner, P., & Selinger, M. (2003). The state of affairs of teacher education with respect to information and communications technology. *Technology, Pedagogy and Education*, 12(1), 5-17. <https://doi.org/10.1080/14759390300200143>
- Kuvaç, M., & Koç-Sarı, I. (2018). *E-STEM, STEM öğretmenleri için çevre konularına yönelik ortaokul etkinlik kitabı*. (1. Baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Küpel, M.A. (2021). *Mühendislik tasarım temelli etkinliklerin 8.sınıf öğrencilerinin çevresel farkındalık, girişimcilik algı ve becerilerine etkisi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Meral, M., Altun Yalçın, S., Çakır, Z., & Samur, E. (2022). Fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik tasarım uygulamalarına yönelik görüşleri. *Journal of Innovative Research in Social Studies*, 5(2), 138-154. <https://doi.org/10.47503/jirss.1202372>
- Miles, M.B., & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage.

- Milli Eğitim Bakanlığı (2018). İlkokul ve Ortaokul Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. Talim ve Terbiye Kurulu, Ankara.
- Moore, T. J., Tank, K. M., & Aran W. Glancy, J. A. (2015). NGSS and the landscape of engineering in K-12 state science standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 296-318. <https://doi.org/10.1002/tea.21199>
- National Research Council [NRC]. (2012). A Framework for k-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. The National Academic Press, Washington DC
- O'Neill, T., Finau-Faumuina, B. M., & Ford, T. (2023). Toward decolonizing STEM: Centering place and sense of place for community-based problem-solving. *Journal of Research in Science Teaching*. 1-31. <https://doi.org/10.1002/tea.21858>
- Özkaya, A., Bulut, S., & Şahin, G. (2022). STEM etkinliklerinin öğretmenlerin yaratıcı tasarım becerilerine etkisinin incelenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 5(1), 1-17.
- Özmen, H., & Karamustafaoglu, O. (Ed.) (2019). *Eğitimde araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi. <https://doi.org/10.14527/9786052417867>
- Roberts, T., Maiorca, C., Jackson, C., & Mohr-Schroeder, M. (2022). Integrated STEM as problem-solving practices. *Investigations in Mathematics Learning*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/19477503.2021.2024721>
- Roehrig, G.H., Dare, E.A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J.R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8>
- Silk, E. M., Schunn, C. D., & Strand Cary, M. (2009). The impact of an engineering design curriculum on science reasoning in an urban setting. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 209-223. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9144-8>
- Şahin, F., Göçük, A., & Sevgi, Y. (2018). Fizik, kimya, biyoloji ve fen bilgisi öğretmen adaylarının disiplinlerarası ilişki kurma düzeylerinin incelenmesi: Kan basıncı. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 6(1), 73-95.
- Türkoğuz, S., & Kayalar, A. (2021). Mobil-FeTeMM öğretim uygulamalarının öğretmen adaylarının mühendislik tasarım süreç becerilerine etkisi. *Asya Öğretim Dergisi*, 9(2), 34-54. <https://doi.org/10.47215/aji.974899>
- Uzel, L. (2019). 6. Sınıf madde ve ısı ünitesinde gerçekleştirilen mühendislik tasarım temelli uygulamaların öğrencilerin problem çözme ve tasarım becerilerine etkisinin değerlendirilmesi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Vasquez, J. A., Sneider, C. I., & Comer, M. W. (2013). STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics: Heinemann Portsmouth.
- Yuliati, L., Munfaridah, N., Ali, M., Rosyidah, F., & Indrasari, N. (2020, April). The effect of project based learning-STEM on problem solving skills for students in the topic of electromagnetic induction. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1521, No. 2, p. 022025). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022025>
- Volkman, M. J., & Abell, S. K. (2003). Rethinking laboratories. *The Science Teacher*, 70(6), 38.
- Yağar, F., & Dökme, S. (2018). Niteliksel araştırmaların planlanması: Araştırma soruları, örneklem seçimi, geçerlik ve güvenilirlik. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-9.

- Yayla Eskici, G. Y., & Özsevgeç, T. (2019). Yaşam becerileri ile ilgili çalışmaların tematik içerik analizi: bir meta-sentez çalışması. *International e-Journal of Educational Studies*, 3(5), 1-15. <https://doi.org/10.31458/iejes.421255>
- Yayla Eskici, G. Y., & Özsevgeç, T. (2020). Fen eğitimi anabilim dalındaki akademisyenlerin girişimcilik eğilimlerinin belirlenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 3(2), 80-97.
- Yurttaş, Ş. (2021). *Grupla Mühendislik Tasarım Temelli Robotik Uygulamalarının Öğrencilerin Günlük Yaşama Dayalı Problem Çözme Becerileri ve Motivasyonu Üzerindeki Etkisi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Wang, H., 2012. A New era of science education: science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration (Unpublished Doctoral Dissertation). University of Minnesota, USA.
- Wendell, K. B., Connolly, K. G., Wright, C. G., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M., & Marulcu, I. (2010). Incorporating engineering design into elementary school science curricula. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Louisville, KY. <https://doi.org/10.18260/1-2--16175>