T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

ÖĞRETMEN ADAYLARIYLA UZAKTAN EĞİTİMLE MÜHENDİSLİK TASARIM TEMELLİ FEN ÖĞRETİMİ

DOKTORA TEZİ

Özgür ÖZÜNLÜ
0000-0002-5960-2861

BURSA – 2023

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

ÖĞRETMEN ADAYLARIYLA UZAKTAN EĞİTİMLE MÜHENDİSLİK TASARIM TEMELLİ FEN ÖĞRETİMİ

DOKTORA TEZİ

Özgür ÖZÜNLÜ
0000-0002-5960-2861

Danışman
Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

BURSA – 2023

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim.

Özgür ÖZÜNLÜ

Tarih: …/…/2023

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK ONAYI

"Öğretmen Adaylarıyla Uzaktan Eğitimle Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretimi" adlı Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan	Danışman
Özgür ÖZÜNLÜ	Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Rıdvan EZENTAŞ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA BENZERLİK YAZILIM RAPORU

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: …/…/2023

Tez Başlığı / Konusu: Öğretmen Adaylarıyla Uzaktan Eğitimle Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretimi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç, Tartışma ve Öneriler kısımlarından oluşan toplam 145 sayfalık kısmına ilişkin, 16/08/2023 tarihinde şahsım tarafından TURNITIN adlı benzerlik tespit programından (Turnitin)* aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13'tür.

Uygulanan filtrelemeler:
1- Kaynakça hariç
2- Alıntılar hariç/dahil
3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir benzerlik içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Özgür ÖZÜNLÜ

Öğrenci No: 811751008

Anabilim Dalı: Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Programı: Fen Bilimleri Eğitimi

Statüsü: Doktora

Danışman

Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda 811751008 numara ile kayıtlı Özgür ÖZÜNLÜ'nün hazırladığı "Öğretmen Adaylarıyla Uzaktan Eğitimle Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretimi" konulu Doktora çalışması ile ilgili tez savunma sınavı, 14/09/2023 günü 11:00/14:00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **başarılı** olduğuna **oybirliği** ile karar verilmiştir.

Sınav Komisyonu Başkanı
Prof. Dr. Salih ÇEPNİ
Bursa Uludağ Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Dündar YENER
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Emine ÇİL
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Nagihan OĞUZ DURAN
Bursa Uludağ Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Şirin İLKÖRÜCÜ
Bursa Uludağ Üniversitesi

ÖN SÖZ

21. yüzyıl dünyasına ayak uydurabilmek için öncelikle buna eğitim müfradatlarımızı şekillendirerek başlamamız gerekmektedir. Bu yüzyılın becerilerinin öneminin kavranması, kendini daha iyi ifade edebilen, yenilikçi, üretken, sorumluluk sahibi bireyler yetişmesine önemli derecede katkı sağlayacaktır.

Bu sebeple, eğitim bilimlerinde yeni yaklaşımlardan birisi olan ve son zamanlarda da popülerliğini artıran mühendislik tasarım temelli fen öğretimi ile ilgili bu tezin öğretmen adaylarına, öğretmenlere ve dolaylı yoldan öğrencilere fayda sağlayacağına inanıyorum. Düz bir öğretim yaklaşımı olmayan ve her aşamasında farklı bağlamların irdelendiği dinamik bir yaklaşım olan bu güncel eğitim yaklaşımının ileride çok daha efektif kullanılacağını ümit ediyorum.

Uzun soluklu tez sürecimde, konu seçiminden tezin tamamlanma sürecine kadar destekleriyle her zaman yanımda olan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Salih ÇEPNİ'ye, tez izleme komitemde yer alan ve desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, her zaman kolaylıkla iletişim kurabildiğim değerli hocalarım Prof. Dr. Nagihan OĞUZ DURAN ve Doç. Dr. Şirin İLKÖRÜCÜ'ye ve sürecime her daim ortak olan değerli aileme teşekkür ediyorum.

Özgür ÖZÜNLÜ

Özet

Yazar Adı ve Soyadı	Özgür ÖZÜNLÜ
Üniversite	Bursa Uludağ Üniversitesi
Enstitü	Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Ana Bilim Dalı	Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Bilim Dalı	Fen Bilimleri Eğitimi
Tezin Niteliği	Doktora
Sayfa Sayısı	xvii+180
Mezuniyet Tarihi	2023
Tez Danışmanı	Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

ÖĞRETMEN ADAYLARIYLA UZAKTAN EĞİTİMLE MÜHENDİSLİK TASARIM TEMELLİ FEN ÖĞRETİMİ

Bu araştırma mühendislik tasarım temelli fen öğretimi (MTTFÖ) yaklaşımının öğretmen adaylarının karar verme becerisi ve mühendislik tasarım temelli süreç becerisine etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma, nicel ve nitel yöntemi barındıran karma desenli bir araştırmadır. Çalışma 2020-2021 akademik yılında bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 65 fen bilimleri öğretmenliği lisans programı öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, fen bilimleri dersi öğretim programından 6.sınıftan "Ses ve Akustik", 7.sınıftan "Isı ve Işık" ve 8.sınıftan ise "Sürdürülebilir Kalkınma" konuları için MTTFÖ'ne göre araştırmacı tarafından hazırlanan mühendislik tasarım temelli uygulamalar yürütülmüştür. Çalışmada öğretmen adaylarının mühendislik tasarım temelli öğretim yöntemini iyi kanıksamış olmaları, ileride kendi sınıflarında da bu yöntemi kullanmaları, mühendislik ve tasarım becerilerinin ve karar verme becerilerinin artması hedeflenmiştir. Uygulama süreci toplamda bir öğretim dönemi 14 hafta sürmüştür. Araştırmacı ilk hafta öğretmen adaylarına bir eğitim vermiş ve mühendislik tasarım temelli uygulamaları sürecine dair bilgiler aktarmıştır. Uygulama sürecinde fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme becerilerini ölçmek için Ercan ve Bozkurt (2013) tarafından geliştirilen ve Bozkurt (2014) tarafından öğretmen adayları için yeniden tasarlanan "Karar Verme Beceri Testi (KVBT)" ve mühendislik ve tasarım becerilerini saptamak için araştırmacı tarafından tasarlanan "Mühendislik Tasarım Föyleri (MTF)" ve yine araştırmacı tarafından hazırlanan yarı yapılandırılmış odak görüşme formları ve araştırmacı günlükleri kullanılmıştır.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının mühendislik tasarım föyleri ve tasarladıkları prototipleri değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının mühendislik ve tasarım becerilerinde ilk tasarımdan son tasarıma doğru bir artış olduğu, tek yönlü ANOVA testi ile ortalama puanlar arası farkın da istatiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) görülmüştür. Karar verme becerilerinde de (Ön test: $\bar{X}$ =6,65, ss= ± 2,199, son test: $\bar{X}$ =7,37, ss= ± 2,059) anlamlı bir artış ($p=0,002<0,01$) bulunmuştur. Çalışmanın sonucu olarak uzaktan eğitimle fen bilimleri öğretmen adaylarına uygulanan mühendislik tasarım temelli öğretim yaklaşımının öğretmen adaylarının karar verme becerileri ile mühendislik ve tasarım becerilerinin olumlu düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Mühendislik tasarım döngüsü basamaklarının her birindeki mühendislik ve tasarım becerilerinin gelişimlerinin ise öğretmen adaylarının odak grup görüşmelerindeki sonuçlar ile desteklendiği görülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda, öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinin sonunda karar verme becerileri ile mühendislik ve tasarım becerilerinde olumlu yönde gelişmeler olmuştur. Çalışmanın nitel kısmında, MTTFÖ sürecinin öğretmen adaylarına olumlu yansımaları araştırmacı günlüklerinden görülürken, karar verme becerileri ile mühendislik ve tasarım becerilerinin gelişimine yarar sağladığı da odak grup görüşmeleri ile görülmüştür. Ayrıca öğretmen adaylarının MTTFÖ sürecinde 21. yüzyıl becerilerinin arasında yer alan; öğrenme ve yenilenme becerilerinden iletişim ve iş birliği, eleştirel düşünme ve problem çözme, yaşam ve meslek becerilerinden liderlik ve sorumluluk, girişimcilik ve öz-yönetim ve bilgi, medya ve teknoloji becerilerinden bilgi ve iletişim teknolojisini aktif olarak kullanmış oldukları da odak grup görüşmeleri ve araştırmacı günlüklerinden görülmüştür. MTTFÖ'nin eğitim fakültelerine entegre edilebilmesi, öğretmenlerin sınıflarında kullanabilmesi hususunda hizmetiçi eğitimlerin verilebilmesi ve gelecekte bu konuyla ilgili çalışma yapacak araştırmacılara öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fen eğitimi, mühendislik tasarım temelli öğretim, uzaktan eğitim

2023, xvii + 180 sayfa.

Abstract

Name and Surname	Özgür ÖZÜNLÜ
University	Bursa Uludag University
Institution	Institute of Educational Sciences
Field	Math and Science Education Field
Branch	Science Education
Degree Awarded	PhD
Page Number	xvii+180
Degree Date	2023
Supervisor	Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

ENGINEERING DESIGN BASED SCIENCE TEACHING WITH DISTANCE EDUCATION WITH TEACHERS

This research was carried out to examine the effect of the engineering design-based science teaching (EDBST) approach on the decision-making skills and engineering design-based process skills of prospective teachers. The research is a mixed-design research that includes quantitative and qualitative methods. The study was conducted with 65 science-teaching undergraduate program students studying at a state university in the 2020-2021 academic year.

In the study, engineering design-based applications prepared by the researcher according to EDBST were carried out for the subjects "Sound and Acoustics" in the 6th grade, "Heat and Light" in the 7th grade, and "Sustainable Development" in the 8th grade in the science curriculum. The aim of the study is to ensure that prospective teachers become accustomed to the engineering design-based teaching method, use this method in their own classes in the future, and increase their engineering and design skills and decision-making skills. The implementation process lasted a total of 14 weeks in one academic semester. In the first week, the researcher gave training to the prospective teachers and provided information about the engineering design-based applications process. During the application process, the "Decision-Making Skills Test" was developed by Ercan and Bozkurt (2013) to measure the decision-making skills of science teacher candidates and redesigned by Bozkurt (2014) for teacher candidates, and the "Decision-Making Skills Test" was designed by the researcher to determine

engineering and design skills. Engineering Design Papers, semi-structured focus interview forms, and researcher diaries prepared by the researcher were used.

When the engineering design sheets and the prototypes designed by the science teacher candidates were evaluated, it was seen that there was an increase in the engineering and design skills of the science teacher candidates from the first design to the final design, and the difference between the average scores was statistically significant ($p < 0.05$) with the one-way ANOVA test. A significant increase (Pre-test: $\bar{X}$ =6,65, ss= ± 2,199, son test: $\bar{X}$ =7,37, ss= ± 2,059, $p=0.002<0.01$) was also found in decision-making skills. As a result of the study, it was determined that the engineering design-based teaching approach applied to science teacher candidates through distance education positively increased their decision-making skills and engineering and design skills. It was observed that the development of engineering and design skills in each of the engineering design cycle steps was supported by the results of the focus group interviews of the teacher candidates. As a result of this study, there were positive developments in the decision-making skills and engineering and design skills of prospective teachers at the end of the engineering design process. In the qualitative part of the study, while the positive reflections of the EDBST process on prospective teachers were seen from the researcher's diaries, it was also seen through focus group interviews that it benefited the development of decision-making skills and engineering and design skills. In addition, among the 21st-century skills of teacher candidates in the EDBST process; Learning and innovation skills include communication and cooperation, critical thinking and problem-solving, life and professional skills such as leadership and responsibility, entrepreneurship and self-management, information, media and technology skills, and that they have actively used information and communication technology, according to focus group interviews and researcher diaries. has been seen. Suggestions have been made to integrate EDBST into education faculties, to provide in-service training for teachers to use it in their classrooms, and to researchers who will study this subject in the future.

Key words: Distance education, Engineering design-based education, Science education

2023, xvii + 180 pages.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK iv

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK ONAYI v

JÜRİ İMZA TUTANAĞI vii

ÖN SÖZ viii

Özet ix

Abstract xi

Şekiller Listesi xvii

Tablolar Listesi xvii

Fotoğraflar Listesi xviii

Grafikler Listesi xviii

Simgeler ve Kısaltmalar Listesi xviii

1. BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1. Problem Durumu 1

1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi 4

1.3. Problem Cümlesi 8

1.3.1. Araştırmanın Nicel Kısmına Ait Alt Problemler: 8

1.3.2. Araştırmanın Nitel Kısmına Ait Alt Problemler: 8

1.4. Sınırlılıklar 9

1.5. Sayıltılar 9

2. BÖLÜM 10

KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 10

2.1. STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) Eğitimi 10

2.1.1. Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik Disiplini 10

2.1.2. Bilim, Mühendislik Disiplinleri ve Aralarındaki İlişkiler 12

2.1.3. STEM Eğitimi 15

2.1.4. STEM ve Beceri Kazanımları 17
2.1.5. Bütünleşik STEM Eğitimi 19
2.1.6. Çevrim İçi (Online) STEM Eğitimi 21
2.2. Mühendislik Tasarım Temelli Öğretim 24
2.2.1. Mühendislik Tasarım Süreci 24
2.2.2. Mühendislik Tasarım Sürecinin Aşamaları 26
2.2.3. Mühendislik Tasarımında Karar Verme Becerilerinin Önemi ..... .31
2.2.4. Mühendislik Tasarımına Dayalı Fen Eğitimi 32
2.3. Türkiye'de STEM Eğitimi ve Fen Bilimleri Öğretim Programında Mühendislik 35
2.3.1. MEB Fen Bilimleri Öğretim Programında Mühendislik ve Tasarım 35
2.3.2. MEB 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programında Mühendislikle İlgili Beceriler. .. 38
2.3.3. Türkiye'de STEM Eğitimi. 40
2.4. STEM ve MTTFÖ için Öğretmen Yeterlikleri 41
2.4.1. Öğretmenlerin STEM Eğitimi Yeterlilikleri 41
2.4.2. Fen bilimleri Öğretmenleri İçin Mühendislik Tasarımı Eğitimi 43
2.5. MTTFÖ İle İlgili Yurtiçi ve Yurtdışı Yapılan Araştırmalar 45
2.5.1. STEM ve MTTFÖ Eğitimi İle İlgili Yurtiçi Çalışmalar 45
2.5.2. STEM ve MTTFÖ Eğitimi İle İlgili Yurtdışı Çalışmalar 55
3. BÖLÜM 66
YÖNTEM 66
3.1. Araştırmanın Yöntemi ve Deseni 66
3.2. Katılımcılar ve Çalışma Grubu 67
3.3. Veri Toplama Araçları 68
3.3.1. Karar Verme Beceri Testi 68
3.3.2. Mühendislik Tasarım Föyü (MTF) 68
3.3.3. Odak Grup Görüşmeleri Formu. 68
3.3.4. Araştırmacı Günlüğü 69
3.4. Araştırmanın Tasarlanması 70
3.5. Pilot Çalışma Süreci 72
3.6. Uygulama Süreci 73

3.7. Geçerlik ve Güvenirlik 87
3.8. Verilerin Analizi 88
4. BÖLÜM 92
BULGULAR ve YORUM 92
4.1. Nicel Bulgular 92
4.1.1. Karar Verme Beceri Testi Bulguları 92
4.1.2. Mühendislik ve Tasarım Becerileri Bulguları 93
4.1.2.1. İhtiyaç ya da problemin belirlenmesine dair bulgular 94
4.1.2.2. İhtiyaç ya da problemin araştırılmasına dair bulgular 96
4.1.2.3. Olası çözümler geliştirmeye dair bulgular 99
4.1.2.4. En iyi çözümü seçmeye dair bulgular 101
4.1.2.5. Prototipin yapılandırılmasına dair bulgular 103
4.1.2.6. Çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair bulgular 106
4.1.2.7. Çözümleri sunmaya dair bulgular 108
4.1.2.8. Yeniden tasarlamaya dair bulgular 110
4.1.2.9. Tüm sürecin ortalama puanları değişimi bulguları 111
4.2. Nitel Bulgular 113
4.2.1. Odak Grup Görüşmelerine Dair Bulgular 113
4.2.1.1. Birinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları. 113
4.2.1.2. İkinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları. 117
4.2.1.3. Üçüncü Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları 120
4.2.1.4. Dördüncü Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları. 122
4.2.1.5. Beşinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları 124
4.2.1.6. Altıncı Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları. 127
4.2.1.7. Yedinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları. 130
4.2.1.8. Sekizinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları 132
5. BÖLÜM 134
TARTIŞMA ve SONUÇ 134
5.1. Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretiminin Karar Verme Becerisine ve Karar Verme Sürecine Etkisi ile İlgili Tartışma ve Sonuç 134

5.2. Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretiminin Mühendislik ve Tasarım Becerilerine Etkisi ile İlgili Tartışma ve Sonuç 136
6. BÖLÜM 144
ÖNERİLER 144
6.1. Araştırmacılara Yönelik Öneriler 144
6.2. Eğitimcilere ve Yöneticilere Yönelik Öneriler 145
KAYNAKLAR 146
EKLER 158
ÖZ GEÇMİŞ 180

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil *Sayfa*

1. Mühendislik tasarım süreci ... 26
2. Mühendislik tasarım süreci basamakları ekseninde yapılandırılan fen eğitimi. ... 35
3. Yakınsayan paralel desen ... 66
4. Materyal konuları ... 70
5. Mühendislik tasarım süreciyle fen öğretimi ... 71
6. Veri işleme süreci ... 90
7. Fenolog ekibinden bir öğretmen adayının tasarım föyündeki ilk sorusunun yanıtına bir örnek ... 96
8. Sirius ekibinden bir öğretmen adayının araştırma kısmındaki yanıtına bir örnek ... 98
9. Anka ekibinden bir öğretmen adayının olası çözümler kısmındaki yanıtına bir örnek ... 100
10. Mimoza ekibinin en iyi çözümü seçme kısmındaki yanıtına bir örnek ... 102
11. Sirius ekibinin prototip oluşturmasına bir örnek ... 105
12. Bir ekibin çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair yanıtına bir örnek ... 107
13. Bir ekibin çözümleri sunmak için hazırladığı bir afiş örneği ... 109

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo *Sayfa*

1. Mühendislik kavramlarının tanımları. ... 12
2. NRC (2012)'ye göre bilim ve mühendisliğin karma uygulaması ... 14
3. Çalışma grubunun cinsiyete göre dağılımı ... 67
4. Deneysel işlemin simgesel gösterimi ... 72
5. Uygulama takvimi ... 75
6. Ekip üyeleri seçim formu ... 73
7. Skewness ve Kurtosis Testi Sonuçları Tablosu ... 89
8. Kolmogorov-Smiornov ve Shapiro-Wilk Testi Sonuçları Tablosu ... 89
9. Mauchl's küresellik testi ... 89
10. Öğretmen adaylarının Karar Verme Beceri Testi Ön test-Son test ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi sonuçları ... 92
11. Mühendislik ve tasarım becerileri ortalama puanlarının tek yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA analizi ... 93
12. Benforroni testi ile ikili karşılaştırmalar ... 93
13. Mühendislik tasarım temelli gerçekleştirilen tasarımların ortalama puanları ... 111
14. Karar verme sürecinin günlük hayattaki bağlamına dair ilk görüşler ... 113
15. Karar verme sürecinin günlük hayattaki bağlamına dair son görüşler ... 115
16. Olası çözüm önerilerine karar vermedeki yollara dair ilk görüşler ... 117
17. Olası çözüm önerilerine karar vermedeki yollara dair son görüşler ... 118
18. Çözümler bulmak için başvurulan kaynaklara dair ilk görüşler ... 120
19. Çözümler bulmak için başvurulan kaynaklara dair son görüşler ... 121
20. En iyi çözüme karar verirken dikkat edilenlere dair ilk görüşler ... 122
21. Çözüm önerilere karar verirken dikkat edilenlere dair son görüşler ... 123
22. Uygulamada yaşanan zorluklara dair ilk görüşler ... 124
23. Uygulamada yaşanan zorluklara dair son görüşler ... 125
24. Sürecin karar vermeyi nasıl etkilediğine dair ilk görüşler ... 127
25. Sürecin karar vermeyi nasıl etkilediğine dair son görüşler ... 128
26. MTTFÖ'nin fen bilimleri dersine entegre edilmesi görüşleri ... 130
27. MTTFÖ ile STEM arasındaki ilişkilere dair görüşler ... 132

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Fotoğraf *Sayfa*

1. Adaylarla tanışma toplantısı 80
2. Ekipler toplantılarında aldıkları kararları sunarken 80
3. Çizim ekibinin Tinkercad ile yaptıkları çizimler 81
4. Yapım ekiplerinin ortak çalışması 81
5. Ekiplerin mini tasarım prototipleri 82
6. Sunum ekibinin tasarımı sunuma hazırlama çalışması 83
7. Tasarımlar sunulurken 83
8. Ekiplerin büyük tasarım ürünleri örnekleri- Konferans salonu tasarımı 84
9. Ekiplerin büyük tasarım ürünleri örnekleri- Güneş görmeyen evlere çözüm tasarımı 85
10. Ekiplerin büyük tasarım ürünleri örnekleri- Sürdürülebilirlik tasarımları 85
11. Ekiplerin tasarım posterleri 86

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik *Sayfa*

1. İhtiyaç ya da problemin belirlenmesine dair grupların ortalama puanları 94
2. İhtiyaç ya da problemin araştırılmasına dair grupların ortalama puanları 96
3. Olası çözümler geliştirmeye dair grupların ortalama puanları 99
4. En iyi çözümü seçmeye dair grupların ortalama puanları 101
5. Prototipin yapılandırılmasına dair grupların ortalama puanları 103
6. Çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair grupların ortalama puanları 106
7. Çözümleri sunmaya dair grupların ortalama puanları 108
8. Yeniden tasarlamaya dair grupların ortalama puanları 110
9. Tasarımların ortalama puanları değişimi 112
10. Tasarımların ortalama puanları değişimi 112

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar	*Açıklama*
FETEMM:	Fen Teknoloji Mühendislik Matematik
MEB:	Millî Eğitim Bakanlığı
MTTFÖ:	Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretimi
NAE:	National Academy of Engineering
NASA:	National Aeronautics and Space Administration
NRC:	National Research Council
OECD:	Organisation for Economic Co-operation Development
STEM:	Science, Technology, Engineering, Mathematics

1. BÖLÜM
GİRİŞ

"Öğrenmeyi bıraktığında ölmeye başlarsın."
Albert Einstein

Bu çalışmanın giriş kısmında çalışmanın problem durumu, amacı ve önemi, problem cümlesi, sınırlılıklar, sayıltılardan bahsedilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Ülkeler içinde bulunduğumuz dijital çağda hızla gelişen ve değişen bilgi ve teknolojiye uyum sağlamayı ve birbirleriyle olan rekabetlerini fiziksel güçten çok entelektüel güçle ilerletmeyi hedeflemektedir (Çevik ve Özgünay, 2018). Bu sebeple ülkeler bilimsel ve teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmamak için eğitim süreçlerini yeniden planlamaktadırlar (Ayaz ve Sarıkaya, 2021). Dolayısıyla, tüm bu planlama ve başarıya ulaşmanın tek yolu da eğitimden geçmektedir. Bu bağlamda, günümüz eğitim sisteminin temel amacı yenilikçi düşünen, hızlı karar veren ve yeni sorunlara yaratıcı çözümler üreten bireyler yetiştirmek olmaktadır (Çevik ve Özgünay, 2018). Bu nedenle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler inovasyon eğitimi üzerinde durmaktadır. Bilgi üretimi açısından önemli olan inovasyon, ekonomik ve sosyal faydalar sağlamak için bilim ve teknolojiyi geliştirme sürecidir (Ayaz ve Sarıkaya, 2021). İnovasyon yapabilecek kişinin iyi eğitilmiş, sadece bilgiyi uygulayabilen değil, aynı zamanda bilgiye dayalı analiz ve karar verme yeteneğine sahip birey olması gerekir. Eğitimin amaçlarının gerçekleştirilmesinde, düşüncenin eğitimsel tanımlarında yer alan göstergelerin beceri olarak ele alındığı ve bu becerilerin vurgulandığı ileri sürülebilir. Karar vermenin düşünme süreçleri diğer düşünme süreçleriyle yakından ilişkilidir.

İnovasyon yolu ile beceri eğitimi dünya eğitim sistemlerini önemli ölçüde etkilemiş, özellikle ABD'de 2000'li yıllardan beri tartışılır hale gelmiştir. Bilim ve teknolojiyi geliştirme süreci olarak tanımlanan inovasyonun eğitim ortamına taşınması Ulusal Bilim Vakfı yöneticisi Judith A. Ramaley tarafından 2001 yılında bir eğitim terimi olarak türetilen STEM eğitimi ile başlamıştır. STEM eğitimi ile okullarda mühendislik eğitimi süreci de yer almaya başlamıştır (Schwartz ve diğerleri, 2007).

Science (Fen), Technology (Teknoloji), Engineering (Mühendislik), Mathematics (Matematik) disiplinlerinin baş harflerinin bir kısaltılması olan STEM, fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin bir arada bir bütün olarak öğretilmesini sağlayan ve okul öncesinden yükseköğretime kadar olan eğitim öğretim sürecini içeren güncel bir eğitim yaklaşımıdır (Çepni, 2023). STEM eğitimi, öğrencilerin gerçek sorunları çözmelerine yardımcı

olmak için bağımsız disiplinleri birbirine bağlamayı amaçlayan disiplinler arası bir eğitim yaklaşımı olarak anlaşılmıştır. STEM eğitimi, öğrencileri gelecekteki kariyerlerinde STEM alanında çalışmaya ve katılmaya motive etme potansiyeline sahiptir (Lee ve diğerleri, 2019; Margot ve Kettler, 2019).

STEM eğitiminin, öğrencileri günlük yaşamlarında çıkan sorunların üstesinden gelmeleri için disiplinler arası bilgi ve becerilerle donatabileceğine inanılmaktadır (Le, Tran ve Tran, 2021). STEM olarak adlandırılan bu eğitim ile öğrencilerin fiziksel, kültürel ve düşünsel dünyalarının zenginleştirilmesi, problem çözme ve eleştirel düşünme gibi becerilerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır (Çorlu ve Aydın, 2016). Bu sayede öğrenenlerin yenilikçi düşünmeleri, STEM disiplinlerini entegre ederek problem çözmeleri, ürünler oluşturmaları ve bunlara değer katmaları sağlanacaktır (MEB, 2018).

Dünyada yaygınlaşan mühendislik tasarım tabanlı öğrenme süreçleri ise fen, teknoloji ve matematik gibi disiplinler içinde gerçek dünyada öğrenilen ve deneyimlenen bilgiler arasında bağ kurularak problemlere çözüm üretmek için kullanılmaktadır. Dolayısıyla, STEM disiplinleri, verilen mühendislik temelli öğretim süreci eğitimde anlamlı öğrenmeye de dayanak sağlar (Çorlu ve Çallı, 2017; Ayaz ve Sarıkaya, 2021).

Dünyada bu değişimler olurken 2013 yılından itibaren Türk Milli eğitim sisteminde özellikle fen bilimleri öğretim programında bazı köklü değişiklikler yapılmış ve uygulamaya konulmuştur. Fen bilimleri öğretim programında yapılan değişikliklerin en temel amacı iyi yetişmiş bilim okuryazarı bireyler yetiştirmektir. Bu kapsamda 2013 fen bilimleri öğretim programına Bilgi, Beceri, Algı ve Fen Teknoloji Toplum Çevre (FTTÇ) öğrenme ve alt öğrenme alanları eklenmiştir. FTTÇ öğrenme alanında sosyo-bilimsel konular, sürdürülebilir kalkınma, bilimin toplumsal katkısı, bilim-kariyer bilinci, bilimin doğası ve bilim-teknoloji ilişkisi gibi alt öğrenme alanları yer almaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2013).

Güncellenen fen bilimleri öğretim programı sayesinde öğrenciler yaşam becerileri (karar verme, yaratıcı düşünme, analitik düşünme, girişimcilik, takım becerisi ve iletişimsel problem çözme vb.) kazanabilmekte ve bunları doğru kullanabilmeleri beklenmektedir. Öğrencilerden günlük yaşamda karşılaştıkları sorunlara alternatif çözümler bulmaları, bunu yaparken yaratıcı olmaları ve mevcut çözümler arasından en uygun çözüme karar vermeleri beklenmektedir (MEB, 2013; 2018). Bu beklentilerin karşılanması ve 2001 yılında ABD'de Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) eğitiminin fen eğitimine dahil edilmesi (Zollman, 2012) gibi sebeplerden dolayı ülkemizde de 2013 fen öğretim programı 2017 yılında güncellenmiştir. 2017 yılında güncellenen fen bilimleri öğretim programına bilimsel süreç becerileri ve yaşam becerilerinin yanı sıra mühendislik ve tasarım becerileri de eklenmiştir.

Ancak programların güncellenmesi tek başına yeterli değildir. Öğretmenlerin güncellenen programların uygulanmasında ve öğrenci başarısındaki en önemli ve "temel" tek faktör olduğu kabul edilmektedir (NRC, 2012). Dolayısıyla, bu değişiklikleri öğretim programı için uygulayacak öğretmenlerin "etkili öğretme ve öğrenme için geliştirilen programları gerçekleştiren ve öğrencileri 21. yüzyıla hazırlayan öğretmenlerin sahip olması gereken bilgi, beceri ve tutumlara" (MEB, 2017) sahip olmaları gerekmektedir.

MEB (2017)'de belirtilen öğretmen yeterliklerine göre, 21. yüzyıl öğretmenlerinin üst düzey düşünme becerilerine sahip olmaları, dijital ve teknoloji okuryazarı olmaları, materyal hazırlama ve geliştirme ile öğrencilerin yaratıcılıklarını geliştirmelerini sağlamaları ve bilimsel araştırma yöntem ve tekniklerini uygulamaları beklenmektedir. Kısaca Türk Millî Eğitim sisteminin STEM yeterliklerine sahip fen bilimleri öğretmenlerini istediği söylenebilir. Dolayısıyla, öğrencilerin STEM'e ilişkin algılarını ve ilgilerini artırmak için, öğretmenlerin de disiplinlerinin ötesinde öğretime yönelik olumlu tutumlar geliştirmeleri, diğer öğretmenlerle iş birliğine yönelik olumlu tutumlara sahip olmaları ve eski öğretim stratejilerini değiştirmeye, yeni uygulamaları öğrenmeye ve öğretmeye istekli olmaları gerekir (Al Salami ve diğerleri, 2017).

Türkiye'de özellikle öğrenciler, öğretmen adayları, öğretmenler ve yöneticiler için STEM farkındalığının yetersiz olduğu aşikardır (Çevik ve diğerleri, 2017). Dolayısıyla Türkiye'deki üniversitelerden mezun olan öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının yeterli eğitimle mezun olmadıkları (Çevik ve diğerleri, 2017) ve aldıkları hizmet içi eğitimler ile öğretmenlerin STEM eğitimine ilişkin eksikliklerini tamamlamaya çalıştıkları görülmektedir (Çevik ve Özgünay, 2018).

Hem Türkiye'de hem de diğer bazı ülkelerde özellikle ortaokul fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitimi konusunda kendilerini yetersiz hissettikleri ve bu niteliklerin kazanılabilmesi için gerekli iş birliklerinin yapılması gerektiği belirtilmektedir (El-Deghaidy ve diğerleri, 2017). Ancak öğretmenlere yönelik STEM eğitimi konusunda Türkiye'de hâlihazırda yapılmakta olan çalışmalar, gelişmiş ülkelerdeki çalışmalara kıyasla henüz başlangıç aşamasındadır (Çevik ve Özgünay, 2018).

Bu tür girişimlerin öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının mesleki gelişimlerine katkı sağlaması için STEM'e yönelik olumlu tutum ve görüşler oldukça önemlidir (Laboy-Rush, 2011). Literatürdeki çalışmaların sonuçlarına göre ise STEM eğitiminin sağladığı bütüncül disiplinler arası yaklaşımın Türkiye'deki eğitim sistemine entegre edilebilmesi için öğretmen adaylarının eğitim fakültesine kaydolduklarında farkındalıklarının sağlanması, bilinç ve duyarlılıklarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Mühendislik tasarım temelli fen öğretimi (MTTFÖ), mühendislik tasarımı ile bilimsel araştırma süreçlerini birlikte kullanarak öğrencilerin hedeflenen davranışları kazanmasını, günlük yaşam problemlerine alternatif çözümler üretmesini, en uygun çözüme karar vermesini ve tüm STEM disiplinlerini bütünleştirmesini sağlayan bir öğretim yaklaşımıdır (Wendell, 2008).

Bilim ve mühendislik disiplinleri için problemlere çözüm üretme arasındaki köprü sorgulama sürecini başlatır ve bunun için öğrencide bilişsel bir hareketlilik yaşanır (Purzer ve diğerleri, 2015). Bilimsel araştırma süreci bir soru ve bu soruyu cevaplayacak hipotez, veri ve analiz/sentez adımları ile devam eder. Mühendislik süreci ise bir problemle başlar, bu probleme çözüm getirecek adımları izleyerek bir prototip sunar (National Research Council [NRC], 2012).

Mühendislik tasarımına dayalı fen öğretimi ise bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarını bütünleştirmeyi, öğrencilerin bir mühendis gibi farklı disiplinleri bir araya getirerek çalışmalarını ve sorunlara yaratıcı çözümler bularak bir ürün ortaya koymalarını amaçlar (Bybee, 2010). Ancak Vessel (2011), öğretmenlerin mühendislik tasarımına dayalı fen öğretimine yönelik mesleki deneyim ve gelişimlerini değerlendirmek için ülke çapında yapılan birçok çalışmayı incelemiş ve öğretmenlerin mühendislik tasarımına dayalı fen öğretimi uygulamalarında yetersiz olduklarını bildirmiştir.

2020 İlkbaharında Covid-19 salgınından dolayı, dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de okullar kapanmıştır. Dolayısıyla, pandemi, çevrim içi öğretim ve kullanılan pedagojiler hakkında daha fazla bilgi edinme fırsatı yaratmıştır (Burton, Maiorca ve Tripp, 2022). Yüz yüze STEM uygulamaları ve mühendislik tasarım temelli öğretim uygulayan öğretmenler dahi öğrencileri ile web tabanlı platformlar aracılığıyla çevrim içi olarak bağlantı kurmasını gerektiren sanal bir formata geçmişler ve yeni uygulama yolları aramaya başlamışlardır.

Yapılacak MTTFÖ ile gerçek yaşam temelli problemlere çözüm bulabilecek, alternatif çözüm önerilerini irdeleyerek kararlar alabilecek ve üretken olacak, hızla gelişen ve değişen 21. Yüzyıl dünyasına daha hızlı yetişecek ve ülkemizi kalkındırmada etkili birere faktör olabilecek bireyler yetiştirilmesi mümkün olabilecektir.

1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Son yıllarda, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonuna dayalı STEM eğitimi dünyanın birçok ülkesinde fen eğitiminin ayrılmaz bir parçası olmuştur. STEM eğitimine dayalı fen öğretiminde en çok kullanılan yaklaşımlardan biri de mühendislik tasarımına dayalı fen öğretimidir (Çepni, 2023). Mühendislik tasarımının programa yeni

girmesi ve öğretmenlerin bu konuda henüz yeterince eğitilmemiş olmasından dolayı fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik tasarımını fen öğretimi ile bütünleştirmesi karmaşık olabilir. Bu bağlamda, mühendislik tasarım sürecini fen öğretimi ile etkin bir şekilde bütünleştirebilen fen bilimleri öğretmen adaylarının yetiştirilmesi, geleceğin fen öğretiminin uygulayıcıları olmaları nedeniyle çok önemlidir. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı doğrultusunda da fen bilimleri öğretmeni adaylarının mühendislik ve tasarım becerilerini ve performans gelişimini mühendislik tasarım temelli öğretim uygulamaları yoluyla keşfetmek önem arz etmektedir.

Çalışmada 6, 7 ve 8. sınıfların güncel (2018 yılı), fen bilimleri dersi öğretim programı öğretim programından 6.sınıf *"Ses ve Akustik",* 7.sınıf *"Isı ve Işık"* ve 8.sınıf ise *"Sürdürülebilir Kalkınma"* konu başlıkları için uzaktan eğitimle gerçekleştirilen MTTFÖ'ne göre araştırmacı tarafından hazırlanan mühendislik tasarım temelli uygulamaların fen bilimleri öğretmeni adaylarının uzaktan eğitimle gerçekleştirilen mühendislik tasarım temelli fen öğretimi yaklaşımına dayalı uygulamaların öğretmen adaylarının karar verme becerisi ve mühendislik tasarım temelli süreç becerilerine etkisinin nasıl olduğunu incelemek ve öğretmen adaylarının uygulamalarda karşılaştıkları sorunları ve uygulama süreçlerine yönelik deneyimlerine dair görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.

Çalışma sonunda öğretmen adaylarının mühendislik tasarım temelli öğretim yöntemini uygulamada başarılı öğretmenler olarak, ileride kendi sınıflarında da bu yöntemi kullanmaları, mühendislik ve tasarım becerilerini ve karar verme becerilerini artırarak iyi vatandaş olmalarına katkıda bulunmak hedeflenmektedir.

Günümüz eğitim yaklaşımlarının çoğu, öğrencilerin günlük yaşam problemlerini deneyimlemelerini ve bu problemlere çözüm üretebilme becerilerini kazanmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerileri kazanarak fen ve teknoloji okuryazarı oldukları ve mühendislik becerileri kazanarak değişen yaşam koşullarında üreten bireyler olarak yetiştirildikleri vurgulanmaktadır. Bu ve benzeri ekonomik ve sosyal amaçlar doğrultusunda Fen Bilimleri Öğretim Programında STEM eğitimine yer verilmiştir (Kırıcı & Bakırcı, 2021).

STEM eğitiminin mevcut eğitim sistemiyle bütünleştirilmesinin Türkiye'ye ekonomik anlamda katkısı olduğu düşünülmektedir (Corlu & Capraro Capraro, 2014). Türkiye'nin inovasyon kapasitesini geliştirmek için yüksek nitelikli STEM işgücüne güçlü bir ihtiyaç vardır. Bu kapsamda Türkiye, Vizyon 2023 ve 2024 Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) stratejik planını hazırlamıştır. Hızla değişen bilim ve teknolojinin günümüz eğitim yaklaşımlarına yansımasına kayıtsız kalmayan MEB, 2023 Eğitim vizyonunda öğrencilere 21. yüzyıl becerilerini

kazandıracak STEM eğitimini programa dâhil ederek mühendislik, tasarım-beceri atölyeleri gibi öğrencileri 21. yüzyıl becerilerine sahip üreticiler ve bireyler olarak yetiştirmek için çeşitli çalışmalar öngörmüştür (MEB, 2018).

Mühendislik tasarım süreci, STEM'in dört ana disiplinini aynı ortamda taşıyan bir katalizör görevi görmektedir. Bu süreçte öğrenciler problem çözerken diğer disiplinleri de içine alan bütüncül bir bakış açısı kazanırlar (Benek ve Akçay, 2022). Ayrıca fen bilimleri eğitiminin STEM disiplinleriyle bağlantılı olması nedeniyle mühendislik tasarım süreci aracılığıyla pekiştirilmesi mümkündür (Bybee, 2010).

Öğrenciler, mühendislik tasarım sürecinde bilimsel sorgulama, bilimsel araştırma, deney kurma gibi deneyimler kazanarak yeni öğrenmeye açık hale gelirler ve bu noktalar anlamlı öğrenme için etkin rol oynar. Ayrıca öğrencilerin karar verme, sorgulama ve yaparak-yaşayarak öğrenme gibi süreçleri deneyimlemeleri fen öğretimi ve mühendislik tasarım sürecinin birbiriyle kesiştiği noktalar arasındadır (Luo, So, Li ve Yao, 2021).

Ancak öğretmen eğitiminin öğretim programındaki bu yenilikler ve değişimlere paralel gitmediği görülmektedir. Çünkü fen ve teknoloji öğretmeni özel alan yeterlikleri ilk kez 2008 yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından beş temel yeterlik (öğrenme ve öğretme sürecini planlama ve düzenleme, mesleki gelişimi sağlama, bilimsel, teknolojik ve sosyal gelişim, öğrenciler arası iş birliği, okul-aile ve toplum, gelişimin izlenmesi ve değerlendirilmesi) olarak tanımlanmıştır (MEB, 2008). Bu özel alan yeterlikleri incelendiğinde, bunların mevcut öğretmen yeterlikleriyle örtüşmediği ve önceki programlara atıfta bulunduğu için çağın ihtiyaçlarını karşılamadığı söylenebilir (Ergun, 2020). Şöyle ki, mevcut (2018) fen bilimleri öğretim programında Türkiye Yeterlilikler Çerçevesinde öğrencilere kazandırılması istenen beceriler anadilde ve yabancı dilde iletişim, vatandaşlık yeterlikleri, öğrenmeyi öğrenme, kültürel farkındalık ve ifade, inisiyatif alma ve girişimcilik, dijital yeterlilik, matematiksel yeterlilik ve fen-teknoloji ve sosyal alanlardaki temel yeterliliklerdir. Ancak program için bu becerilerin yanı sıra öğrencilerin teknolojiyi kullanma becerisi, girişimcilik becerileri ve mühendislik tasarımı becerilerinin de geliştirilmesi gerekir (MEB, 2018). Dolayısıyla öğrencilerine bu becerileri öğretmek isteyen fen bilimleri öğretmenlerinin öncelikle bu yeterliklere sahip olması gerektiği ancak fen ve teknolojiye özgü alan yeterliklerinin bu gereksinimleri karşılayacak düzeyde olmadığı düşünülmektedir (Ergun, 2020). Bu nedenle, mühendislik yoluyla bilimle bağlantı kurmak veya mühendisliği bilimle bütünleştirmek, ortaokul fen bilimleri öğretmenleri için zor olabilir. Her halükârda, bu öğretmenlerin fen bilimleri sınıfında mühendislik uygulamalarının öğretilmesi konusunda ne düşündükleri tam

olarak açık değildir. Algılanan tutumlarının, inançlarının ve görüşlerinin yeni bilim reformunu uygulamalarını nasıl etkileyebileceği de açık değildir.

Diğer bir durum ise Covid-19 salgının yayılmasını önlemek için okulların kapatılma durumudur. Bu doğrultuda okul öncesi, ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim kurumlarında geleneksel eğitim ortamları terk edilmiş, uzaktan ve dijital eğitim imkânları ile eğitim-öğretim süreci sürdürülmüş, uzaktan öğretim uygulanmaya başlamıştır. Kısa bir süre içinde öğretmenler, öğrencilerin eğitim gereksinimlerini karşılamak için çevrim içi bir öğretim programını yeniden tasarlamak ve düzenlemek zorunda kalmıştır (Kim, 2020). Ancak, birçok öğretmenin pedagoji bilgisinin acil durum uzaktan öğretim için yeterli olmadığı, Covid-19 salgını sırasında çevrim içi öğretime geçiş yapan öğretmenlerin, çevrim içi öğretimde kullandıkları motivasyon becerilerini çevrim içi uygulamalarda kullanamadıkları; öğrenci düşüncesini yorumlama ve değerlendirme, öğrenci ihtiyaçlarını izleme ve anında uyum sağlamanın yollarını bulmakta zorlandıkları ortaya çıkmıştır (Asri, Mursyidah ve Rizqi, 2021; Burton, Maiorca ve Tripp, 2022).

Bu anlamda, fen bilimleri öğretmenliği lisans öğrencilerine mühendislik tasarımına dayalı öğrenme uygulamalarını gerçek sınıflarda etkileşimli bir ortamda gerçekleştiren öğretmen adayları, uzaktan eğitim sürecinde farklı sorumluluklar yerine getirmek ve farklı sorunlarla karşılaşmak zorunda kalmıştır. Bu nedenle, öğretmen adaylarının eğitim uygulamaları ve deneyimleri hakkında bilgi edinmek için çevrim içi mühendislik tasarımına dayalı öğrenme süreçlerinin keşfedilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda çevrim içi mühendislik tasarımına dayalı öğrenme uygulamalarının iyi örneklerin paylaşılması ve tartışılması, öğretmen niteliğine katkı sağlamak için kullanılacak uygulamaların ve bakış açılarının anlaşılması açısından önemli olacaktır. Bu bağlamda bu çalışmanın başka bir önemi de, Covid-19 salgını gibi süreçlerde öğretmenlerin çevrim içi mühendislik tasarımına dayalı öğrenme sürecine yönelik deneyimlerini artırmak ve karşılaşılan zorlukları ortaya koymaktır.

Çevrim içi STEM eğitimiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunsa da, yapılan araştırmalarda çevrim içi olarak da öğrenci katılımının STEM alanlarında öğrenciyi sürece dahil etmede önemli bir faktör olduğu gösterilmiştir (Watkins & Mazur, 2013). Örneğin, öğrencileri çevrim içi sürece dahil etme ile ilgili olarak Hegeman (2015), öğrencilerin içerikle ve eğitmenle etkileşimini artırmak için geleneksel materyalleri eğitmen tarafından oluşturulan videolar ve rehberli not alma çalışma yapraklarıyla değiştirdiğinde, çevrim içi bir üniversite cebir dersinde öğrenci başarısının arttığını bulmuştur. Dolayısıyla uzaktan eğitimle gerçekleştirilen bu çalışmanın da MTTFÖ uygulanarak ve bu uygulamaya dayalı bir öğrenme ortamı oluşturularak bu eğitim anlayışına örnek bir uygulama sunması açısından önemli olduğu

düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini kazandırma odaklı araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Fen bilimleri dersi kapsamında fen bilimleri dersi öğretim programı öğretim programından bu ünitelere ilişkin mühendislik uygulaması etkinliklerine yönelik çok az çalışmaya rastlanmıştır.

Ayrıca öğretmen adaylarının bu eğitim yaklaşımını iyi kavrayarak mesleki bilgi edinmeleri ve beceri geliştirmeleri ve ileride sınıflarında uygulamaları beklenmektedir. Bu bağlamda bu çalışmanın yeni çalışmalara ve geliştirilen mühendislik tasarım temelli etkinliklere katkı ve fen bilimleri öğretmenlerine öğretim materyali olarak kaynak sağlayacağı varsayılmaktadır. Aynı şekilde bu etkinliklerin diğer branş öğretmenlerinin kendi kazanımlarına uyarlanarak geliştirilmesi için örnek bir rehber materyal olması açısından da önemlidir. Araştırmanın hem yüz yüze hem de uzaktan eğitimlere dönük olması bakımdan özgün olduğu düşünülebilir.

1.3. Problem Cümlesi

Bu araştırmanın ana problem cümlesi; "Uzaktan eğitimle gerçekleştirilen MTTFÖ'nin fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme becerilerine, mühendislik ve tasarım becerilerine etkisi ve öğretmen adaylarının uygulama süreciyle ile ilgili görüşleri nelerdir?" şeklindedir.

Alt problemler ise nicel kısım ve nitel kısım olarak ayrı ayrı sunulmuştur.

1.3.1. Araştırmanın Nicel Kısmına Ait Alt Problemler:

1. Uzaktan eğitimle gerçekleştirilen MTTFÖ ile yapılan uygulamaların fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme becerilerine etkisi nasıldır?

1.1. Öğretmen adaylarının sürecin başında ve sonundaki karar verme becerisi ortalama puanları arasında anlamlı farklılık var mıdır?

2. Uzaktan eğitimle gerçekleştirilen MTTFÖ ile yapılan uygulamalarla fen bilimleri öğretmeni adaylarının süreç içerisinde mühendislik ve tasarım becerileri nasıl değişime ve gelişime uğramıştır?

2.1. Öğretmen adaylarının sürecin başında ve sonundaki mühendislik ve tasarım becerileri ortalama puanları arasında anlamlı farklılık var mıdır?

2.2. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım döngüsü basamaklarındaki mühendislik ve tasarım becerileri nasıl değişmektedir?

1.3.2. Araştırmanın Nitel Kısmına Ait Alt Problemler:

3. Uzaktan eğitimle gerçekleştirilen MTTFÖ ile yapılan uygulamaların fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme sürecine etkisi nasıldır?

3.1. Öğretmen adaylarının günlük hayatta mühendislik tasarım sürecindeki karar verme durumlarına benzer durumlara dair görüşleri nelerdir?

3.2. Öğretmen adaylarının çözüm önerilerine karar verirken izledikleri yollar nelerdir?

3.3. Öğretmen adaylarının çözümler bulmak için başvurdukları kaynaklar nelerdir?

3.4. Öğretmen adayları çözüm önerilerine karar verirken nelere dikkat etmektedirler?

3.5. Öğretmen adaylarının süreçte karşılaştıkları zorluklar nelerdir?

3.6. Öğretmen adayları süreç boyunca karar verme becerilerinde nasıl bir değişim-gelişime uğradıklarını düşünmektedirler?

4. MTTFÖ'nin fen bilimleri dersine entegre edilmesi hakkında öğretmen adaylarının görüşleri nelerdir?

5. MTTFÖ ile STEM arasındaki ilişkilere dair öğretmen adaylarının görüşleri nelerdir?

1.4. Sınırlılıklar

Bu çalışmanın sınırlılıkları şu şekildedir:

1. Çalışma 2020-2021 öğretim yılında bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 65 lisans öğrencisi ile haftalık 2 saat ders saatinde 14 hafta devam eden, toplamda 28 saatlik ders ile,
2. Çalışma bir dönem boyunca belirlenen ünitelerdeki konularla,
3. Covid-19 salgının getirdiği kısıtlamalar ile,
4. Çalışmanın nitel araştırma kısmı ise 10 öğretmen adayı ile sınırlıdır.

1.5. Sayıltılar

Bu çalışmanın sayıltıları şu şekildedir:

1. Araştırmaya katılan katılımcıların gönüllülük ilkesine göre çalışmaya dahil olduğu,
2. Katılımcıların ölçekleri yanıtlarken ve yarı yapılandırılmış görüşmelere cevap verirken objektif ve dürüst oldukları,
3. Veri toplama araçlarının hazırlığında, verilerin çözümlenmesi ve kodlanmasında görüşleri alınan uzmanların da objektif ve dürüst oldukları,
4. Araştırmacı sürecin bir katılımcısı, planlayıcısı, gözlemcisi, görüşmeleri yapan kişi olduğundan araştırmacının yanlı olarak bulgulara etki etmediği varsayılmıştır.

2. BÖLÜM
KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kuramsal temeller ve kaynak araştırmasında STEM eğitimi, mühendislik tasarım temelli öğretimin temelleri ve karar verme becerilerinin önemi, çevrim içi STEM eğitimi, STEM ve mühendislik tasarım temelli öğretimle kazandırılan beceriler ve öğretmen yeterlikleri, çalışmaya benzer yapılan yurtiçi yurtdışı çalışmalardan bahsedilmiştir.

2.1. STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) Eğitimi

Bu bölümde; *bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplini, bilim, mühendislik ve aralarındaki farklar, STEM eğitimi, STEM disiplininin beceri eğitiminde kullanılması, bütünleşik stem eğitimi ve çevrim içi STEM eğitimi* hakkında bilgiler verilmiştir.

2.1.1. Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik Disiplini: Toplum bilime, teknolojiye, mühendisliğe ve matematiğe giderek daha fazla ihtiyaç duyduğundan, herkesin toplumda işlev görmesi için STEM okuryazarlığı geliştirmesi hayati önem taşımaktadır (Burton, Maiorca ve Tripp, 2022). Yeni Nesil Bilim Standartlarında da (NGSS; NGSS Lead States, 2013) kullanılan temel önerme, öğrenmenin çok boyutlu olduğu, tüm öğrencilerin bilimsel sorgulama ve mühendislik tasarımı ile meşgul olması gerektiği ve bu temel fikirleri öğrenmelerini geliştirmek için kesişen bilim kavramlarını bilmeleri gerektiğidir. National Research Council (2012), "A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas" adlı raporda, fen eğitiminin yeni bir vizyonu önerilmektedir. Bu vizyon, öğrencilerin bilimsel düşünme ve uygulama becerilerini geliştirmeye yönelik bir yaklaşımı benimsemektedir. Raporda belirtilen öğrenci becerileri arasında, fen dünyasının anlaşılması için temel olan fen bilgisi kavramlarına hakimiyet, bilimsel yöntemleri kullanarak soru sorma ve cevaplama, veri toplama, analiz etme, yorumlama ve sonuçlarını raporlama gibi beceriler yer almaktadır. Ayrıca, fen eğitimi artık sadece bilgi öğretmekle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda öğrencilerin fen dünyasına ilişkin bir takım sosyal, kültürel, politik ve ekonomik konularda da farkındalık kazanmalarını hedeflemektedir.

Zollman (2012) STEM okuryazarlığı kavramının sadece bilgi edinme ve teknolojik araçları kullanma becerileri olarak tanımlanamadığını, aynı zamanda bu becerilerin günlük hayatta nasıl kullanılabileceğini anlama ve sorunları çözme yeteneğini de içine aldığını belirtir. Fen eğitiminin bu yeni vizyonu, öğretmenlerin, fen ve mühendislik içeriği ve uygulamaları hakkında derin öğrenmeler geliştirmek için öğrencilerine ihtiyaç duyacakları fırsatları sağlamada etkili öğretim uygulamalarını keşfetmesini ve uygulamasını gerektirir (Arande ve diğerleri, 2020). Bu nedenle, çok boyutlu öğretim, öğrencilerin fen içeriğini uygularken fen öğrenimlerine aktif olarak katılmalarını gerektirir (National Research Council, 2012).

Akerson ve diğerleri (2018) STEM'in geniş bir kapsamı olduğuna ve bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik arasındaki bağlantıları vurguladığına, ancak STEM kavramının farklı tanımlarının bulunduğuna dikkat çekmişlerdir. STEM kavramı, birçok farklı disiplini kapsayan geniş bir alandır. STEM eğitimi, öğrencilere bu disiplinlerde temel bilgi ve beceriler kazandırmayı hedefleyen bir eğitim yaklaşımıdır. Dört alanın ilki olan bilim, araştırma, deney yapma ve işbirlikçi becerileri geliştirirken insanın fiziksel dünyayı anlamasını geliştirir. STEM'i oluşturan alan şöyle açıklanabilir: Bilim, gözlem, deney ve test yoluyla doğayı anlamak için kullanılan bir yöntemdir. Bilim, evrendeki her şeyi anlamaya çalışır ve her bilgiye dayanarak yeni bir bilgi elde etmek için tekrar tekrar test edilir. Bilim gözleme, deneye, ölçüme ve yasalara dayanır ve değerleri arasında düşünce bağımsızlığı, yaratıcılık, geçicilik, öznellik, test edilebilirlik ve kültürel ve sosyal yerleşiklik yer alır (Akerson et al. 2018).

Bilim ve gerçek dünya arasında arayüz oluşturmak için gereken bilgi ve becerileri kullanarak insan ihtiyaçlarının ve isteklerinin tatmin edilmesi olan teknolojidir. Teknoloji, bilimsel bilgiyi kullanarak insan ihtiyaçlarının ve isteklerinin tatmin edilmesine yönelik ürünlerin pratik bir şekilde uygulama ve sonuçlarını optimize etme sürecidir. Teknoloji ve bilim farklı disiplinlerdir, ancak birbiriyle yakından ilişkilidirler. Bilim, evreni ve doğayı anlamaya çalışan, gözleme dayalı bir disiplindir. Teknoloji ise, bu bilimsel anlayışı kullanarak, insanların ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış araç ve cihazların üretimini içeren bir uygulama disiplinidir. Yani, bilim, teknolojinin temelini oluştururken, teknoloji de bilimin sonuçlarını kullanarak gelişir. Teknoloji, bilimle birlikte çalışarak, insanların hayatını kolaylaştıran ve geliştiren pek çok araç ve cihazı geliştirir (Fomunyam, 2020).

Bilimsel olarak tasarlanmış ürün ve süreçleri kullanarak gerçek yaşam problemlerini çözmeyi içeren mühendisliktir (Fomunyam, 2020). Mühendislik, bilgi ve teknolojinin kullanımıyla, problemleri çözmek için bir disiplindir. Mühendislik, bilimsel bilginin pratik uygulamasını içerir ve pek çok alanda, örneğin bina, köprü, elektronik, mekanik, kimya, havacılık ve daha birçok alanda uygulanabilir. bilim doğal dünyayı anlama ve keşfetme, mühendislik ise bu bilimsel keşiflerin pratik uygulamalarını yapma ve yeni ürünler, sistemler ve süreçler tasarlama disiplinleridir.

Son olarak, bilgileri yorumlamak ve analiz etmek, sorunları basitleştirmek ve çözmek, riski değerlendirmek, bilinçli kararlar vermek ve hem soyut hem de somut problemleri modelleyerek dünyayı daha iyi anlamak için gereken becerilerle dolu matematiktir. Matematik sayı, şekil, uzay, nicelik ve bunların karşılıklı ilişkilerinin incelenmesiyle ilgilenir. Matematik, diğer bilim dallarında ve teknolojide önemli bir rol oynar ve öğrencilere problemleri analiz

etmek, modeller oluşturmak ve verileri yorumlamak için matematiksel beceriler kazandırmayı amaçlar (Akerson et al. 2018).

2.1.2. Bilim, Mühendislik Disiplinleri ve Aralarındaki İlişkiler: Mühendislik, problem çözmek ve çözüm üretmekle ilgilidir (Bybee, 2013). National Academy of Engineering (NAE) ve National Research Council (NRC) (2009)'ye göre bilim ve mühendisliğin her ikisi de akıl yürütmeyi kullanmasına rağmen, mühendislik kısıtlamalar ve takaslar gerektirdiği için farklılık göstermektedir. NRC (2012), mühendisliği insan sorunlarına çözüm elde etmek için sistematik bir tasarımlar olarak tanımlarken, Wulf (1998) çalışmasında, mühendisliğin uygulamalı bir bilim olmadığını, "kısıtlar altında yapılan tasarım" olduğunu, mühendislerin mühendisliği gerçekleştirmek için bilim ve matematiği kullandıklarını belirtmiştir. Wulf (1998)'a göre bilim insanları ve matematikçiler mühendislerin yarattığı ürünleri kullanmaktadırlar. Bybee (2011)'ye göre ise bilim ve mühendislik arasındaki bir fark amaçlarındadır. Bilim insanları, deneylerden elde edilen ampirik kanıtlara dayalı olarak sorular sorar ve cevaplar önerirken, mühendisler, insan ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamak için problem çözerler (Bybee, 2011).

NRC (2012), bilim ve mühendisliğin her ikisinin de yinelemeli ve sistematik yaratıcı süreçleri içerdiğini ancak farklı sonuçlara yol açabileceklerini savunur. Örneğin, merak bilim araştırmalarını yönlendirir ancak soruları yanıtlama fikri mühendislik gibi pratik uygulamalara yol açmayabilir. Mühendisliğin başarısı, tasarlanan ürünün insan ihtiyaçlarını veya isteklerini en iyi şekilde karşılama derecesine bağlıdır (NRC, 2012).

Tablo 1

Mühendislik kavramlarının tanımları (Daugherty, 2012)

Kavram	Tanım
Tasarım	*Tasarım, insan ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamak, ürün veya sistemler geliştirmek için belirli kısıtlamalar dahilinde yürütülen yinelemeli bir süreçtir. Tasarım tipik olarak problem tanımı, veri analizi, modelleme ve çözüm iyileştirme gibi bileşenleri içerir ve hem teknolojik hem de sosyal bileşenlere sahiptir.*
Analiz	*Tasarım sürecinin ömrü boyunca bir nesnenin veya sistemin performansını veya davranışını verileri analiz etmek ve tahmin etmek için fiziksel, grafik ve analitik modeller, ampirik denklemler ve deneyim gibi araçları kullanmak.*
Modelleme	*Tasarım sürecinde, bir sistemin davranışını anlamak, bir nesnenin veya tasarımın, genellikle orijinalinden daha küçük, ayrıntılı bir görsel, matematiksel veya üç boyutlu temsilini oluşturmak için matematiksel veya fiziksel modeller kullanılır. Modelleme genellikle fikirleri test etmek ve*

	iletmek, bir tasarımda değişiklik yapmak, sistemleri görselleştirmek ve analiz etmek ve benzer bir gerçek nesneye ne olacağı hakkında daha fazla bilgi edinmek için kullanılır.
Sistemler	*Tasarım problemleri, kompleks sistemlerin parçalarını bir araya getiren birçok bileşen içerir. Mühendislik tasarımında, sistemin farklı bileşenlerinin nasıl çalıştığı ve birbirleriyle nasıl etkileşime girdiği anlaşılmalıdır.Sistem, arzulanan bir amaca ulaşmak için topluca tasarlanmış birbiriyle ilişkili bileşenler grubudur. Sistemler, basit ve karmaşık sistemlerin tasarımı, sorun giderme ve işletimi dahil olmak üzere farklı bağlamlarda incelenmelidir.*

Fen eğitimi mühendisliğe odaklanmayı içerecek şekilde yeniden yapılanma sürecinden geçmektedir. Mühendisliği bilime aşılama motivasyonu ve bunu yapmak için olası yaklaşımlar Leonard ve Derry (2011) tarafından tartışılmıştır. Leonard ve Derry (2011) argümanlarını öğrenci motivasyonuna dayandırarak, çeşitli öğrenme teorileriyle (bilişsel yapılandırmacılık, sosyal yapılandırmacılık ve pragmatizm) uyumlu, mühendislik tabanlı bilim öğretimini savunmuşlardır. Çalışmada, öğrencilerin mühendislik eğitimi sırasında maruz kaldıkları öğrenme etkinlikleri ve bu etkinliklerin öğrencilerin mühendislik tasarımı süreci sırasında yeni kavramlar öğrendiklerini, bu kavramların anlamını yorumladıklarını ve daha önce edindikleri kavramlarını bu yeni kavramlarla ilişkilendirdiklerini göstermektedir. Leonard ve Derry (2011) öğrencilerin kavramsal değişimi için üç aşama belirlemiştir. İlk aşama, öğrencilerin mevcut kavramsal anlayışlarını sorgulamaları ve bu anlayışlarına alternatifler aramalarıdır. İkinci aşama, öğrencilerin yeni kavramları keşfetmeleri ve bu kavramları anlamlandırmalarıdır. Son aşama ise öğrencilerin yeni kavramları mevcut kavramlarla ilişkilendirmesi ve bütünleştirmesidir.

Fen ve mühendislik arasında paralellikler olmasına rağmen, bilim ve mühendislik arasındaki bu büyük farkları bilmek, fen bilimleri öğretmenlerinin bu farklılıkları öğrencilere etkili bir şekilde öğretmelerine yardımcı olacaktır. NRC tarafından 2012 yılında yayınlanan "A Framework for K-12 Science Education" adlı raporda, bilim ve mühendisliğin bir arada kullanılarak problemlere yaklaşımın önemine vurgu yapılmıştır. Rapor, fen bilimleri ve mühendislik arasındaki ilişkiyi açıklayarak, bilimdeki temel araştırmaların mühendislikte uygulanıp ürüne dönüştürüldüğünü belirtir. Raporda, bilim ve mühendislik arasındaki farklılıkların yanı sıra, birbirleriyle nasıl ilişkili olduklarına da değinilir. Öğrencilere mühendislik tasarımı yoluyla problemlere yaklaşımın, bilimsel yöntemle birlikte öğrenme için gerekli olduğu vurgulanır. Bu şekilde, öğrencilerin bilimsel ve mühendislik problemlerine yönelik bütünsel bir bakış açısı kazanmaları hedeflenir.

NRC (2012), bilim ve mühendisliğin karma uygulamasını aşağıdaki gibi kademelendirmiştir:

1. Soru sorma (bilim için) ve problemleri tanımlamak (mühendislik için),
2. Model geliştirme ve kullanma,
3. Araştırmaların planlanması ve yürütülmesi,
4. Verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması,
5. Matematiği ve hesaplamalı düşünmeyi kullanma,
6. Açıklamalar oluşturmak (bilim için) ve çözümler tasarlamak (mühendislik için),
7. Kanıta dayalı tartışmalar,
8. Bilgi edinme, değerlendirme ve iletme.

NRC (2012), bilim ve mühendisliğin karma uygulamasını içeren bilgileri Tablo 2'de tanımlamaktadır.

Tablo 2

NRC (2012)'ye göre bilim ve mühendisliğin karma uygulaması

Aşama		**Açıklama**
1	Soru Sorma ve Problem Tanımlama	*Her sınıf seviyesindeki öğrenciler okudukları metinler, gözlemledikleri olayların özellikleri, modellerinden veya bilimsel araştırmalarından çıkardıkları sonuçlar hakkında birbirlerine sorular sorabilmelidir. Mühendislik için, çözülecek problemi tanımlamak ve çözümü için kısıtlamalara ve spesifikasyonlara yol açan fikirleri ortaya çıkarmak için sorular sormalıdırlar.*
2	Model Geliştirme ve Kullanma	*Modelleme her seviyede sınıflarda uygulanabilir, öğrencilerin modelleri somut resimlerden ve/veya fiziksel ölçekli modellerden (örneğin bir oyuncak araba) daha sonraki sınıflarda ilgili ilişkilerin daha soyut bir sistemdeki belirli bir nesnelerin temsillerine doğru ilerler.*
3	Araştırmaları n Planlanması ve Yürütülmesi	*Öğrenciler okullarda birkaç farklı türde araştırma planlamak ve yürütmek için fırsatlara sahip olmalıdır. Öğrenciler kendi kendi sorularından yola çıkarak yaptıklarından, öğretmen tarafından yapılandırılanlara kadar her düzeyde farklı araştırmalara girmelidirler.*
4	Verileri Analiz Etme ve Yorumlama	*Veriler toplandıktan sonra, herhangi bir örüntüyü ve ilişkiyi ortaya çıkarabilecek ve sonuçların başkalarına iletilmesine izin verecek bir biçimde sunulmalıdır. Bu tür ham verilerin çok az anlamı olduğu için, bilim insanlarının başlıca uygulamalarından biri verileri tablolaştırma, grafikleştirme veya istatistiksel analiz yoluyla düzenlemek ve yorumlamaktır. Bu tür verilerin analizi, yalnızca tasarım kararları hakkında bilgi vermekle ve performansın tahmin edilmesini veya değerlendirilmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sorunları tanımlamaya veya açıklığa kavuşturmaya, ekonomik fizibiliteyi*

		belirlemeye, alternatifleri değerlendirmeye ve başarısızlıkları araştırmaya da yardımcı olur.
5	Matematiği ve Hesaplamalı Düşünmeyi Kullanma	*Matematik ve hesaplamalı düşünmenin bilimde ve mühendislikte nasıl uygulandığı konusunda farklılıklar olsa da matematik, mühendislerin bilimsel teorilerinin matematiksel biçimini uygulamalarına ve bilim adamlarının mühendisler tarafından tasarlanan güçlü bilgi teknolojilerini kullanmalarına olanak tanıyarak bu iki alanı bir araya getirir.*
6	Yapı Açıklamaları ve Tasarım Çözümleri	*Öğrencilerden ister yaptıkları gözlemlere ister geliştirdikleri modellere dayalı olsun, fenomenlere ilişkin kendi açıklamalarını geliştirerek bilimsel bir fikrin içeriklerine ilişkin kendi anlayışlarını göstermelerini istemek, onları kavramsal değişimin gerçekleşebileceği sürecin önemli bir parçasına dahil eder. Mühendislikte amaç, açıklamadan çok tasarımdır. Mühendislerin etkinlikleri, bilim insanlarınınkinden farklı unsurlara sahiptir. Bu unsurlar, çözümün istenen nitelikleri için kısıtlamaları ve kriterleri belirlemeyi, bir tasarım planı geliştirmeyi, modeller veya prototipler üretmeyi ve test etmeyi, tasarım kriterlerinin başarısını optimize etmek için alternatif tasarım özellikleri arasından seçim yapmayı ve bir prototipin performansına dayalı olarak tasarım fikirlerini iyileştirmeyi içerir.*
7	Kanıta Dayanan Argümanlarla İlgilenmek	*Bilim ve mühendislik çalışması, yeni bir fikri veya bir olgunun açıklamasını ilerletmek ve savunmak için gerekli olan argüman süreci ve bu tür argümanları yürütme normları hakkında bir fikir üretmelidir. Bu ruhla, öğrenciler oluşturdukları açıklamaları savunmalı, verilere ilişkin yorumlarını ve önerdikleri tasarımları savunmalıdır.*
8	Bilginin Edinilmesi, Değerlendirilmesi ve İletilmesi	*Bilim ve mühendislik alanındaki herhangi bir eğitim, öğrencilerin alana özgü metinleri okuma ve üretme becerilerini geliştirmelidir. Bu nedenle, her bilim veya mühendislik dersi, özellikle bilim ve mühendisliğe özgü metin türlerini okumak ve üretmek için kısmen bir dil dersidir.*

2.1.3. STEM Eğitimi: Dünya her geçen gün daha da karmaşık bir hal almakta ve araştıran, sorgulayan, karşılaştığı sorunları bilimsel yöntemlerle çözebilen, öğrendiği bilgileri günlük yaşamla ilişkilendiren, dünyaya akıl gözüyle bakan bireylere ihtiyaç duymaktadır (MEB, 2018).

Bilim, günlük yaşamdaki karmaşık olayları içerir. Teknoloji geliştikçe, günümüzde bireylerin karşılaştığı sorunlar daha karmaşık ve sofistike hale gelmiştir. Günlük hayatta bu problemleri çözmek için gerekli olan beceriler de bu doğrultuda farklılaşmıştır (Akgündüz ve diğerleri, 2015; Bybee, 2010). Bu nedenle fen öğretiminde öğrencilerin tek bir disiplin çerçevesinden kolayca anlaşılamayan veya çözülemeyen karmaşık problemler ve doğa olayları ile uğraşması gerekmektedir (You, 2017). Çünkü gerçek dünyada bireyler karşılaştıkları durumları bir disiplin olarak değerlendirmezler. Bu nedenle olaylara bütüncül bir yaklaşım sağlayan disiplinler arası yaklaşımlardan yararlanırlar. Bu nedenle disiplinler arası bir disiplin

olan fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) son yıllarda fen öğretiminde oldukça popüler hale gelmiştir (Çepni, 2023).

Rus uydusu Sputnik'in uzaya fırlatılmasından hemen sonra Amerika Birleşik Devletleri Eğitim Bakanlığı'na bağlı Ulusal Bilim Vakfı (NSF), bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarını güçlendirmek ve bu alanlarda dünya lideri olmak için bir hükümet politikası oluşturmuştur. Bunun en güzel örneği 1950'li yıllardan sonra Ar-Ge ve inovasyonla küresel rekabette güçlenen Asya ülkeleridir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ile Rusya arasında 1957 yılında Rusya'nın Sputnik uydu aracını uzaya fırlatmasıyla bir teknoloji yarışı başlamıştır (McDonald, 2016). Bunun ardından 1980'li yıllarda Japonya ve 2000'li yıllarda Çin ekonomik ve teknolojik açıdan hızla ilerlemeye başlamış ve bu yarışta ABD'yi geride bırakmıştır (Ayaz ve Sarıkaya, 2019).

Başlangıçta SMET (bilim, matematik, mühendislik ve teknoloji) olarak adlandırılan bu kısaltma, STEM alanlarına odaklanarak eğitim sektörünü tamamen reforme etme ve yenileme planıyla 2001 yılında STEM olarak değiştirilmiş ve yeniden tanıtılmıştır (McDonald, 2016). Ulusal Bilim Vakfı yöneticisi Judith A. Ramaley tarafından 2001 yılında bir eğitim terimi olarak türetilen STEM eğitimi ile başlamıştır. Daha sonra sorgulamaya dayalı fen eğitimine dayanak oluşturan STEM eğitimi ile okullarda mühendislik eğitimi süreci de yer almaya başlamıştır (Schwartz ve diğerleri, 2007).

Siverling (2019) üniversite öncesi ortamlarda bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) ve özellikle mühendislik konularına artan bir vurgu yapılmasının birkaç nedeni olduğunu belirtmiştir: STEM kariyerlerini sürdüren öğrencilerin sayısını ve çeşitliliğini artırmak, tüm öğrencilerin teknolojik okuryazarlığını geliştirmek ve STEM disiplinlerinde öğrenci öğrenimini sağlamak.

STEM'in tanımları disipliner çizgileri aştığı için onunki gibi alana özgü tanımlar durağandır. Bu disiplinler izole olarak öğretilir, ancak STEM eğitimi disiplinler arası bir yaklaşım içerir ve bu nedenle sınırlarını bir şekilde bulanıklaştırır (Fomunyam, 2020). Bu durum, bu alanların entegre olduğu ve iki veya daha fazla alandan elde edilen bilgi ve becerilerin gerçek dünya problemlerine uygulanabileceği anlamına gelir. STEM eğitimi, farklı kişiler ve gruplar tarafından farklı şekilde tanımlanmakta ve eğitim, iş dünyası ve hükümetler için en önemli öncelik haline gelmektedir.

STEM eğitimi aktif öğrenme tabanlıdır. Aktif öğrenme, derinlemesine öğrenmenin gerçekleşmesi için çoklu öğrenme yöntemlerini bütünleştiren bir yaklaşımdır (Vural, 2004). Bazı araştırmacılar, aktif öğrenmenin kendi kendine öğrenmeyi teşvik ettiğini, öğrencileri

yaşam boyu öğrenenler olmaya hazırladığını ve öğrencileri küresel bir toplulukta işlev görme yeteneği ile donattığını iddia etmişlerdir.

Aktif öğrenme ortamlarında eğitim başta öğrenci, çevre ve öğretmen olmak üzere öğretim sisteminin bazı unsurları nedeniyle kısıtlanabilir. Örneğin, öğrenciler bağımsız çalışmaya veya kendi öğrenmelerini belirlemeye alışkın olmayabilir veya bazı öğrenciler, öğrenmeye yalnızca öğretmenin karar verebileceğini düşünerek sorumluluğu öğretmenin omuzlarına yükleyebilirler. Ya da öğretmen öğrencilerin durumunu gözlemleyebilir ve sorumluluğu alması gerektiğini hissedebilir. Dolayısıyla öğretmen öğrencilerini yalnız bırakmakla yetinmemeli, onları da aktif öğrenmeye ikna etmelidir. Diğer yönden, bazı öğrenciler aktif öğrenmeye inansalar bile, uygulayacak bilişsel stratejileri olmadığından ne yapacaklarını bilemezler. Bu nedenle öğrencilerin aktif öğrenme stratejileri konusunda eğitilmeleri gerekmektedir (Vural, 2004).

Loeb (2015) aktif öğrenmenin birçok farklı yöntemini açıklar. Bunlar arasında projeler, probleme dayalı öğrenme, örnek olay analizleri, tartışma grupları, oyunlar ve simülasyonlar, deneyler, araştırma projesi veya raporları, sunumlar ve performans ödevleri bulunur. Öğrencilerin aktif olarak derslere katılmalarını sağlamak için öğretmenlerin öğrencilere soru sorması, öğrencilerin tartışma yapması, grup çalışmaları ve projeler gibi etkileşimli öğrenme stratejilerini kullanması önerilir (Loeb, 2015).

STEM eğitimi, yapılandırmacı ve yapılandırmacılığı temel alan bir öğretim alanıdır. Örneğin, Caparo, Caparo ve Morgan (2014) STEM Project-Based Learning adlı çalışmalarında STEM eğitimini proje tabanlı öğrenme yaklaşımı ile ele almışlardır. Çalışmada, STEM öğrenme ortamlarının öğrencilerin öğrenme, problem çözme, eleştirel düşünme ve yaratıcılık becerilerini geliştirmeye yardımcı olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, STEM proje tabanlı öğrenmenin öğrencilerin STEM konularındaki derin anlayışını artırdığı ve öğrenmenin daha kalıcı hale geldiği gözlemlenmiştir.

2.1.4. STEM ve Beceri Kazanımları: STEM disiplinleri, günümüz dünyasında pek çok alanda hayati öneme sahiptir ve STEM eğitimi, öğrencilerin işgücüne hazırlanması için önemli bir araçtır. Günümüzde evrensel okuryazarlık bağlamında her bireyin eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık, iş birliği ve iletişim gibi 21. yüzyıl becerilerine sahip olması gerektiği ifade edilmektedir (Akgündüz ve diğerleri, 2015; Bybee, 2010; Ormancı ve Çepni, 2022). STEM becerileri, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve yenilikçilik becerilerini geliştirerek, onları gelecekteki işgücü için hazırlar. STEM eğitimi ayrıca, toplumun gelişimine de katkıda bulunabilir ve bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelere liderlik edebilecek yeni nesillerin yetişmesini sağlayabilir.

STEM disiplinleri, beceri eğitiminde önemli bir role sahiptir. STEM eğitimi, öğrencilerin çeşitli beceriler kazanmasına yardımcı olur. Özellikle projeye dayalı öğrenme yaklaşımı, öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme, iş birliği yapma, iletişim kurma ve liderlik becerileri gibi bir dizi beceri kazanmalarını sağlar. STEM eğitimi, öğrencilere bilimsel düşünme ve araştırma becerileri kazandırırken, aynı zamanda teknolojik beceriler ve mühendislik becerileri de geliştirir. Öğrenciler, STEM eğitimi sayesinde, modern dünyada karşılaştıkları karmaşık problemleri çözmek için gerekli olan analitik, kritik düşünme, yaratıcılık ve yenilikçilik becerilerini de geliştirebilirler (Caparo, Caparo ve Morgan, 2014). Moore ve diğerleri (2014) ise, STEM disiplinlerinin, öğrencilerin günlük hayatta karşılaşacakları problemleri çözmek için kritik düşünme, problem çözme, takım çalışması, iletişim ve teknoloji becerilerini geliştirme konusunda faydalı olduğunu belirtmektedir. Bu disiplinlerin, öğrencilerin analitik düşünme becerilerini geliştirmelerine, matematiksel modelleme, veri analizi ve sentezi yapma, araştırma yöntemleri kullanma, fenomenleri ve süreçleri anlama konusunda yardımcı olabileceğini belirtmektedir.

Belirtilen becerilere sahip bireylerin yetiştirilmesi, çağdaş ve nitelikli bir öğretim programı ve eğitim süreci ile mümkündür. Fen bilimleri dersleri, öğrencilerin sahip olması gereken yukarıda belirtilen yeterlikleri kazanmaları açısından da son derece önemlidir. Mevcut bilgilerle çözüm üretilmesi zor olan problemlerin üstesinden gelebilmek için olaylara farklı ve çoklu bakış açılarından yaklaşmak ve bir alandaki bilgiyi diğer alanlara aktararak kullanmak gerekli hale gelmektedir. Disiplinler arası bütünleşme, problemlere çoklu perspektiflerden yaklaşmak için gereklidir. Bu bağlamda çağın gerekliliklerini yerine getirebilmek için doğru disiplinlerle bütünleştirilerek müfredatların oluşturulması gerekmektedir (Başpınar, 2022).

STEM eğitimi, içerik ve bağlama göre derslere entegre edilebilir. İçerik entegrasyonunda, birden fazla STEM içerik alanı, büyük fikirleri gerçekleştirmek amacıyla tek bir öğretim programında birleştirilir. Bağlam entegrasyonunda, bağlamla ilgili bir sorunu çözerken STEM disiplinlerinden yararlanılır (Moore ve diğerleri, 2014).

Günümüzde bireylerin dijital çağa uygun yaşam becerilerine sahip olması gerekmektedir (Resnick, 2002). Bu nedenle, mühendislik ve teknolojinin fen eğitimine entegrasyonunun en büyük ve önemli farklılıklardan biri, iki disiplinin fen eğitiminin yapısına daha önce olmayan bir şekilde entegre edilmesidir. Bu bütünleşme, mühendislik tasarımını, tüm sınıflarda fen disiplinlerini öğretirken, tüm öğrencileri bilimsel sorgulama yaptırarak aynı seviyeye yükseltir (NGSS, 2013). Sonuç olarak, STEM eğitimi, geleceğin küresel çalışanlarını hazırlamak için modern eğitim sistemlerinin kaçınılmaz bir eğilimi olarak kabul edilir (Le, Tran ve Tran, 2021).

2.1.5. Bütünleşik STEM Eğitimi: Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin yön verdiği bu ekonomik sistemde, STEM alanlarının bilgi ve becerileri ile donatılmış, yaratıcı bir iş gücüne sahip olmak gerekmektedir. Ancak ilk başlarda STEM eğitiminde bilim, teknoloji, matematik ve mühendislik disiplinleri tek tek ele alınsa da çıktıların yetersizliği bütünleşik STEM kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bütünleşik STEM, her disiplini ayrı ayrı ele almak yerine hepsini bütünleştirme yani bilim, teknoloji, mühendislik ve matematiğin dört disiplinini gerçek dünya problemi üzerinde birleştirme ilkesine dayanmaktadır (Ayaz ve Sarıkaya, 2019).

Fen bilimleri uzun süredir matematik ve teknoloji gibi farklı disiplinlerle bütünleşik olarak öğretilmektedir (Katehi, Pearson & Feder, 2009). Bybee (2010), bütünleşik STEM eğitimini, öğrencilerin gerçek dünya sorunlarını çözmek veya anlamak için iki veya daha fazla STEM disiplinini birleştirerek kullandığını belirtmiştir. Bununla birlikte, mühendisliğin fen eğitimiyle entegrasyonu nispeten yenidir ve büyük ölçüde hala devam eden bir çalışmadır (Katehi, Pearson & Feder, 2009). Bütünleşik STEM eğitiminin kabul edilmiş tek bir tanımı yoktur ve araştırmacılar veya öğretmenler, bütünleşik STEM eğitiminin pratikte neye benzediği konusunda hemfikir değildir (Moore ve diğerleri, 2020). Bütünleşik STEM problem çözmeye odaklanmalı ve diğer STEM disiplinleriyle bağlantısı nedeniyle mühendisliği içermesi gerekir (Bybee, 2010). Entegre STEM eğitiminin en iyi nasıl tanımlanacağı ve uygulanacağı konusunda literatürde bir fikir birliği olmamasına (Moore ve diğerleri, 2020) rağmen, bütünleşmiş STEM'in çok boyutlu bir yapı olduğu açıktır. Bütünleşik STEM eğitimi, mühendislik tasarım sürecini bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik derslerinde öğrenme içeriği için yaşam temelli bağlantı kurularak kullanmak olarak tanımlanabilir (Stohlmann, Moore ve Roehrig, 2012). STEM ayrıca, öğrencileri en az iki ayrı STEM disiplini için büyük fikirler ve beceriler kullanan işbirlikçi problem çözmeye dahil etmek için gerçek dünya bağlamları kullanılarak tanımlanmıştır (Bybee, 2010). Bu nedenle, bütünleşik STEM eğitiminin teorik temellerini ve uygulama modellerini etkileşimli ve uygulamalı olarak öğreten ortamlar tasarlanmalıdır (Çil, 2022).

Roehrig ve diğerleri (2021) bütünleşik STEM eğitimi için dört tane strateji önermektedir:

1. Dört STEM alanı (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) arasındaki bağlantıların vurgulanması: Öğrencilerin bu alanlar arasındaki bağlantıları anlamaları, bunların birbirine nasıl entegre edilebileceği konusunda fikir sahibi olmaları gerekmektedir.

2. Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının kullanılması: Öğrencilerin karşılaştıkları gerçek hayat problemlerini çözmeleri gerekmektedir. Böylece öğrenciler hem konuları daha iyi anlarlar hem de bu disiplinler arasındaki bağlantıları görebilirler.
3. Disiplinler arası öğrenmeye odaklanma: Öğrencilerin STEM disiplinlerinin tamamından öğrenecekleri şeyler olduğu fikri benimsenmelidir. Böylece öğrenciler diğer disiplinlerle de ilgilenmeye başlayabilirler.
4. Öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımının benimsenmesi: Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerine yön vermesi ve aktif katılımı ile bütünleşik STEM eğitimi daha başarılı bir şekilde uygulanabilir.

Bu stratejiler, bütünleşik STEM eğitimi için önerilerdir ve disiplinler arasındaki bağlantıları vurgulamanın yanı sıra, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerine katılımını teşvik ederek, STEM konularına olan ilgi ve başarılarını artırmayı hedeflemektedir.

Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonuna dayalı STEM eğitimi birçok ülkede fen eğitiminin ayrılmaz bir parçası olup, fen öğretiminde mühendislik tasarımının fen öğretimiyle entegrasyonu sıklıkla daha fazla tercih edilmektedir (Koçulu ve Topçu, 2022). Bütünleşik STEM, katılımcılar arasında STEM okuryazarlığını artırmak için gerçek dünyadaki bağlamsal sorunları çözmek için birden fazla STEM disiplininin iş birliği içinde kullanılmasını içerir. Bütünleşik STEM eğitimi; STEM kavram ve becerilerinin, tek bir disiplin tarafından çözülemeyen çeşitli STEM zorluklarına nasıl çözümler sağlayabileceğini, sorular sorabilmeyi, başkalarıyla iş birliği yapabilmeyi, içeriğe dahil olabilmeyi, içeriği uygulayabilmeyi, sebat etmeyi, takdir etmeyi ve kavrayabilmeyi tanımlamaktadır (Maiorca ve Mohr-Schroeder,2020). Giderek daha fazla bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik tarafından yönlendirilen bir dünyada, başarılı bir şekilde işlev görebilmek için STEM okuryazarı bir nüfusa sahip olmak hayati önem taşımaktadır (ITEEA, 2020).

Ulusal Araştırma Konseyi (2012) bilim, mühendislik ve teknolojinin bilimle entegrasyonunun, dünyayı anlamanın öneminin yansıması, öğretme ve öğrenmeyi daha iyi bütünleştirmesi açısından iki kritik yönden önemli olduğunu vurgulamıştır. Mühendisliğin bilime entegrasyonu ile öğrenciler, mühendislik tasarım sürecinde teorik bilgi ile uygulama arasında bağlantı kurarak anlamlı öğrenme deneyimleri yaşayabilirler (NGSS Lead States, 2013).

Bütünleşik STEM eğitimi liseden mezun olan tüm öğrencilerin hem istihdamda hem de orta öğretim sonrası eğitimde veya her ikisinde de başarılı olmalarını sağlamak için yeterli bir "STEM okuryazarlığı" düzeyine sahip olarak mezun olduğunu varsayar ve öğrencileri teknolojiye ilgili, demokratik bir toplumda yetkin, yetenekli vatandaşlar olmaya hazırlar. Bilim,

matematik ve teknoloji ile doğal bağlar kurması nedeniyle mühendislik eğitimi, bu vizyona ulaşmak için bir katalizör görevi görür (Katehi, Pearson & Feder, 2009). Bu, öğretimin "basitleştirilmesi" gerektiği anlamına gelmez, bunun yerine STEM alanında öğretim ve öğrenimin derinleştirilmesi ve mühendislik tasarımı ve bilimsel sorgulamayı içeren bir dizi STEM becerisinin geliştirilmesine daha fazla zaman harcanması gerektiği anlamına gelir (Katehi, Pearson & Feder, 2009). Pinelli ve Batterson (2008) STEM öğretiminin kullanılmasının sekiz temel öğrenci becerisini geliştireceği sonucuna varmıştır:

1. Problem çözme ve eleştirel düşünme becerileri
2. Akıl yürütme, değerlendirme ve analiz becerileri
3. Matematik, bilim ile gerçek dünya arasında ilişki kurma becerileri
4. Ekip çalışmasının ve iş birliğinin değerinin anlaşılması
5. İfade etme ve iletişim becerileri
6. Teknolojik okuryazarlık
7. Yaratıcılık ve yenilik
8. Eğitim organizasyonu, planlama ve zaman yönetimi becerileri

Farklı tasarıma dayalı öğretim programları, farklı grupların fen öğrenimini teşvik eder, ancak tasarıma dayalı öğretim programının özellikle fen alanında genellikle başarısız olan öğrencilere yardımcı olduğuna dair genel bir eğilim vardır. Bu olumlu sonuçlar öğrencilerin mühendislik tasarımı yoluyla, daha geleneksel öğretim yoluna göre daha fazla bilim öğrenebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, bu değerlendirme sonuçlarında eksik olan şey, öğrencilerin fen kavramlarını tasarım temelli öğretim programı aracılığıyla nasıl, neden ve/veya ne zaman öğrendiğine dair daha derin bir anlayıştır (Siverling, 2019).

2.1.6. Çevrim İçi (Online) STEM Eğitimi: Çevrim içi STEM eğitimi, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik konularında öğrencilere dijital araçlar ve kaynaklar kullanarak internet üzerinden eğitim verilmesi anlamına gelir. Bu tür eğitimler, öğrencilerin dünya genelindeki uzmanlarla etkileşim kurmasını, çeşitli projelerde yer almasını ve gerçek dünya problemlerine çözüm üretmesini sağlar. Çevrim içi STEM eğitimi de yüzyüze STEM eğitimi gibi öğrencilere yaratıcılık, eleştirel düşünme, problem çözme, iş birliği ve iletişim gibi beceriler kazandırmayı hedeflediği varsayılabilir.

Kitlesel açık çevrim içi kurslar bilgisayar mühendisliği, felsefe, tarih ve hemşirelik başta olmak üzere çok geniş bir alanda kullanılmaktadır (Bellack 2013; Sharma ve diğerleri 2014). Bazı kurslar dil öğretimi, kodlama ve web tabanlı araçların kullanımı gibi konuları da ele almaktadır. Parkinson'un (2014) çalışması, çevrim içi eğitimin artan popülaritesine ve sağlık profesyonellerinin mesleki gelişimleri için çevrim içi kurslara katılma eğilimlerine

odaklanmaktadır. Çalışma, çevrim içi eğitimin bir dizi avantajını vurgulamaktadır. Bunlar arasında öğrencilerin kendi hızlarında çalışabilme, iş ve diğer yükümlülükleriyle uyumlu olma, zaman ve seyahat maliyetlerinden tasarruf etme, çevrim içi kaynaklara kolay erişim sağlama ve öğretmenlerle öğrenciler arasında daha fazla etkileşim sağlama yer almaktadır. Parkinson, çevrim içi eğitimin geleceği konusunda iyimser olsa da dezavantaj yaratabilecek bazı tenik sorunlardan dolayı çevrim içi eğitimde kalite kontrolünün ve öğrenci performansının değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) alanlarına odaklanan çevrim içi kurslar da vardır. Amerikan Araştırma Enstitüleri (2015) tarafından hazırlanan "STEM 2026", çevrim içi kursların STEM eğitimi için kullanılabileceğini belirtmektedir. Subbian (2013) ayrıca çevrim içi kursların STEM alanlarını öğreterek disiplinler arası eğitimi kolaylaştırmak için kullanılabileceğini savunmaktadır.

Çevrim içi STEM eğitimi, özellikle pandemi döneminde popüler hale gelmiştir. Covid-19 salgını, çevrim içi eğitimin ne kadar önemli olduğunu göstermiştir (Efe ve Hanas, 2022). Çevrim içi kursları öğretmenler mesleki gelişimleri için de kullanmaktadırlar. Öğretmenler iş dışında istedikleri zaman ve istedikleri yerde çevrim içi derslere katılabilirler. Bu nedenle çevrim içi kurslar geleneksel öğretmen yetiştirme programlarına alternatif olarak kullanılabilir (Koukis ve Jimoyiannis 2018). Çevrim içi eğitimin avantajları arasında şunlar yer alır:

1. Esnek öğrenme imkânı: Çevrim içi kurslar öğrencilere dersleri kendi hızlarında ve istedikleri zaman diliminde takip etme imkânı verir.
2. İş birliği ve etkileşim: Çevrim içi kurslar, öğrencilerin ders materyalleri üzerinde iş birliği yapmalarına ve tartışmalarına olanak tanır.
3. Öğrenci merkezli öğrenme: Çevrim içi kurslar, öğrencilerin kendi öğrenme ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilir ve öğrenci merkezli öğrenme deneyimleri sunar.
4. Düşük maliyet: Çevrim içi kurslar, geleneksel sınıf tabanlı kurslara göre genellikle daha düşük maliyetlidir.

Bali'ye (2013) göre öğretmenler, tartışmalara katılma, öğrenci uzmanlıklarını deneyimleme ve yüksek kaliteli ücretsiz kaynaklara erişim fırsatına sahip oldukları için çevrim içi kursları kullandıklarını belirtmiştir. Brooks ve Gibson (2012) ayrıca öğretmenlerin çevrim içi kursları kullandıklarını çünkü bu kursların esnek olduğunu, öğretmen-öğretmen iletişimini kolaylaştırdığını ve her yerde, her zaman katılabileceğini bildirmiştir. Çalışma sonuçları öğretmenlerin kendilerine uygun öğrenme platformları sağlandığında çevrim içi eğitim hizmetlerini kullandıklarını göstermektedir. Brooks ve Gibson (2012) ayrıca, öğretmenlerin

çevrim içi kurslardaki deneyimlerinin, öğretmenlerin önceden teknoloji becerileri ve öz-motivasyon düzeyleri gibi faktörlere bağlı olduğunu belirtirler.

Çevrim içi STEM eğitimi, son yıllarda artan dijitalleşme ve uzaktan eğitim ihtiyacı nedeniyle daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Bu alanda birçok araştırma yapılmıştır. Johnson, Walton, Strickler & Elliott, (2022) tarafından hazırlanan "Amerika Birleşik Devletleri'nde K-12 eğitiminde çevrim içi öğretim: Sistematik bir inceleme" makalesi, çevrim içi eğitimin etkililiğini inceleyen sistematik bir incelemedir. İnceleme, 2010 ile 2020 yılları arasında yayınlanan çalışmaları analiz eder ve hem nitel hem de nicel araştırmaları içerir. İnceleme, öğretim tasarımı sağlam olduğunda ve öğretmenlerin çevrim içi bir ortamda etkili bir şekilde öğretmek için eğitildiklerinde çevrim içi öğretimin K-12 eğitiminde etkili olabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, çalışma aynı zamanda birçok öğretmenin çevrim içi etkili bir şekilde öğretmek için gerekli eğitime ve kaynaklara sahip olmadığını ve düşük gelirli geçmişe sahip öğrencilerin veya güvenilir internete erişimi olmayan öğrencilerin dezavantajlı durumda olabileceğini de ortaya koymuştur.

Ray ve Srivastava (2020) sanal öğrenme ortamlarının öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirdiği, erişilebilirliği artırdığı ve öğretmenlerin öğrenme hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olduğu sonucuna varmaktadır. August ve diğerleri (2015) sanal laboratuvarın öğrencilerin STEM becerilerini geliştirmede ve öğretmenlerin öğretim materyalleri hazırlama sürecinde yardımcı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, öğrencilerin sanal laboratuvarı kullanırken daha fazla özgüven kazandıkları ve daha fazla ilgi gösterdikleri de belirtilmiştir. Yazarlar ayrıca, sanal laboratuvarın fiziksel laboratuvarlara alternatif olabileceğini ve STEM eğitiminde kullanılabilirliğinin artırılması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Bununla birlikte, yazarlar sanal laboratuvarların fiziksel laboratuvarların yerini almasının mümkün olmadığını, ancak öğrencilerin öğrenme deneyimini geliştirebilecek bir araç olarak kullanılabileceğini de belirtmektedirler.

Kefalis ve Drigas (2019) makalesinde, STEM eğitiminde web tabanlı ve çevrim içi uygulamaların kullanımı ele alınmaktadır. Makalede, öğrencilerin STEM alanında daha fazla ilgi göstermesi ve bu alana daha fazla katılım göstermesi için çevrim içi uygulamaların önemli bir araç olduğu vurgulanmaktadır. Yazarlar, sanal laboratuvarlar, çevrim içi simülasyonlar ve etkileşimli oyunlar dahil olmak üzere STEM eğitiminde kullanılabilecek belirli web tabanlı ve çevrim içi uygulamalara ilişkin çeşitli örnekler sunmaktadır. Ayrıca, bu araçların daha geniş STEM öğretim programına nasıl entegre edilebileceğini ve belirli STEM kavramlarını ve becerilerini öğretmek için nasıl kullanılabileceğini tartışırlar. Ayrıca, bu uygulamaların öğrencilere farklı öğrenme tarzlarına uygun öğrenme deneyimleri sağlayabileceği ve

öğrencilerin daha derinlemesine anlamalarını ve anlamalarını sağlayabileceği belirtilmektedir. Makalede ayrıca, STEM öğretmenlerinin web tabanlı ve çevrim içi uygulamaları nasıl etkili bir şekilde kullanabileceklerine dair öneriler de sunulmaktadır.

Bu çalışmalar, çevrim içi STEM eğitiminin etkililiği ve faydaları konusunda önemli bir bilgi sağlamaktadır. Ancak, bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Okulların kapanması nedeniyle öğrencilerin evden eğitim alması gerektiği için çevrim içi STEM eğitimleri, öğrencilerin öğrenme sürecine devam etmesine yardımcı olmuştur. Ayrıca, bu tür eğitimler, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirebilir ve öğretmenlere daha fazla esneklik sağlayabilir.

Subbian (2013), çevrim içi kursların disiplinler arası eğitimi kolaylaştırmak, STEM alanlarında öğrenmeyi sağlamak ve STEM eğitiminin pedagojisini öğretmek için kullanılabileceğini belirtmektedir. Bazı araştırmalar çevrim içi kursların belirli alanlarla ilgili konuları öğretmek için de kullanılabileceğini öne sürmektedir. Örneğin, Parson ve diğerleri (2019), çoğu öğretmenin çevrim içi kursları mesleki gelişim için faydalı bulduğunu bildirmiştir. Başka bir deyişle hem eğitimciler hem de öğrenciler için yararlı bir eğitim ve öğretim kaynağıdırlar. Ayrıca, bilgilerini derinleştirmek isteyen herkes tarafından kolayca erişilebilir oldukları için kullanışlıdırlar (Efe ve Hanas, 2022).

2.2. Mühendislik Tasarım Temelli Öğretim

Bu bölümde mühendislik tasarım süreci, mühendislik tasarım sürecinin aşamaları, mühendislik tasarımında karar verme becerilerinin önemi ve mühendislik tasarımına dayalı fen eğitimi hakkında bilgiler verilmiştir.

2.2.1. Mühendislik Tasarım Süreci: Mühendislik "insanların ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamak için, yaratıcılık, matematik ve feni kullanarak çeşitli sınırlılıkları olan problemler için ulaşılabilir çözümler üreten kompleks bir girişim" olarak tanımlamaktadır (Brophy ve diğerleri, 2008; Petroski, 1996; Wulf, 1998). Mühendisler, kompleks bir girişim olarak tanımlanan "çözümler üretme" sürecinde mühendislik tasarım döngüsünü takip ederler. Mühendislik tasarım döngüsü, yeni bir ürün veya sistemin geliştirilmesine yol açan bir sorunun çözümünde mühendislere yol gösteren bir döngüdür (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2015). Araştırmalarında mühendislik tasarım döngüsünü sıkça kullanan NASA (ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) eğitim personeli olan mühendisler, öğrencilerin karşılaştıkları bir sorunu çözmek için mühendis gibi çözüm sürecine girmelerini sağlayan mühendislik tasarım döngüsü (Hynes ve diğerleri, 2011) ile öğrencilerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) kariyerleri için somut beceriler kazanmalarını hedeflemektedir. STEM eğitiminin hedeflerine mühendislik entegrasyonu ile ulaşılabileceği

düşünülmektedir (Bybee, 2010). STEM eğitimine mühendislik disiplini entegrasyonu nedenleri:

1. Problem çözme becerilerini geliştirmesi (NRC, 2011; Petroski, 1996).
2. Fen, teknoloji ve matematik alanlarını içermesi ve geliştirmesi (NAE, 2009).
3. Bilimsel düşünme becerilerinin gelişmesi (Dym, Agogino, Eris, Frey ve Leifer, 2005).
4. Bloom sentez basamağı ile ilgili olması (Yıldırım, 2016).
5. Bireylerin fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarını artırması (Sadler ve diğerleri, 2000).
6. Bilimsel kavramların öğrenilmesini sağlaması (Holbrook ve Kolodner, 2004).

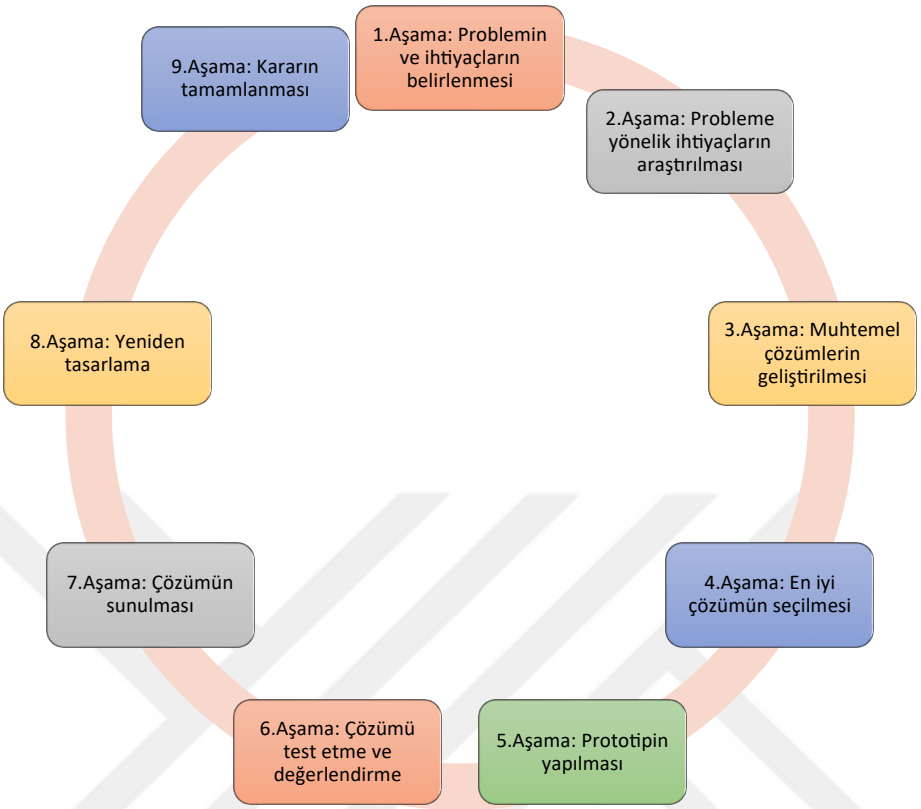
Bir diğer yandan mühendislik problemlerine, fen ve matematik alanları ile bireyler öğrendikleri bilgileri gerçek hayatta kullanarak ve ülke ekonomisine katkı sağlayacak ürünler oluşturabilirler (Cunningham, 2009). Mühendislik disiplinin amaçları ile fen bilimleri öğrenme alanlarının amaçları örtüşmektedir. Bu kapsamda MEB (2018) tarafından, Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında mühendislik entegrasyonu yapılarak, öğretim programı güncelleştirilmiştir. 2017 yılında hazırlanan taslak öğretim programı, 2018 yılında uygulanmaya başlamıştır. STEM eğitimine mühendislik disiplini entegrasyonun nedenleri arasında STEM uygulamalarının akademik başarıyı arttırması (Becker ve Park, 2011; Fortus ve diğerleri, 2004; Olivarez, 2012; Yıldırım ve Altun, 2015), bilimsel kavramların öğrenilmesini sağlaması (Holbrook ve Kolodner, 2004; Ricks, 2006), bireylerin fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarını artırması (Sadler, Coyle ve Schwartz, 2000), problem çözme becerilerini geliştirmesi (NRC, 2012; Petroski, 1996), fen, teknoloji ve matematik alanlarını içermesi ve geliştirmesi (NAE, 2009), bilimsel düşünme becerilerini geliştirmesi (Dym, Agogino, Eris, Frey ve Leifer, 2005), STEM'e yönelik tutumu arttırması yer almaktadır.

MTTÖ yaklaşımı mühendislik tasarım sürecinin işletilerek, gerçek yaşam bağlamında mühendislik tasarım problemine çözüm bulma sürecinde anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesine imkân tanımaktadır (Daugherty, 2012).

MTTÖ aynı zamanda öğrencilerin hedeflenen davranışları kazanmaları için bilimsel araştırma sorgulama ile mühendislik tasarımının bir arada ele alındığı, gerçek yaşam bağlamını oluşturan mühendislik tasarım problemlerine mühendislik tasarım süreci çerçevesinde çözümler üretme becerisini kazandırmayı hedefleyen STEM disiplinlerinin entegrasyonunu içeren etkileşime fırsat veren güncel bir öğretim yaklaşımıdır (Wendell, 2008).

Şekil 1

Mühendislik tasarım süreci (Hynes ve diğerleri, 2011)



Mühendislik tasarım sürecinde tasarımlardaki zorluklar, öğrencileri soru sormaya, problemler hakkında araştırma yapmaya, çözümler geliştirmeye, prototipler veya modeller tasarlamaya, çözümleri değerlendirmeye, tartışmaya ve yeniden tasarlamaya motive etmek için birden fazla çözümü olan zorlayıcı gerçek hayat problemlerini içerir ve öğrenciler bu sistematik ve yinelemeli adımları takip ederler (Hynes ve diğerleri, 2011; Capobianco; NRC, 2012; DeLisi & Radloff, 2017).

2.2.2. Mühendislik Tasarım Sürecinin Aşamaları: Tasarım süreci, mühendislerin problem çözmeye yönelik temel yaklaşımları gibi pek çok farklı uygulamayı içerir. Bunlar, problem tanımlamayı, model geliştirmeyi ve kullanmayı, verileri araştırmayı, analiz etmeyi ve yorumlamayı, matematiği ve hesaplamalı düşünmeyi uygulamayı ve çözümleri belirlemeyi içerir. (NRC, 2012). Bu çalışmada Hynes ve diğerleri (2011)'nin ortaya koyduğu mühendislik tasarım süreci adımları uygulanmıştır. Sürecin daha iyi anlaşılabilmesi için her bir aşamanın ne ifade ettiğinin sunulmasında fayda olacağı düşünülmektedir.

Şekil 1'de verilen Hynes ve diğerleri (2011)'ne göre mühendislik tasarım sürecinin dokuz ana basamağı vardır:

1. İhtiyacı veya problemi belirleme,

2. İhtiyacı veya problemi araştırma,
3. Olası çözümleri geliştirme,
4. Mümkün olan en iyi çözümü seçme,
5. Bir prototip oluşturma,
6. Çözümü test etme ve değerlendirme,
7. Çözümü ifade etme,
8. Yeniden tasarlama,
9. Kararı tamamlama.

1. Aşama: İhtiyacı veya problemi belirleme. Mühendislik çalışmalarına önce projenin amacını, beklentilerin ve sınırlamalarını içeren bie tasarım özeti ile başlanır. Mühendislik tasarım sürecinin ilk adımı olan " *İhtiyacı veya problemi belirleme"*, tasarımın amacını belirlemek ve tasarımın hangi sorunu çözeceğini tanımlamak için kullanılır. Bu adımda, tasarımın hedef kitlesi, kullanım amacı, çözülecek sorun ve tasarımın özellikleri belirlenir. Bu adımın başarılı bir şekilde tamamlanması, tasarım sürecindeki diğer adımların daha etkili ve verimli bir şekilde tamamlanmasına yardımcı olur. Mühendisler bu aşamada geliştirecekleri ürün ya da proje ile ilgili kriter ve sınırlıkları da ortaya koyarlar (Brunsell, 2012; NRC, 2012).

Problem durumu günlük yaşamda karşılaşılan problemler olduğunda öğrencilerin dikkatini konuya çekebilir ve anlamlı öğrenme için temel oluşturabilir. Sorun tespitinde bölgesel sorunların yanı sıra küresel sorunlar da ele alınabilir. Ayrıca problem durumu belirlenirken olası durumlar da göz önünde bulundurulabilir. Diğer bir deyişle, öğrencilerin günlük yaşamda karşılaşmadıkları ancak gelecekte karşılaşabilecekleri sorunlar/ihtiyaçlar belirlendiğinde öğrenciler bu sorunlar üzerinde çalışmaya daha istekli olabilir.

Mühendislik tasarım sürecinin bu aşaması fen eğitiminde öğretmenin sınıfa sunduğu bir durumda öğrencilerin tasarım probleminin ne olduğunu anlamaları şeklinde açıklanabilir (Brunsell, 2012; Hynes ve diğerleri, 2011). Yani bu aşama öğrencilerin tasarım probleminin ne olduğunu anlayarak, verilen problem durumuna çözüm üretecek ürün veya sistem için ölçütleri ve sınırlamaları belirlemeleri ifade edilir (Kolodner ve diğerleri, 2003; Hynes ve diğerleri, 2011; Mentzer, 2011). İyi tanımlanmış bir sorun bildirimi olmadan, neyi hedeflediğimizi bilmek de zordur.

Öğretmenler öğrencilerine bir tasarım problemi sunduğunda onlardan verilen durumu analiz etmelerini, yani problemin ölçütlerini ve sınırlılıklarını belirlemelerini bekler. Bunun için onlara sorunu kendi sözcükleriyle ifade edecek kadar bir zaman vermelidir (Hynes ve diğerleri, 2011). İyi tanımlanmamış problemlere çözüm bulmak zor olacağından, kriterlerin ve sınırlamaların belirlenmesi, mühendislik tasarım sürecinin problemi daha iyi değerlendirmesi

açısından önemlidir (Fortus ve diğerleri, 2004; Mentzer, 2011; Brunsell, 2012). Tasarım kriterleri, tasarlanacak ürün veya sistemin başarılı olabilmesi için sahip olması gereken nitelikler ve özellikler; sınırlamalar ise ürünün veya sistemin başarıyla tasarlanmasını engelleyen faktörlerdir (Fortus ve diğerleri, 2004; NAE & NRC, 2009; Hynes ve diğerleri, 2011; Mentzer, 2011; Brunsell, 2012).

2. Aşama: İhtiyacı veya problemi araştırma. Bu aşamada öğretmen öğrencilerden tasarlamaları gereken ürün veya sistem için ne bildiklerini ve neleri bilmeleri gerektiğini düşünmelerini ve bu doğrultuda araştırma yapmalarını ister (NAE & NRC, 2009; Wendell ve diğerleri, 2010). Bu aşamada en uygun çözüm önerisi seçilirken maliyet, başarı, zaman ve işlevsellik (görevin yerine getirilmesi) gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır çünkü çoğu kavramının sonu yoktur. Başarıda bir artış arzu edilir, ancak mühendislik tasarım sürecinde maliyet ve süredeki (üretim süresi) bir artış istenmez. Ancak kriterler ve sınırlamalar söz konusu olduğunda bireyler daha dikkatli düşünerek sorunlara yaratıcı çözümler üretebilmektedir.

Mühendisler, tasarım sürecinde akla gelen ilk çözümü sunmak yerine sorunu araştırırlar. Ayrıca geçmişte kullanılan çözümleri de incelerler. Ancak öğrenciler alelacele akıllarına gelen ilk çözümün gerçek çözüm olduğunu düşünürler (Kolodner ve diğerleri, 2003; Hynes ve diğerleri, 2011; Brunsell, 2012). Bu aşamada öğretmen öğrencilerden problem hakkında düşündükleri ürün veya sistem tasarımı hakkında daha fazla fikir üretmelerini ister. Onlara sorunu tam olarak belirlemek için daha fazla araştırma yapmalarının önemli olduğunu söyler (Hynes ve diğerleri, 2011).

3. Aşama: Olası çözümleri geliştirme. Mühendislik tasarım sürecinde yaratıcılığa en fazla ihtiyaç duyulan aşama bu aşamadır. Gerçek hayatta olduğu gibi mühendislik tasarım problemlerinde de tek bir doğru çözüm yoktur. Bu aşamada öğrencilerden olası çözümleri geliştirmeleri istenir (Wendell ve diğerleri, 2010; Mentzer, 2011; Brunsell, 2012). Bu aşamada daha çok fikir ortaya atılması için grup çalışmasının önemi anlatılır (Brunsell, 2012; Hynes ve diğerleri, 2011). Bu aşamada öğrencilerden mühendislerin yaptığı gibi kriter ve sınırlıklarını belirlemeleri, tasarım problemine yönelik beyin fırtınası ile olabildiğince çözümler üretmeleri, eğer problem durumu belli bölümlerden oluşuyorsa problemi küçük parçalara bölerek bu parçaların çözümü için beyin fırtınası yapmaları istenir (Brunsell, 2012; Mentzer, 2011).

Genellikle küçük gruplar halinde gerçekleştirilen beyin fırtınası sürecinde fikirlerin sınıfa ve sürece uygun olup olmadığını rekabet ortamı yaratmadan değerlendirmek yerine öğrencilerin dikkati fikirlerin oluşumuna yönlendirilmelidir (Brunsell, 2012). Bu aşamada öğrencilerden fikirlerini yazarak ya da çizerek not almaları istenir.

4. Aşama: Mümkün olan en iyi çözümü seçme. Birçok olası çözümün tanımlanmasından sonra bu aşamada öğrencilerden, mühendislerin yapıkları gibi çözümlerin tasarıma yönelik kriterler ve sınırlıkları nasıl karşılayacağına ilişkin analizler yapmaları, çözümlerinden birini seçmek üzere karar vermeleri istenir (Brunsell, 2012; Hynes ve diğerleri, 2011; Mentzer, 2011; NRC, 2012). İlkokul ve ortaokul düzeyinde bu süreç öğretmen tarafından öğrenci çözümlerinden biri seçilerek sonuçlandırılırken, lise ve üzeri düzeyde öğrencilerin kendi başlarına karar vermeleri beklenmektedir (Hynes ve diğerleri, 2011).

Problemin en iyi çözümün belirlenmesi, bir bakıma karar verme sürecini de içermektedir. Bu durum mühendislerin tasarım sürecinde "optimizasyon" olarak ifade edilmektedir (NAE & NRC, 2009; NRC, 2012; Ercan ve Bozkurt, 2013). Bu aşamada öğrencilerden tıpkı mühendislerin yaptığı gibi, çözümlerinin içinden en iyisini seçmeleri beklenir. Bu aşamada öğrenciler çözüm kriterlerini ve sınırlıklarını en çok karşılayana çözüme yönelmelidirler. Ancak önerilen çözümlerden birinin kriterlerin her biri açısından en iyi olması gibi durumuyla karşılaşılamayabilir. Nitekim olası çözümlerin arasından biri belirgin bir şekilde en iyi olmayabilir, bu durumda öğrenciler çözümlerinin kriterleri ve sınırlıklarını karşılama durumuna göre kriter ya da sınırlıkların bazılarından vermesi gerekecektir. Mühendislik tasarım sürecinde en iyi çözümün seçiminde başka bir deyişle çözümlerden birine karar verme sürecinde ödün verme çok önemlidir (Hynes ve diğerleri, 2011; Leonard, 2004; NRC, 2012). (Brunsell, 2012; NRC, 2012). Ödün verme, sürecinde mühendisler en iyi çözüme ulaşmak, çözümlerinin avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmak için karar verme matrislerini kullanırlar (Brunsell, 2012; NRC, 2012). Lise öncesi öğrenciler için karar verme matrisi kullanmak zor olsa da lise ve üstü öğrenim gören öğrenciler tasarıma yönelik olası çözüm önerilerinden en iyisini seçmek için karar verme matrislerini kullanabilirler (NRC, 2012). Kriterlerinden hangisinden ödün vereceğini analiz etmek için karar verme matrisi hazırlayan öğrenciler sistematik bir çözüm yolu izlemiş olurlar (Brunsell, 2012).

5. Aşama: Bir prototip oluşturma. Mühendisler, ürünlerini sunmak veya ayrıntılarını göstermek için prototipler oluşturur. Prototip, kuramsal olarak ortaya koydukları çözümlerin uygulanmasında geliştirilecek nihai sonuç için bir model veya sunumdur (Hynes ve diğerleri, 2011; NRC, 2012). Bu gelecekte çocuklardan beklenen çözüme yönelik bir model oluşturmaları ya da bir sunum planlamalarıdır (Hynes ve diğerleri, 2011; NRC, 2012). Prototip oluşturma aşamasında, Öğrenciler malzemeleri, araçları ve teknolojileri kullanarak prototiplerini yapabilirler. Bu aşamada, prototipin özelliklerinin test edilmesi için uygun bir test ortamı hazırlanmalıdır. Test sonuçları, tasarımın ne kadar başarılı olduğunu ve tasarımın hangi özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiğini belirlemek için kullanılabilir.

Bu aşamada önemli olan, öğrencilerin bilimsel özelliklerini prototipe uyarlarken prototiplerinin performanslarını değil, eksikliklerini farketmeleridir (Hynes ve diğerleri, 2011). Öğrenciler prototip ortaya koyarken aynı zamanda çözümlerini geliştirebilir ve bir sonraki aşamada iyileştirilmiş çözümlerini kontrol edebilirler (Hynes ve diğerleri, 2011). Bu aşamada, tasarımın farklı yönlerinin değiştirilebilmesi için prototipin esnek ve değiştirilebilir olması önemlidir. Öğrenciler, prototipin her yönünü test ederek, tasarımın tüm yönlerini mükemmelleştirmek için gereken değişiklikleri yaparlar. Prototipin tasarım aşamasının sonunda, tasarımın son haline karar verilir.

6. Aşama: Çözümü test etme ve değerlendirme. Prototipin istenen sonuçları verip vermediğini gözlemlemek için prototip test edilir ve yeniden değerlendirilir. Mühendislerin oluşturdukları prototipler üzerinden çözümlerini kriterler ve sınırlamalar doğrultusunda test edip değerlendirdikleri aşamadır (Brunsell, 2012; Hynes ve diğerleri, 2011; NAE & NRC, 2009; NRC, 2012). Değerlendirme sonucunda çözümün başarısı veya eksiklikleri ortaya çıkar (Hynes ve diğerleri, 2011; NRC, 2012). Sınıf içi uygulamalarda öğrenciler, bu süreçte çözümlerinin performansına ilişkin topladıkları veriler sonucunda nelerin iyileştirilebileceğini de değerlendirme fırsatı bulmaktadırlar (Brunsell, 2012). Bu süreçte ilkokul ve ortaokul öğretmenlerinin rehberliği, geçerli bir ölçme süreci ve doğru bir değerlendirme için önemlidir. Ancak lise ve üzeri öğrenciler için öğretmenden bire bir rehberlik istenmeyebilir (Hynes ve diğerleri, 2011).

7. Aşama: Çözümün sunulması. Mühendisler, tasarım sürecinin her aşamasında birbirleriyle fikir alışverişinde bulunabilirler (Brunsell, 2012; Hynes ve diğerleri, 2011; NRC, 2012). Burada fikirlerin paylaşılması, nihai tasarımın kriterler ve sınırlamalar doğrultusunda pazarlanması ve çözüm süreci aşamalarında yapılanların geri bildirimi için önemli görülmektedir (Hynes ve diğerleri, 2011). Öğrenciler ayrıca mühendislik tasarım sürecinde fikirlerini grup arkadaşlarıyla veya sınıfla paylaşmalıdır (Brunsell, 2012; NRC, 2012). Örneğin, "problemi tanımlama" aşamasında öğrenciler senaryoya, ölçüt ve sınırlılıklara ilişkin anlayışlarını birbirleriyle paylaşmalıdır (Brunsell, 2012; Hynes ve diğerleri, 201). Ölçme ve değerlendirme aşamasında elde edilen verileri, değerlendirmeleri ve iyileştirme noktalarını arkadaşlarıyla paylaşmaları sonucunda öğrencilerin bu yönde geri bildirim almaları da nihai çözümlerinin başarısı için önemli olacaktır (Brunsell, 2012; NRC, 2012).

8. Aşama: Yeniden tasarlama/Revize etme. Mühendislik tasarım sürecinin dokuz adımından biri olan Yeniden Tasarlama / Revize Etme aşaması, prototipin test edilmesi sonucunda elde edilen geribildirimlerin kullanılarak, tasarımın iyileştirilmesini amaçlar. Bu aşama, tasarımın zayıf yönlerinin belirlenmesine, performansın artırılmasına, maliyetlerin

azaltılmasına, üretim sürecinin optimize edilmesine ve son kullanıcının ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik olarak gerçekleştirilir.

Yeniden tasarlama aşamasında, tasarım ekibi geri bildirimleri analiz eder ve tasarımı yeniden ele alır. Bu süreçte, var olan prototipin tasarımı, malzemesi, boyutu, şekli veya bileşenleri gibi değiştirilebilir özellikleri, ürünün amacını ve kullanımını etkilemeyecek şekilde iyileştirilir. Bu aşamada, daha fazla araştırma yapmak, benzer ürünleri incelemek, çizimler yapmak ve bilgisayar destekli tasarım yazılımlarını kullanmak gibi teknikler de kullanılabilir.

Yeniden tasarlama süreci, tasarımın tamamlanmasına kadar devam edebilir ve birden fazla revize aşaması gerektirebilir. Bu aşamada, müşteri ve kullanıcılardan alınan geri bildirimler dikkate alınarak, tasarımın son hali oluşturulur (Hynes ve diğerleri, 2011).

9. Aşama: Kararı tamamlama. Mühendislik tasarım sürecinin dokuz adımından biri olan kararı tamamlama aşaması, tasarımın son halinin belirlenmesini ve üretim sürecinin başlatılmasını amaçlar. Bu aşamada, tasarım ekibi, ürünün son versiyonunu onaylar ve üretim için hazır hale getirir.

Kararı tamamlama aşaması, tüm tasarım alternatifleri ve revizyonlarının gözden geçirilmesi, maliyet tahmini ve bütçenin belirlenmesi, üretim sürecinin planlanması ve gereksinimlerin belirlenmesi gibi işlemleri içerir. Bu aşamada, ürünün hedef kitlesinin ihtiyaçlarına uygunluğu, performans özellikleri, kalite, dayanıklılık, güvenlik, sürdürülebilirlik, standartlara uygunluk ve müşteri beklentilerine uygunluğu gibi unsurlar da dikkate alınır.

Kararı tamamlama aşamasında, tasarım ekibi, üretim sürecinde karşılaşabilecekleri potansiyel sorunları da öngörmeye çalışır ve bunları çözüme kavuşturmak için önlemler alır. Ayrıca, ürünün satış fiyatının belirlenmesi ve üretim maliyetlerinin hesaplanması da bu aşamada yapılır.

Sonuç olarak, Kararı Tamamlama aşaması, tasarım ekibinin, tüm tasarım süreci boyunca yaptığı çalışmaları ve alınan kararları değerlendirdiği, son tasarımın belirlendiği ve üretim sürecinin başlatıldığı önemli bir aşamadır.Bu aşamada hem mühendisler hem de öğrenciler nihai tasarımlarının en iyi çözüm olup olmadığına karar verirler (Hynes ve diğerleri 2011). İstenilen sonuçlar elde edildikten sonra prototip hazır hale getirilir.

2.2.3. Mühendislik Tasarımında Karar Verme Becerilerinin Önemi: Karar verme, amaca ulaştıracak eylemlerde bulunmak için, seçeneklerin saptanıp, saptanan seçenekler arasından mantığa uygun olanın seçilmesidir (Sucu, 2000). Sorunun tespiti ile başlayan karar verme süreci, sorunla ilgili verilerin toplanması, alternatiflerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ve en uygun alternatifi seçerek karar verilmesi ile son bulur. Hynes ve diğerleri (2011)'nin sorunun tanımlanması, soruna yönelik ihtiyaçların belirlenmesi, olası

çözümlerin geliştirilmesi, en iyi çözümün seçilmesi ve prototip yapılması, devam eden çözümün değerlendirilmesi, karar aşamasında sunum yapılması ve iyileştirmeler yapılması" şeklindeki mühendislik tasarım adımları dikkate alındığında, mühendislik tasarım sürecinin karar alma süreci ile benzerlikleri olduğu söylenebilir. Diğer bir ifade ile mühendislik tasarım sürecinde öncelikle problemler belirlenir; sorun belirlendikten sonra çözümler sunulur, daha sonra problemin kriterlerine ve sınırlılıklarına göre seçimler yapılarak en uygun çözüme karar verilir. Daha sonra bir prototip oluşturulur ve önerilen çözüm olarak sunulan tasarım yapılır ve test edilir (Koehler ve diğerleri, 2005). Mühendislik tasarım süreci ile karşılaştırıldığında karar verme becerisi ve mühendislik tasarım sürecinin benzerlikleri dikkat çekmektedir. Problemin belirlenmesinden en uygun olanın seçimi, kararın uygulaması adımlarına kadar tüm aşamalar mühendislik tasarım süreci ve karar verme sürecinin benzer aşamalarıdır (Bozkurt Altan & Tan, 2022).

Mühendislik tasarım sürecinde problemleri çözebilmek ve bunu yaparken uygun çözümlere karar verebilmek oldukça önemlidir (Jonassen, 2011). Mühendislik tasarımında karar verme becerileri oldukça önemlidir çünkü tasarım sürecindeki her aşamada karar verme gereklidir. Karar verme becerileri, bir mühendisin tasarımın her aşamasında doğru kararlar almasına yardımcı olur ve başarılı bir sonuç elde etmek için tasarım sürecinde önemli bir rol oynar. Karar verme becerileri, doğru karar vermenin yanı sıra, karar verme sürecinde doğru bilgileri toplamak, analiz etmek, değerlendirmek ve kararları uygulamak için etkili stratejiler geliştirmek de dahil olmak üzere bir dizi farklı beceriyi içerir. Ayrıca, doğru kararlar alarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlanabilir ve sonuç olarak müşteri memnuniyeti artırılabilir.

Alanyazın incelendiğinde tasarım temelli öğretim süreçlerinin karar verme becerileri üzerindeki etkisini araştıran çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amaçlarına benzer şekilde Bozkurt (2014), mühendislik tasarımına dayalı öğretimin fen bilgisi öğretmenlerinin karar verme becerileri üzerinde olumlu ve büyük bir etkiye sahip olduğunu bulmuştur. Ercan (2014) tarafından ilkokul 7. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen çalışmada "Kuvvet ve Hareket" ünitesinde uygulanan mühendislik tasarımı temelli fen öğretiminin karar verme becerilerini, mühendislik disiplinlerini ve akademik başarı düzeylerini artırdığı belirlenmiştir. Öğrencilerin Ayrıca Ercan ve Bozkurt (2014) mühendislik tasarımı temelli fen öğretimi sonrasında ortaokul öğrencilerinin karar verme becerilerinde olumlu gelişmelerin gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

2.2.4. Mühendislik Tasarımına Dayalı Fen Eğitimi: Mühendislik tasarım temelli fen öğretimi, mühendislik tasarımı ile bilimsel araştırma süreçlerini birlikte kullanarak öğrencilerin hedeflenen davranışları kazanmasını, günlük yaşam problemlerine alternatif çözümler

üretmesini, en uygun çözüme karar vermesini ve tüm STEM disiplinlerini bütünleştirmesini sağlayan bir öğretim yaklaşımıdır (Wendell, 2008). Mühendislik tasarımına dayalı fen eğitimi, öğrencilere problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve iş birliği gibi önemli becerileri geliştirmelerine yardımcı olur. Bu beceriler, öğrencilerin sadece fen bilimleri derslerinde değil, hayatın her alanında karşılaşacakları problemleri çözmelerine yardımcı olacak önemli yetkinliklerdir.

Mühendislik tasarımına dayalı fen öğretimi; Bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarını bütünleştirmeyi, öğrencilerin bir mühendis gibi farklı disiplinleri bir araya getirerek çalışmalarını ve sorunlara yaratıcı çözümler bularak bir ürün ortaya koymalarını amaçlar (Bybee, 2010). Mühendislik tasarımına dayalı fen eğitimi, öğrencilerin bilim ve teknolojinin birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu anlamalarına da yardımcı olur. Bu sayede, öğrenciler bilimsel düşünme sürecini kullanarak teknolojik problemlere çözümler üretebilirler. Ayrıca, bu eğitim, öğrencilerin fen bilimleri derslerinde teorik bilgiye sahip olmalarının yanı sıra, bu bilgileri uygulama becerileri geliştirmelerine de olanak tanır.

Wendell ve diğerleri (2010) tasarım temelli fen eğitimini desteklemek için çeşitli araçlar ve stratejiler önermektedirler. Örneğin, öğrencilere tasarım sürecinin aşamalarını öğretmek, öğrencilerin projelerini belirli bir sürece göre planlamalarına yardımcı olur. Ayrıca, öğrencilerin projelerinde kullanacakları malzemeleri seçmeleri, bu malzemelerin özelliklerini anlamaları için fırsatlar sunar. Wendell ve diğerleri (2010) tarafından ortaya atılan tasarım temelli fen eğitimi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

1. Problemin veya ihtiyacın belirlenmesi
2. Olası çözümler geliştirmek
3. En uygun çözümün belirlenmesi
4. Prototip yapımı ve testi
5. İletişim

Bu adımlara göre, bir mühendislik tasarım görevinde, öğrenciler öncelikle ön bilgilerini ve bu görevi başarıyla tamamlamak için daha fazla öğrenmeleri gerekenleri belirler ve bu mühendislik probleminin zorluklarını ve çözümlerini araştırırlar. Daha sonra, olası tüm çözümler arasından en iyisini seçerler ve tasarımlarını son olarak oluştururlar ve geliştirirler. Mühendislik tasarımı temelli etkinlikler, günlük yaşamdaki mühendislik tasarım problemlerine çoklu çözüm üretme hedeflenen davranış ve becerilerin kazanılması için STEM disiplinlerinin entegrasyonunu içerir (Hacıoğlu, Yamak ve Kavak, 2016).

Ulusal Fen Bilimleri Öğretmenleri Birliği [NSTA], ve NRC gibi reformcular ABD'li öğrencilerin fen başarısı ve gelecekteki mesleklere hazır olma konusundaki performanslarını

artırmak için fen sınıflarında mühendislik uygulamalarının öğretilmesini savunmaktadırlar (NAE ve NRC, 2009; NRC, 2012). Bu reformcular mühendislik uygulamalarını fen sınıfına dâhil eden bütünleştirici bir yaklaşımın, öğrencilerin bilimi daha derinden anlamalarını ve fendeki öğrenci başarısını artırmasını sağlayacağını, ayrıca öğrencilerin daha iyi problem çözücüler ve eleştirel düşünürler olarak 21. yüzyıl için küresel olarak daha rekabetçi olacaklarını savunurlar (Grant, 2020). Türkiye'de de mühendislik tasarım temelli öğretim yaklaşımı ile ilgili yapılan çalışmalarda yıllar içinde bir artış olduğu görülmektedir (Özünlü & Çepni, 2023).

Mühendislik tasarımı öz yeterliliğe ve mühendislik deneyimlerine büyük ölçüde bağlıdır (Carberry ve diğerleri, 2010). Bu, öğretmenler için gelecekteki herhangi bir mesleki gelişim deneyiminin bir bileşeni olmalıdır. Mühendislik tasarımı kursuna katılan öğretmenlerin mühendislik bilgilerinin önemli ölçüde arttığı, teknolojiye karşı daha olumlu tutumlar geliştirdikleri, teknoloji tabanlı dersleri kullanma ve geliştirme konusundaki öz yeterliliklerinin arttığı ve matematik ve fen öğretimine olan güvenlerinin yükseldiği belirlenmiştir (Nugent ve diğerleri, 2010).

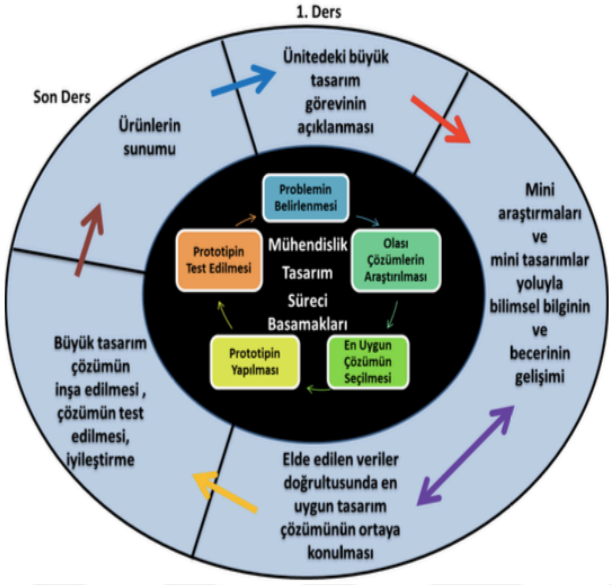
İster bilimsel tabirle ister mühendislik tabiriyle olsun, "mühendislik uygulamaları" terimi, öğrencilerin aktif olarak bilim yapmak için beceri ve bilgileri kullanmalarını ifade eder (NRC, 2012). Mühendisliğin doğası, öğrencilere açık uçlu problemlerin yinelemeli doğasıyla boğuşmaları için zaman tanıyarak, daha derin, daha anlamlı ve şeffaf anlayışlar ortaya çıkabilir (Stricker, 2011). Bu nedenle, öğrencilerin ihtiyaç duyulan teknolojik okuryazarlık hedefine ulaşmak için performans düzeylerini kabul edilebilir bir minimum standarda getirmek için mühendislik veya mühendislik tasarımı uygun bir yoldur (Vessel, 2011). Kutlu, Bakırcı ve Kara (2022) ders kitabındaki etkinliklerden dolayı öğrencilerin mühendis olarak düşünmelerinin vurgulanmaması, mühendislik tasarım sürecini tam olarak içermediğini belirtmektedir.

Mühendislik tasarımlarının fen öğretiminde kullanılmasına yönelik yaklaşımların önerildiği araştırmaların tamamı ilkokuldan ortaokula kadar olan öğrenci düzeyi için tanımlanmıştır, aynı zamanda yaklaşımların önerildiği tasarım etkinliklerinin bir ünite ya da birkaç kazanıma yönelik olduğu görülmektedir. Bu araştırmada olacağı gibi bir dönemlik ders planlamak için bir model önerilmemiştir. Barnett ve diğerleri (2008) ve Wendell ve diğerleri (2010)'nin lego materyalleriyle mühendislik tasarım etkinlikleri önerdikleri araştırmalarında bu yaklaşımlardan Kolodner ve diğerleri (1998) tasarım yoluyla öğrenme yaklaşımını esas alıp, diğer yaklaşımları göz önünde bulundurarak ve öğretim programı geliştirme süreçlerini de dikkate alarak tasarım temelli bir derste mühendislerin izledikleri tasarım döngüsü ve bu

döngünün bir ünite planı sürecini Şekil 2'deki gibi modellemişlerdir. Döngünün Türkçe'ye uyarlaması ise Ercan (2013) tarafından yapılmıştır.

Şekil 2

Mühendislik tasarım süreci basamakları çerçevesinde yapılandırılan fen eğitimi (Barnett ve diğerleri, 2008; Ercan, 2013; Wendell ve diğerleri, 2010)



Bu döngüde, problemin durumuna göre adımlar arasındaki geçişin değişebileceğini gösteren bir işleyiş vardır. Hynes ve diğerleri (2011), tarafından oluşturulan süreç mühendislik tasarımına dayalı eğitim modelinin STEM derslerinde uygulanabilmesi için lise öğrencileri için dokuz adımda düzenlenmiştir. Bu adımlar, öğrencilerin fen ve matematik bilgisinin pratik bir uygulaması olarak uygulamalı etkinliklerde mühendislikle etkileşim kurmasını sağlar (Hynes ve diğerleri, 2011). Hynes ve diğerleri (2011) mühendislik tasarım döngüsünü incelerken, uygulama aşamaları belli bir sıra ile gerçekleşir. Bu, mühendislik tasarım sürecinin doğrusal olduğu anlamına gelmez. Görüldüğü gibi aşamalar arasında dinamik bir yapı vardır ve bu yapı oklarla iç içe gösterilmiştir.

2.3. Türkiye'de STEM Eğitimi ve Fen Bilimleri Öğretim Programında Mühendislik

Bu bölümde Türkiye'de STEM eğitimi ve fen bilimleri öğretim programında mühendislik disiplini hakkında bilgiler verilmiştir.

2.3.1. MEB Fen Bilimleri Öğretim Programında Mühendislik ve Tasarım: STEM ve mühendislik konularını içeren Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) öğretim programında düzenlemeler 2000'li yıllardan beri devam etmektedir. Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) 2005, 2013 ve 2018 öğretim programlarında Mühendislik Tasarımı, farklı şekillerde yer almaktadır.

Yapılandırmacı teoriye dayanan Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) 2005 öğretim programında, Mühendislik Tasarımı, Teknoloji ve Tasarım dersinin bir parçası olarak öğretilir.

Bu ders, öğrencilere tasarım sürecini ve problem çözme tekniklerini öğretir ve öğrencileri farklı materyalleri ve aletleri kullanarak birçok projede çalışmaya teşvik eder. Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) 2005 öğretim programında, mühendislik tasarımı "Teknoloji Tasarımı" adı altında yer almaktadır. Bu öğretim programında öğrencilere, teknolojik problemleri çözmek ve yeni ürünler tasarlamak için gereken beceriler öğretilmektedir. Öğrenciler, tasarım sürecinin farklı aşamalarını öğrenirken, özgün projeler geliştirerek bu süreci uygulamalı olarak öğrenirler.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim programında 2013 yılında değişikliğe gidilmiş, 2012-2013 Eğitim-Öğretim yılından itibaren dersin adı "Fen Bilimleri" olarak değiştirilmiştir. Örneğin bu programda fen ve teknoloji okuryazarlığı yerine fen okuryazarlığı terimi kullanılmış ve teknoloji fen okuryazarlığı içinde bir alt boyut olarak ifade edilmiştir. 2005 programındaki teknoloji kelimesi bu programdan kaldırıldığı için programın amaç ve hedefleri de değişmiştir. Bu programda 2000 ve 2005 öğretim programlarında ifade edilen yapılandırmacı teori görüşü yerine araştırma-sorgulama felsefesine dayalı bir öğrenme stratejisi uygulanmıştır. Böylece öğretmenlerin yol gösterici rolü daha da önem kazanmış ve öğrencilerin öğrenme sürecinde işbirlikli öğrenmeleri sağlanmıştır (Ayvacı, Er Nas ve Kirman Bilgin, 2020).

MEB 2013 öğretim programında, Mühendislik Tasarımı, Fen Bilimleri derslerinin bir parçası olarak verilmiştir. Bu öğretim programının amacı öğrencilerin, mühendislik tasarımının temellerini öğrenmeleri ve tasarım süreci hakkında bilgi sahibi olmalarıdır. Öğrenciler, öğrendikleri becerileri, farklı projelerde uygulamaya teşvik edilirler. Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından 2013 yılında güncellenen Türkiye fen bilimleri öğretim programı 4 öğrenme alanı içermektedir: Bilgi "(canlılar ve yaşam, madde ve değişim, fiziksel varlıklar, dünya ve evren)", beceri "(bilimsel süreç becerileri ve yaşam becerileri)", algı "(davranış, motivasyon, değerler ve sorumluluk)", ve BTTÇ "bilim, teknoloji, toplum, çevre öğrenme alanları". Bu öğretim programında bilim, teknoloji ve toplumun önemi vurgulanırken bütünleştirilmiş STEM eğitimi ve mühendislik becerilerine yer verilmemiştir (MEB, 2013).

Fen bilimleri öğretim programına yapılan bu eklemeler dikkate alındığında, 2013 fen bilimleri öğretim programında mühendislik disiplininde kazanımlar bulunmamakla birlikte 2017 ve 2018 Türk fen öğretim programlarında mühendislik disiplinindeki kazanımlar açıkça vurgulanmıştır.

Son yıllarda eğitimde disiplinler arası etkileşim anlayışı üzerinde durulmaktadır. 2018 yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından Fen Bilimleri Eğitimi programının müfredatı güncellenmiş ve programa yaşam becerileri ile STEM eğitimi ile ilgili bilim ve mühendislik tasarım becerileri eklenmiştir. Yaşam becerileri, bireylerin günlük yaşamlarında ihtiyaç duydukları temel becerileri (analitik düşünme, karar verme, yaratıcı düşünme, girişimcilik,

iletişim ve takım çalışması) içerir. Mühendislik ve tasarım becerileri, öğrencilerin icatlar ve yenilikler yaparak yeni bir ürün yaratmalarını sağlayan yenilikçi düşünme becerilerini içerir. Günlük yaşamla fen bilimleri dersi konularının ilişkilendirmenin ön plana çıkarılması öğretimin başarısı ve öğretilen bilgilerin kalıcılığı açısından çok önemlidir (İlkörücü-Göçmençelebi & Özkan, 2009).

2018 öğretim programında mühendislik tasarımı daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmaktadır. Ayrıca fen, mühendislik ve girişimcilik uygulamaları programa eklenmiştir. Fen bilimleri öğretim programında bilimsel süreç becerileri, yaşam becerileri ve mühendislik tasarım becerileri belirli bir beceri bölümünde ele alınmaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Bu öğretim programında öğrencilere, mühendislik tasarımının temel prensipleri, tasarım sürecinin aşamaları, tasarım kararlarının alınması, malzeme seçimi, üretim süreci, prototip oluşturma gibi konular detaylı olarak öğretilmektedir. Ayrıca, öğrenciler bu öğretim programında proje tabanlı öğrenme yöntemiyle tasarım projeleri geliştirerek tasarım sürecini uygulamalı olarak öğrenirler.

2018 fen öğretim programında, bütünleşik STEM eğitimi vurgusu ile öğrencilere "mühendislik ve tasarım becerileri" kazandırılması amaçlanmaktadır. Bu öğretim programında, öğrenciler, mühendislik tasarımı için gerekli olan becerileri öğrenirler ve tasarım sürecinde problem çözme, analitik düşünme, eleştirel düşünme, iletişim ve takım çalışması gibi becerileri geliştirirler. Öğrenciler, farklı projelerde çalışarak öğrendikleri becerileri uygulamaya teşvik edilirler.

Bakanlığın 4. sınıfta başlayan yeni öğretim programında, disiplinler arası etkileşim için öğrencilerin mühendislik ve bilim arasındaki bağı kurmaları ve anlamaları için tasarlanmıştır. Bu öğretim programında (E) harfi ile temsil edilen STEM eğitiminin mühendislik alanı da programa entegre edilmiştir. Öğretim programın, Türkiye'nin bilimsel araştırma ve teknolojik gelişme kapasitesini, sosyo-ekonomik gelişimini ve rekabet gücünü artırmak için öğrencilerin fen ve mühendislik uygulamalarını deneyimlemelerini amaçlamaktadır. Öğretim programında yer alan bilim, mühendislik ve girişimcilik uygulamaları kapsamında öğrencilerin ünitelerde işlenen konularla ilgili günlük bir problem tanımlamaları beklenmektedir. Problemin günlük yaşamda karşılaşılan araçları veya nesneleri veya sistemleri tasarlamaya yönelik olması istenmektedir. Ayrıca problemler malzeme, zaman, maliyet gibi kriterler çerçevesinde çalışılmalıdır (MEB, 2018).

Programda tüm bireylerin bilim okuryazarı bireyler olarak yetiştirilmesini hedeflemekte olup, bütünleşik STEM eğitiminin ana hedeflerinden biri "astronomi, biyoloji, fizik, kimya, yer ve çevre bilimleri ile fen ve mühendislik alanlarında temel bilgilerin verilmesi" olarak

belirtilmiştir (MEB, 2018). Mühendislik ve tasarım becerileri, edinilen bilgi ve becerilerle ürün oluşturmayı ve stratejiler geliştirmeyi kapsar. Mühendislik ve tasarım becerileri, bilimin matematik, teknoloji ve mühendislikle bütünleşmesini sağlayarak, öğrencileri problemlere disiplinler arası bir bakış açısıyla keşif ve yenilik yapabilecek düzeye getirerek bu ürünlere katma değer oluşturmaktadır (MEB, 2018).

2.3.2. MEB 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programında Mühendislikle İlgili Beceriler: 2018 yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından Fen Bilimleri Öğretim Programı güncellenmiş ve programa STEM eğitimine vurgu yapılarak mühendislik uygulamaları alanı ile birlikte yaşam becerileri eklenmiştir. Mühendislik ve tasarım becerileri, fen, matematik, teknoloji ve mühendislik disiplinlerini bütünleştirerek, bireylerin bilgi ve becerilerini disiplinler arası bir bakış açısıyla kullanarak bir ürün yaratma süreci olarak ele alınmaktadır. Bu süreçte bilgiye ulaşmak için karar verme, girişimcilik ve takım çalışması gibi yaşam becerileri kazandırılmalıdır. Bu becerilerin kazanılmasına bağlı olarak amaca yönelik bir ürün ortaya çıkar. Diğer yandan, stratejiler geliştirilerek yaratılan ürünlere bir değer yüklenebildiğinde girişimciliğin çabaların bir parçası haline geldiği görülmektedir (Kapucu ve Calik, 2020).

Yaşam becerileri, bireylerin günlük yaşamlarında ihtiyaç duydukları temel becerileri (analitik düşünme, karar verme, yaratıcı düşünme, girişimcilik, iletişim ve takım çalışması) içerir. Fen, teknoloji, tasarım ve fen uygulamaları derslerinin öğretim programlarında mühendislik tasarım sürecine yönelik ortak bir vurgunun olduğu görülmektedir (Kapucu ve Calik, 2020).

Fen bilimleri öğretim programı, disiplinler arası bir bakış açısıyla araştırmaya dayalı bir öğrenme yaklaşımına dayanmaktadır. Öğrenme süreci keşif, sorgulama, argüman oluşturma ve ürün tasarımını kapsar. 2005, 2013 ve 2018 öğretim programlarında mühendislik tasarımı, öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve iş birliği gibi önemli becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Bu beceriler, öğrencilerin gelecekteki mesleklerinde başarılı olmalarını sağlayacak önemli yetkinliklerdir. Öğrencilerden önceki ünitelerde ele alınan problemleri tanımaları, problemleri tanımlamaları, alternatif çözümler belirlemeleri, bu çözümleri karşılaştırmaları, en uygun olanı belirlemeleri, bir ürün oluşturmaları ve bu ürünü en etkili şekilde sunmaları beklenmektedir. Ayrıca bilimsel süreç becerileri, yaşam becerileri, mühendislik ve tasarım becerileri alana özgü beceriler altında vurgulanmaktadır (MEB, 2005; 2018).

Fen eğitimi öğretim programında üzerinde durulan mühendislik tasarım süreci, teknoloji ve tasarım dersi ile fen uygulamaları dersi öğretim programında da yer almaktadır. Teknoloji ve tasarım dersi öğretim programında yenilikçi düşünme becerisi, yeni kavrayışlara,

özgün yaklaşımlara, yeni bakış açılarına, yeni anlama ve kavrama yollarına öncülük eden bir düşünme biçimidir. Genel olarak yenilikçi düşünmeyi geliştirmek için önemli olan, fikir üretmeyi, farklı fikirleri gruplandırmayı, fikir üretmeye dayalı bir eğitimi, hayal gücünü özgür kullanmayı ve düşünme becerilerini geliştirmeyi sağlayan tekniklerin kullanılmasıdır (MEB, 2018).

MEB öğretim programında mühendislik tasarımı, fen bilimleri derslerinde öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmek ve mühendislik disiplinini tanımak amacıyla yer almaktadır. Bu kapsamda, öğrencilerin özgün ve yaratıcı projeler geliştirmeleri, bu projeleri tasarlamaları, üretmeleri ve değerlendirmeleri hedeflenmektedir (Ayaz ve Sarıkaya, 2019). Analitik düşünme, karar verme, yaratıcı düşünme, girişimcilik, iletişim ve takım çalışması yaşam becerileri altında belirtilmiştir. Bu becerilerden karar verme, yaratıcı düşünme, iletişim ve ekip çalışmasının mühendislik tasarım sürecinde de kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca mühendislik tasarım becerileri ile öğrencilerin edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürünler geliştirmeleri ve bu ürünlere bilimi matematik, teknoloji ve mühendislikle bütünleştirerek nasıl değer katabilecekleri konusunda stratejiler geliştirmeleri teşvik edilmekte ve böylece öğrencilere disiplinler arası bir bakış açısı ile buluş ve yenilik yapma düzeyine getirmektir (MEB, 2018).

Güncel fen bilimeri dersinin mühendislik uygulamaları alanında "mühendislik tasarımı ve girişimcilik sürecini ürün yaratmaya uygulamak" gibi ürün yaratma ve girişimcilikle ilgili belirli bir kazanım da bulunmaktadır (MEB, 2018). Mühendislik tasarımı, öğrencilerin fen bilimleri derslerinde öğrendikleri konuları uygulamaya dönüştürmelerini sağlar. Bu sayede, öğrencilerin problem çözme becerileri ve yaratıcılıkları gelişirken, mühendislik disiplinini de tanıma fırsatı bulurlar.

Mühendislik tasarımı, fen bilimleri öğretim programınının birçok bölümünde yer almaktadır. Örneğin, 5. sınıf fen bilimleri dersinde öğrencilerin kendi tasarladıkları basit bir makine yapmaları istenir. 6. sınıfta ise öğrencilerin bir araştırma projesi yapmaları ve bu projeleri sunmaları beklenir. 7. sınıfta ise öğrencilerin bir tasarım projesi yapmaları ve bu proje için bir prototip üretmeleri istenir. 8. Sınıfta da benzer şekilde proje üretmeleri ve tasarım yapmaları istenir.

MEB fen bilimleri öğretim programında mühendislik eğitimi uygulamalarına örnek olarak şunlar verilebilir:

- *Bir kara aracı tasarlamak: Öğrenciler, bir kara aracı tasarlayarak, aracın boyutları, şekli, malzeme seçimi, tekerlek sayısı, güç kaynağı vb. konularda karar verirler. Bu projede, öğrencilerin mühendislik tasarımı sürecine aşina olmaları sağlanır.*

- *Bir köprü tasarlamak: Öğrenciler, bir köprü tasarlayarak, köprünün boyutları, malzeme seçimi, taşıma kapasitesi, dayanıklılık vb. konularda karar verirler. Bu proje, öğrencilerin mühendislik prensiplerini ve tasarım sürecini anlamalarına yardımcı olur.*
- *Rüzgâr türbini yapmak: Öğrenciler, bir rüzgâr türbini yaparak, türbinin boyutları, kanat sayısı, malzeme seçimi, jeneratör vb. konularda karar verirler. Bu proje, öğrencilerin mühendislik tasarımı sürecini anlamalarına ve yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgi sahibi olmalarına yardımcı olur.*
- *Su filtresi tasarlamak: Öğrenciler, bir su filtresi tasarlayarak, filtre malzemesi, filtre boyutları, filtre verimliliği vb. konularda karar verirler. Bu proje, öğrencilerin mühendislik prensiplerini anlamalarına ve su kirliliği sorunları hakkında bilgi sahibi olmalarına yardımcı olur.*
- *Robotik kol tasarlamak: Öğrenciler, bir robotik kol tasarlayarak, kol boyutları, malzeme seçimi, hareket mekanizması, kontrol sistemleri vb. konularda karar verirler. Bu proje, öğrencilerin robotik sistemlerin tasarım ve üretim süreçlerini anlamalarına yardımcı olur.*

Ancak, 2018 fen bilimleri öğretim programı incelendiğinde fen ve mühendislik uygulamalarının alt öğrenme alanında yeterli kazanımı sağlamak için yeterli olmadığı ve ders kitaplarında mühendislik örneklerine yeterince yer verilmediği görülmektedir (Ayaz ve Sarıkaya, 2019).

2.3.3. Türkiye'de STEM Eğitimi: çalışmaları incelendiğinde, STEM eğitimi entegrasyonuna yönelik çeşitli kurumsal projeler de dikkat çekmektedir. İl Millî Eğitim Müdürlüklerine bağlı STEM eğitim grupları tarafından Türkiye'nin farklı bölgelerinde eğitimler verilmektedir. Üniversite-iş dünyası iş birliği ile yürütülen çeşitli projeler kapsamında öğretmenlere STEM eğitimleri verilmektedir. STEM Maker Lab girişimi de farklı şehirlerde festivaller düzenleyerek STEM eğitimini yaygınlaştırmaya çalışmaktadır. Ayrıca Millî Eğitim Bakanlığı Yenilikçilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (İETGD) tarafından STEM Eğitimi Öğretmen El Kitabı yayımlandı. Bu kitap, öğretmenlerin STEM anlayışlarını derslerine yansıtmaları için gerekli teorik ve pratik çerçeveyi sunmaktadır. Ayrıca Türkiye'de Millî Eğitim Bakanlığı tarafından uygulamaya konulan HAREZMÎ Eğitim Modeli dikkat çekmektedir. STEM yaklaşımına dayalı bir eğitim modeli olan HAREZMÎ eğitim modeli için İstanbul pilot il olarak seçilmiş ve bu modelin uygulandığı eğitim-öğretim İstanbul'un belirli okullarında verilmeye başlanmıştır (Efe ve Hanas, 2022).

STEM eğitimi Türkiye Raporu 2000-2014 yılları arasında üniversite sınavlarında en başarılı olan 100 öğrencinin STEM alanlarındaki meslekleri seçme oranlarının %85,63'ten %38,23'e düştüğü söylemektedir. Tıpkı Osmanlı dönemindeki Enderun okulları gibi günümüzde de fen liseleri, fen sanat merkezleri, üniversitelerde STEM laboratuvarı ve çocuk üniversiteleri bulunmaktadır. Bu eğitim kurumlarındaki üstün yetenekli öğrencilerin yenilikçi, yenilikçi bir bakış açısına sahip olmaları çok önemlidir. Ayrıca okul öncesinden üniversiteye kadar olan zorunlu eğitim döneminde bilgiye dayalı yaşamda problem çözme becerisine sahip bireyler yetiştirmek için 21. yüzyılda öğretim programlarının hazırlanması gerekmektedir (Akgündüz ve diğerleri 2015; Ayaz ve Sarıkaya, 2019). Ayrıca, OECD'nin (OECD, 2017) 2017 Eğitime Genel Bakış raporunda Türkiye, STEM alanında lider 34 ülke arasında son sırada yer almaktadır.

Dolayısıyla, nitelikli STEM iş gücü ile ülkemizin inovasyon kapasitesinin artırılması için, başta kız öğrenciler olmak üzere gençlerin eğitimlerinin ilk yıllarından itibaren STEM alanında becerilerinin geliştirilmesi ve profesyonel bir yönelime ihtiyaç vardır (Çorlu, 2014).

2.4. STEM ve MTTFÖ için Öğretmen Yeterlikleri

Bu bölümde, STEM'in ve mühendislik tasarım temelli öğretim etkinliklerinin de birer uygulayıcısı olacak öğretmenlerin STEM eğitimi yeterlilikleri, fen bilimleri öğretmenleri için mühendislik tasarımı eğitimi üzerinde durulmuştur.

2.4.1. Öğretmenlerin STEM Eğitimi Yeterlilikleri: 2018 yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından Fen Bilimleri Eğitimi programı güncellenmiş ve programa STEM eğitimi vurgusu yapılarak bilim ve mühendislik uygulamaları eklenmiştir. Programın amacı, bilimlerle ilgili bilgi, beceri, olumlu tutum, ahlaki ve ulusal değerler, mühendislik, teknoloji, toplum ve çevre konularında bilim yaklaşımları ve psikomotor becerilere sahip bireyler yetiştirmektir. Ayrıca öğrenciler, yenilenen programa göre fen derslerinde bilimsel ve yenilikçi ürünler tasarlayacak ve her yıl sonunda düzenlenecek yenilikçi bilim şenlikleriyle onları tanıştıracaktır (MEB, 2018).

Dünyada ve ülkemizde öğretmen yetiştirme alanında farklı uygulamalar yapılmış, daha donanımlı ve daha nitelikli öğretmen yetiştirebilmek için yeni gelişmeler takip edilmiş ve bunun sonucunda birçok değişiklik yapılmıştır. Son yıllarda birçok ülkenin eğitim sistemlerinin yetersizliğini öğretmen yetiştirme ile ilişkilendirerek bu konuda sürekli reformlar gerçekleştirdikleri ve bunun sonucunda dünyada öğretmen yetiştirme konusunda çok farklı uygulamaların olduğu görülmektedir (Idin, 2020). Özellikle eğitimde başarılı olan ülkelerdeki öğretmen yetiştirme programlarındaki uygulamalar diğer ülkeler tarafından takip edilmektedir. Türkiye'deki öğretmen yetiştirme politikaları da bu çalışmalardan etkilenmektedir.

Öğretmenler, STEM eğitiminde kritik bir rol oynar. Bu nedenle, öğretmen yetiştirme programlarının, öğrencilere kaliteli STEM eğitim deneyimleri sağlamak için öğretmen adaylarını (hazırlaması gerekir (Burton, Maiorca ve Tripp, 2022). Bu süreçte öğretmenler, öğrencileri bilim, teknoloji, mühendislik ve matematiği bütünleştirmeleri için yönlendirecek ve onları yüksek bir düşünme, ürün geliştirme, buluş ve yenilikçilik düzeyine getirmeye çalışacaktır. Tüm bunların gerçekleştirilmesi ise mühendislik tasarımına dayalı fen eğitiminin programa veya programa entegre edilmesi ile mümkün olacaktır.

STEM eğitimlerini uygulayabilmek için STEM'i iyi bilmek de önemlidir. Bu nedenle, öğrencilerin bu becerileri kazanmalarında öğretmenler önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda öğretmenin rolü, fen bilimleri derslerinde bütünleştirilmiş STEM eğitimi ile öğrencilere rehberlik ederek, öğrencilerin ürün geliştirebilecekleri ve yenilikler yapabilecekleri daha üst düzey bir düşünme düzeyine ulaşmalarına yardımcı olmaktır (Fırat, 2020).

STEM eğitiminde bütünleşmiş öğretim programınının faydaları açık olsa da STEM eğitiminin uygulanmasında öğretmenlerle ilgili sorunlar vardır. Birincisi, öğretmenlerin bütünleşmiş STEM eğitimini uygulamaya kararlı olmaları için bu eğitimin öğrencileri için en iyisi olduğuna güçlü bir şekilde inanmaları gerekir (Ring ve diğerleri, 2017). Fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik uygulamalarını öğretmeye ve mühendislik tasarım sürecini fen sınıfında uygulamaya hazır olup olmadığı veya mühendislik uygulamalarının içeriğini ve pedagojisini ne ölçüde anladıkları açık değildir (Grant, 2020). Mühendislik uygulamalarını fen sınıfına entegre etmeye yönelik mevcut fen reformu çabasının karşılaştığı diğer bir sorun, mühendislik uygulamalarını öğretmek için eğitilmiş fen bilimleri öğretmenlerinin eksikliğidir (NRC, 2012).

Öğrencilerin mühendislik tasarımındaki performansları, mühendislik tasarımı sürecinde iyi nitelikli fen bilimleri öğretmenleri ile geliştirilebilir. Ancak öğretmenlerin bu rolüne rağmen bütünleştirilmiş STEM eğitiminde öğretmen kaynaklı sorunların olduğu yapılan araştırmalar da tespit edilmiştir. Fen bilimleri öğretmenleri, mühendislik tasarımını fen öğretimi ile bütünleştirmek için gerekli pedagojik alan bilgisine sahip değildir. Ayrıca, öğretmenler STEM eğitimi için zaman, materyal ve yönerge konusunda zorluk yaşamakta ve yeterince bilgilendirilmediklerini belirtmektedirler (Eroğlu ve Bektaş, 2016).

STEM eğitimindeki en büyük sorunlardan biri de öğretmenlerin STEM eğitimi için uygun pedagojiye sahip olmamasıdır. Bu eğitimde öğretmenler uzmanlık alanları dışında pedagojik bilgiye ihtiyaç duyarlar (Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014). STEM eğitim yaklaşımının öğretim ortamlarında uygulanmasında öğretmenlerin rolü oldukça büyüktür. Bu nedenle öğretmenlerin STEM farkındalıklarının belirlenmesi, öğretmenlerin STEM

konusundaki görüşlerinin alınarak eksikliklerin tespit edilmesi ve STEM öğretmenlerinin bu eksikliklere göre yetiştirilmesi oldukça önemlidir (Ayaz ve Sarıkaya, 2019).

Lederman (1999) çalışmasında, öğretmenlerin öğretme kararlarını ve niyetlerini bir araya getirmeleri ve bilgiyi uygulamaya dönüştürmek için gerekli becerilerini geliştirmeleri nedeniyle inançları ile sınıf uygulamaları arasında tutarlılık olduğunu belirtmiştir. Karşılaşılan diğer sorunlardan biri de STEM'in içeriği, öğretim programının neresinde yer aldığı ve nasıl uygulanacağı konusunda bilgi eksikliğinden kaynaklanan bütünleşme güçlükleridir (Fırat, 2020).

Pandemi dönemi Türkiye'de yaklaşık 25 milyon öğrencinin eğitiminin aksamaması için çevrim içi eğitime geçilmiştir. Uzaktan eğitimde canlı anlatımlar, çevrim içi sohbetler, kaydedilmiş videolar, okuma metinleri, etkinlikler ve tartışma forumları kullanılmıştır. Kısa vadeli hedeflerden ziyade bu süreçten sonra da sürdürülebilir olabilecek eğitim programlarının geliştirilmesine odaklanan uzaktan eğitimin kısa vadeli hedeflerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Uzaktan eğitim çemberinin genişletilmesi ve nihayetinde eğitim sürecinin bu uzun vadeli hedefler doğrultusunda sürdürülmesi önem arz etmektedir. Covid-19 kısa vadeli bir kriz olarak ele alınmamalı ve okullar kapalıyken öğrenmeyi sağlayan yardımcı olacak geçici etkinlikler olarak planlanmamalıdır. Okullar açılır açılmaz eski eğitim anlayışına geri dönülmemelidir. Bunun yerine Covid-19'u eğitim sistemini yeniden tasarlamak için bir fırsat olarak algılamak daha doğru olacaktır (Zhao, 2020).

Genel olarak öğrenciler pandemi döneminde tam olarak ne olduğunu anlamasalar da bazı öğrencilerin pandemi sürecinde uzaktan ya da dijital öğrenmeyi daha iyi gördükleri belirlenmiştir (Bozkurt, 2020). Ayrıca çeşitli uygulamalar ile eğitimlerinden geri kalmadıkları ve evden dahi çevrim içi eğitim alabildikleri belirlenmiştir (Karadeniz, 2020).

Bu nedenle STEM eğitiminin etkili olabilmesi için öğretmenlerin STEM uygulamalarını çevrim içi ortama ve sınıflarına taşımaları çok önemlidir. Bu nedenle öğretmenlerin, 21. yüzyıl bilgi ve becerilerini aktarabilen, bilim, teknoloji ve mühendislik alanlarında bilgili, fen, mühendislik, matematik ve diğer alanlarda yetkin yaratıcı düşünürler yetiştirebilmeleri için gerekli STEM öğretim ve uygulama becerilerine sahip olmaları beklenmektedir.

2.4.2. Fen bilimleri Öğretmenleri İçin Mühendislik Tasarımı Eğitimi: Bu disiplinleri öğretmek, onlar hakkında genel olarak bilgi sahibi olmaktan fazlasını gerektirir (Hynes, 2012; NASEM, 2020). Fen bilimleri öğretmenleri, fen bilimleri öğrenme veya mühendislik hakkında bilgi sahibi olma konusundaki geçmişlerindeki eksiklikler nedeniyle yeni fen reformlarını uygulamada zorluklarla karşılaşabilirler (Grant, 2020).

Mühendislik uygulamalarını fen eğitimine entegre etmek, fen bilimleri öğretmenlerinin çok az eğitime rağmen reformu uygulamak için mühendislik uygulamaları ve mühendislik tasarım sürecinin uygulanmasına ilişkin gerekli içerik ve pedagoji bilgisine sahip olduğunu varsayar (Custer ve Daugherty, 2009). Ancak Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri (NASEM, 2015)'ne göre, birçok fen bilimleri öğretmeninin şu anda öğrettikleri fen dersleriyle ilgili içerikle bile yeterince zengin deneyimlere sahip olmadığını, dolayısıyla büyük ölçüde yeniden tasarlanmış bir fen öğretim programınını öğretemeyeceklerini belirtmektedir.

Vessel (2011) öğretmenlerin mühendislik tasarımına dayalı fen öğretiminde yetersizlerin kaynaklarını dört ortak noktaya indirgemiştir:

1. Öğretmenlerin mühendislik ve tasarım bilgisi eksikliği fen öğretiminin diğer alanlarını da etkilemektedir. Bu eksiklik öğrencilerin lise düzeyinde fen ve teknoloji okuryazarlığı başarı düzeyini düşürür,
2. Öğretmenlerin mühendislik ve tasarım bilgisi konusunda düşük öz-yeterliğe sahip olması, mühendislik, tasarım ve teknoloji için ders planlarını tasarlarken olumsuz etkilemenin yanı sıra onların etkili öğretim ders anlatma becerilerini de azaltır,
3. Öğretmenler, mühendislik ilkelerini etkili bir şekilde öğretmek için gerekli matematik ve fen becerilerine sahip olmadıklarından dolayı, öğrencilerinin mühendislik tasarım kavramlarını genel olarak anlamasını ve geliştirmesini engellemiş olurlar,
4. Öğretmenlerin bilim ve teknolojideki değişimlere ayak uyduramaması, konulara bakışını da etkiler ve konuyu etkili bir şekilde öğretme öz yeterliklerini düşürür.

Bununla birlikte, fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik uygulamalarını öğretmelerini sağlamak, şu anda bu alanda fen bilimleri öğretmenleri için herhangi bir öğre bulunmadığından, birçok düzeyde karmaşık olabilir. Fen bilimleri öğretmenlerinin STEM'in T, E veya M'sinde bir geçmişe sahip olmaları gerekmez (Hynes, 2012).

Fen bilimleri öğretmenlerine, mühendislik tasarımları eğitimlerinin verilmesi ve nihai olarak benimsetilmesi hem onların hem de potansiyel öğrencilerin düşünme yolu ve tartışmalarla fikirlerinin derinlemesine analizi için fırsatlar sağlar. Öğrencilerin argümanlar ve kanıtlar sunarak sözlü iletişim yoluyla derinlemesine açıklamalar yapması ayrıca küçük grup çalışmaları ve kişilerarası iletişim becerilerinde gelişmeyi de sağlar (Capobianco, DeLisi ve Radloff, 2018).

Bununla birlikte, fen bilimleri öğretmenleri, ilkokulda fen veya mühendislik konularıyla karşılaşmamış olabilecek öğrencilere mühendislik uygulamaları ve mühendislik tasarım süreci hakkında pedagojik ve içerik bilgilerini etkili bir şekilde öğretmeye hazır olmalıdır (NAE ve

NRC, 2014; NASEM, 2015). Fen bilimleri öğretmenlerinin mühendis olmak veya öğrencilerini mühendis yapmak için özel eğitim alacaklarına dair bir beklenti yoktur (NRC, 2012).

Bu süreçte öğretmenler, öğrencileri bilim, teknoloji, mühendislik ve matematiği bütünleştirmeleri için yönlendirecek ve onları yüksek bir düşünme, ürün geliştirme, buluş ve yenilikçilik düzeyine getirmeye çalışacaktır. Tüm bunların gerçekleştirilmesi ise mühendislik tasarımına dayalı fen eğitiminin programa veya programa entegre edilmesi ile mümkün olacaktır. STEM eğitimlerini uygulayabilmek için mühendislik tasarım döngüsünü öğretmenlerin bilmesi çok önemlidir. Fen bilimleri öğretmenleri, eğitim sisteminin başarılı olmasına yardımcı olmak için STEM eğitimi alanındaki uzmanlıklarını geliştirmeye devam etmelidir.

Hizmet öncesi fen bilimleri öğretmenliği programları, MEB temel ilkelerine aşina ve eğitimli öğretmenler yetiştirmek için değişen standartlarla birlikte gelişecek, ancak aynı zamanda uygulama yapan öğretmenlerin mesleki gelişiminde de önemli bir değişiklik gerekli olacaktır. Çünkü nihayetinde öğretmenin, öğrencilerine fen öğretimini etkili bir şekilde verebilmesi için mühendislik tasarım sürecini tam olarak anlaması kadar güçlü bir içerik bilgisine de sahip olması gerekir.

2.5. MTTFÖ İle İlgili Yurtiçi ve Yurtdışı Yapılan Araştırmalar

Bu bölümde STEM ve MTTFÖ Eğitimi ile ilgili yurtiçi ve yurtdışı çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

2.5.1. STEM ve MTTFÖ Eğitimi İle İlgili Yurtiçi Çalışmalar: STEM ve MTTFÖ ile ilgili yurtiçinde yapılan çalışmalar literatür taranarak ayrı ayrı incelenmiştir.

Bozkurt (2014) yaptığı çalışmada mühendislik tasarımına dayalı fen bilgisi eğitimi ile yürütülme sürecini ve bilimsel süreç becerileri ve karar verme becerileri üzerine etkisini incelemiştir. Bu araştırmada 36 öğretmen adayı yürütülmüş, karma yöntemler araştırma modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, mühendislik tasarım temelli fen eğitimi alan deney grubu öğretmen adaylarının karar verme becerileri ve bilişsel süreç becerileri kontrol grubuna göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca deney grubu öğretmen adaylarının sürece yönelik algıları da kontrol grubuna göre daha pozitif yönlü olarak ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları, öğrenme sürecinde sorun çözme becerilerini kullanarak alternatif çözüm yolları geliştirmiş, seçenekleri değerlendirerek en uygun çözümü belirlemişlerdir. Ayrıca, öğretmen adayları, karar verme sürecinde kritik düşünme becerilerini de kullanarak bilgiyi eleştirel bir şekilde değerlendirme, analiz etme ve sentezleme becerilerini geliştirmişlerdir. Bu sonuçlar, mühendislik tasarımına dayalı fen eğitiminin öğrencilerin karar verme becerilerini, bilişsel süreç becerilerini ve sürece yönelik algılarını olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Öğretmen adaylarının

mühendislik tasarımına dayalı fen eğitiminin ilkokul ve ortaokul fen derslerinde kullanılabileceğini düşündükleri ve düşüncelerinin süreç boyunca olumlu gelişme gösterdiği tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarına göre mühendislik tasarım sürecinin en güçlü yönleri yaparak öğrenmeyi sağlaması, kalıcı öğrenmeyi sağlaması, büyük tasarım görevi hedefinin motive edici olması ve sorgulamaya dayalı olmasıdır.

Ercan (2014) tarafından yapılan araştırmada, fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımının önemi ve etkisi incelenmiştir. Araştırma, tasarım temelli fen eğitimi yaklaşımıyla yürütülmüştür. Araştırma, mühendislik tasarımına dayalı fen etkinliklerinin yedinci sınıf öğrencilerinin "Kuvvet ve Hareket" konusundaki akademik başarılarına, karar verme becerilerine, görüşlerine ve yeterliliklerine nasıl etki ettiğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma grubunda 30 öğrenci bulunmaktadır. Tasarıma dayalı üç bilim eğitimi modülü uygulanmıştır. Araştırma kapsamında karma yöntemler kullanılarak kuvvet ve basit makineler akademik başarı testi, karar verme beceri testi ve araştırma kapsamında geliştirilen mühendislik disiplini bilgi formu nicel veri olarak kullanılmıştır. Nitel veriler, ücretsiz öğrenci günlükleri, mühendislik tasarım kılavuz belgeleri, görüşme formları, alan notları ve mühendislik düşünceleri anketleri kullanılarak toplanmıştır. Çalışmanın kuvvet ve hareket ünitesinde tasarım temelli fen eğitimi öğrencilerin akademik başarılarını, karar verme becerilerini ve mühendislik bilgilerini artırdığı ortaya çıkmıştır. Araştırma, tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin fen bilimleri konularına karşı ilgilerini artırdığı ve fen bilimleri konularına karşı olumlu tutumlarının gelişmesine katkı sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca, mühendislik tasarım süreciyle öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcı düşünme ve karar verme gibi becerilerinin de geliştiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışma, öğrencilerin mühendislerin özelliklerine ilişkin fikirlerinin, mühendisliğe özgü niteliklerini yansıtan uygulamalar sonrasında gelişmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Araştırma sonuçları, mühendislik uygulamalarının fen eğitiminde kullanımının, öğrencilerin fen bilimleri konularını daha anlamlı ve ilgi çekici hale getirerek, öğrenmelerini daha etkili hale getirdiğini göstermektedir.

Ercan ve Şahin (2015) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, tasarım temelli fen eğitimi yaklaşımının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma, Türkiye'deki bir ilköğretim okulunda yapılmıştır ve 5. sınıf öğrencileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, deney grubuna tasarım temelli fen eğitimi uygulanırken, kontrol grubuna geleneksel bir fen eğitimi verilmiştir. Derslerde öğrencilerin bilimsel sorunları çözmeleri için mühendislik tasarımı yaklaşımı kullanılmıştır. Deney ve kontrol grupları arasındaki akademik başarı farklılıkları, matematik, fen ve teknoloji derslerindeki notlar

kullanılarak ölçülmüştür. Araştırma sonuçları, deney grubundaki öğrencilerin matematik, fen ve teknoloji derslerindeki notlarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, tasarım temelli fen eğitimi yaklaşımının öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını ve öğrencilerin bilimsel sorunları çözme becerilerini geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, araştırmada öğrencilerin tasarım temelli fen eğitimine yönelik görüşleri de değerlendirilmiştir. Öğrencilerin çoğu, tasarım temelli fen eğitiminin daha ilgi çekici ve eğlenceli olduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, öğrencilerin çoğu, tasarım temelli fen eğitimi yaklaşımının daha pratik olduğunu ve gerçek hayatta karşılaşacakları sorunları çözmelerine yardımcı olduğunu düşünmüşlerdir. Ayrıca, tasarım temelli fen eğitimi alan öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve iletişim becerileri gibi kritik becerileri de daha iyi geliştirdikleri belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre, tasarım temelli fen eğitimi alan öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme ve karar verme becerileri daha iyi gelişmiştir. Bu becerilerin öğrencilerin hayatındaki pek çok alanda kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, tasarım temelli fen eğitimi alan öğrencilerin bir problemi çözmek için farklı yaklaşımlar geliştirebildiği ve alternatif çözüm yolları üretebildiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, tasarım temelli fen eğitiminin fen bilimleri öğrenimine etkili bir yaklaşım olduğunu ve öğrencilerin fen bilimleri konularını daha iyi anlamalarını ve uygulamalarını sağladığını göstermektedir.

Aydoğan (2016) çalışmasında, mühendislik tasarımına dayalı öğretimin 7. sınıf öğrencilerinin mühendisliğin doğasına ilişkin görüşlerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, mühendislik tasarımı temelli öğretimin 7. sınıf öğrencilerinin mühendislik doğasına ilişkin görüşlerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Çalışma, mühendislik tasarımına dayalı öğretimin öğrencilerin problem çözme becerileri, yaratıcılıkları ve eleştirel düşünme becerileri üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu bulmuştur. Ayrıca öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarının da olumlu yönde değiştiği görülmüştür. Beceriler açısından ise, araştırmanın sonuçları öğrencilerin mühendislik tasarımı temelli öğretimle birlikte karar verme, problem çözme, iletişim ve iş birliği becerilerinde gelişim gösterdiklerini, öğrencilerin gerçek dünya problemleriyle ilgilenmelerine ve yenilikçi çözümler geliştirmelerini sağladığını, STEM konularına ve kariyerlerine artan ilgi gösterdiklerini ortaya koymuştur. Tasarım süreci boyunca öğrenciler, bilimsel ve matematiksel kavramları uygulama, prototipleri test etme ve geri bildirime dayalı olarak tasarımlarını iyileştirme fırsatına sahip olmuşlardır. Bu becerilerin gelişimi öğrencilerin mühendislik tasarım sürecindeki rol ve sorumluluklarının artmasıyla ilişkili görünmektedir. Araştırmanın bulguları, mühendislik tasarımı temelli öğretimin öğrencilerin mühendislik doğasına yönelik olumlu

görüşler geliştirmelerine ve STEM'e yönelik olumlu tutumlar edinmelerine katkı sağladığını ve aynı zamanda öğrencilerin önemli becerilerinin gelişmesine yardımcı olduğunu göstermektedir.

Hacıoğlu, Yamak ve Kavak (2016) tarafından yapılan çalışmada, mühendislik tasarım temelli fen eğitimi mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri incelenmiştir. Çalışma, Türkiye'nin farklı illerinde görev yapan 106 fen bilgisi öğretmeni üzerinde yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında, öğretmenlerin mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin bilimsel düşünme ve karar verme becerilerinin gelişimine nasıl katkı sağlayabileceği hakkındaki görüşleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, öğretmenler mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği ve iletişim gibi becerilerini geliştirdiğine, aynı zamanda öğrencilerin gerçek hayatta karşılaşabilecekleri problemlere çözüm üretebilecekleri bir bakış açısı kazandırdığına inanmaktadır. Öğretmenler ayrıca, mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin iş birliği ve iletişim becerilerini de geliştirdiğini düşünmektedir. Öğretmenler ayrıca bu eğitimin öğrencilerin öğrenmeye karşı motivasyonunu artırdığını ve fen bilimlerine olan ilgilerini artırdığını düşünmektedir. Bununla birlikte, öğretmenlerin mühendislik tasarım temelli fen eğitimi konusunda eğitim almadıkları ve bu alanda yeterli donanıma sahip olmadıkları görülmüştür. Ayrıca, uygulamaların zaman ve kaynak açısından zorlu olduğu ve okul yönetimlerinin bu uygulamalar için yeterli destek sağlamadığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, araştırma mühendislik tasarım temelli fen eğitimi uygulamalarının öğrencilerin becerilerini ve ilgilerini artırdığına dair olumlu bir bakış açısı sunarken, öğretmenlerin eğitim ve kaynak açısından daha fazla desteğe ihtiyaçları olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, çalışma, öğretmenlerin mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin karar verme becerileri, yaratıcılık, problem çözme ve iş birliği becerileri üzerinde olumlu bir etkisi olduğu konusunda hemfikir olduğunu göstermektedir.

Kınık Topalsan (2017) 45 sınıf öğretmeni adayıyla yaptığı çalışmasında öğretmen adaylarının geliştirdikleri mühendislik tasarım temelli fen öğretim etkinliklerini değerlendirmiştir. Durum çalışması olarak yürüttüğü bu araştırmada öğretmen adaylarının geliştirdikleri çalışmaları belirlenen mühendislik tasarım temelli öğretim etkinlikleri değerlendirme ölçütlerine göre puanlandırmış ve hangi basamaklarında sorunlar yaşandığı değerlendirmiştir. Çalışmanın sonucunda öğretmen adaylarının problem tanımlama, tanımlanan problemin net ve anlaşılır olma, tanımlanan probleme uygun geliştirilen olası çözüm önerilerinin yaratıcı ve uygulanabilir olma ve olası çözüm önerilerine uygun model geliştirme aşamasında “düşük nitelikte”; problem doğrultusunda geliştirilecek ürün yâda sisteme yönelik kriterlerin belirlenmesi, probleme yönelik ihtiyaçların belirlenmesi, olası

çözümlerin geliştirilmesi, karar verme matrislerinin oluşturulması ve çözümün sunulabilecek aşamaya getirilmesi aşamasında "yeterli" problem doğrultusunda geliştirilecek ürün yâda sisteme yönelik sınırlılıklar belirlenmesi aşamasında "mükemmel" seviyesinde bir performans gösterdiklerini saptamıştır.

Çevik ve Özgünay (2018), Türkiye'de STEM eğitimi üzerine, özellikle ortaokul öğretmenleri ve okul yöneticilerinin bakış açılarını inceleyen bir çalışma yürütmüştür. Çalışma, Türkiye'de STEM eğitiminin mevcut durumunu araştırmayı ve öğretmenlerin ve yöneticilerin STEM eğitimini uygulamada karşılaştıkları zorlukları ve fırsatları belirlemeyi amaçlamıştır. Karma yöntemin benimsendiği araştırma, 136 STEM öğretmeni ve 45 yöneticinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Öğretmenler nicel veri toplama aracının alt boyutlarından biri olan STEM'in öğrenci üzerindeki etkisinin ders üzerindeki etkisinden daha fazla olduğunu belirtmektedirler. Cinsiyet ve branş değişkenleri arasında her iki alt boyutta da anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Yöneticiler ise STEM'in öğrenciler üzerinde etkisinin olduğunu ve öğretmenlerin donanımlı olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmanın bulguları, Türkiye'de STEM eğitiminin önem kazanmasına rağmen, hala ele alınması gereken bazı zorlukların olduğunu göstermiştir. Bu zorluklar arasında kaynak vemalzeme eksikliği, öğretmenler için mesleki gelişim fırsatlarına duyulan ihtiyaç ve okul yöneticileri ve politika yapıcılardan daha fazla iş birliği ve destek ihtiyacı yer alır. Bununla birlikte çalışma, Türkiye'de STEM eğitimi için disiplinler arası ve proje tabanlı öğrenme potansiyeli ve öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirme fırsatı gibi bazı fırsatları da belirlemiştir. Genel olarak, çalışma sonucu, Türkiye'de STEM eğitimi için daha fazla destek ve kaynağa ihtiyaç olduğunu ve öğretmenlere ve yöneticilere mesleki gelişim ve iş birliği için daha fazla fırsat verilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çil ve Görecek-Baybars (2018) 15 matematik öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmada STEM temelli köprü etkinliği gerçekleştirerek adayların süreçteki deneyimlerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda adayların problem çözme, takım çalışması, eleştirel düşünme becerilerinin olumlu yönde etkinlendiğini göstermişlerdir.

Delen ve Uzun (2018) 50 matematik öğretmen adaylarıyla yaptıkları çalışmada öğretmen adaylarının fetemm temelli tasarladıkları öğrenme ortamlarını değerlendirmişlerdir. Öğretmen adaylarının sınıflarına getirecekleri etkinliklerin başarısında etkili olduklarını ve nitelikli etkinlikleri diğerlerinden ayırt edebilme becerisi kazandıkları saptanmıştır.

Ayaz (2019) 60 sınıf öğretmeni adayıyla yaptığı doktora çalışmasında mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin öğretmen adaylarının karar verme becerisine, bilimsel yaratıcılıklarına ve mühendislik tasarım temelli süreç becerisine olan etkisini araştırmıştır.

Karar Verme Beceri Testi (KVBT), Bilimsel Yaratıcılık Testi (BYT), Haftalık Mühendislik Tasarım Süreç Formu, Odak Grup Görüşmesi gibi veri toplama araçlarının kullanıldığı çalışmada öğretmen adaylarının belli kriterlere dikkat ederek tasarladıkları ürünler değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda öğretmen adaylarının karar verme, bilimsel yaratıcılık ve mühendislik tasarım temelli süreç becerilerinde olumlu yönde gelişmeler olduğunu tespit etmiştir.

Tuhtakaya (2019) fen bilimleri öğretmen adaylarıyla yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında mühendislik tasarım süreci uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının mühendislik becerilerine ve bilimsel yaratıcılıklarına etkisini incelemek ve uygulamalara yönelik öğretmen adaylarının görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Çalışmanın sonuçlara göre; öğretmen adaylarının Mühendislik Anketi sonucunda "İnşa etme, Hayal etme, Yaratıcı olma, Çizim, Takım çalışması, Veri analizi, Eleştirel dönüt, Geri bildirim, Bırakmama, Problem çözme ve Diğer" becerilerine ait yanıtların son test lehine artış olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca "İletişim, Plan yapma, Problem çözme" ön test ve son test yanıtlarının birbirine eşit olduğu ve bu beceri kategorilerinin herhangi bir değişime uğramadığı sonucu da ortaya çıkarmıştır. Mühendislik Tasarım Uygulamalarının gerçek sınıf ortamında uygulanabileceğini de öğretmen adayları dile getirmişlerdir.

Kapucu (2019) 2018-2019 eğitim-öğretim yılı güz döneminde fen bilimleri dersinde öğrencilerin tasarım tabanlı araştırma deneyimlerini incelemiştir. Araştırmanın katılımcılarını Eskişehir ili Odunpazarı ilçesinde bulunan bir ortaokulun iki sınıfında öğrenim gören 44 sekizinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmanın uygulama aşamasında öğrencilerden günlük yaşamdan bir problem tanımlamaları istenmiştir. Daha sonra bu sorunu çözecek ürünler tasarlamaları beklenmiştir. Araştırmanın veri toplama araçları, araştırmacı tarafından geliştirilen Tasarım Adımlarını Yansıtma Formu ve Teknoloji Tasarımı Dersi Öğretim Programında yer alan Öz Değerlendirme Formu'dur. Uygulama sekiz haftalık bir sürede tamamlanmıştır. Elde edilen verilerin analizinde içerik analizi kullanılmıştır. Öğrencilerin problem belirlemede çoğunlukla kendi hayatlarından yola çıktıkları, ürettikleri fikirlerin problem çözme, yeni fikirler, hayatı kolaylaştırma yönünde olduğu görülmektedir. Öğrenciler tasarım sürecinin araştırma, tasarım, problem belirleme, eskiz çizme gibi aşamalarını takip etmişlerdi. Tasarım sürecindeki deneyimlerinin değerlendirilmesi ile ilgili olarak öğrencilerin çoğu tasarım yapmayı öğrendiklerini ancak malzemeleri birleştirmede zorlandıklarını belirtmişlerdir. Öğrenciler bir dahaki sefere tasarım özelliklerini seçmeye, sorunu belirlemeye ve ilginç ürünler bulmaya daha fazla dikkat edeceklerini belirtmişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre, tasarım tabanlı araştırma yaklaşımı, öğrencilerin karar verme becerilerini

geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Öğrenciler, araştırma sürecinde karşılaştıkları sorunlara yönelik çözüm yolları üretmek ve bu çözüm yollarını uygulamak için karar verme becerilerini kullanmak zorunda kalmışlardır. Böylece, öğrenciler hem karar verme becerilerini geliştirmiş hem de bu becerileri gerçek hayatta kullanmayı öğrenmişlerdir. Makalede ayrıca, tasarım tabanlı araştırmanın öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini de geliştirdiği belirtilmektedir. Öğrenciler, araştırma sürecinde karşılaştıkları sorunları çözmek için eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini kullanmak zorunda kalmışlardır. Böylece, tasarım tabanlı araştırma yaklaşımının öğrencilerin karar verme becerileri üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Tasarım sürecinde etkili olduğu düşünülen karar verme, eleştirel düşünme, problem çözme gibi becerilerin incelenmesine yönelik araştırmalar yapılabilmesini önermişlerdir.

Asal (2020), yaptığı çalışmasında mühendislik tasarım temelli gerçekleştirilen fen öğretiminin ilkokul 4. sınıf öğrencilerinin bilimsel yaratıcılık ve eleştirel düşünme eğilimine etkisini incelemiştir. nicel yöntem desenlerinden eşleştirilmiş yarı deneysel desene uygun olarak yürüttüğü çalışmasında "Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği" ve "California Eleştirel Düşünme Eğilimi Ölçeği" kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda bilimsel yaratıcılık ile eleştirel düşünme eğilimi arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna ve eleştirel düşünme eğiliminin bilimsel yaratıcılık üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu göstermiştir.

Hacıoğlu (2021) makalesinde, STEM eğitiminin 21. yüzyıl becerileri üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Bu makalede, STEM eğitimi alan öğretmen adaylarının karar verme becerileri de ele alınmıştır. Çalışma bulgularına göre, STEM eğitimi, öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Öğrenciler, STEM etkinlikleri sırasında farklı sorunlarla karşılaşmakta ve bu sorunları çözmek için karar verme becerilerini kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Böylece, STEM eğitimi, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve karar verme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Makalede ayrıca, STEM eğitimi alan öğretmen adaylarının STEM etkinlikleri sırasında öz-yeterliklerinin arttığı ve kendilerine daha fazla güvendikleri belirtilmektedir. Bu da, öğretmen adaylarının öğrencilerine STEM becerilerini öğretirken daha özgüvenli ve etkili bir şekilde yaklaşmalarına yardımcı olacaktır. Çalışma sonucu, STEM eğitiminin öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirmede önemli bir rol oynadığını ve öğretmen adaylarının öz-yeterliklerini arttırdığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle yazar, STEM eğitiminin, öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini geliştirmek için etkili bir araç olabileceğini belirtmiştir.

Hacıoğlu ve Gülhan (2021) yaptıkları çalışmada STEM eğitiminin öğrencilerin eleştirel düşünme becerileri ve STEM algıları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Çalışma, STEM

eğitimi alan ve almayan öğrencilerin eleştirel düşünme becerileri, STEM algıları, STEM konularına ilgi düzeyleri ve STEM mesleki tercihleri gibi bir dizi faktörü karşılaştırmaktadır. Makalenin sonuçlarına göre, STEM eğitimi alan öğrenciler, STEM eğitimi almayan öğrencilere göre daha yüksek düzeyde eleştirel düşünme becerilerine sahip olma eğilimindedir. Ayrıca, STEM eğitimi alan öğrencilerin STEM konularına ilgi düzeyleri ve STEM mesleki tercihleri de daha yüksek düzeydedir. Ancak, STEM eğitimi alan öğrencilerin STEM algıları, STEM eğitimi almayan öğrencilere göre daha yüksek olmasına rağmen, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuçlar, STEM eğitiminin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini arttırabileceğini ve STEM konularına ilgi duymalarını ve STEM mesleklerine yönelmelerini teşvik edebileceğini göstermektedir. Ancak, STEM eğitimi alan öğrencilerin STEM algılarındaki artışın, eğitimin kalitesiyle de bağlantılı olabileceği düşünülebilir.

Ayaz ve Sarıkaya (2021) mühendislik tasarımı temelli fen öğretiminin sınıf öğretmeni adaylarının karar verme becerileri, bilimsel yaratıcılık ve mühendislik tasarımı temelli süreç becerileri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada ön test-son test kontrol gruplu nicel yaklaşım kullanılmıştır. Çalışma grubunu 2017-2018 eğitim-öğretim yılında Ankara'da bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 60 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırma mühendislik tasarımı temelli fen öğretimi ile derslerin işlendiği sınıf öğretmeni adaylarının becerilerinin olumlu yönde geliştiğini göstermektedir. Bu çalışmada mühendislik tasarımı temelli fen öğretimin sonucunda sınıf öğretmeni adaylarının karar verme beceri puan ortalamalarının arttığı görülmektedir. STEM içerik entegrasyonuna göre yapılan bu çalışmada MTTFÖ sürecinde öğretmen adaylarının karar verme becerileri, bilimsel yaratıcılık ve tasarım tabanlı süreç becerileri olumlu yönde etkilenmiştir. Adaylar, problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği ve iletişim becerilerini kullanarak mühendislik tasarımı problemlerine çözümler üretmişlerdir. Ayrıca, öğrencilerin sorgulama ve keşfetme süreçlerinde yer almaları, mühendislik tasarımı problemleri ile etkileşimlerini arttırmış ve karar verme becerilerini geliştirmiştir. Bununla birlikte, makalede sadece sınıf öğretmeni adaylarının karar verme becerileri üzerinde durulmuş ve bilimsel yaratıcılık ve tasarım becerilerine yönelik sonuçlar daha az tartışılmıştır. Ancak, mühendislik tasarımı temelli fen öğretiminin öğrencilerin bilimsel yaratıcılık ve tasarım becerilerini de geliştirebileceği literatürdeki diğer araştırmalarla desteklenmektedir. Araştırmacılar öğretmen adaylarının etkili bir karar verme sürecini yönetebileceklerini belirtmektedirler.

Öztürk ve Çınar (2021) çalışmalarında STEM eğitiminin okul öncesi eğitim gören çocukların problem çözme becerileri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma grubunu bir devlet ilköğretim okulunun anasınıfında 5-6 yaş grubu sınıflarında görev yapan 2 okul öncesi

öğretmen ve onların öğrencileri (N=27) ve veliler (N=6) oluşturmaktadır. Çalışmada araştırmacılar tarafından geliştirilen STEM etkinlikleri okul öncesi öğretmenleri tarafından sınıflarında 9 hafta boyunca uygulanmıştır. Çalışma durum çalışması olarak yürütülmüştür. Çalışmanın sonucunda mühendislik tasarım temelli STEM eğitimin okul öncesi çocuklarının problem çözme becerilerinin gelişimine önemli katkısının olduğu görülmüştür.

İpekoğlu Yetkin ve Yangın (2021) çalışmalarını normal devlet okulunda ve BİLSEM'lerde eğitime devam eden 1, 2 ve 3. Sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada tasarım temelli öğrenme uygulamalarının normal ve özel yetenekli öğrencilerin tasarım becerilerine etkisini incelemişlerdir. Veri toplama araçları olarak tasarım sürecini değerlendirme anahtarı, çizimler ve öğrenci ürünlerini kullanmışlardır. Yapılan etkinlikler ile ilk etkinlikten son etkinliğe kadarki süreçler göz önüne alındığında, bazı etkinliklerde kazanıma dönük değerlerde ilerleme gözlenmezken genel itibariyle her iki grupta da tüm becerilerde yeteri düzeyde artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Türkoğuz ve Kayalar (2021) 70 fen bilimleri öğretmeni adayıyla yaptığı çalışmalarında mobil-FeTeMM öğretim uygulamalarının öğretmen adaylarının mühendislik tasarım süreç becerilerine etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucu beklenenin dışında bir sonuçla karşılaşılmış, deney grubunda FeTeMM öğretim uygulamalarına mobil teknolojinin entegre edilmesinin mühendislik tasarım süreç becerilerini olumlu yönde geliştirmediği görülmüştür.

Murat (2021) yaptığı çalışmada mühendislik temelli robotik uygulamalarının STEM eğitiminde kullanılmasının ilköğretim 4. Sınıf öğrencileri üzerinde programlamaya karşı tutum, katılım ve beceri düzeylerine etkisi olup olmadığını araştırmıştır. Çalışmayı 57 4. Sınıf öğrencisi ile gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonucunda öğrencilerin programlamaya karşı beceri düzeylerinin olumlu yönde etkilediğini, karşılaştıkları problemlere yönelik bakış açılarının değiştiğini ve üreticiliklerinin arttığını tespit etmiştir.

Sarıgül ve Çınar (2021) yaptıkları bir çalışmada mühendislik tasarım odaklı fen bilimleri etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin meslek tercih ve meslek algılarında nasıl bir değişim meydana getirdiğini ortaya çıkarmak istemişlerdir. Çalışma sonucunda ise uygulamadan önce ortaokul öğrencilerinin meslek tercihleri doktor, hemşire, polis gibi STEM dışı mesleklere karşı iken uygulamadan sonra büyük bir çoğunluğu mühendis, mimar, bilim insanı gibi STEM meslekleri olarak tercihlerinin şekillendiğini tespit etmiştirler.

Koçulu ve Topçu (2022)'nin yaptıkları çalışmanın amacı, fen bilgisi öğretmeni adaylarının mühendislik tasarımı performans gelişimini STEM Eğitimi yoluyla keşfetmektir. Araştırmalarında durum çalışması deseni kullanılmıştır. Çalışmaya bir devlet üniversitesinde

'STEM Eğitimi' kursuna kaydolan 20 öğretmen adayı katılmıştır. Veriler, mühendislik tasarım sürecinin 9 adımını içeren açık uçlu formlarla toplanmıştır. Veri analizi sürecinde, öğretmen adaylarının her bir STEM uygulaması için mühendislik tasarımının her adımında neler yaptıklarına ilişkin yanıtlarını içeren açık uçlu formlar, mühendis not defteri rubriği ile analiz edilmiştir. Öte yandan, öğretmen adaylarının her bir basamaktaki puanları ilk STEM uygulamasından sonuncuya doğru yükselse de sonuçlar "ihtiyaç ya da sorunu belirleme", "ihtiyaç ya da sorunu araştırma" ve "çözümü iletme" basamaklarındaki puanlarının genel olarak yüksek olduğu bulunmuştur. Adaylar "olası çözümler geliştirirken", "mümkün olan en iyi çözümü seçerken" ve "bir prototip oluştururken" ilk etkinliklerde düşük, STEM uygulamaları sırasında, "çözümü test etme" ve "değerlendirme", "yeniden tasarlama" ve "son karar" adımlarında orta düzeyde puan almışlardır. Çalışmada, fen bilgisi öğretmeni adaylarına mühendislik tasarımı temelli bir eğitim programı uygulanmış ve öğrencilerin karar verme becerileri ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçları, mühendislik tasarımı temelli öğretim programının öğretmen adaylarının karar verme becerilerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarımı sürecinde karşılaştıkları sorunlarla başa çıkmak için farklı seçenekler düşünerek karar verme becerilerini geliştirdikleri görülmüştür. Ayrıca, öğretmen adaylarının mühendislik tasarımı sürecinde problem çözme, eleştirel düşünme ve yaratıcılık becerilerini de geliştirdikleri tespit edilmiştir.

Kutlu, Bakırcı ve Kara (2022) yaptıkları çalışmada, Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) destekli fen öğretiminin 8. sınıf öğrencilerinin Basit Makineler ünitesine ilişkin sorgulama-öğrenme becerileri ve mühendislik bilgi düzeyi algısına etkisini incelemişlerdir. STEM etkinliklerinde öğrencilere problem durumu verilmiş, bu problem durumuna özgü çözüm önerileri geliştirmeleri, buldukları çözüm önerilerine uygun bir tasarım oluşturmaları ve bu tasarımları çizmeleri istenmiştir. Yarı deneysel araştırma tasarımı benimsenen çalışma beş hafta boyunca 8. sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Veriler Sorgulama Öğrenme Düzeyi Algılama Ölçeği ve Mühendislik Bilgi Düzeyi Ölçeği ile toplanmıştır. Elde edilen veriler, STEM destekli öğretim uygulanan öğrencilerin, kontrol grubundaki öğrencilere göre Basit Makineler ünitesi ve kavramlarını daha iyi anladıkları ve konuya yönelik daha başarılı oldukları, yöntemin öğrencilerinin öğrenme becerisi algısını sorgulama ve mühendislik bilgisi düzeylerinde etkili olduğu ortaya koymuştur. Ayrıca, STEM destekli öğretim uygulanan öğrencilerin fen bilimleri dersine yönelik tutumlarında da olumlu bir etki gözlenmiştir. STEM destekli öğretimin öğrencilerin fen bilimleri dersine karşı ilgi ve motivasyonunu arttırdığı görülmüştür. Bu sonuçlar, STEM destekli öğretimin fen bilimleri eğitiminde etkili bir yöntem

olabileceğini ve öğrencilerin konuya karşı daha ilgili ve motive olmalarını sağlayabileceğini göstermektedir.

Satar ve Doğru (2022) 77 5.sınıf öğrencisiyle yaptıkları çalışmalarında dersin tasarım temelli fen öğretimi ile işlenmesinin ortaokul 5. sınıf öğrencilerinin ilgileri, motivasyonları ve akademik başarılarına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tasarım temelli fen öğretimi uygulamasının akademik başarı, fen öğretimine yönelik motivasyon ve FeTeMM alanlarına ilgi düzeylerini olumlu etkilediğini saptamışlardır.

2.5.2. STEM ve MTTFÖ Eğitimi İle İlgili Yurtdışı Çalışmalar: STEM ve MTTFÖ ile ilgili yurtdışında yapılan çalışmalar literatür taranarak ayrı ayrı incelenmiştir.

Lindberg, Pinelli ve Batterson, (2008) K-12 (ilkokul, ortaokul ve lise) öğretim programına mühendisliğin dahil edilmesinin önemine odaklanmaktadır. Makalede, mühendisliğin bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitiminin ayrılmaz bir parçası olduğu vurgulanmaktadır. Yazarlar, mühendisliğin K-12 eğitiminde dahil edilmesinin öğrencilerin STEM konularına olan ilgisini artırabileceği, öğrencilerin problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirebileceği ve öğrencilerin ileride STEM kariyerlerine ilgi duymalarına yardımcı olabileceği sonucuna varmaktadırlar. Ayrıca, mühendislik eğitiminin K-12 öğretim programında dahil edilmesinin öğretmenlerin STEM konularına olan bilgi ve becerilerini artırabileceği ve STEM eğitiminde etkili bir şekilde öğrenme stratejileri kullanmalarını sağlayabileceği de vurgulanmaktadır. Lindberg, Pinelli ve Batterson makalelerinde mühendisliğin ülke çapında K-12 öğretim programına dahil edilmesi gerektiğini savundu. Öğrencileri 21. yüzyılın zorluklarına hazırlamak için mühendislik eğitiminin neden gerekli olduğuna dair bir vaka sundular. Argümanları aşağıdaki kilit noktalara dayanıyordu:

Mühendislere duyulan ihtiyaç: İş gücünde mühendislere yönelik artan talebi ve bu alandaki kariyerlere hazırlanmak için daha fazla öğrenciye duyulan ihtiyacı vurguladılar.

1. Mühendisliğin toplumdaki rolü: Küresel sorunların çözümünde ve sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesinde mühendisliğin önemini vurguladılar.
2. Mühendislik eğitiminin değeri: Mühendislik eğitiminin birçok alanda değerli olan yaratıcılığı, problem çözmeyi ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiğini savundular.
3. K-12'de mühendislik eğitiminin uygulanabilirliği: Mühendislik eğitiminin mevcut programa entegre edilebileceğini ve çeşitli yaklaşımlar kullanılarak öğretilebileceğini gösterdiler.

Capobianco ve Rupp (2014) 5. ve 6. sınıf öğrencilerine STEM eğitimi veren öğretmenlerin ders planlarını ve gerçekleştirdikleri mühendislik tasarımına dayalı öğretimi ve

bu öğretime yaklaşımlarını incelemişlerdir. Katılımcılar altı okuldan (üç kırsal, iki banliyö ve bir kentsel) 23 STEM öğretmenini içermektedir. Veriler ders uygulama planları ve sınıf gözlemleri yoluyla toplanmıştır. Çalışma sonunda öğretmenlerin mühendislik tasarımına dayalı dersleri planlama, mühendislik uygulamalarını ilgili ders planlarına aktarma, içerik ve tasarım süreci aşamalarına uyumlu hale getirme konusunda deneyimli olduklarını gösterdiler. Ancak öğretmenler mühendislik tasarımına dayalı planlarında bilim kavramlarına ve bunların bir tasarım görevi içinde yerleştirilmesine, kullanılmasına ve uygulanmasına dikkat etmedikleri ortaya çıkmıştır. Yani sonuç olarak, öğretmenlerin uygulama planları, fen dersinde tasarım temelli öğretimi hayata geçirmeleriyle uyumlu olmadığı bildirilmiştir. Bu sonuç çoğu ilkokul öğretmeninin fen içeriği bilgisi veya etkili fen öğretimi uygulamaları açısından yeterince hazırlanmadığını göstermektedir. Araştırmada, STEM programına katılan öğrencilerin, karar verme sürecinde kritik düşünme becerileri, eleştirel düşünme becerileri, problem çözme becerileri ve yaratıcı düşünme becerilerinde gelişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Öğrencilerin STEM programı öncesinde ve sonrasında yapılan değerlendirmelerde, STEM programının öğrencilerin karar verme becerilerini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Programa katılan öğrencilerin karar verme sürecinde daha yaratıcı, eleştirel ve problem çözme odaklı düşündükleri, kritik düşünme becerilerini daha etkin kullandıkları ve daha özgüvenli oldukları belirlenmiştir. Bu sonuçlar, STEM eğitimi programının karar verme becerileri gibi bilişsel süreç becerilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Çalışmada ayrıca katılımcıların, öğretim zamanlarının çoğunu problemi tanımlama, planlama, tasarımları test etme, performans sonuçlarını iletme ve yeniden tasarlama süreçlerine daha az zaman ayırdıklarını, doğrudan tasarıma öncelik verdiklerini göstermiştir.

Van Haneghan ve arkadaşları (2015) ortaokul Matematik ve Fen Bilimleri öğretmenlerinin mühendislik tasarım uygulamaları ile ilgili görüşlerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda öğretmenler mühendislik tasarım uygulamalarının etkili olduğunu belirmişler ve uygulamalara yönelik fikirlerinin değiştiğini söylemişlerdir.

King ve English (2017) 5. sınıf öğrencileriyle mercek ve aynaları da içeren optik konusuyla ilgili yaptıkları mühendislik tasarım temelli etkinliklerin öğrencilerin tasarım becerilerinde artış olduğunu göstermişlerdir.

Siverling ve diğerleri (2019) mühendislik tasarımına dayalı STEM entegrasyonu sırasında öğrencilerin tasarım gerekçelerinde STEM içeriğini nasıl kullandıklarını incelemektedir. Araştırmacılar, öğrencilerin tasarım kararlarını desteklemek için STEM içeriğini nasıl kullandıklarını, bu süreçte hangi STEM konularının en sık kullanıldığını ve öğrencilerin STEM içeriği kullanımındaki güçlükleri de değerlendirmişlerdir. Araştırma

sonuçlarına göre, öğrenciler tasarım gerekçelerinde STEM içeriğini sıklıkla kullanmaktadır ve bu içerik genellikle matematik, fen ve teknoloji alanlarından gelmektedir. Ancak, öğrencilerin STEM içeriği kullanımında güçlükler yaşadıkları ve bazen bu içeriği yanlış kullandıkları da tespit edilmiştir. Bu çalışma, mühendislik tasarımına dayalı STEM entegrasyonu sırasında öğrencilerin STEM içeriğini nasıl kullanabilecekleri konusunda öğretmenlere ve eğitimcilerine önemli ipuçları sunmaktadır. Öğrencilerin STEM içeriğini etkili bir şekilde kullanmaları için, öğretmenlerin bu içeriği doğru bir şekilde sunmaları ve öğrencilerin bu içeriği nasıl kullanacaklarını anlamalarını sağlamaları gerekmektedir. Makalede, öğrencilerin STEM içeriğini tasarım gerekçeleri sırasında nasıl kullandıkları ve bu süreçte karşılaştıkları zorluklar incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, öğrenciler STEM içeriğini tasarım gerekçeleri sırasında kullanırken, bu içeriği tasarım sürecinde uygun şekilde entegre etmekte zorlandıkları görülmüştür. Özellikle, öğrencilerin STEM içeriğini birbirleriyle ilişkilendirmekte, tasarım sürecinde karşılaştıkları sorunlara uygun şekilde uygulamakta ve tasarım gerekçeleri sırasında açıklamakta zorlandıkları belirlenmiştir. Bununla birlikte, öğretmenlerin öğrencilere tasarım sürecinde STEM içeriğini nasıl kullanacakları konusunda daha fazla rehberlik sağladıklarında, öğrencilerin STEM içeriğini daha etkili bir şekilde kullanabildikleri bulunmuştur.

Sutia, Suparyana ve Sagita (2019) "Engineering design model: Environmental problem-solving ability, motivation and student perceptions" adlı makalesinde, öğrencilerin çevresel sorunları çözmek için mühendislik tasarımı kullanarak karar verme becerileri, motivasyonları ve algıları incelemişlerdir. Tasarım adımlarına yönelik yansıtma formundan elde edilen ifadelere göre öğrencilerin tasarım süreci ile ilgili problemi belirlerken çoğunlukla kendi yaşamlarından yola çıktıkları görülmüştür. Öğrenciler süreçte kullandıkları kaynakları gözlem ve araştırma yoluyla belirlediklerini belirtmişlerdir. Öğrencilerin ürün tasarım önceliklerine bakıldığında ise en çok problemin çözümüne hizmet eden ürünler hakkında fikir ürettikleri tespit edilmiştir. Makalede, öğrencilerin çevresel sorunları çözmek için mühendislik tasarımı kullanarak problem çözme becerilerinin yanı sıra karar verme becerilerinin de geliştirilebileceği belirtilmektedir. Öğrencilerin proje sürecinde karar verme, problem çözme, iş birliği yapma, iletişim kurma ve yaratıcılık gibi becerilerini kullanmaları gerektiği belirtilmektedir. Makalede, öğrencilerin mühendislik tasarımı kullanarak çevresel sorunları çözmelerinin, öğrencilerin çevre konusunda farkındalıklarını arttırdığı ve çevre sorunlarına karşı daha duyarlı hale geldikleri belirtilmektedir. Bu süreçte, öğrencilerin yaratıcılık becerilerin de geliştiği bildirilmektedir çünkü farklı çözüm önerileri sunmak ve bu önerileri uygulamaya koymak için yaratıcı düşünme gereklidir. Makalede, öğrencilerin iş birliği yaparak proje sürecini yönetmeleri ve fikirlerini paylaşmaları gerektiği vurgulanmaktadır. Bu, iletişim becerilerinin

de geliştirilmesine yardımcı olur. Ayrıca, öğrencilerin proje sürecinde karar verme becerilerini kullanmaları gerekmektedir, çünkü farklı çözüm önerileri arasında seçim yapmak zorunda kalacaklardır. Bu süreçte, öğrencilerin kendi çözüm önerilerini sunmaları ve diğerlerinin fikirlerine açık olmaları önemlidir. Ayrıca, öğrencilerin motivasyonlarının da bu süreçte önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Makalede, öğrencilerin mühendislik tasarımı kullanarak çevresel sorunları çözmelerinin, öğrencilerin çevre konusunda farkındalıklarını arttırdığı ve çevre sorunlarına karşı daha duyarlı hale geldikleri belirtilmektedir. Bu süreçte, öğrencilerin proje sürecinde karar verme becerilerini geliştirdikleri ve farklı çözüm önerileri arasında seçim yapmak zorunda kaldıkları ifade edilmektedir. Sonuç olarak, araştırmacılar, mühendislik tasarımı kullanarak çevresel sorunları çözmek için öğrencilerin becerilerinin geliştirilebileceği ve bu süreçte karar verme, problem çözme, iş birliği yapma, iletişim kurma, yaratıcılık gibi becerilerin önemli olduğu konularında bilgi vermektedir. Bu becerilerin öğrenciler tarafından kazanılması, onların hem akademik hem de kişisel hayatları için faydalı olacaktır. Bu bulgular, öğretmenlerin ve eğitimcilerin, öğrencilerin çevresel sorunlarla ilgili karar verme becerilerini geliştirmek için mühendislik tasarımını kullanmalarına yardımcı olabilir.

Alves, Ribeiro ve Dimitrova (2019) çalışmalarında, öğrencilerin takım çalışması sırasında iletişim kurma ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesi üzerine araştırma yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, öğrencilerin iletişim kurma ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesi, takım çalışması sırasında daha verimli bir şekilde çalışmalarına yardımcı olmuştur. Ayrıca, öğrencilerin bu becerileri geliştirerek, iş hayatında daha başarılı olabilecekleri sonucuna varılmıştır. Çalışmanın uygulandığı öğrencilerin geri bildirimleri de olumlu yöndedir. Öğrenciler, çalışmanın kendilerine katkısının farkında olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, öğrencilerin birbirleriyle olan iletişimlerinde ve takım çalışması sırasında karşılaştıkları zorlukları birlikte çözmelerinde bu becerilerinin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, takım çalışması sırasında iletişim kurma ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesinin öğrencilerin verimliliğini artırdığı, öğrencilerin birbirleriyle olan iletişimlerini güçlendirdiği ve iş hayatında başarılı olmalarına yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Karisan, Macalalag & Johnson (2019) tarafından yapılan çalışmanın amacı, bir STEM yöntemleri kursuna katılmanın hizmet öncesi öğretmenlerin STEM konularını öğretme konusundaki farkındalığı ve niyetleri üzerindeki etkisini analiz etmektir. Türkiye'nin küçük bir batı kentindeki bir üniversitede 53 (41 kadın ve 12 erkek) fen bilgisi öğretmeni adayından toplanan verilerin nicel analizi yapılmıştır. STEM farkındalığı ve STEM öğretme niyeti anketlerinden elde edilen veriler, katılımcıların STEM tabanlı bir bilim yöntemleri kursuna

katılmasından önce, hemen sonra ve dört ay sonra toplanmıştır. Veriler, denekler arası varyans analizi ile karıştırılarak analiz edildi. Sonuçlar, kursa katılımın fen bilgisi öğretmen adaylarının farkındalığının değiştirilmesine yardımcı olabileceğini göstermiştir. Spesifik olarak, öğretmen adaylarının STEM farkındalığı ve STEM konularını öğretme niyetleri, yöntemler kursa katıldıktan sonra artmıştır. Bu çalışmanın karar verme becerilerine doğrudan bir etkisi incelenmemiş olsa da, araştırmada öğretmenlerin STEM konularını daha etkili bir şekilde öğretme niyetlerinin arttığı ve STEM uygulamalarının öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirdiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, çalışma dolaylı yoldan karar verme becerilerini de etkileyebilecek sonuçlar ortaya koymuştur. STEM farkındalığı, öğrencilerinin öğrenme deneyimlerini ve beceri setlerini ("eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık, yenilikçilik ve farklı düşünme") etkileme potansiyeline sahiptir. Çalışma STEM kursunun STEM konularını öğretmek için öğretmen adaylarının farkındalığını geliştirdiğini vurgulamıştır.

Siverling (2019) çalışmasını sıcaklık, termal enerji ve ısı transferi süreçleri, iletim, konveksiyon ve radyasyon kavramları dahil olmak üzere ısı transferi ile ilgili ortaokul seviyesindeki fizik bilimi kavramlarını ele almak üzere tasarlanmıştır. Çalışma yedinci sınıf fen bilgisi sınıfındaki öğrencilerle gerçekleştirilmiş, uygulamanın her gününde nitel veriler toplanmıştır. Öğrencilere öğretim materyalleri sağlanmış ve deneyler yaptırılmıştır. Çalışma bulguları mühendisliğin birkaç temel özelliğinin (mühendislik tasarımı, yeniden tasarlama, ekip çalışması ve iletişim) öğrencilerin ısı transferi kavramlarını kullanmasını etkilediğini göstermektedir. Öğrenciler, deneyler sonucunda elde ettikleri verileri analiz etmek ve sonuçları yorumlamak gibi karar verme becerilerini geliştirmişlerdir. Bununla birlikte, öğrencilerin ilk tasarımlarının başarısızlıklarından ders çıkardığını ve yeni tasarımlar yaptıklarını; bu sırada çoğunlukla bilimsel kavramları uygun şekilde kullandıklarını göstermektedir. Ortaya çıkan diğer bir bulgu, öğrencilerin mühendisliğin iki özelliği olan ekip çalışması ve iletişim özelliklerinin artmasıdır. Özellikle ekipte nadiren konuşan bir öğrencinin bile iletişime geçtiğini, onu da kavramlarını ortaya çıkarmada yardımcı olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirmek için STEM yaklaşımının etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Aranda ve diğerleri (2020) "Examining Teacher Talk in an Engineering Design-Based Science Curricular Unit" makalesinde, öğretmenlerin mühendislik tasarımına dayalı bir bilim müfredatı ünitesinde kullandıkları dili ve öğrencilerin karar verme becerilerini ele alınmaktadır. Makalede belirtilen bulgulara göre, öğretmenlerin öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirmek için kullandıkları öğretim stratejileri arasında, öğrencilerin sorularını yanıtlamak yerine onlara başka sorular sormak, onların düşüncelerini paylaşmalarını sağlamak ve grup

tartışmaları yoluyla problem çözme becerilerini geliştirmek yer almaktadır. Ayrıca, mühendislik tasarımına dayalı bir bilim müfredatı ünitesinde öğrencilerinin karar verme becerileri de değerlendirilmiştir. Öğrencilerin, problem çözme sürecinde karar verme becerilerinin geliştiği ve daha önce belirsiz olan sorunlara yönelik çözüm önerileri geliştirmeye başladıkları belirtilmektedir. Sonuç olarak, çalışma, öğretmenlerin öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirmek için kullandıkları öğretim stratejilerinin ve mühendislik tasarımına dayalı bir bilim müfredatı ünitesinde öğrencilerin karar verme becerilerini nasıl geliştirdiğini ele almaktadır. Bu bulgular, öğretmenlerin ve eğitimcilerin öğrencilerin 21. yüzyıl becerileri, özellikle karar verme becerileri üzerindeki odaklarını arttırmasına yardımcı olabilir.

Ray ve Srivastava (2020) "Virtualization of science education: a lesson from the COVID-19 pandemic" adlı makalede, COVID-19 pandemisi sırasında bilim eğitiminde sanallaştırma sürecinin nasıl başarılı bir şekilde gerçekleştirilebileceğine dair bir ders çıkarmayı amaçlamışlardır. Makale, sanal öğrenme ortamlarının öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirdiği, erişilebilirliği artırdığı ve öğretmenlerin öğrenme hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olduğu sonucuna varmaktadır. Ayrıca, sanal öğrenme ortamlarının kullanımının öğretmenler için de bir öğrenme fırsatı sağladığı ve dijital öğrenme araçlarının ve kaynaklarının kullanımında daha fazla uzmanlaşmalarını sağladığı vurgulanmaktadır. Makale ayrıca, sanal öğrenme ortamlarının etkili bir şekilde kullanılabilmesi için öğretmenlerin eğitimli olmaları gerektiğine dikkat çekmektedir.

Aranda, Lie ve Selcen Guzey (2020) ortaokul düzeyindeki öğrencilerin bir tasarım odaklı mühendislik meydan okuması sırasında yürüttükleri tasarım tartışmalarındaki üretken düşünme süreçlerini incelemektedir. Araştırmacılar, öğrencilerin tasarım tartışmalarını analiz etmek için video kaydı kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçları, öğrencilerin üretken düşünme becerilerini ve tasarım tartışmaları sırasında birbirleriyle etkileşimlerini arttırdığını göstermektedir. Bu çalışma, tasarım odaklı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin üretken düşünme becerilerini geliştirmede etkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, öğrenciler arasındaki etkileşimlerin ve tartışmaların, üretken düşünme sürecinde önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. Bu sonuçlar, tasarım odaklı öğrenmenin sadece mühendislik dersleri için değil, aynı zamanda bilim dersleri için de etkili bir öğrenme yöntemi olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, öğretmenlerin öğrencilerin tasarım tartışmalarını kaydetmeleri ve analiz etmeleri, öğrencilerin üretken düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olabilir.

Radloff, Capobianco ve Dooley (2021) "Elementary Teachers' Positive and Practical Risk-Taking When Teaching Science Through Engineering Design" makalesinde, öğretmenlerin mühendislik tasarımı yoluyla fen öğretirken olumlu ve pratik risk almayı

deneyimledikleri araştırmışlardır. Bu çalışmada, öğretmenlerin risk alma davranışlarının öğrencilerin mühendislik tasarımı yoluyla fen öğrenmelerinde etkili olduğu, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve iş birliği becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmuştur. Ayrıca, öğretmenlerin mühendislik tasarımı yoluyla fen öğretiminde risk almaya istekli olmaları, öğretmenlerin öz-yeterlilik algılarını da artırmıştır. Çalışma, öğretmenlerin yeni öğretim stratejilerini denemek, yeni öğretim materyallerini denemek ve rahatlık alanlarından çıkmak gibi çeşitli risk alma davranışları sergilediğini buldu. Bu risk alma davranışları, fen öğretiminde artan güven, gelişmiş öğrenci katılımı ve gelişmiş öğrenci öğrenme çıktıları dahil olmak üzere olumlu sonuçlara yol açtı. Ayrıca çalışma, öğretimde risk alma davranışlarını teşvik eden mesleki gelişim fırsatları sağlamanın önemini vurgulamaktadır. Yazarlar, profesyonel gelişim programlarının, öğretmenlerin risk alması ve yeni öğretim stratejilerini denemesi için güvenli ve destekleyici bir ortam yaratması gerektiğini öne sürmektedir. Ayrıca, okul yöneticilerinin ve politika yapıcıların, öğretmenler tarafından alınan olumlu ve pratik riskleri tanımaları ve değer vermeleri ve öğretimde risk alma kültürünü geliştirmek için gerekli desteği ve kaynakları sağlamaları tavsiye edilir.

Sain (2021) çalışmasında COVID-19 salgınının ilkokul öğrencilerine tasarım tabanlı öğrenme sağlama konusunda öğretmen öz yeterliliği üzerindeki etkisini araştırmış ve öğretmenlerin çevrim içi veya karma öğrenme sunumunu yönetmek için hangi kaynaklara ve desteğe ihtiyaç duyduğunu belirlemiştir. Evren, STEM öğreten ilkokul öğretmenleriydi ve bu çalışma, dört ilköğretim STEM öğretmeninin bir örneğini içeriyordu. Bu nitel analiz, sanal ortama geçişin başlangıcında öğretmenlerin öz yeterliklerinde geçici bir düşüş olduğunu ortaya koydu. Evdeki kaynaklara öğrenci erişiminin olmaması, öğretmenlerin eş zamanlı olarak öğrenciye yönelik kontrol ve desteğinin olmaması, STEM eğitiminde bir öncelik değişikliğinin öğretmen öz yeterliklerindeki bu geçici düşüşe katkıda bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bunu düzeltmek için öğretmenler, geleneksel olarak uygulamalı bir öğretim stratejisi için sanal ortama yerleştirmek üzere yoğunlaştırma etkinlikleri ve Mühendislik Tasarım Süreci uygulamaları bildirmişlerdir. Öğretmenler, mevcut ortamda faydalı olabilecek kaynaklar ve destek olarak diğer eğitimci desteğini, önceki dersleri, ek zamanı ve öğretmen kaynaklarına erişimi göstermiştir.

Lie, Aranda, Guzey ve Moore (2021) "Students' Views of Design in an Engineering Design-Based Science Curricular Unit" adlı çalışmalarında, öğrencilerin bir mühendislik tasarımı temelli bilim öğretiminde tasarım kavramına bakış açılarını ve bu süreçte kazandıkları becerileri incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, öğrencilerin tasarım kavramını anlamakta zorluk çektikleri ve özellikle tasarımın farklı aşamalarını anlamada zorluk

yaşadıkları görülmektedir. Araştırmanın beceri gelişimi açısından tartışılması gereken önemli sonuçları vardır. Öncelikle, öğrencilerin tasarım süreci hakkındaki anlayışları ve becerileri bu müfredat birimi sayesinde önemli ölçüde artmıştır. Öğrencilerin yaratıcı düşünme, problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerinde ilerleme kaydetmeleri, bu tür bir öğretim programının öğrenci becerilerine olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, araştırma ayrıca öğrencilerin tasarım sürecini anlama ve uygulama konusunda bazı zorluklarla karşılaştığını da ortaya koymuştur. Öğrencilerin tasarım sürecinde yaratıcı fikirler üretme, prototip oluşturma ve tasarımlarını sunma konusunda bazı zorluklar yaşadıkları görülmüştür. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, öğretmenlerin öğrencileri desteklemek ve yönlendirmek için daha fazla zaman ve kaynak sağlamaları gerekebilir. Çalışma sonucu, mühendislik tasarımı temelli bilim öğretim programınının öğrenci becerilerine olumlu bir etkisi olduğunu ve öğrencilerin tasarım sürecini anlama ve uygulama konusunda ilerleme kaydettiklerini göstermektedir. Ancak, öğrencilerin tasarım sürecinde bazı zorluklarla karşılaşabileceği ve öğretmenlerin bu zorlukları ele almaları gerekebileceği unutulmamalıdır. Ayrıca, çalışmanın sonuçlarına göre, öğrencilerin mühendislik tasarımı sürecinde karşılaştıkları zorluklarla başa çıkmak için deneme-yanılma yöntemini kullandıkları ve bu süreçte öğrenme deneyimi kazandıkları görülmüştür. Çalışmaya göre öğrenciler tasarımın tanımı, amacı ve süreci konusunda farklı anlayışlara sahiptirler. Öğrencilerin birçoğu tasarımı bir çizim veya model yapmak olarak tanımlarken, bazıları da tasarımın bir ürünün veya sistemin amacına uygun şekilde tasarlanması olduğunu düşünmektedirler. Öğrencilerin tasarım sürecinde de farklı anlayışları vardır; bazıları tasarım sürecinin önceden belirlenmiş adımlardan oluştuğunu düşünürken, diğerleri tasarım sürecinin esnek ve farklı aşamalardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışma öğrencilerin tasarım hakkındaki olumlu ve olumsuz görüşlerini de belirlemiştir. Öğrenciler tasarımın yaratıcılık, özgünlük ve problem çözme becerilerini geliştirdiğini düşünürken, bazı öğrenciler tasarımın zorlu ve sıkıcı olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrencilerin birçoğu tasarımın gerçek hayatta kullanılan ürünlerin yapımına yardımcı olduğunu düşünürken, bazıları da tasarımın sadece eğlenceli bir aktivite olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra, öğrencilerin geri bildirim alarak ve kendilerini değerlendirerek tasarım becerilerini geliştirebildikleri de tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çalışmanın sınırlamaları da göz önüne alındığında, öğrencilerin tasarım sürecinde geliştirdikleri becerilerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi zorlu bir süreç olabilir. Ayrıca, çalışmanın örnekleminin sınırlı olması ve sadece bir öğretim deneyiminin değerlendirilmesi de genelleştirilebilirliği sınırlandırmaktadır.

Burton, Maiorca ve Tripp (2022) sınıf öğretmeni adaylarının duyuşsal eğilimleri ile STEM ders planlama eylemi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. On yedi ilkokul öğretmen

adayının STEM eğitimi ve öğretim planlamasına ilişkin duyuşsal eğilimleri sanal, çevrim içi bir STEM deneyimine katıldıktan sonra incelenmiştir. Duyuşsal eğilimler, öğretmen adaylarının öğretim sürecinde nasıl davrandıklarını ve öğrencilerine nasıl yaklaştıklarını yansıtan özelliklerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, sınıf öğretmeni adaylarının duyuşsal eğilimleri karar verme becerilerine etkili olabilmektedir. Özellikle, öğretmen adaylarının empati, iş birliği, yaratıcılık ve problem çözme gibi duyuşsal eğilimleri, öğretim sırasında alacakları kararların niteliği üzerinde olumlu bir etki yapmaktadır. Bu sonuçlar, öğretmen adaylarının duyuşsal eğilimlerinin önemini vurgulamaktadır ve öğretmen eğitim programlarında bu eğilimlerin geliştirilmesi ve desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Verilerin analizi, sanal deneyimler yoluyla öğrenmeyi, gözlemlemeyi ve planlamayı deneyimleyen öğretmen adaylarının STEM öğretimine yönelik olumlu duygusal eğilimler gösterdiklerini ortaya koymuştur. Veriler, STEM derslerini öğrenme, gözlemleme ve planlama deneyimlerinin profesyonel gelişimde anlamlı olabileceğini, ancak STEM eğitimiyle ilgili öğretim eylemleri ve duygusal eğilimler arasında sinerji yaratmak için bu deneyimlerin ötesinde daha fazlasının yapılması gerektiğini göstermektedir.

Özetle, yurtiçi ve yurtdışı çalışmalar analiz edildiğinde, mühendislik tasarım temelli fen öğretimi ve STEM ile harmanlanmış mühendislik uygulamaları bağlamında yapılan çalışmaların mühendislik süreç becerilerine odaklandığı, karar verme becerileri, problem çözme becerileri, eleştirel düşünme becerileri, bilimsel yaratıcılık becerileri gibi becerilerin daha yoğun olmakla beraber sürece olan ilgi ve tututumların da incelendiği çalışmalar dikkat çekmektedir. Çalışmaların uzun soluklu oldukları oldukları da görülmektedir. Bunun sebebi de mühendislik tasarım temelli uygulamaların bir ekip çalışması olarak yapılandırılmasından kaynaklı, araştırma süreçlerini barındırması, prototipe karar verip bunu inşa etme sürecinin uzun zaman almasından kaynaklandığıdır. Yine çalışmalara dair görüşler de katılımcılar malzeme temini ve prototip oluşturma sürecinin zorlu ve zaman aldığını belirttikleri ile bu ifade desteklenebilir. Ayrıca öğretmenlerle yapılan çalışmalarda ise öğretmenlerin süreçteki yeterliklerinin de çok boyutlu olarak ölçüdüğü de söylenebilir. Öğretmen yeterlikliliklerine odaklanılmasının sebebi ise öncelikle öğretmenlerin bu yaklaşımı tam anlamıyla kanıksamaları, kendilerini yeterli hissetmeleri ve daha sonra sınıflarında da bunu uygulayabilmelerinin hedeflenmesinden kaynaklıdır.

Ayrıca çalışmaların yine yoğun bir kısmının öğretmen adayları ile yürütüldüğü görülmektedir. Örneklemi öğretmen adaylarının oluşturmasının nedeni ise mühendislik uygulamalarının kapsamlı ve bir düzen içerisinde sistematik olarak yürütülmesinden ve sabır gerektirmesinden dolayı lise ve alt kademedeki öğrencilerin bu sistemin içerisinde çabuk

sıkıldıkları, isteksiz kaldıkları, sürece dahil olmada zorlandıkları da çalışmaların sonuçlarından görülmektedir. Lakin neredeyse tüm çalışmalar bu eğitim yaklaşımın lise ve altı kademelerde hatta okul öncesinde bile sıklıkla uygulanması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Üstün yetenekli öğrencilerle yapılan çalışmaların ise neredeyse yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Lakin çoğu çalışmanın önerilerinde de bu hususa değinilmektedir.

Çalışmalar genel olarak karma desenle yürütülmüştür. Nicel kısımda daha çok "beceri testleri" ve "akademik başarı testleri" kullandıldığı görülmektedir. Lakin araştırmaların amaçları bağlamında aslolan amacın doğrudan akademik başarıyı artırmaktan ziyade süreçteki mühendislik ve tasarım becerilerini artırmak olduğu görülmüştür. Bu becerilerin yoğun bir kısmının 21. Yüzyıl becerileri olduğu görülmektedir. Bunun yanında yine nicel kısımda tutum ve ilgi ölçekleri de kullanılan çalışmalar bulunmaktadır. Doğrudan nicel çalışmaların sayısı daha azdır. Genel olarak nicel ve niteli birleştiren karma çalışmalar kullanıldığı dikkat çekmektedir. Çünkü mühendislik tasarım sürecinde öğrencilerin uzun bir sürece tabi tutularak, bu süreçteki gelişimlerinin gözlem ve görüşmeler ile açığa çıkarılarak, bu gelişimlerin nicel olarak akademik başarı, tutum ve bilgi düzeyleri ile desteklenerek çok yönlü açıdan ele alınması ön planda olmaktadır.

Çalışmaların sonuçları genel olarak hedef edinilen amaçlar ile örtüşmektedir. Süreç sonunda katılımcıların becerilerinin, tutumlarının ve akademik başarılarının arttığı görülmektedir. Sürece dair görüşler de büyük ölçüde olumlu ve süreçle örtüşen görüşlerdir. Genel olarak görüşmelerde sorular sorular sıklıkla mühendislik uygulamalarının fen bilimleri dersine entegre edilebilmesi hususunda olan sorulardır. Bunların yanıtları ise büyük ölçüde entegre edilmesi gerektiğinden yanadır. Bunları da sürecin çıktılarından yola çıkarak söylemektedirler. Sonuçların büyük ölçüde beceri gelişimlerinin olumlu olması olduğu göze çarpmaktadır. Bu bağlamda mühendislik tasarım temelli uygulamaların ve STEM temelli mühendislik etkinliklerinin öğrencilerin becerilerine çok boyutlu olarak odaklandığı söylenebilir. Çalışmaların yıllar içerisinde arttığı dikkat çekmektedir. İlk zamanlarda daha kısıtlı becerilere odaklanılırken son zamanlarda yapılan çalışmalarda daha çok 21. Yüzyıl becerilerine odaklanılarak bir çalışma ortamı tasarlanmaktadır. Bu becerilerin hem şimdi hem gelecekteki öneminden ötürü öğrencilere kazandırılması bir hayli önemlidir. Yine son yıllardaki çalışmalarda iş birliğinin yani takım çalışmasının önemine de daha fazla değinildiği görülmektedir. Yine son yıllardaki çalışmalarda, Hynes ve diğerleri (2011)'nin mühendislik tasarım süreci basamaklarına daha çok odaklanıldığı ve bu basamakların irdelendiği de görülmektedir.

Son yıllarda ise yurtdışında yapılan çevrim içi mühendislik tasarım temelli uygulamalar olduğu görülmektedir lakin yurtiçi çalışmalarda bu tür bir ortamda gerçekleştirilen çalışma göze çarpmamıştır. Özellikle Covid-19 gibi bir süreçten geçerken çevrim içi öğretimin de niteliğini artırmak için mühendislik uygulamaları ve STEM ile ilgili yapılan çalışmalar olması kaçınılmazdır. Yapılan bir çalışmada yüzyüze gerçekleştirilen uygulamadan bir farkının olmadığı da söylenmiştir.

3. BÖLÜM
YÖNTEM

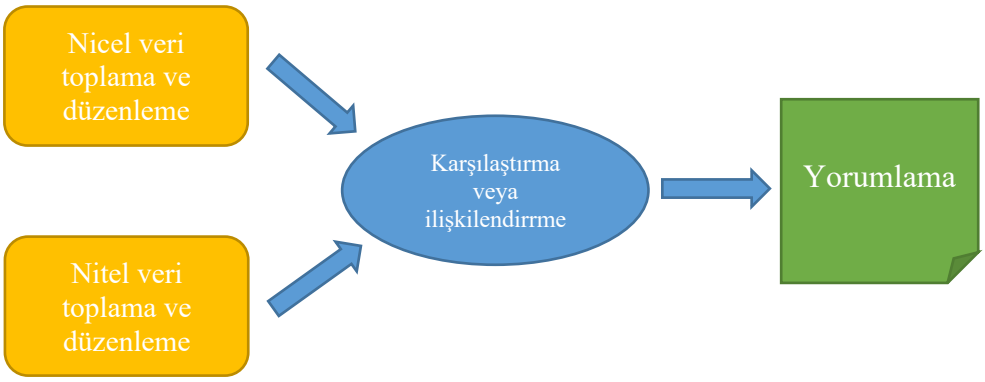
Bu bölümde araştırmanın yöntemi, modeli, çalışma grubu, veri toplama araçları ve veri analizine dair bilgiler verilmiştir.

3.1. Araştırmanın Yöntemi ve Deseni

Çalışma karma yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın doğasına uygun olarak karar verilen yakınsayan paralel karma desen ise nicel ve nitel verilerin kombinasyonu olarak düşünülmektedir. Şekil 3'te şematik olarak verilen bu desende nicel veriler ile nitel veriler beraber toplanmasına rağmen ayrı ayrı analiz edilerek, elde edilen bulguların birbirini doğrulayıp doğrulamadığı kontrol edilir (Creswell, 2014). Bu yöntemin amacı araştırma problemini en iyi şekilde anlamak için aynı konu üzerinde farklı fakat birbirini tamamlayıcı veri toplamaktır (Morse, 1991). Nicel verilere ulaşmak için kullanılan testlerden elde edilen sonuçları belirlenen kriterler doğrultusunda daha ayrıntılı incelemek ve bütüncül bir yaklaşımla değerlendirme yaparak çalışmanın zenginliğini artırmak amacıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler ve odak grup görüşmeleri de yapılmıştır (Büyüköztürk ve diğerleri, 2022). Çalışmanın nitel kısmında mühendislik tasarım föyleri (MTF), odak grup görüşmeleri ve araştırmacı günlükleri analiz edilmiştir.

Şekil 3

Yakınsayan paralel desen



Bu çalışmanın nicel boyutunda, araştırma modeli olarak ön-test-son test deseninin uygulandığı "basit deneysel yöntem" kullanılmıştır. Basit deneysel yöntem uygulamalarında, diğer deneysel araştırma yöntemlerinden farklı olarak kontrol grubu olmayıp, sadece deney grubu ile çalışmalar yürütülmektedir. Bu tür çalışmalar deneğin ya da örneklemin çeşitli değişkenler bakımından gelişimini ve değişimini takip etmek için kullanılır (Çepni, 2022). MTTFÖ yaklaşımı ile uzaktan öğretimle öğretmen adaylarının karar verme becerilerine etkisini incelemek amacıyla tek gruplu ön test-son test deneysel desen kullanılmıştır. Bu kapsamda

uygulama öncesi ve uygulama sonrasında ön test ve son test olarak nicel veri toplama aracı kullanılmıştır.

Mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme becerilerine, mühendislik tasarım temelli süreç becerilerine ve sürecin yansımalarına etkisi araştırılırken yakınsayan paralel desenden faydalanılmıştır. Araştırmanın deneysel kısmında nicel süreç içeren bir yaklaşım izlenmiş bununla eş zamanlı olarak gerçekleşen nitel kısmında ise; MTTFÖ sürecinde öğretmen adaylarının her tasarım için bireysel ve grupça oluşturdukları mühendislik tasarım föyleri, *mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriğine* göre değerlendirilmiştir. Buna ek olarak uygulama sürecinin başında ve sonunda her ekipten iki kişi olmak koşuluyla -bir ekip lideri ve ekip liderinin seçtiği bir ekip üyesi- toplamda on fen bilimleri öğretmeni adayıyla odak grup görüşmeleri yapılmıştır.

3.2. Katılımcılar ve Çalışma Grubu

Çalışma 2020-2021 akademik yılında Bursa'da bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 65 fen bilimleri öğretmenliği ikinci sınıf lisans öğrencisi öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada katılımcı grubu amaçlı örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Amaçlı örnekleme yöntemi nitel araştırmalarda durum ve olayların derinlemesine açıklanmasını sağlamaktadır (Çepni, 2022).

Araştırmanın nitel çalışma grubu, nicel grup içerisinden seçilmiş 10 kişiden oluşmaktadır. Bu 10 kişi, beş grubun ekip lideri ve bu ekip liderlerinin seçtikleri, süreçle ilgili uzun ve derin cevaplar verebilecek beş kişidir. Nitel grubun az sayıda örneklem içermesinin nedeni, olguların daha iyi anlaşılabilmesi ve özel durumların ortaya çıkarılmasını sağlamak içindir (Büyüköztürk ve diğerleri, 2022).

Tablo 3

Çalışma grubunun cinsiyete göre dağılımı

Cinsiyet	frekans	%
Kadın	51	78,5
Erkek	14	21,5
Toplam	65	100,0

Çalışma grubunu %78,5 sıklıkla kadın, %21,5 sıklıkla erkek öğretmen adayı oluşturmaktadır.

3.3. Veri Toplama Araçları

Bu kısımda araştırmada kullanılan nitel ve nicel veri toplama araçları anlatılmıştır.

3.3.1. Karar Verme Beceri Testi: Araştırmanın nicel sürecinde kullanılan veri toplama araçlarından biri, Ercan ve Bozkurt (2014) tarafından ortaokul düzeyindeki öğrenciler için geliştirilmiş olan Karar Verme Beceri Testi (KVBT)'dir. KVBT öğretmen adaylarının gerçek yaşam durumlarında çoklu kriterleri esas alarak karar verme becerilerinin ölçülmesi amacıyla kullanılmaktadır. KVBT'deki maddelerde, karar verme sürecinde birçok kriterin ele alınıp, farklı alternatiflerle değerlendirilmesine fırsat sağlayan gerçek yaşamdan kesitler sunulmuştur. Bu doğrultuda testte ölçülmek istenen asıl özellik, bireylerin farklı kriter ve farklı alternatiflere göre değerlendirmelerde bulunarak en iyi çözümü seçebilmeleri ve bu seçimleri hangi kriterlere göre yaptıklarını açıklayabilmeleridir. İlk olarak ortaokul öğrencileri için geliştirilen bu test daha sonra Bozkurt (2014) tarafından öğretmen adayları için revize ederek geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yapılarak güvenilir bulunmuştur. KVBT çoktan seçmeli 11 sorudan oluşmaktadır. Her sorunun bir doğru yanıtı bulunmaktadır. Testte ölçülmek istenen özellik ile ilgili belirli kriterleri esas alarak doğru yanıtı bulmaya yönelik maddeler yer almaktadır. Maddelerin tamamı kullanıldığında testin ortalama güçlüğü 0,52'dir. Testte 3 zor, 3 kolay ve 5 orta güçlükte soru bulunmaktadır.

Ölçek, bu çalışmanın pilot çalışmasında 8 kişiye uygulanmış ve güvenirlik Cronbach alfa katsayısı ise 0,82 bulunmuştur. 0,80 ile 1,00 arasında bir değer olduğundan ölçek yüksek derecede güvenilirdir. Bu test hem pilot hem de asıl uygulamada, Google Forms üzerinden çevrim içi olarak uygulanmıştır.

3.3.2. Mühendislik Tasarım Föyü (MTF): Araştırmacı tarafından Hynes ve diğerleri (2011)'nin mühendislik tasarım sürecindeki basamaklar göz önünde bulundurularak hazırlanan mühendislik tasarım föyü Google Drive üzerinden paylaşılmıştır. İlgili ünitelerin kazanımlarını içeren günlük yaşamda karşılaşılan veya karşılaşılabilecek problemlerden oluşan bir senaryo ve bu senaryodaki problemin tespiti yapılmakta, problem araştırılmakta, kriter sınırlılıklar belirlenmekte, çözüm öneri sunulmakta ve en iyi çözüm seçilmekte, 3D çizim programlarıyla prototip çizimi ve tasarımı yapılmakta ve bu tasarımlar test edilmektedir. MTTFÖ sürecinde her tasarım için tüm gruplar EK-5'te verilen bireysel ve grup olarak MTF'nü tamamlamışlardır. Haftalık toplanan "Mühendislik Tasarım Föyleri" araştırmacı tarafından haftalık olarak puanlanmıştır. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerileri Mühendislik Tasarım Süreci Rubriği ile değerlendirilmiştir.

3.3.3. Odak Grup Görüşmeleri Formu: Nitel yolla yapılan görüşmeler araştırmacılar tarafından katılımcı grubuna açık uçlu sorular sorularak cevapların kaydedilmesiyle

gerçekleşmektedir. Bu görüşmelere yapısal olarak bakıldığında; yapılandırılmış görüşme, yarı-yapılandırılmış görüşme ve yapılandırılmamış görüşme olmak üzere üç grupta incelenmektedirler (Çepni, 2022).

Odak grup görüşmeleri için hazırlanan yarı yapılandırılmış sorular ilgili literatür incelendikten sonra, çalışmada kullanılan nitel veri toplama aracı olan "Odak Grup Görüşme Formu" iki lisansüstü öğrencisi ve akademisyen görüşü alınarak tasarlanmıştır. Maddelere ekleme ve çıkarmalar yapılarak EK-4'te verilen 8 soruluk bir görüşme formu oluşturulmuştur. Beş grubun her birinden seçilen birer ekip lideri ve birer ekip üyesi olmak üzere toplamda on kişiden oluşan katılımcı grubu ile süreç başında ve sonunda olmak üzere toplamda 2 defa, yaklaşık 120'şer dakikalık odak grup görüşmeleri gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerdeki amaç derinlemesine nitel veri toplamaktır. Görüşmeler Microsoft Teams üzerinden gerçekleştirilmiştir Ses ve görüntü kaydı alınan görüşmelerde kayıtlar için katılımcıların onayları alınmıştır. Görüşmeler boyunca MTTFÖ sürecindeki karar verme durumları, ürettikleri olası çözüm yolları, sürecin genel değerlendirilmesi, STEM'e ve MTTFÖ'ne yönelik algıları, süreçteki yetersizlikler ve öneriler araştırmacı rehberliğinde konuşulmuş ve tartışılmıştır. Görüşmelerde öğretmen adayları "*Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10"* olarak kodlanmışlardır. Odak grup görüşme soruları aşağıda verilmiştir:

1. Günlük hayatta mühendislik tasarım sürecindeki karar verme durumlarına benzer durumlar ile karşılaşıyor musunuz? Örneklendirebilir misiniz?
2. Problemlere uygun çözüm önerilerine karar verirken bireysel olarak hangi yolları izlediniz?
3. Çözümler bulmak için başvurduğunuz kaynaklar neler?
4. En iyi çözüme karar verirken nelere dikkat ettiniz?
5. MTTFÖ sürecinde ne gibi sorunlarla karşılaştınız?
6. MTTFÖ süreci karar vermenizi nasıl etkiledi?
7. MTTFÖ fen bilimleri dersine entegre edilebilir mi? Neler söylersiniz ve önerirsiniz?
8. MTTFÖ süreci ve STEM arasında ne gibi farklılık vardır? Nasıl bir ilişki bulunmaktadır?

3.3.4. Araştırmacı Günlüğü: Araştırmacı günlüğü, araştırma sürecindeki gözlemleri kayıt altına almak için kullanılan bir defter günlüğüdür. Araştırmacı günlüğü gözlemlerin, düşüncelerin, duyguların, analizlerin, izlenimlerin notlar olarak kaydedildiği bir veri toplama aracıdır (Johnson, 2014). Araştırma boyunca, araştırmacı öğretmen adaylarını daha yakından takip ederken bu takipteki notları için bir günlük oluşturmuştur. Uzaktan eğitim sürecinde, öğretmen adaylarının gözlemini Whatsapp platformunda oluşturulan *Ekip Gruplarının* bir üyesi

olarak, bu gruplardaki hareketliliği, konuşmaları, planlamaları izlemiştir. Araştırmacı bu süreçte sadece rehber olarak bulunmuş ve müdahalede bulunmamış, adaylara yorumlar yapmamıştır. Tasarım süreçlerinde de öğretmen adaylarının duygu ve düşüncelerini, tutumlarını da kısa notlar halinde defterine yazmıştır. 5 grubu da bu şekilde izlemiştir. Bunun yanında Microsoft Teams platformu üzerinden de ekiplerin kendi aralarında yaptıkları çevrim içi toplantılara da katılım sağlamış ve burada da notlar almıştır. Yine buna benzer şekilde, öğretmen adaylarının haftalık derslerinde de onları izlemiştir ve önemli noktaları not almıştır.

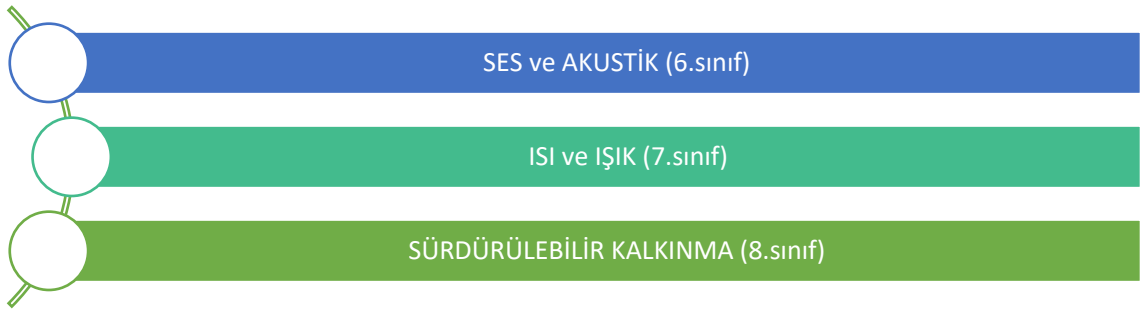
3.4. Araştırmanın Tasarlanması

Araştırmanın tasarlanması aşamasında ilk olarak alanyazın taraması yapılarak, ilgili alandaki çalışmaların az olması ve güncel bir eğitim yaklaşımı olmasından dolayı MTTFÖ'ne göre çalışılmasına karar verilmiştir. Yüz yüze çalışma ortamına göre tasarlanan çalışma programının 2020'nin Mart ayında Covid-19 salgını başlamasından dolayı uzaktan eğitimle sürdürülmesine karar verilmiştir. Daha sonra bununla ilgili ulusal ve uluslararası yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Alanyazın çalışmalarının incelenmesi ile mühendislik tasarım temelli ders materyallerini oluşturularak modelin uzaktan öğretim ortamında uygulanması için gerekli araçlar ve uygulamalar için de uzaktan öğretime uyarlamalar yapılmıştır. Uygulama süreci başlığında sürecin detaylarından bahsedilmiştir.

MTTFÖ yaklaşımına göre hazırlanan materyal 3 konu alanından oluşmaktadır. Bu konular Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4

Materyal konuları



Materyallerin üniteleri, ilgili literatür taranarak ve diğer konulara kıyasla daha az STEM ve Mühendislik uygulamaları etkinlikleri yapılan, fen bilimleri öğretim programının 6. Sınıfından ses ve akustik konusu, 7. Sınıfından ısı ve ışık konusu ve 8. Sınıfından sürdürülebilir kalkınma konusu seçilmiştir.

Materyallerin geliştirilmesi sürecinde Wendell ve diğerleri (2010) tarafından mühendislik tasarım temelli ünite geliştirme süreci için önerilen yaklaşımdan destek alınmıştır.

Şekil 5

Mühendislik tasarım süreciyle fen öğretimi (Wendell ve diğerleri, 2010)



Şekil 5'te basamakları verilen bu öğretim yaklaşımına göre mühendislik tasarımı temelli ünite modelinde öğrenciler ünite ana tasarımı öncesinde mini araştırma ve mini tasarımlarla bilgi ve becerilerini geliştirirler. Daha sonra ünite ana tasarımına yönelik çözümler geliştir, en iyi çözüme karar verir, inşa ve test ederler. Materyaldeki ünitelerin genel yapısı bu doğrultuda geliştirilmiştir. EK-7'de araştırmacı ders planı örneği verilmiştir. Tablo 4'te deneysel işlemin simgesel gösterimi verilmiştir.

Tablo 4

Deneysel işlemin simgesel gösterimi

Çalışma grubu	İlk Ölçmeler	Deneysel İşlem	Son Ölçmeler	Süreç Bitimi
65 lisans öğrencisi (nicel grup) 10 lisans öğrencisi (nitel grup)	*Nicel boyut* Karar Verme Beceri Testi (KVBT) Mühendislik Tasarım Föyleri (MTF) *Nitel boyut* Odak Grup Görüşmeleri (Başta ve sonda) Araştırmacı günlüğü	Uzaktan Öğretimle Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretimi	*Nicel boyut* Karar Verme Beceri Testi (KVBT) Mühendislik Tasarım Föyleri (MTF) *Nitel boyut* Odak Grup Görüşmeleri (Başta ve sonda) Araştırmacı günlüğü	Sürecin Yansımaları, Görüşler, Ürünler ve Değerlendirme

3.5. Pilot Çalışma Süreci

Çalışmanın pilot uygulaması 2019-2020 Eğitim Öğretim döneminde 8 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Uygulama Zoom platformu üzerinden çevrim içi olarak yapılmıştır. Pilot uygulamada araştırmacı önce 3 hafta boyunca haftada 2 saat olmak üzere toplamda 6 saat STEM ve Mühendislik Tasarım Temelli Öğretimle ilgili kuramsal bilgiler vermiştir. İlk hafta ve son hafta öğrencilerle odak grup görüşmeleri yapılarak süreç takip edilmiştir. Süreç başlamadan bir hafta önce ve süreç bitiminden bir hafta sonra öğrencilere Karar Verme Beceri Testi uygulanmıştır. Veriler bağımlı gruplar t testine tabi tutularak anlamlı bir artış gözlenmiştir. Son haftanın bitiminde ise araştırmacı "Işığın maddeyle etkileşimi" ünitesi kazanımlarını içeren bir senaryo verip öğrencilerden bu senaryodaki problemi keşfetmelerini, problemin çözüm önerini sunmaları ve en iyi çözüm önerisi seçmeye yönelik çalışma süreçlerini incelemiştir. Öğrenciler seçtikleri olası çözüm önerilerine göre problemi ortadan kaldıracak bir tasarım yapmak için bir hafta boyunca bireysel olarak çalışmışlardır. Bir hafta sonunda ise tasarımlarının prototiplerini sınıfta sunarak diğer öğrencilerle ve araştırmacı rehberliğinde kritik etmişlerdir. Görüşmelerde karar verme becerilerine ve mühendislik ve tasarım becerilerine dönük birtakım sorular sorulmuştur. Tüm bu süreç boyunca araştırmacı asıl çalışma için alt yapı oluşturacak ve çalışmanın zor ve eksik yönlerini belirlemek için gözlemler

yaparak notlar almıştır. Araştırmacının notlarına göre ise asıl çalışma için senaryolar ve araştırma problemleri şekillenmiş, uygulama takvimi belirlenmiş ve uygulama için örneklem seçimi ve yöntem seçimi kararlaştırılarak asıl uygulamaya geçiş için pilot uygulamadan büyük bir ölçüde yararlanılmıştır.

3.6. Uygulama Süreci

Uygulama, fen bilimleri öğretmenliği 2. Sınıf lisans öğrencilerinin aldığı Fen Öğretim Programları dersinde uzaktan eğitimle Microsoft Teams uygulaması üzerinden çevrim içi olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama süreci toplamda bir dönem, 14 hafta sürmüştür.

Tablo 6'da uygulama takvimi verilmiştir. Tabloda tarih kısmında tarihler, uygulamalar kısmında yapılan etkinlik ve eğitimler, veri toplama araçları kısmında ise çalışma sürecinde toplanan verilerin hangi araçlarla toplandığı yer almaktadır.

Tablo 5

Uygulama takvimi

Tarih	*Uygulamalar*	*Veri Toplama Araçları*
1.HAFTA 02.03.2021	SEMİNER 1: STEM ve MTTFÖ süreçleri hakkında ve süreçte gerçekleştirilecek uygulama hakkında bilgilendirme yapılması	Ekip Üyeleri Seçim Formu Karar Verme Beceri Testi (KVBT) Araştırmacı Günlüğü
2.HAFTA 09.03.2021	**1. BÜYÜK TASARIM GÖREVİ: GÜN IŞIĞI GÖRMEYEN EVLER** **(Gün aydınlıklı ve ısı yalıtımlı bodrum katı daire tasarımı)**	Mühendislik Tasarım Föyü Araştırmacı Günlüğü
3.HAFTA 16.03.2021	SEMİNER 2: Tinkercad Çizim Programı tanıtımı Mini araştırma 1: Aynalarla ısı üretilebilir mi? Mini araştırma 2: Periskop nedir? Mini araştırma 3: Güneş fırını nedir? Mini tasarım 1: Periskop yapımı Mini tasarım 2: Güneş fırını yapımı	Mühendislik Tasarım Föyü Araştırmacı Günlüğü
4.HAFTA 23.03.2021	BÜYÜK TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ	Mühendislik Tasarım Föyü Odak Grup Görüşmeleri Araştırmacı Günlüğü
5.HAFTA 30.03.2021	SEMİNER 3: Dijital yerli hakkında bilgilendirme	Araştırmacı Günlüğü
6.HAFTA 06.04.2021	**2. BÜYÜK TASARIM GÖREVİ: KONFERANS SALONU** **(Okulumuza konferans salonu tasarımı)**	Mühendislik Tasarım Föyü Araştırmacı Günlüğü
7.HAFTA 13.04.2021	Mini araştırma 1: Akıllı aydınlatma sistemi nedir? Mini araştırma 2: Akustik nedir? Mini tasarım 1: Ses yalıtımlı kapalı sistem tasarımı Mini tasarım 2: Sesin yansıması ile ilgili tasarım	Mühendislik Tasarım Föyü Araştırmacı Günlüğü

8.HAFTA *27.04.2021*	BÜYÜK TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ	Mühendislik Tasarım Föyü Araştırmacı Günlüğü
9.HAFTA *04.05.2021*	SEMİNER 4: 21. Yüzyıl becerileri	Araştırmacı Günlüğü
10.HAFTA *11.05.2021*	**3. BÜYÜK TASARIM GÖREVİ: SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇADIR** **(Her iklimde kullanılabilen akıllı çadır tasarımı)**	Mühendislik Tasarım Föyü
11.HAFTA *18.05.2021*	Mini araştırma 1: Sürdürülebilir yaşam ve sürdürülebilir kalkınma nedir? Küresel iklim değişikliği ile arasında nasıl bir ilişki vardır? Mini araştırma 2: Geri dönüşümün ülkemizin ekonomisine katkıları nelerdir? Mini tasarım 1: Akıllı tarım sistemi ile ilgili özgün bir proje önerisi tasarlayınız. Mini tasarım 2: Sera etkisini içeren bir tasarım yapınız ve test ediniz. Mini Tasarım 3: Bir köy okulu için katı ve sıvı atıkların geri dönüşümünü öğrenci ve öğretmenler ile sağlayabileceğiniz özgün bir proje önerisi tasarlayınız.	Mühendislik Tasarım Föyü Araştırmacı Günlüğü
12.HAFTA *25.05.2021*	BÜYÜK TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ	Mühendislik Tasarım Föyü Araştırmacı Günlüğü
13.HAFTA *01.06.2021*	TÜM SÜRECİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Karar Verme Beceri Testi (KVBT) Mühendislik Tasarım Föyü Odak Grup Görüşmeleri Araştırmacı Günlüğü
14.HAFTA *08.06.2021*	SÜRECİN TAMAMLANMASI	Teşekkür belgesi takdimi

İlk hafta, Microsoft Teams üzerinden ders oluşturularak öğretmen adaylarının mail adreslerine dersin linki gönderilmiştir. Araştırmacı tarafından ilk hafta öğretmen adaylarına STEM ve MTTFÖ süreçleri hakkında ve süreçte gerçekleştirilecek uygulamalar hakkında genel bilgilendirmeler yapılmıştır. Google Forms aracılığı ile oluşturulan Karar Verme Beceri Testi linki de öğretmen adaylarına gönderilmiş, test hakkında kısa bir bilgilendirme yapılmış ve testi objektif olarak doldurmaları istenmiştir. Ardından dersi alan ve çalışmaya katılan öğretmen adaylarının gruplarının ayarlanması için araştırmacı tarafından Google Forms aracılığıyla hazırlanan "Ekip Üyeleri Seçim Formu" tüm öğretmen adaylarına gönderilmiş ve formu doldurmaları için yarım saat süre verilmiştir. Daha sonra araştırmacı form yanıtlarını analiz ederek, ekipleri ve ekip liderleri ile üyelerini belirlemiş, bir sonraki gün öğretmen adaylarına bildirim yapmıştır. Ekipler 11-13 kişiden oluşmaktadır ve toplam 5 ekip kurulmuştur. Bu

ekiplerin liderleri ise formdaki 5.soru olan "Bir projede veya organizasyonda lider konumunda olmayı ne kadar istersin?" sorusuna 5 üzerinden 5 yanıtı veren 7 kişi arasından seçilmiştir. Burada liderlik isteyen fakat 4.sorudaki tasarım ve üretim konularına ilgisinin diğerlerine göre daha düşük olduğu 2 kişi elenmiştir. Ekip üyelerinin gruplara dağıtımı ise formdaki verilen cevaplara bakılarak her grup içi heterojen olarak yapılmıştır. Burada dikkat edilen bir ekipte yer alan üyelerin son 4 sorusu irdelenerek, gruptaki 3-4 kişinin bu sorulara verilen puanların ortalamasının 1-2 arası olması, 3-4 kişinin ortalamasının 3-4 puan arası olması ve geri kalan 1-2 kişinin ise ortalamasının 4-5 puan olarak dağıtımı olmuştur. Bu denge bazı gruplarda 3-4 kişi olarak değil 2-3 kişi olarak olmuştur fakat gruplar arası denge mümkün olduğunca korunmuştur. Gruplar arası ise homojen dağılıma sahip olunmasına dikkat edilmiştir. Buradaki esas amaç, bir ekipte yer alan üyelerin bazı alanlarda çok iyi olanlarla, o alanlarda iyi olmayanların bir arada olup iş birliği yapmalarını sağlamak ve tasarım üretme sürecinde ekip ruhu ile hareket etmelerine fırsat vermektedir. İlk 3 soru ise demografik özelliklerini görmek için istenmiş olup, bu faktörlere göre bir dağıtım söz konusu olmamıştır. Ekip üyeleri seçim formu soruları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 6

Ekip üyeleri seçim formu

Ekip Üyeleri Seçim Formu
1. Adı soyadı
2. Cinsiyet
3. Yaş
4. Tasarım ve üretim konularına ilgim şu düzeydedir: *1 en az 5 en çok*
5. Bir projede veya organizasyonda ekip lideri olmayı ne kadar istersin? *1 en az 5 en çok*
6. STEM hakkında bilgim şu düzeydedir: *1 en az 5 en çok*
7. Mühendislik tasarım temelli öğretim hakkında bilgim şu düzeydedir: *1 en az 5 en çok*

İkinci hafta, derste araştırmacı tarafından hazırlanan bir senaryo sunumu yapılmıştır. Senaryo şu şekildedir: *"Bodrum katta ya da binaların altında yer alan dükkânlarda oturanlar güneş ışığından çok az yararlanabilmektedirler. Bu nedenle hem aydınlanmak için hem de ısınmak için daha çok enerji harcamaktadırlar. Böyle olunca elektrik ve doğalgaz faturası üst katta oturanlara kıyasla daha fazla gelebilmektedir. Bahse konu ortamların güneş ışığından daha çok yararlanabilmesini sağlamamız gerekmektedir. Buna göre yukarıdaki özelliklere sahip yaklaşık 50 cm^2'lik kabaca dikdörtgen yapıda her odasında ufak bir camı olan, bir bodrum katı ev için bir prototip model oluşturunuz. (Ergonomik/dayanıklı/uygun bütçeli/az yer kaplayan/sadece doğal güneş ışığı kullanılan)"*

Öğretmen adaylarının ön bilgilerini harekete geçirmek için https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_tr.html sitesindeki

simülasyon açılmış ve birlikte izlenmiştir. Daha sonra linkteki SolaTube Daylighting adlı video beraber izlenmiştir: https://www.youtube.com/watch?v=xiNP0hxcxCc Öğretmen adaylarına zihinsel faaliyetlerini kullanarak beyin fırtınası yaptırılarak senaryolardaki problemler hakkında olası çözüm önerileri bulmaları ve hipotez üretmeye hazır olmaları sağlanmıştır. Araştırmacı süreç boyunca rehber görevi üstlendiği için, sürece hiç müdahil olmamış ve yorumlar yapmamıştır. Süreç boyunca araştırmacı gözlemler yaparak kendi günlüğüne notlar almıştır.

Ders bitiminde ise süreçte kullanılması gereken dokümanlar öğretmen adaylarına anlatılmıştır. Bunlardan biri "Mühendislik Plan Föyü" dür. Öğretmen adaylarının gruplarıyla beraber süreci belirlemeleri, planlarını "Mühendislik Plan Föyü"ne doldurmaları istenir. Ek 6'da verilen bu föyde *tarih, ekip lideri adı, ekip üyeleri adları, benim görevim, çalışma planı* kısımları vardır. Bu föyün doldurulуş şekli araştırmacı tarafından anlatılmış ve bir mühendis gibi yaklaşmaları için ise bu plan föyünün önemini vurgulamıştır. Tasarımı gerçekleştirirken yapılması gerekenler detayları olarak aktarılarak, Mühendislik Tasarım Föyü (MTF)'nün nasıl doldurulacağı da bir örnek üzerinde adaylara gösterilmiştir. Dersten sonra araştırmacı ekip liderleri ile bir toplantı yapmış ve ekip üyeleri ile görev dağılımı yapmaları fikrini sunmuştur. Toplantı sonunda bazı görevlerin iş paylaşımı için şu şekilde ekiplerin oluşturulması ekiplerin önerisi ve araştırmacının da onayı ile kabul edilmiştir.

1. Çizim ekibi,
2. Bütçe hesaplama ekibi,
3. Sunum hazırlama ekibi,
4. Prototip yapım ekibi,
5. Sunum ekibidir.

Her ekipte yaklaşık 2-3 kişi bulunmaktadır ve ekip lideri bu alt ekiplerle günlük ve haftalık toplantılar yapmaktadır. Sürecin takibinden ekip lideri esas sorumlu kişidir.

Üçüncü haftada, öğretmen adayları ekipleriyle birlikte büyük tasarımın alt basamaklarını oluşturan mini araştırmalar ve mini tasarımlarını sunmuşlardır. Mini araştırmalar *"Aynalarla ısı üretilebilir mi, Periskop nedir, Güneş fırını nedir*?" şeklindedir. Mini tasarımlar ise *"Periskop yapımı, Güneş fırını yapımı"* şeklindedir. Ekipler sunum sonrası diğer ekip üyelerinin soruları varsa onları cevaplandırmışlardır.

Sunumlar tamamlandıktan sonra, mühendislik tasarım temelli uygulamaların prototip yapılandırılması için tasarım öğesinin büyük ölçüde gerektirdiği bilgisayar destekli çizim programlarına dair öğretmen adaylarına bir eğitim verilmiştir. Eğitimde 3 boyutlu (3D) tasarım programlarından en sık kullanılan Tinkercad çizim programı tanıtılmıştır. Bu programın

bilgisayara nasıl yüklendiği ve arayüzündeki ekipmanlardan bahsedilerek, araştırmacı tarafından temel bir çizim örneği yapılmıştır. Çizim olarak basit iki boyutlu bir yüzey, bir küp ve bir silindir çizilmiştir. Tinkercad, yeni başlayanlar için iyi hazırlanmış bir tanıtım eğitimine sahiptir ve basit temel şekiller çizilebilir, ilk kez 3 boyutlu modelleme yapacaklar için temel kavramları anlamalarına yardımcı olur (Griffey, 2014).

Dördüncü hafta, *Güneş Görmeyen Evler* adlı tasarım için her gruptaki öğretmen adayları kendilerine verilen probleme önce bireysel çözüm önerileri bulmaları ve bireysel çözümleriyle ilgili araştırmalarını grup arkadaşlarına sunmaları istenmiştir. Sonrasında problemin kriter ve sınırlılığının yer aldığı karar verme matrisini doldurarak grupça uygun olan çözüm önerisine karar vermişlerdir. Her gruba, tasarımla ilgili gerekli araştırmalar yapmaları için belirli bir süre tanınmıştır. Uzman, internet, kütüphane gibi kaynaklardan araştırma yapmalarına izin verilmiştir. Gruplar tasarımın ayrıntılarını belirlendikten sonra, prototip çizimini gerçekleştirmişler ve ardından ürünün elde edilmesi için gereken malzemeler kullanılarak prototipin inşasını yapıp, ürün sunuma hazır hale getirmişlerdir. Daha sonra araştırmacı ve diğer ekip üyelerinin de katılım sağladığı sunumda araştırmacının ve ekip üyelerinin görüş, öneri ve katkılarını da not alarak diğer hafta ürünü yeniden yapılandırıp sunmuşlardır. Son olarak ise tasarımlarının görsellerini ve tasarımlarını anlatan posterlerini de diğer ekipler ile mail üzerinden ve kendi kurmuş oldukları sosyal medya hesaplarından paylaşmışlardır.

Beşinci hafta, bir önceki hafta sunulan tasarımların yeniden gözden geçirilerek iyileştirilmelerin yapıldığı halini bir grup sunmuştur. Ardından araştırmacı "Dijital yerli" hakkında bilgilendirme yapmıştır.

Altıncı hafta, derste araştırmacı tarafından hazırlanan bir senaryo sunumu yapılmıştır. Senaryo şu şekildedir: *"Okulumuz bir köy okuludur ve imkanları kısıtlıdır. Yine de ufak bir bütçemiz vardır ve bu bütçeyi çeşitli amaçlar için kullanılabilecek bir konferans salonu açmak için kullanmak istiyoruz. Bu salonda öğrenci konserleri, mezuniyet baloları, sahne gösterileri vb. etkinliklerin yapılması planlanıyor. Bu nedenle siz ve ekibinizi bu mekânı tasarlamak için görevlendiriyoruz. Mekân yaklaşık 50 cm^2 olacaktır, sahne ise 15 cm^2 olacaktır. Bütçemiz dediğimiz gibi kısıtlıdır, bu yüzden minimum bir bütçe hesabı ile yola çıkmamız gerekmektedir. Sahnenin akıllı ışıklandırma ile ışıklandırılması(Mesela sadece tek bir oyuncunun aydınlatılıp sahnenin geri kalanının karanlık olabilmesi) ve akustik olarak uygun olması gerekmektedir. Ayrıca salonumuz bodrum katındadır ve havalandırma sistemimiz de yoktur, bir havalandırma sistemi de yapılması gerekmektedir ama bu çok ses yapmamalıdır. Bunlar doğrultusunda bir tasarım prototipi yapmanız gerekmektedir. Kolay gelsin."*

Daha sonra öğretmen adaylarının ön bilgilerini harekete geçirmek için https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/sound sitesindeki SES simülasyon açılmıştır ve birlikte incelenmiştir. Burada sürecin teorik alt yapısının oluşturulması hakkında ön bilgiler açığa çıkarılır. https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac sitesindeki *elektrik devresi* simülasyon açılır ve birlikte incelenir. Burada sürecin teorik alt yapısının oluşturulması hakkında ön bilgiler açığa çıkarılmıştır. Daha sonra araştırmacı simülasyonla ilgili yapılacak yönergeleri verir. Bir önceki tasarım sürecinden deneyim kazanan öğretmen adaylarına yeni bilgilendirmeler yapılmaz.

Yedinci hafta, öğretmen adayları ekipleriyle birlikte büyük tasarımın alt basamaklarını oluşturan mini araştırmalar ve mini tasarımlarını sunmuşlardır. Mini araştırmalar *"Akıllı aydınlatma sistemi nedir?, Akustik nedir?"* şeklindedir. *Mini tasarımlar ise "Ses yalıtımlı kapalı sistem tasarımı, Sesin yansıması ile ilgili tasarım"* şeklindedir. Ekipler sunum sonrası diğer ekip üyelerinin soruları varsa onları cevaplandırmışlardır.

Yedinci haftadan sonraki hafta, yani 20.04.2021 tarihli dersin haftasında vize sınavları olduğu için uygulama yapılmamış, 27.04.2021 tarihinde devam edilmiştir.

Sekizinci hafta, ekipler Konferans Salonu adlı ikinci büyük tasarımın sunumunu gerçekleştirmişlerdir. Son olarak ise tasarımlarının görsellerini ve tasarımlarını anlatan posterlerini de diğer ekipler ile mail üzerinden ve kendi kurmuş oldukları sosyal medya hesaplarından paylaşmışlardır.

Dokuzuncu hafta, araştırmacı "21. Yüzyıl becerileri" hakkında bilgilendirme yapmıştır.

Onuncu hafta, derste araştırmacı tarafından hazırlanan bir senaryo sunumu yapılmıştır. Senaryo şu şekildedir: *"BM'ye göre iklim değişikliği nedeniyle, 2050 yılına kadar 250 milyon mülteci göç edecek. Dünyanın dört bir yanındaki milyonlarca insan; giderek artan nüfus sayısı, şiddetli sel, su kaynaklarının kuruması ve küresel ısınmanın etkileri nedeniyle göç etmek zorunda kalıyor. Böyle olası bir durum için siz mühendisleri görevlendirdik. Sizden isteğimiz ise şöyle: Ergonomik, dayanıklı, uygun bütçeli, katlandığında çok az yer kaplayan, oldukça hafif, tasarrufu yüksek oranda sağlayabilen akıllı bir çadır tasarımı yapmanız. Su ve hava kaynaklarını tasarruflu kullanmaya yönelik bir tasarım olmalı. Sert kış koşullarına ve sıcak çöl iklimine de dayanıklı olmalı ve her ortamda çalışabilmeli. Malzemeleri ise geri dönüştürülebilen malzemelerden olmalı. Ayrıca basit makineler yardımıyla da kolaylık sağlayan sistemlere sahip olmalı.(Ör: kurulum, taşınma vs.) Topraktan çıkan kirli suyu temiz içme suyuna çevirebilmeli. Bunlar ışığında bir tasarım yapabilir miyiz? Kolay gelsin."*

Onbirinci hafta, öğretmen adayları ekipleriyle birlikte büyük tasarımın alt basamaklarını oluşturan mini araştırmalar ve mini tasarımlarını sunmuşlardır. Mini araştırmalar

“Sürdürülebilir yaşam ve sürdürülebilir kalkınma nedir? Küresel iklim değişikliği ile arasında nasıl bir ilişki vardır? Geri dönüşümün ülkemizin ekonomisine katkıları nelerdir?” şeklindedir. Mini tasarımlar ise “Akıllı tarım sistemi ile ilgili özgün bir proje önerisi tasarlayınız, Sera etkisini içeren bir tasarım yapınız ve test ediniz, Bir köy okulu için katı ve sıvı atıkların geri dönüşümünü öğrenci ve öğretmenler ile sağlayabileceğiniz özgün bir proje önerisi tasarlayınız.” şeklindedir. Ekipler sunum sonrası diğer ekip üyelerinin soruları varsa onları cevaplandırmışlardır.

Onikinci hafta, ekipler *Sürdürülebilir Çadır* adlı ikinci büyük tasarımın sunumunu gerçekleştirmişlerdir. Son olarak ise tasarımlarının görsellerini ve tasarımlarını anlatan posterlerini de diğer ekipler ile mail üzerinden ve kendi kurmuş oldukları sosyal medya hesaplarından paylaşmışlardır.

Onüçüncü hafta, tüm sürecin genel bir değerlendirilmesi yapılarak, *“Karar Verme Beceri Testi (KVBT), Odak Grup Görüşmesi”* yapılmıştır.

Ondördüncü hafta, araştırmacı sürece katılan tüm öğrencilere teşekkür ederek, bu çalışmanın bulgularının ileride nelere ışık tutacağı hakkında bir bilgilendirme yapmıştır. Ardından teşekkür belgeleri elektronik ortamdan iletilmiş ve süreç tamamlanmıştır.

Aşağıda uygulamadan bazı kareler yer almaktadır.

Fotoğraf 1

Adaylarla tanışma toplantısı



Araştırmacı uzaktan eğitim sürecini planlamıştır. Planlamada öncelikle öğretmen adaylarıyla bir whatsapp grubu oluşturulmuş ve buradan adaylara Microsoft Teams programına nasıl bağlanacakları anlatılmıştırı. Ardından Microsoft Teams platformuna araştırmacı ve adaylar katılım sağlayarak ön tanışma gerçekleştirilmiş ve sürece dair bilgiler verilmiştir.

Fotoğraf 2

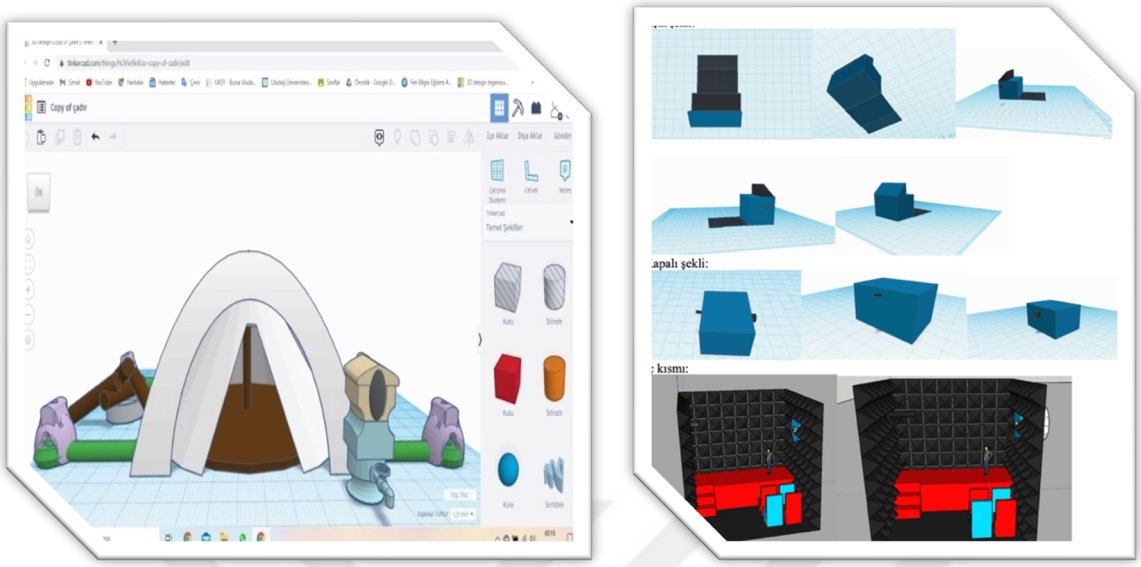
Ekipler toplantılarında aldıkları kararları sunarken



Ekipler, ekip liderleri öncülüğünde Microsoft Teams üzerinden çevrim içi toplanarak, sürecin planlamasını yapmışlardır. Şekilde ise bir ekip lideri, genel toplantıda ve çizim grubu toplantısında neler yaptıklarını anlatmışlardır.

Fotoğraf 3

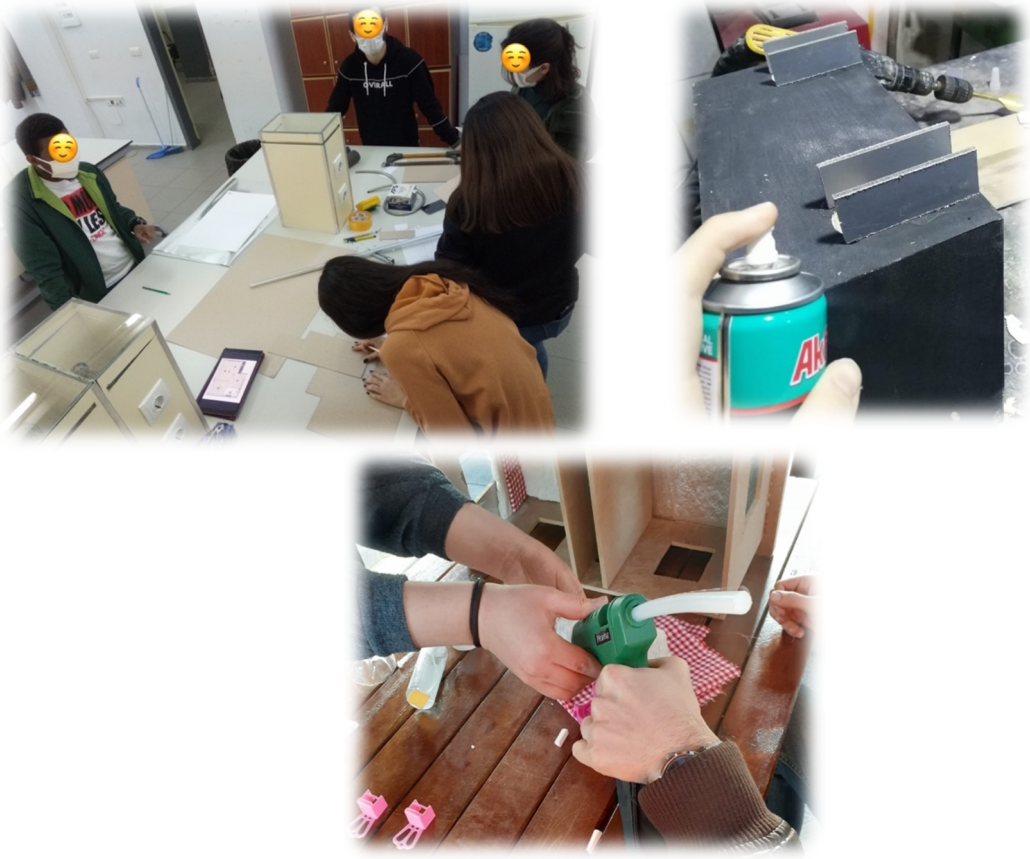
Çizim ekibinin Tinkercad ile yaptıkları çizimler



Ekipler kendi üyelerinden ilgi ve bilgilerine göre çizim ekibi oluşturmuşlardır. Araştırmacının da verdiği çizim programı eğitimi ile prototip çizimlerini oluşturmuşlardır.

Fotoğraf 4

Yapım ekiplerinin ortak çalışması



Fotoğraf 5

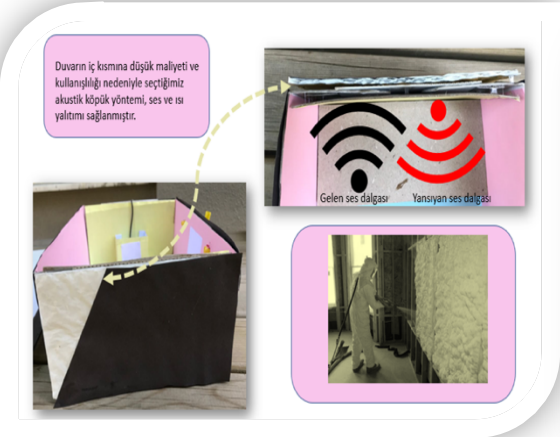
Ekiplerin mini tasarım prototipleri



Ekipler büyük tasarım görevi için de gerekli olabilecek mini tasarımlar yapmışlardır.

Fotoğraf 6

Sunum ekibinin tasarımı sunuma hazırlama çalışması

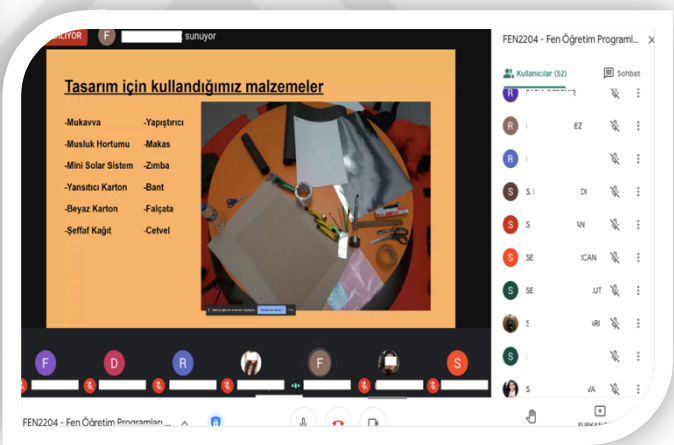




Fotoğraf 7

Tasarımlar sunulurken

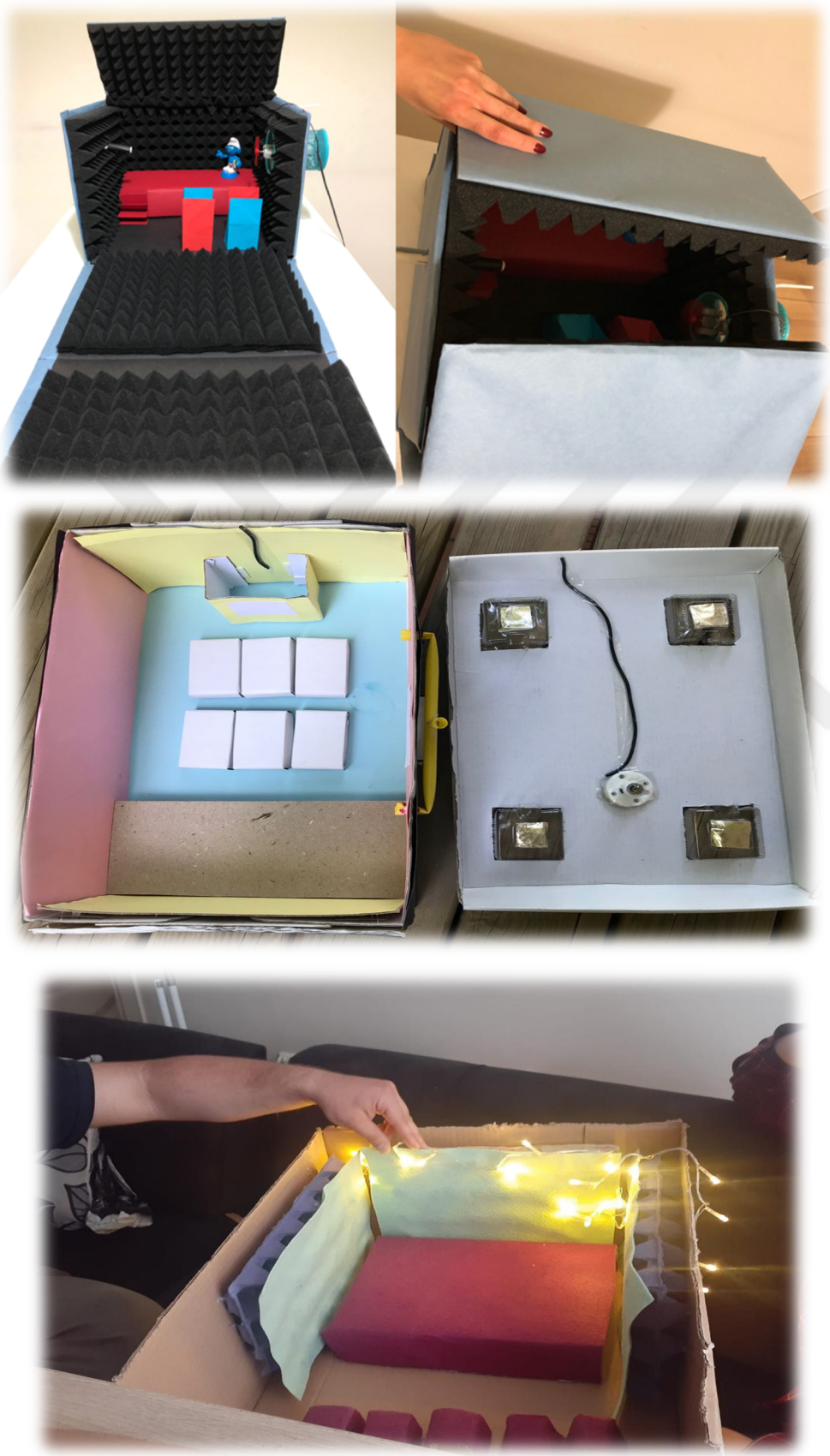






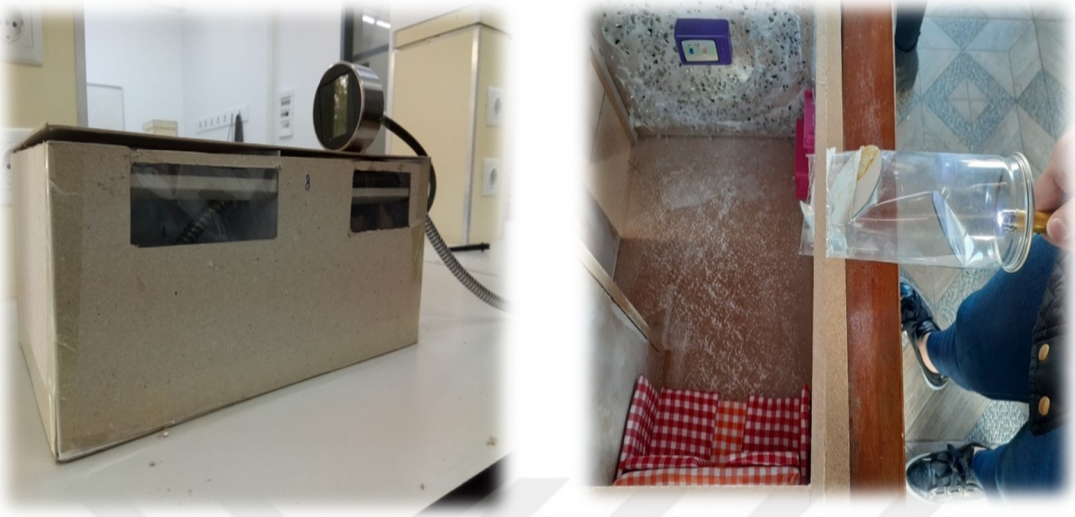
Fotoğraf 8

Ekiplerin büyük tasarım ürünleri örnekleri - Konferans salonu tasarımı



Fotoğraf 9

Ekiplerin büyük tasarım ürünleri örnekleri - Güneş görmeyen evlere çözüm tasarımı



Fotoğraf 10

Ekiplerin büyük tasarım ürünleri örnekleri - Sürdürülebilirlik tasarımları



Fotoğraf 11

Ekiplerin tasarım posterleri











3.7. Geçerlik ve Güvenirlik

Araştırmanın etkililiğini arttıran unsurlardan birisi de bulguların ve yorumların geçerlilik durumudur. Geçerlik bir aracın ölçmek istediği özelliği hangi derecede ölçtüğünü gösterir (Johnson, 2014). Geçerlik, nicel ve nitel veri toplama araçları ve analiz süreçleri için farklılaşmakta olup gerek nicel gerekse nitel verilerin ve yorumların niteliğini kontrol etmeyi sağlamaktadır (Creswell ve Plano Clark, 2018). Güvenirlik ise genel olarak sonuçların tutarlılığını ifade etmektedir (Babbie, 2015).

Nicel verilerin geçerliği için kapsam, yordama ve yapı geçerliğinin sağlanması gerekir (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2013). Bu kapsamda nicel veri toplama araçlarının bu üç tür geçerliği de sağladığı görülmüş ve ilgili açıklamalar nicel veri toplama araçları içerisinde sunulmuştur. Nicel verilere ve bulgulara ait iç geçerliği tehdit eden unsurlar arasında katılımcıların seçilmesi, olgunlaşma, uç değerlere ait katılımcıların olması, katılımcı kaybı, ölçme durumları ve ölçme aracı yer almaktadır (Creswell, 2014). Bu çalışmada da nicel verilere ve bulgulara ait iç geçerlik tehditlerinin en aza indirilmesi için;

1. Katılımcılar seçilirken süreç içerisinde eş değer oranda gelişim gösterebilecek ve uç gruplarda yer almayan katılımcılar seçilmiş,
2. Nicel veriler tek gruptan uygulama öncesi ve uygulama sonrasında elde edilmiş,
3. Süreç içerisinde katılımcı kaybı yaşanmamasına azami düzeyde uyulmuş,
4. Ön test ve son testlerin toplanması 12 hafta ara ile gerçekleştirilmiş ve
5. Ön test ile son testteki nicel ölçümlerde aynı ölçme araçları kullanılmıştır.

Bu araştırmanın nitel bölümünü oluşturan, odak grup görüşmelerden elde edilen verilerin analiz sürecinin güvenirlik ve geçerlik boyutlarında ele alınması nicel verilerin analiz süreçleri kadar önem arz etmektedir.

İç geçerlik (inandırıcılık) için çalışmanın gerçek değerini ve "Yapılan çalışmanın geçerli bir değeri var mıdır?" sorusunu irdelemek gerekmektedir (Akar, 2017). Bu açıdan oluşturulan tasarımlar, gerçek ölçme araçlarında bulunan kısımlar ile kıyaslanarak inandırıcılık sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarından tasarladıkları ölçme araçlarıyla ölçümler yapmaları istenerek oluşturulan ürünün değerinin ortaya koyulması hedeflenmiştir.

Dış geçerlik (aktarılabilirlik) için araştırmacı çalışmasında elde ettiği sonuçları temel alarak doğrudan genelleme yapılamayacağının bilincinde olmalı ve çalışmaya ait detayların yanında sınırlılıklardan da söz etmelidir (Akar, 2017). Bu bağlamda araştırma 10 öğretmen adayı ve tasarımlarını oluşturmaları için öğretmen adaylarının üreteceği tasarımları hazırlamaları için verilen üçer haftalık süre ile sınırlıdır.

Güvenirliği sağlamak için kodlayıcılar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Kodlayıcılar arasında tam bir uyum olduğu görülmüştür. Ayrıca veriler ile kodlar fen eğitimi alanından bir uzman tarafından da incelenmiş ve uygun görülmüştür.

Tema ve kodlar oluşturulurken araştırmanın kuramsal çerçevesi göz önünde bulundurulmuştur. Veri setinden tema ve kodların oluşturulması için veriler araştırmacı tarafından farklı zaman dilimlerinde üç kez incelenmiş ve analiz edilmiştir. Araştırmacı dışında yedi yıllık mesleki tecrübeye sahip bir fen bilgisi öğretmeni ile fen bilgisi ve matematik alanlarında doktora öğrenimini sürdüren iki öğretmen de kodlamaya dahil edilmiştir. Kodlayıcılar arasındaki tutarlığı belirlemek için "görüş birliği" ve "görüş ayrılığı" şeklinde işaretlemeler yapılmıştır. Kodlayıcıların aynı fikirde olduğu kodlar görüş birliği, farklı fikirde olduğu kodlar ise görüş ayrılığı olarak belirlenmiştir.

Veri analizinin güvenirliğini belirlemek için Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen formül kullanılmıştır:

$$\text{Veri Analizinin Güvenirliği} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği+Görüş Ayrılığı}} \text{ x } 100$$

Elde edilen verilerin %20'si iki alan uzmanı tarafından ayrı ayrı kodlanarak, uyum sağlanan ve sağlanmayan kodlar Miles ve Huberman'ın güvenirlik formülüne tabi tutularak değerlendirilmesi sonucu elde edilen güvenilirlik değeri % 82 olarak bulunmuştur. Yıldırım ve Şimşek (2013) bu yolla elde edilen güvenilirlik değerinin en az % 70 olması gerektiğini vurgulamıştır. Bu bağlamda yürütülen analizlerin güvenilir olduğu ifade edilebilir. Kodlayıcılar arasında çelişkiye düşülen kodlamalarda ise fen bilimleri alanında uzman olan öğretim üyesinin görüşü alınarak tema ve kodlara son hali verilmiştir. Çalışmanın nicel bölümünde kullanılan "Karar Verme Beceri Testi" için istatistik testleri yapılarak güvenirlik katsayısı hesaplanmıştır. Bu testlerin güvenilir olduğu testler sonucunda görülmüştür.

3.8. Verilerin Analizi

Nicel verilerin analizinde, yönteme uygun istatistiğe karar vermeden önce, "karar verme beceri testi" sonuçları için verilerin normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi için basıklık ve çarpıklık katsayılarına bakılarak Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi ile puanların normallik varsayımına uyup uymadığı kontrol edilmiştir. Nicel analizler için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 25 programı kullanılmış olup yapılan istatistik analizlerinin sonucunda puanların normal dağıldığı görülmüştür. Böylece nicel verilerin analizinde parametrik istatistiklerin kullanılması uygun görülmüştür.

Tablo 7

Skewness ve Kurtosis testi sonuçları tablosu

	Skewness	Standart Hata	Kurtosis	Standart Hata
Öntoplam	-,826	,325	,383	,639
Sontoplam	-,589	,325	,370	,639

Tablo 8

Kolmogorov-Smiornov ve Shapiro-Wilk testi sonuçları tablosu

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Öntoplam	,156	54	,002	,929	54	,003
Sontoplam	,157	54	,002	,953	54	,033

a. Lilliefors Significance Correction

Bağımlı gruplar t testi normal dağılım varsayımları Kolmogorov-Smirnov (K-S) ve Shapiro-Wilk tessti, Skewness-Kurtosis değerleri ve normallik histogram eğrilerine bakılarak incelenmiştir. Shapiro-Wilk testi sonucundaki sig. değerlerinin 0.05'ten küçük olduğu görülmektedir. Tabachnick and Fidell (2013)'e göre çarpıklık ve basıklık katsayılarının standart hata değerlerine bölünmesiyle elde edilen z istatistiğinin 0.05 anlamlılık düzeyine -1.96 ile +1.96 arasında olması beklenmektedir. Bu sonuçlar da normal dağılımın gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 9

Mauchl's küresellik testi

Grup içi etki	Mauchly's W	Chi-Square	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Tasarım	,318	3,438	2	,179	,594	,702	,500

Mühendislik tasarım süreci rubriği ile değerlendirilen tasarımların normallik dağılımına uyup uymadığının kontrolü için, tek yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA'nın varsayım durumları için küresellik testi ve normallik testi yapılmıştır. Normallik testinde $p>0.05$ çıkmıştır. Skewness (Çarpıklık) ve Kurtosis (Basıklık) -1 ve +1 değerleri arasında ve 0'a yakın olması ve bu değerlerin standart hatalarına bölünmesiyle -2 ile +2 değerleri arasında ve 0'a yakın olması da dağılımın normal olduğununu göstermektedir. Verilerin bu şartları da sağlamasından ve

histogram grafiklerinin de normalliği göstermesinden dolayı değerlendirme sonuçlarının normal dağıldığı varsayılmıştır.

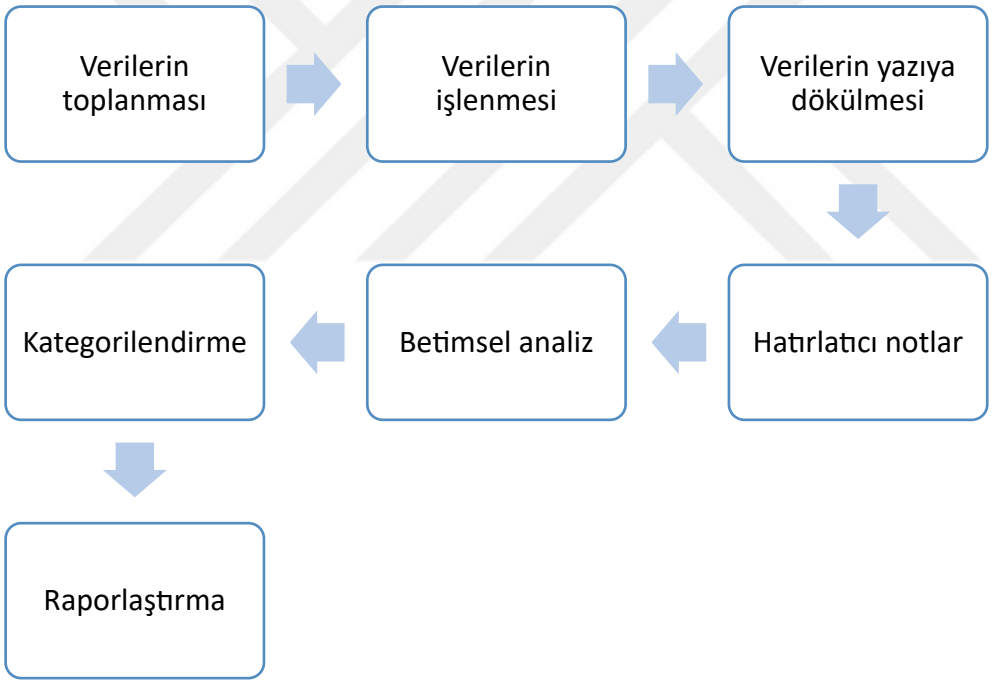
Ayrıca, bu testi desteklemek amacıyla Mauchly's Küresellik Testi de yapılmıştır. Burada p değeri p>0.05 olarak tespit edilmiştir. Bu testin anlamlı olarak çıkmaması küresellik varsayımının sağlandığını göstermektedir. Bu sebeple bu testin de normal dağılım göstermesinden dolayı tekrarlı ölçümler ANOVA testi varsayımları sağlanmış bulunmaktadır.

Nitel verilerin analizinde ise araştırma sorularına dayalı olarak ilgili metin ve veri kaynakları içinden veriler kodlanacak, ilgili alan yazın göz önüne alınarak kodlanan verilerden ana temalar ve alt temalar çıkartılarak, bunlar arasındaki ilişkiler belirlenecektir (Creswell, 2014).

Nitel verilerin işlenmesi sürecinde Şekil 6'daki adımlar izlenmiştir.

Şekil 6

Veri işleme süreci



Araştırmanın nitel boyutunda, odak grup görüşmeleri ve araştırmacı günlüğü kullanılmıştır. Odak grup görüşmeleri video olarak kayıt altına alınmıştır ve konuşmalar ile araştırmacı günlüğündeki el yazması notlar yazıya dökülmüştür. Yazıya dökme işlemi bilgisayar ortamında Microsoft Word programına aktarılarak yapılmıştır. Bu aşamalarda verileri bu programda bir araya getirmek için hatırlatıcı notlar kullanılmıştır. Bu notlar; tarih, ekip adı, öğrenci adı gibi anahtar kelimelerden oluşmaktadır. Daha sonra karışık olarak aktarılan bu notların çözümlenmesi için iki araştırmacı tarafından betimsel olarak analiz edilmiştir. Betimsel analiz, araştırmanın kavramsal yapısının önceden açık bir biçimde

belirlendiği araştırmalarda kullanılmakta olan bir analiz tekniğidir. Betimsel analizde asıl amaç, nitel verilerin nicele çevrilerek frekanslarla betimsel şekilde analiz edilmesiyle elde edilen bulguların düzenlenmiş ve yorumlanmış bir şekilde sunulmasını sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Ardından ortaya çıkan çözümlemeler yine iki araştırmacı tarafından kodlara, kodlar ise kategorilere dönüştürülmüştür. Daha sonra tablolar halinde raporlaştırılarak sunulmuştur.

Öğretmen adaylarının Mühendislik Tasarım Föyleri (MTF) ise nitel olarak analiz edilip rubrik ile nicelleştirilmiştir. NASA (2015) tarafından geliştirilen ve Uzel (2019) tarafından Türkçe'ye uyarlanan "Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği" öğretmen adaylarının tasarım sürecini değerlendirmek için kullanılmıştır. Rubrik 8 kategoriden oluşmaktadır.

Rubrikte;

1. İhtiyaç ya da problemin belirlenmesi
2. İhtiyaç ya da problemin araştırılması
3. Olası çözümler geliştirme
4. En iyi çözümü seçme
5. Prototipin yapılandırılması
6. Çözümleri test etme ve değerlendirme
7. Çözüm(leri) sunma
8. Yeniden tasarlama

Her bir kategori, hedeflenen düzeyin altında (1 puan), hedeflenen düzeyde (2 puan) ve hedeflenen düzeyin üzerinde (3 puan) olarak puanlandırıldığında, rubrikten alınacak en düşük puan 8 iken en yüksek puan ise 24'tür. Rubrik EK-8'de verilmiştir.

4. BÖLÜM
BULGULAR ve YORUM

Çalışmanın bu bölümünde karar verme becerilerine ve mühendislik ve tasarım becerilerine dair bulgular nicel ve nitel olarak ayrı ayrı verilmiştir.

4.1. Nicel Bulgular

4.1.1. Karar Verme Beceri Testi Bulguları:

1. *Araştırma problemi: Uzaktan eğitimle gerçekleştirilen mühendislik tasarım temelli fen öğretimi (MTTFÖ) ile yapılan uygulamaların fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme becerilerine etkisi nasıldır?*

Uzaktan eğitimle yürütülen MTTFÖ sürecinin öğretmen adaylarının karar verme becerilerini etkileyip etkilemediğine bakılarak bu soruya cevap bulunacaktır. Karar Verme Beceri Testi'nde toplamda 11 soru vardır. Sorular çoktan seçmelidir ve yalnızca bir seçenek doğrudur. Karar Verme Becerileri Testi sürecin başında ön test olarak, sonunda ise son test olarak uygulanmıştır. Test 60 kişiye uygulanmış olup 6 kişinin yanıtları çıkarılarak 54 kişi ile tamamlanmıştır. Testten en az 0, en çok 11 puan alınabilmektedir. KVBT ön test ve son test ölçüm sonuçları bağımlı gruplar t-testi kullanılarak SPSS 25 paket programı ile analiz edilmiştir. Bağımlı gruplar t-testi sonuçları aşağıdaki Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10

Öğretmen adaylarının Karar Verme Beceri Testi ön test-son test ölçümlerinin bağımlı gruplar t-testi sonuçları

	N	$\bar{X}$	ss	sd	t	p	Eta-Kare (η^2)
Ön Test	54	6,65	2,199	53	-2,306	0,002*	0,091
Son Test	54	7,37	2,059				

*p<0,01

Tablo 10'da görüldüğü gibi fen bilimleri öğretmen adaylarının karar verme becerilerine bakıldığında, ön test ($\bar{X}$ =6,65, ss= ± 2,199), ve son test ($\bar{X}$ =7,37, ss= ± 2,059), ölçüm sonuçları arasında, son test ölçüm sonuçları lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (p=0,002<0,01). Öğretmen adaylarının ön test sonuçlarına bakıldığında ortalama puan 11 üzerinden 6,65 çıkarken, son testte ise 11 puan üzerinden 7,37 çıkmıştır. Etki büyüklüğü ise η^2=0,091 değeri de 0,06 ile 0,14 arasında bir değer olduğundan orta düzeyin üzerinde etki büyüklüğü şeklinde yorumlanabilir (Cohen, 1988).

4.1.2. Mühendislik ve Tasarım Becerileri Bulguları:

Bu kısımda öğretmen adaylarının süreç içerisindeki mühendislik ve tasarım becerilerinin nasıl değiştiğine dair bulgular araştırmacı günlüğü ile birlikte sunulmuştur.

2. Araştırma Problemi: Uzaktan eğitimle gerçekleştirilen MTTFÖ ile yapılan uygulamalarla fen bilimleri öğretmeni adaylarının süreç içerisinde mühendislik ve tasarım becerileri nasıl değişime ve gelişime uğramıştır?

Tablo 11

Mühendislik ve tasarım becerileri ortalama puanlarının tek yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA analizi

Tasarım	Kareler Toplamı	sd	Ortalamaların Karesi	F	p	Eta-Kare ($ή^2$)
Tasarım	43,140	1	45,730	127,4226	,0002	0,970
Hata	1,436	4	0,359			
Toplam	44,576	5	46,089			

Tablo 11 incelendiğinde ilk tasarımdan son tasarıma doğru mühendislik ve tasarım becerilerinde bir artışın olduğu ve ortalama puanlar arası farkın da istatiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$), ve $F=127,4226$ tespit edilmiştir. Ortalama puanlar arası farkın etki büyüklüğü etki büyüklüğü ise 0,97 olarak hesaplanmış olup bu değer ($ή^2>0,14$) olduğundan yüksek etki olarak yorumlanmıştır (Cohen, 1988).

Tablo 12

Benforroni testi ile ikili karşılaştırmalar

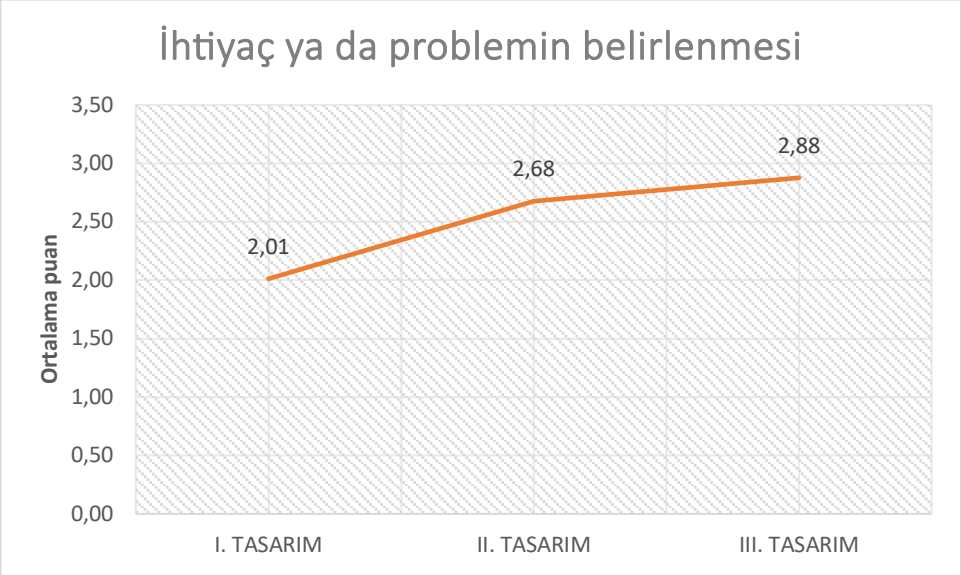
Tasarım Çiftleri	Ortalama Fark	Sig.
1-2.Tasarım	-1,523	,000
1-3.Tasarım	-4,277	,000
2-1.Tasarım	1,523	,000
2-3.Tasarım	-2,754	,000
3-1.Tasarım	4,277	,000
3-2.Tasarım	2,754	,000

Tablo 12'de Benforroni testi ile ikili karşılaştırmaları verilmiştir ve ortalamalar arası farklar görülmektedir. Tablo incelendiğinde ilk tasarım ile ikinci tasarım arasındaki ortalama puanlarda az bir fark olsa da 1. İle 3. tasarım ile arasındaki fark artmıştır. Sig. değerlerine ($p=0,000<0.001$) bakıldığında bu farklar istatistiksel olarak anlamlıdır. İlk tasarımdan 2.'ye ve ondan da 3. tasarıma geçerken ortalamalarda artış görülmektedir. Mühendislik ve tasarım becerileri zaman geçtikçe gelişmiştir.

4.1.2.1. İhtiyaç ya da problemin belirlenmesine dair bulgular: Öğretmen adaylarının verilen senaryodaki ihtiyaç ya da problem durumunu belirlemeleri istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 1

İhtiyaç ya da problemin belirlenmesine dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının ihtiyaç ya da problemin belirlenmesine dair grupların ortalama puanları ilk tasarımda 2,01, ikinci tasarımdaki ortalama puan 2,68 ve son tasarımdaki ortalama puanı 2,88 olarak hesaplanmıştır ve Grafik 1'de gösterilmiştir. Mühendislik Tasarım Süreci Rubriği ile hedeflenen düzeyin altında (1), hedeflenen düzeyde (2), hedeflenen düzeyin üzerinde (3) olarak değerlendirilmiştir. İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarım görevinde öğrencilerin senaryoda verilen problemi doğru tespit edip etmediklerine bakılmıştır. Bulgular değerlendirildiğinde, ilk tasarım aslında diğer tasarımlara göre daha sade, anlaşılabilir ve daha kolay çözüm üretilebilir bir tasarım olmasına rağmen ortalama puanın daha düşük olması sebebi sürecin yeni başlamasından dolayı acemilik olarak değerlendirilebilir. İkinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarım görevinde öğrencilerimn problemi belirleme ortalama puanları 2,68'e yükselmiştir. "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarım görevinde ise öğrencilerin problemi belirlemesine dair ortalama puanları 2,68'den 2,88'e yükselmiştir. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 2,01 olan ortalama puan süreç sonunda 2,88 olarak tespit edilmiştir.

Ekiplerin föylerindeki ifadeler bağlamında başlangıçta problemi tam olarak göremedikleri, sonraki tasarımlarda ise problemi daha rahat tespit ettikleri görülmektedir ve bu grafikteki artış ile uyumludur. Yine de bu basamaktaki becerileri diğer basamaklara kıyasla daha iyidir. 3 üzerinden 2,01 puanla başladıkları süreçte, sürecin sonunda 3 üzerinden 2,88'e yükselmişlerdir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

Araştırmacı günlüğünden (12 Mart 2021): *"İlk tasarım görevindeki problemin belirlenmesi esnasında, Fenetik ve Fenolog ekipleri iyi performans sergiliyorlar fakat Mimoza, Sirius ve Anka ekipleri düşük performansta kaldılar. Problemin tespitinde genel olarak öğretmen adayları tasarım senaryosunun başlığına çok takılmaktadırlar, fakat asıl problem aslında senaryoya bütünden bakınca gözükmekte. Bunu yakalayan Fenetik ve Fenolog ekipleridir. Buna rağmen genele bakıldığında öğretmen adayları problem durumuna dair bir şeyler söyleyebilmektedirler. Zamanla bunun daha iyi olacağı aşikar fakat ilk tasarımın ilk aşaması olduğu için bu gayet normal."*

Araştırmacı günlüğünden (6 Nisan 2021): *"İkinci tasarımda Fenolog ekibi üyeleri problemin belirlenmesinde diğer ekiplere göre senaryoya daha sistemli yaklaştılar. İlk tasarımdaki problemin belirlenmesinde düşük performasa sahip olan Sirius ekibi üyeleri de ikinci tasarımdaki problemi çok daha net belirledikleri görülmekte. Diğer ekiplerde gözle görülür bir değişme yoktur. İşbirliğine dikkat çektikleri gözüküyor. Birbirine danışma durumları var ama bireysel karar vermeleri hususunda hatırlatma yapıyorum."*

Araştırmacı günlüğünden (11-12 Mayıs 2021): *"Son tasarım görevinde şaşırtıcı bir durum gözükmekte. Sirius ekibinin birkaç kişi hariç tüm üyeleri tam puan aldılar. Üstelik problemi belirlerken günlük yaşamla doğrudan bağlantı kurdukları gözüküyor. Kendi aralarındaki konuşmalarına bakıldığında da Sirius ekibi problemin tespitine dair fen kavramları ile yaklaşım sergiliyorlar. Genel olarak diğer ekiplerde de buna yakın durumlar söz konusu fakat Anka ekibi tek bir problem yerine birçok problem bulmaya çalıştılar, bunu yapmalarındaki nedenin son tasarımın diğer tasarımlara göre biraz daha karmaşık olduğunu düşünüyorum. Yine de son tasarımda bu basamağa dair bütün ekipler soruna büyük çerçeveden bakabiliyorlar. En azından sorunu bütün olarak görmek istedikleri ve bu yönde çalıştıkları görülmekte."*

Şekil 7

Fenolog ekibinden bir öğretmen adayının tasarım föyündeki ilk sorusunun yanıtına bir örnek

PROBLEMİN TANIMLANMASI

Problemin (İhtiyacın) Tanımlanması-Belirlenmesi:
Binaların bodrum katındaki depoların ve dükkanların güneş ışığından çok az miktarda yararlanmakta ve bu sebeple burada yaşayan insanlar hem ısıdan hem de ışıktan mahrum kalmaktadır. Güneş ışığından diğer insanlar gibi yararlanabilmek için de daha fazla enerji harcamaktadır. Bu durum da elektrik ve doğalgaz faturalarına diğer insanlara göre daha fazla yansımaktadır.

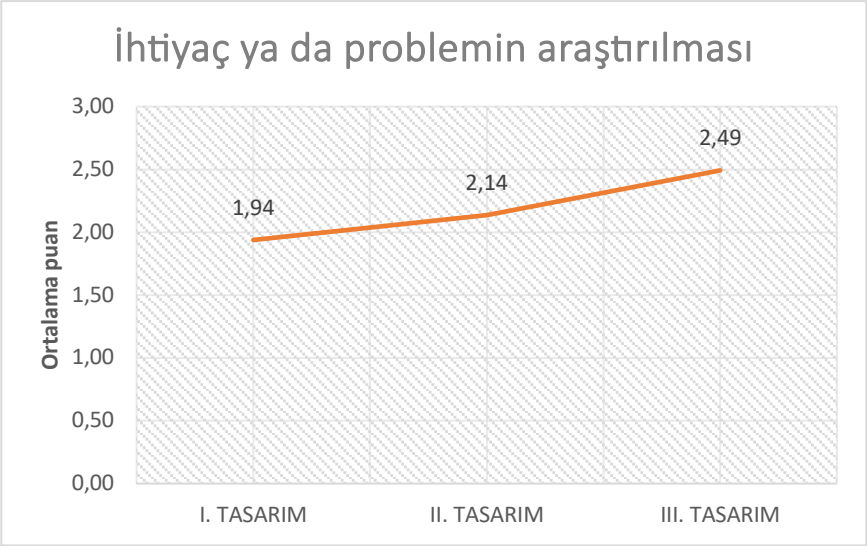
Bu problem nerelerde karşımıza çıkmaktadır?
Bu problem binaların zemin/bodrum katlarında ortaya çıkmaktadır. Ve binaların cephesine göre de değişiklik gösterebilir. Mesela kuzey cephedeki daireler daha az güneş ışığından yararlanmaktadır.

Öğretmen adayı problemin belirlenmesinde senaryodaki sorunu dile getirmiştir. Rubrikten aldığı puan ise "İhtiyaç ya da problemi eksiksiz olarak ifade eder. Kriter ve sınırlılıklarının tamamını tanımlar." kategorisinde değerlendirilerek hedeflenen düzeyin üzerinde (3 puan) olarak bu kısımdan 3 puan almıştır.

4.1.2.2. İhtiyaç ya da problemin araştırılmasına dair bulgular: Öğretmen adaylarının verilen senaryodaki ihtiyaç ya da problemi araştırmaları istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 2

İhtiyaç ya da problemin araştırılmasına dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının ihtiyaç ya da problemin araştırılmasına dair grupların ortalama puanları ilk tasarımda 1.94, ikinci tasarımdaki ortalama puan 2.14 ve son tasarımdaki ortalama puanı 2.49 olarak hesaplanmıştır ve Grafik 2'de gösterilmiştir. İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.94 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 2.14 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise ortalama puanın 2.49 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 1.94 olan ortalama puan süreç sonunda 2.49 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

Araştırmacı günlüğünden (14 Mart 2021): *"Problemin araştırılmasında, ilk tasarımın problem durumu için Fenolog diğer ekiplere göre daha fazla araştırma yapmaktadır. Diğer ekipler de araştırma yapıyorlar fakat genel olarak bir hevesle başladıkları için çok fazla dağıldılar. Problemi tam anlayamayanlar, araştırmalarını da tam doğru yapamıyorlar. Genel kanım, yaptıkları araştırmalar problem durumunu doğrudan karşılamıyor fakat yine de buna yaklaşanların sayısı da biraz mevcut. Bireysel olarak problemin araştırılmasından dolayı da motivasyonları çok iyi değil gibi. Çünkü ekipteki diğer arkadaşların doğru yapıp kendilerinin yanlış yapacaklarını düşünen birkaç kişi olduğunu gördüm. İlerleyen süreçte bunlar çekimser davranabilirler o yüzden sürece adapte edebilmek adına ufak tüyolar vermeyi denedim."*

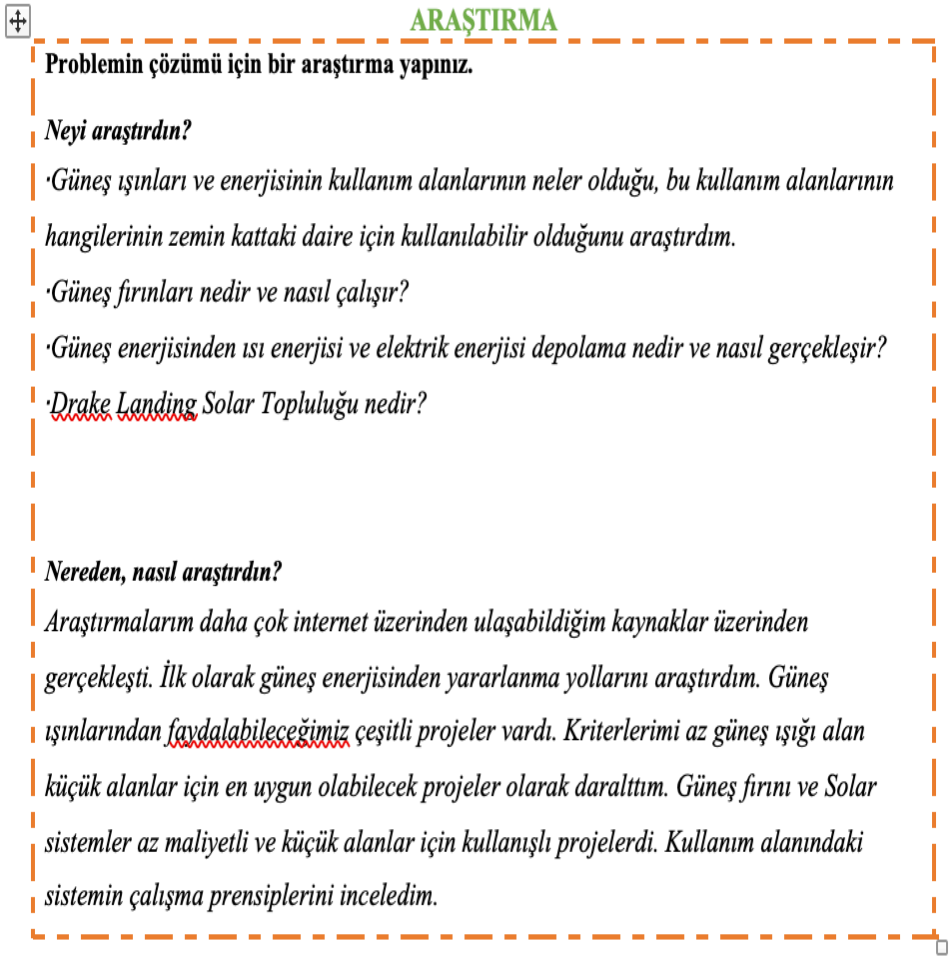
Araştırmacı günlüğünden (7-8 Nisan 2021): *"İkinci tasarımda da ekip üyeleri ilk tasarımdakine benzer şekilde ilerliyorlar fakat araştırma çerçevesini biraz daha daralttılar. Yine de çok istenildiği ölçüde bir araştırma sürecine dahil olamıyorlar. Genel olarak araştırmalarını internet üzerinden yapıyorlar ve sonuçları da birbirine çok yakın. Çok fazla özgün bir durum göremedim. Fakat ilk tasarıma göre iyi sayılırlar. Bir de bu tasarımda ilkinde yapmadıkları makale okumaya başvurmak da dikkat çekiyor ama çok çok elverişli olduğu söylenemez. Bunun yanında gözlem ve yaşantılarından da bazı durumları kullanmışlardır. Neredeyse tüm ekipler araştırmaya çok hevesliler, bazılarıyla konuştuğumda araştırma yaparken çok motive olduklarını da dile getiriyorlar ve bilimsel olarak konuya yaklaşmaya çalışıyorlar. Araştırma sürecinin planlı olması için biraz daha vakit olduğunu ama asla umutsuz bir tablo olmadığını söyleyebilirim. Ufak da olsa bir şeylerin farkında olabiliyorlar. Araştırma sürecini az çok kavradılar diyebilirim."*

Araştırmacı günlüğünden (15 Mayıs 2021): *"İlk tasarıma göre bu son tasarımda araştırma yapma konusunda büyük fark atan ekipler oldu. Bunlar: Anka, Fenetik ve Mimoza. İlk zamanlara göre bu sefer araştırmalarını yine internetten yaptılar fakat bunun yanında*

uzmanlara da sorular sormuşlardır. Babasına danışan, hocasına veya başka kişilere danışanlar olmuştur. Özellikle birkaç öğretmen adayı ile mesajlaştım ve bana da bazı spesifik sorular yönelttiler. Cevaplamadım ama yol göstermeye çalıştım. Fen kavramlarına daha bilimsel yaklaştıkları gözükmekte. Kapsamı daraltarak araştırmalarını daha sistemli yaptıkları gözüküyor ve genel olarak araştırmalarındaki çabaları gerçekten çok iyi. Araştırma yapmanın sistematiğini kavradılar diyebilirim. Nereden başlayacaklarını, nasıl ilerleyeceklerini daha iyi biliyorlar gibi. Bence bu yoğun tempolu süreç onlara bir şeyler katıyor. ”

Şekil 8

Sirius ekibinden bir öğretmen adayının araştırma kısmındaki yanıtına bir örnek


ARAŞTIRMA

Problemin çözümü için bir araştırma yapınız.

Neyi araştırdın?

·Güneş ışınları ve enerjisinin kullanım alanlarının neler olduğu, bu kullanım alanlarının hangilerinin zemin kattaki daire için kullanılabilir olduğunu araştırdım.

·Güneş fırınları nedir ve nasıl çalışır?

·Güneş enerjisinden ısı enerjisi ve elektrik enerjisi depolama nedir ve nasıl gerçekleşir?

·Drake Landing Solar Topluluğu nedir?

Nereden, nasıl araştırdın?

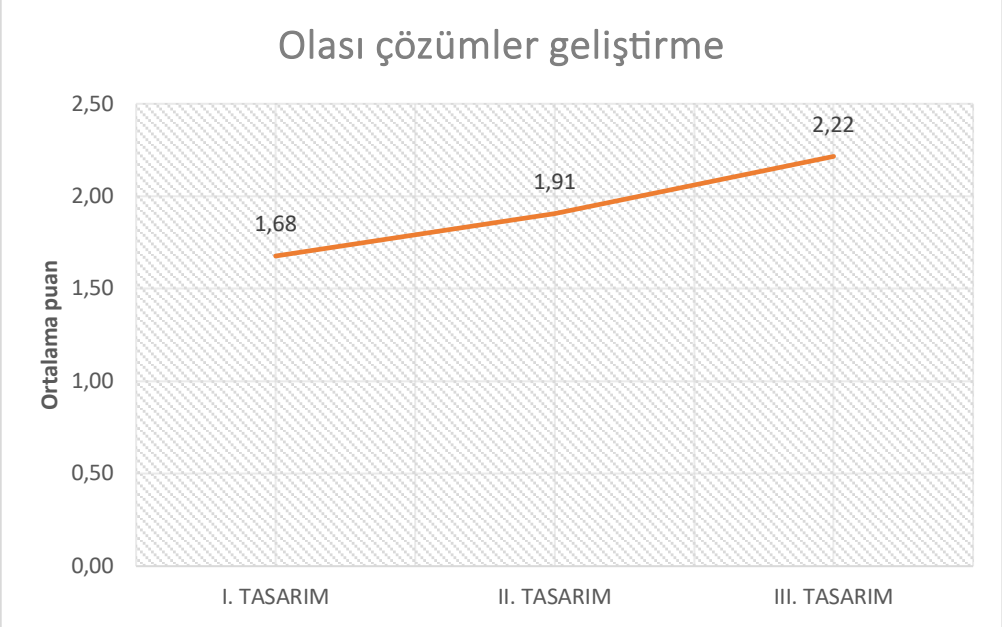
Araştırmalarım daha çok internet üzerinden ulaşabildiğim kaynaklar üzerinden gerçekleşti. İlk olarak güneş enerjisinden yararlanma yollarını araştırdım. Güneş ışınlarından faydalabileceğimiz çeşitli projeler vardı. Kriterlerimi az güneş ışığı alan küçük alanlar için en uygun olabilecek projeler olarak daralttım. Güneş fırını ve Solar sistemler az maliyetli ve küçük alanlar için kullanışlı projelerdi. Kullanım alanındaki sistemin çalışma prensiplerini inceledim.

Öğretmen adayı “Neyi araştırdın ve nasıl araştırdın” kısmını doldururken problemi esas almıştır. Araştırmalarını yaparken bilimsel ölçüde ilerlediği görülmüştür. Değerlendirmede ise rubrikte yer alan “İhtiyaç ya da problem yeterince araştırılmış ve çözümlerin geliştirilmesinde yardımcı olabilir.” kategorisine uyduğu için hedeflenen düzeyde (2 puan) olarak bu kısımdan 2 puan almıştır.

4.1.2.3. Olası çözümler geliştirmeye dair bulgular: Öğretmen adaylarının verilen senaryodaki probleme dair olası çözümler geliştirmeleri istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 3

Olası çözümler geliştirmeye dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının olası çözümler geliştirmeye dair dair grupların ortalama puanlarına bakıldığında İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.68 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 1.91 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise ortalama puanın 2.22 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 1.68 olan ortalama puan süreç sonunda 2.22 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

Araştırmacı günlüğünden (14 Mart 2021): *"İlk tasarımda tüm ekipler araştırmış oldukları problem için çözümler sunarken acemi davranmaktadırlar. Fakat yine de birçok ekip üyeleri akla yatkın fikirler ortaya atmaktadırlar ama problem ile tam örtüşmüyor veya örtüşse bile yapılabilirliği çok mümkün olmayabilir. Yine burada da konudan çok dağıldıkları zamanlar olduğu gözüküyor. Fenetik ekibi üyelerinin çoğunluğu olası çözümler geliştirirken*

mantık çerçevesinde ilerliyorlar. Buna keza diğer ekiplerde de birçok kişi bu şekil ilerleme sağlıyor ama Fenetik kadar değil. Daha geliştirilebilir belki ama yine de fena sayılmaz."

Araştırmacı günlüğünden (9 Nisan 2021): *"İkinci tasarımda olası çözümler geliştirme basamağının ilk tasarımla arasında çok bir fark göremiyorum. Ufak ufak farklılıklar elbette gözüküyor; olası çözüm önerileri problemi tanıma ve araştırma ile bir bütün halinde ilerletiyorlar mesela. Bu güzel bir sonuç. En azından odak noktalarını bulabiliyorlar. Gruplar arası farklılık çok göze çarpmıyor, genelde benzer ağırlıkta önem vererek ilerliyorlar. İlk tasarımdaki olası çözüm önerilerinde kavramların karşılığını çok iyi kanıksayamadan bir öneri sunuyorlardı ama şuan bu kavramları problem ile daha rahat örtüştürebildiklerini görüyorum."*

Araştırmacı günlüğünden (17 Mayıs 2021): *"Son tasarımda, ilk tasarıma göre neredeyse tüm ekiplerdeki birçok ekip üyesinin-bu tasarım diğerlerinden daha da karmaşık olmasına rağmen-olası çözümleri sunarken hem sundukları kavramları iyi biliyorlar hem de amaca yönelik mantık çerçevesinde bir şeyler düşünüyorlar. Ayrıca şu da dikkatimi çekti: Çözüm önerilerinin çok büyük bir kısmı yapılabilirlik açısından iyi düzeydedir. İşlevsel ve yapılabilirlik detaylarına önem verdikleri görülmekte. Bu güzel. Özgün çözümlere daha fazla odaklandıkları görülmekte. Birkaç farklı çözüm sunuyorlar ve neredeyse bu çözümlerin de çoğunluğu problem ile örtüşmekte. Odaklanma güzel."*

Şekil 9

Anka ekibinden bir öğretmen adayının olası çözümler kısmındaki yanıtına bir örnek

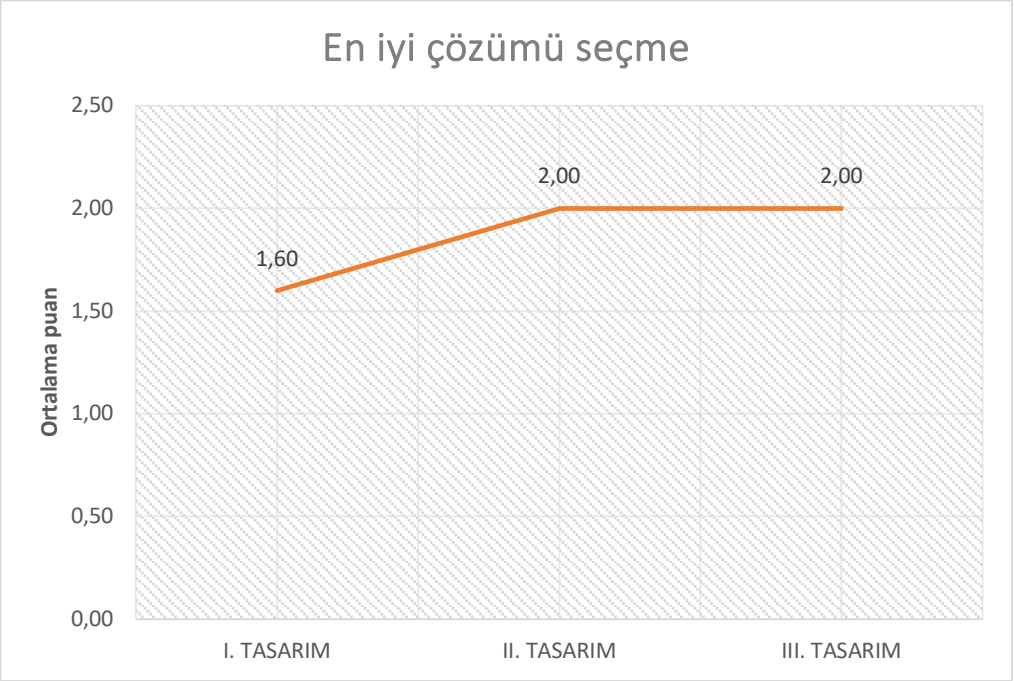


Öğretmen adayı problemin olası çözüm önerileri olarak mantıklı ve birden fazla çözüm önerisi sunmuştur. Bu çözümler bilimsel olarak değerlendirilmişlerdir. Rubrikten yapılan değerlendirmede ise "Birden fazla akla yatkın çözüm ortaya koyar. Tasarım yapılan kavramları kısmen doğru bir şekilde çizimlerle gösterebilmektedir." kategorisine uyarak hedeflenen düzeyde (2 puan) almıştır.

4.1.2.4. En iyi çözümü seçmeye dair bulgular: Öğretmen adaylarının verilen senaryodaki probleme dair sundukları olası çözümlerden en etkin olanını seçmeleri istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 4

En iyi çözümü seçmeye dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının en iyi çözümü seçmeye dair grupların ortalama puanlarına bakıldığında İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.60 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 2.00 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise ortalama puanın 2.00 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 1.60 olan ortalama puan süreç sonunda 2.00 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

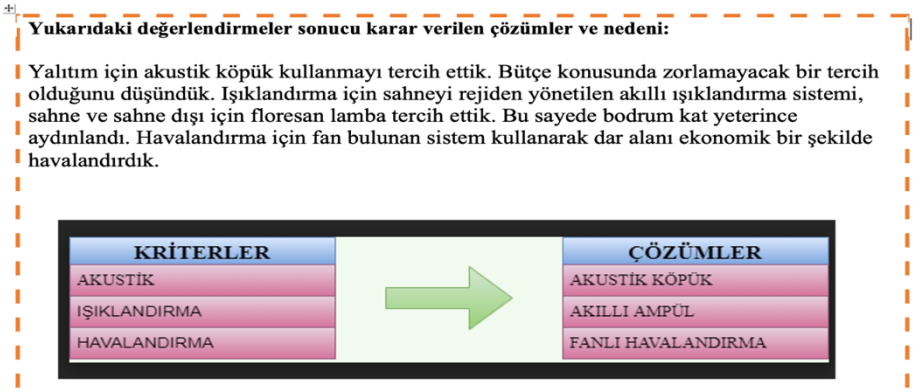
Araştırmacı günlüğünden (15 Mart 2021): *"Bu basamakta grupça karar verme durumu olmaktadır. Ekip üyelerinin tümünün sunduğu olası çözüm önerileri hep bir araya gelip ekip liderleri öncülüğünde tartışılmaktadır. Kriter ve sınırlılıkları tek bir tablo haline ekip lideri getirmiştir. İlk tasarımda bu süreç genel olarak tüm ekiplerde çekişmeli geçti. En iyi çözüme karar verirken normalde kriter ve sınırlılıklara en çok uyan çözümleri seçmek gerektiğini bilmeleri gerekiyor diye düşünmüştüm fakat buna çok uyulmadığını gördüm. Yine de birkaç denemeden sonra buna dikkat etmeleri gerektiğini az çok anladılar."*

Araştırmacı günlüğünden (11-12-13 Nisan 2021): *"İkinci tasarımda ekipler kriter ve sınırlılıklar matrisine biraz daha özen gösteriyorlar. En azından bunu odaklarına almayı başardılar. Bu tasarım görevinde ilk tasarımda değinmedikleri olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini kıyaslamaya başladılar. Yine mantık çerçevesinde hareket ettikleri görülüyor. Sirius ekibi diğerlerine göre bu basamakta öncü olmuştur. Ekip üyeleri arasında çatışma daha az oluyor, ortak karar alma konusunda gerçekten çok iyiler ve ılımlı bir ortamdalar. Birkaç kez gruplarında bu konularla ilgili konuşmalar gerçekleştirdiler, birbirlerine çok saygılılar ve iş birliği konusunda çok iyiler."*

Araştırmacı günlüğünden (18 Mayıs 2021): *"Son tasarımda, grupların konuşmalarına ve planlamalarına daha çok dahil oldum. Genel olarak kriter ve sınırlılıklar matrisine uyum sağlanıyor. Çekimser davrananları da sürece bir şekilde katmak için çabalıyorlar. İş birliği durumu biraz daha dikkat çekiyor. Ayrıca disiplinli çalışma da dikkat çekiyor, mantıklı ve sistemli planlar ve öz denetim konusunda gelişmeler görülüyor. Çatışma durumu daha minimal düzeye inmiş durumda. Ortak kararlarda birbirlerini dinliyorlar. En iyi çözüme karar verirken herkesin matrisi tek bir matriste birleştiriliyor. Matrisi doldurmayan iki öğrenciyi ise ekip lideri ve diğer öğrenciler uyarıyor ve doldurmaları için bekliyorlar."*

Şekil 10

Mimoza ekibinin en iyi çözümü seçme kısmındaki yanıtına bir örnek

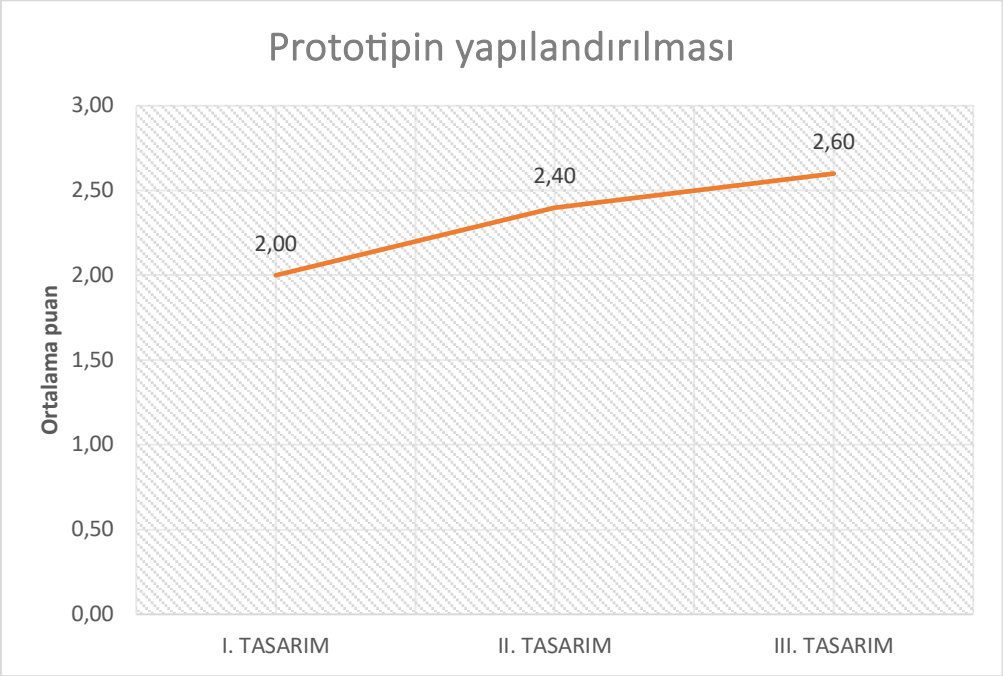


Bir ekip en iyi çözüm seçme kısmında kritlerler matrisine dayanarak çözümleri seçmişlerdir. Rubrikten yapılan değerlendirmede ise "Olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini kısmen analiz eder. İhtiyaç ya da problemin kriter ve sınırlılıklarını kısmen değerlendirerek bir çözüm seçer." kategorisine uyarak hedeflenen düzeyde (2 puan) almıştır. Bu basamakta genel olarak alınan puanlar hedeflenen düzeyin altında veya hedeflenen düzeyde kategorilerinde olmuştur. Kriter ve sınırlılıklar matrisini kullanma konusunda ve çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini ayrıntılı analiz etme konularında çok yeterli durum söz konusu olmamıştır.

4.1.2.5. Prototipin yapılandırılmasına dair bulgular: Öğretmen adaylarının verilen seçtikleri çözümler ışığında tasarımlarının prototiplerini yapılandırmaları istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 5

Prototipin yapılandırılmasına dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının prototipin yapılandırılmasına dair grupların ortalama puanlarına bakıldığında İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 2.00 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 2.40 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise

ortalama puanın 2.60 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 2.00 olan ortalama puan süreç sonunda 2.60 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

Araştırmacı günlüğünden (18 Mart 2021): *"İlk tasarımın prototipini tüm ekiplerin büyük bir heyecanla yaptıkları gözüküyor. İş birliğine önemli derecede tüm gruplar uyuyor. Tüm ekipler prototiplerini Tinkercad 3 boyutlu çizim programında çizdiler. Sirius birkaç çizimi manuel yapmayı tercih etti çünkü yeni başlayan kullanıcılar için bu çizim programı biraz zorlayabilir. Zaman konusunda biraz sıkıntı var gibi duruyor ve ek süre isteyen ekipler oluyor. Ek süre verildi ama birkaç gün sadece. Buna rağmen yine bir ekip tam yetiştiremedi. Motivasyonları azalmasın diye o ekibi de haftaya bir gün dinleyeceğim. Zaman yönetiminde ufak aksilikler oluyor. Büyük bir sorun değil çünkü henüz ilk tasarımdalar. Çok dile getirmediler ama pandemi durumu epey etkili bir faktör oluyor bir araya gelmeleri için. Yine de sorun gözükmüyor. Bir kişi işin büyük yükünü almak istedi ama sonra buna sıcak bakmadılar."*

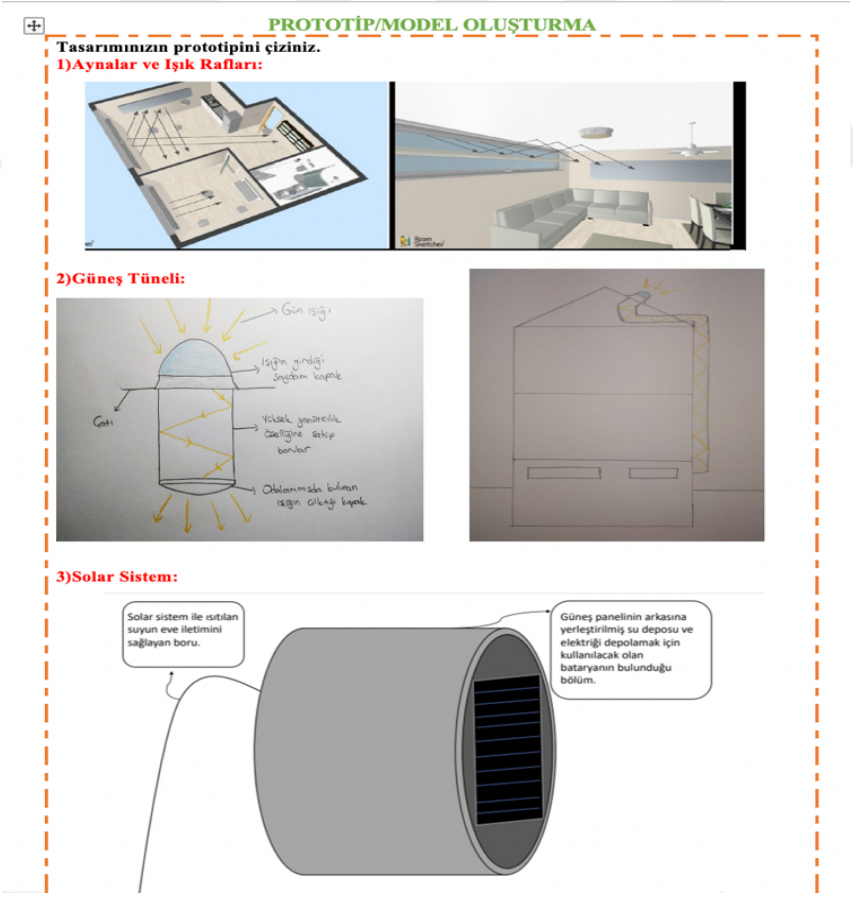
Araştırmacı günlüğünden (16-17 Nisan 2021): *"İkinci tasarımda ilk tasarıma göre biraz daha deneyim kazandılar fakat zaman zaman bazı ekiplerde grup içi iletişim sorunları görülüyor. Pandemi çok büyük bir etken. Zira sürecin bu kısmında bir araya gelip ürünü tasarlıyorlar. Zaman-mekân sıkıntısından ziyade en büyük engel şuan kesinlikle pandemi. Yaş grubuna göre yasaklı saatler devam ediyor buna rağmen ekipler büyük bir özveri ile sosyal mesafeyi de koruyarak bir arada toplanıyor ve çalışıyorlar. Çok zorlanıyorlarsa eğer bir araya gelmeden yapılabilecek bir görev bulmaya çalışabilirim diye bir fikir sundum ama bu fikre çok yanaşmıyorlar. Zira çözüm bulabilir miyim onu da bilmiyorum, belki bireysel çalışma istenebilir ama grup çalışmasına dikkat çekmek istiyorum daha çok. Her şeye rağmen yaptıkları prototipler kriterleri, çözümleri karşılamaktadır. Estetik olarak da ilk tasarıma göre bu tasarımda daha çok önem veriyorlar. En çok dikkat çektiğim konu bu tasarımda şu oldu; mini tasarımları tam anlamıyla tüm ekipler büyük tasarıma yani prototipe entegre edebilmeyi başarıyorlar. Bu önemli bir faktör. Ayrıca bir şeyler üretmekten haz alan çok kişi olduğu gözükmekte. "*

Araştırmacı günlüğünden (19-20-21 Mayıs 2021): *"Son tasarım görevi biraz ağır geldi gibi gözüküyor. Motivasyonları inişli çıkışlı. Burada devreye girmem gerektiği için her ekiple ayrı ayrı çevrim içi toplantılar yapıyorum. Motivasyon bu süreçte en önemli faktör. Anka grubu prototipini yapılandırırken epey yüksek bütçe çıkarıyordu ve buna gerek olmadığını, daha makul şekilde de benzerini yapabileceklerini söyledim. Bütçe sıkıntısını aslında çok dile*

getirmediler, zaman zaman ben destek oluyorum zaten ve büyük bütçeli çalışmalar yapmalarını zaten istemiyoruz. Kriterlerimizden birisi zaten en alt bütçe. Bu kriter biraz zorlasa da çözüm yolu buluyorlar. Son tasarımda, ilk iki tasarımdan gözle görülür bir fark yok ama kriterleri daha detaylı sağlayan prototip tasarlamaya çalışan gruplar var. Detaylara daha çok önem vermeye çalıştıkları gözükmekte. Estetik durumu burada da göze çarpıyor. İlk tasarımdakinden daha çok göze güzel gelen tercihler yapmaya çalışıyorlar. İş birliği iyi düzeyde. Grup içi anlaşmazlıklar azalmış durumda, hatta kayda değer bahsedilecek olumsuzluk hiç yok gibi. Normalde çizim programı olarak Tinkercad üzerinde durmuştum ama Fenolog ekibi bu tasarımda yeni çizim programları keşfetmiş ve prototip çizimlerini orada gerçekleştiriyor. Bir dezavataj durumu oldu üç grupta; şöyle ki prototiplerin çizim vs. hepsi tamamlandı lakin somut materyale zamanında dönüştüremediler. Çok kişi inisiyatif almaya yeltendiği görünüyor. Bu iyi bir gelişme. Adaylar birkaç kez bir araya geldiler lakin çok üst düzey çözüm önerileri sunan gruplar prototipi oluşturmakta epey zorlandılar."

Şekil 11

Sirius ekibinin prototip oluşturmasına bir örnek

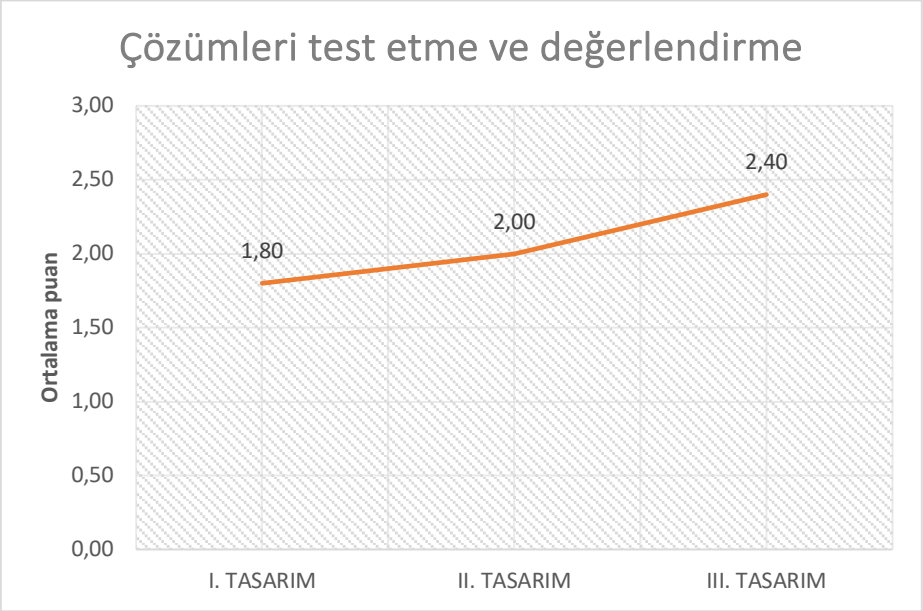


Ekibin prototip oluştururken bilgisayar destekli ve manuel yaptıkları çizimler olmuştur. Rubrikten yapılan değerlendirmede ise "Prototip, görevin kriterlerini karşılar." kategorisine uyarak hedeflenen düzeyde (2 puan) olarak 2 puan almıştır. Çizimlerde olan eksiklikler ve aşamalardan net bahsedilmediği için bu kategoriye alınmıştır.

4.1.2.6. Çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair bulgular: Öğretmen adaylarının yapılandırdıkları prototipleri sundukları/seçtikleri çözümler ışığında belirlemeleri istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 6

Çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının olası çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair grupların ortalama puanlarına bakıldığında İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.80 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 2.00 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise ortalama puanın 2.40 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 1.80 olan ortalama puan süreç sonunda 2.40 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

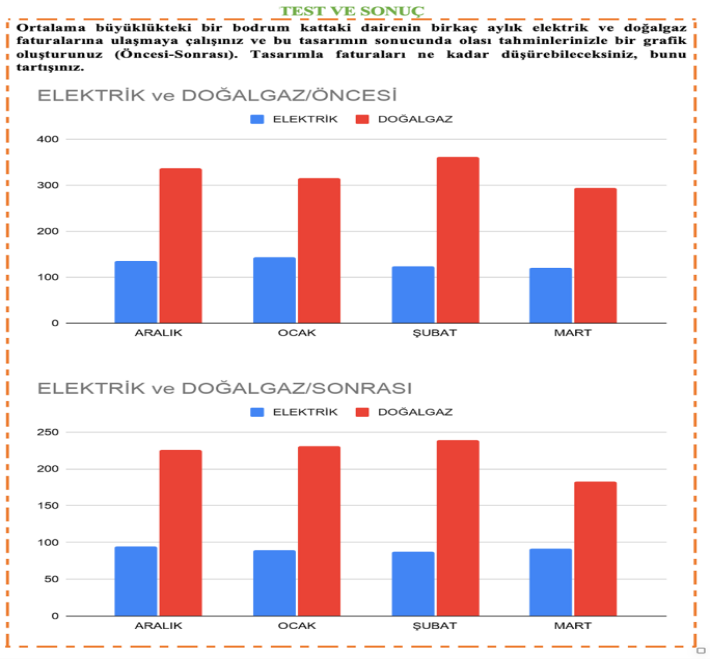
Araştırmacı günlüğünden (20-21 Mart 2021): *"İlk tasarımda, çözümleri test etme ve değerlendirme olarak prototipin performans durumu deniyorlar ve çözümleri ne kadar destekliyor diye bakıyorlar. Kısmen bu durumu birkaç ekip sağlayabiliyor. Bazı hususları ihmal ederek test yapmaya çalıştıkları görülüyor ama müdahale etmiyorum. Genel olarak test durumunu deneme yanılma yoluyla gerçekleştirme taraftarı oluyorlar. Zaman zaman bazı ekipler araştırmalar yapıyorlar, özellikle internet yoğun olarak kullanılıyor. Adaylar bir önceki haftaya göre iletişim konusunda daha iyiler ve bir sonraki hafta sunacakları büyük tasarım için birbirleri ile gayet iyi anlaşıyorlar."*

Araştırmacı günlüğünden (20-21-22 Nisan 2021): *"İlk tasarım görevinden farklı olarak göze çarpan bir durum söz konusu olmuyor. Aslında yaptıkları tasarımlar zaten büyük ölçüde test edilebiliyor. Tam anlamıyla prototipin her aksamının mükemmel çalışmasından ziyade, kriterlere ne kadar uyulduğu, prototipin tasarım sürecine ne kadar dikkat edildiğine bakıyorum. Bir önceki tasarımdan farklı olarak, test edip değerlendirecekleri hususları odaklarına aldıkları gözükmekte."*

Araştırmacı günlüğünden (22 Mayıs 2021): *"Önceki tasarımlar büyük bir fark yok. Genel olarak prototipi oluşturmaktan daha çok düşünme isteyen bir kısım bu kısım gibi gözüküyor. Çünkü prototipi oluşturdular ama test ve değerlendirme konusunda eksik kalan noktalar olabiliyor. Ufak kısımları ihmal ediyorlar. İlk tasarıma göre test yaparken deneme yanılmadan ziyade daha bilinçli olarak test ve değerlendirme yapmaya yönelik adımlar atıyorlar. Kavramlara daha da hakimler ve testin sonuçlarını da bilimsel yorumluyorlar."*

Şekil 12

Bir ekibin çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair yanıtına bir örnek

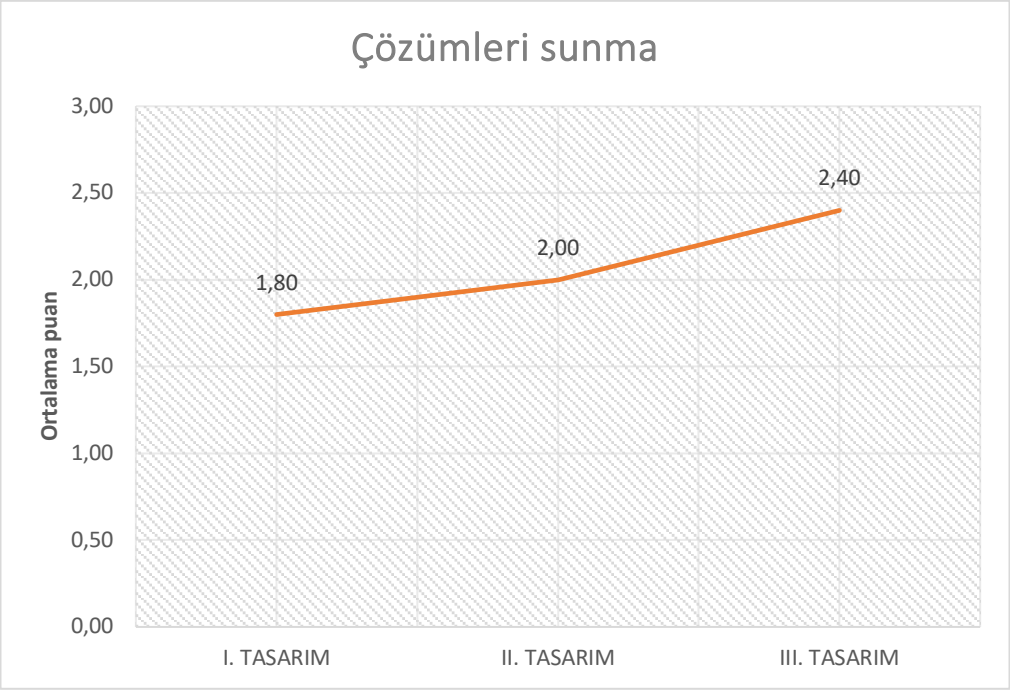


Çözümleri test etme ve değerlendirmeye dair rubrikten yapılan değerlendirmede "Veriler doğru olarak kaydedilmiş ve prototipin performansını yansıtmaktadır."kategorisine uyarak hedeflenen düzeyde (2 puan) olarak 2 puan almıştır.

4.1.2.7. Çözümleri sunmaya dair bulgular: Öğretmen adaylarının prototiplerini sunmaları istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. Bunun yanında çevrim içi platformda da sunum ekipleri prototiplerini sunmuşlardır. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 7

Çözümleri sunmaya dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının olası çözümleri sunmaya dair grupların ortalama puanlarına bakıldığında İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.80 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 2.00 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise ortalama puanın 2.40 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 1.80 olan ortalama puan süreç sonunda 2.40 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

Araştırmacı günlüğünden (23 Mart 2021): *"İlk tasarımda prototipleri sunarlarken bütün ekipler tanıtım konusunda yetersizler. Maket sunumu yapıyorlar gibi yaklaşım içindeler.*

İşlevselliğe hiç dikkat çekmiyorlar-bir grup dikkat çekmeye çalıştı-ve tekdüze şekilde sunum yapıyorlar. Çok çekimser üye var. İlk olduğundan dolayı çok mühimmatı yok lakin yine de ortalama olarak hedeflenen düzeyin altında kalıyorlar.

Araştırmacı günlüğünden (27 Nisan 2021): *"İkinci tasarımda dikkatimi çeken en büyük konu gerçekten bir şeyler ürettiklerine dair kendilerine güvenlerinin olması. Motivasyonlar tüm ekiplerde çok iyi gözüküyor. Yine de beklediğim noktayı tam yakalayamıyorum ama birkaç grup iyi gidiyor. Özellikle sistematik olarak tasarımlarını anlatmaya çalışıyorlar ve bu durum sevindirici. Aşamaları daha iyi organize ettikleri gözükmekte. Uyum içerisinde oldukları göze çarpıyor."*

Araştırmacı günlüğünden (25 Mayıs 2021): *"Bu tasarım biraz yordu herkesi. Sürdürülebilirlik kavramını kanıksamaları kolay olmadı ama sonunda oluyor. Kendilerine güven biraz daha iyi düzeyde diyebilirim. Neredeyse tüm ekip üyelerinin tasarımla ilgili söyleyecekleri oluyor, hepsi de tasarımlarının arkasında duruyor. İlk zamanlardaki çekimser kalan kişiler de sürece dahil olmuş durumdalar. Burası önemli. Ortalama performaslar hedeflenen düzeyin üstünde ama yine de daha iyi olabilirdi. Gruplar arası denge hemen hemen eşit gidiyor.En çok beğendiğim durum ise hangisinin aklına geldi bilmiyorum ama her ekip de birer Instagram sayfası kurdu ve oradan da tasarımlarını paylaştılar. Girişimcilik konusunda da yüreklendirdim. Bu güzel bir durumdu."*

Şekil 13

Bir ekibin çözümleri sunmak için hazırladığı bir poster örneği

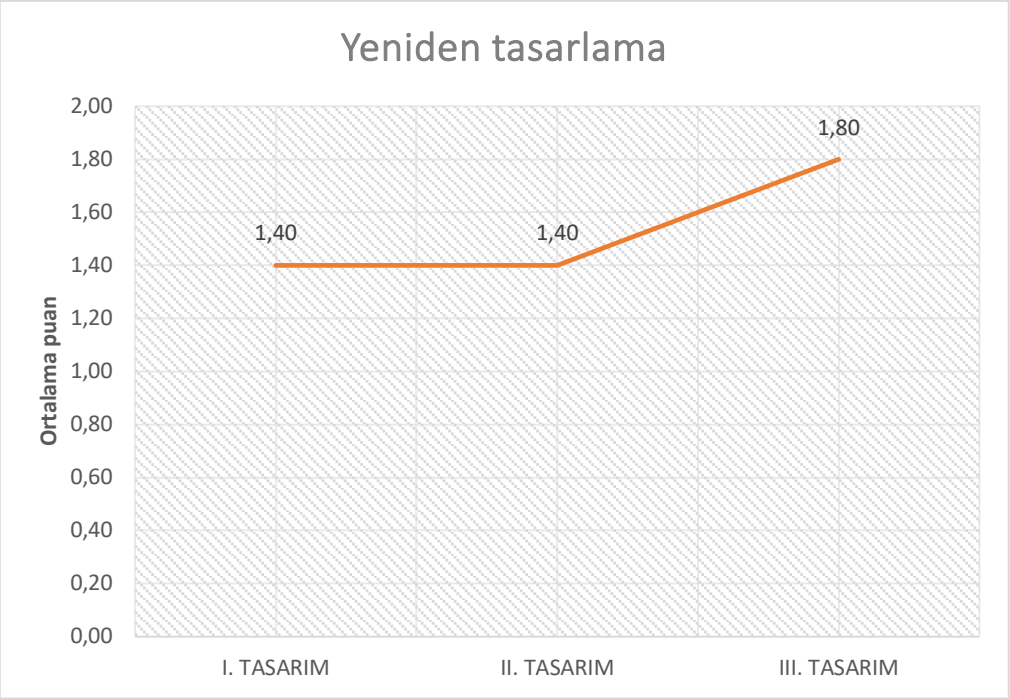


Çözümleri sunmaya dair rubrikten yapılan değerlendirmede "Ya test sonuçları doğru bir şekilde raporlaştırılmamış ya da nasıl gelişim göstereceği paylaşılmamıştır." kategorisine uyarak hedeflenen düzeyin altında (1 puan) olarak 1 puan almıştır.

4.1.2.8. Yeniden tasarlamaya dair bulgular: Öğretmen adaylarının sundukları ve geri dönüşler aldıkları prototiple ilgili iyileştirme ve geliştirme anlamında yeniden tasarlama yapmaları istenmiştir. Bunu Mühendislik Tasarım Föylerine (MTF) de işlemeleri istenmiştir. MTF'lerden elde edilen veriler analiz edilerek mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile puanlandırılmış ve her ekibin ortalama puanı hesaplanarak tüm ekiplerin genel ortalama puanları grafik halinde sunulmuştur.

Grafik 8

Yeniden tasarlamaya dair grupların ortalama puanları



Öğretmen adaylarının olası yeniden tasarlamaya dair grupların ortalama puanlarına bakıldığında İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.40 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 1.40 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise ortalama puanın 1.80 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 1.40 olan ortalama puan süreç sonunda 1.80 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda bu sürece dair, grafikte de görülen ilgili basamaktaki gelişim düzeyi durumunun araştırmacının not aldığı kendi günlüğünde yer alan bazı kesitler sunulmuştur:

Araştırmacı günlüğünden (24 Mart 2021): *"İlk tasarımda belki de tasarımın daha makul olmasından ötürü basit birer tasarımları var lakin yine de geliştirilmesi gereken kısımlar için eleştirileri aldılar. Buna rağmen bir sonraki sunuma kadar bu eleştirileri dikkate alan iki ekip oldu ve ufak değişiklikler yaptılar. Diğer ekipler ise yeniden tasarlama sürecine tam uyamadılar."*

Araştırmacı günlüğünden (28-29 Nisan 2021): *"İkinci tasarımda da ufak birkaç değişiklik olabileceği ekiplere iletiliyor fakat belki de yeni bir tasarım sürecine başladıkları için yeniden tasarlama durumunu biraz göz ardı ettikleri görülüyor. Sirius ve Mimoza ekipleri ufak revizyonlar yapmaya çalışıyorlar. Fakat genel olarak çok istekli olmadıkları gözüküyor. Bunu ekstra bir yük olarak görüyorlar ve açıkçası neredeyse yeniden tasarlamaya istekli hiç kimse yok."*

Araştırmacı günlüğünden (26 Mayıs 2021): *"Son tasarımdaki durum da diğerlerinden çok farklı sayılmaz ama son tasarımda eleştirileri biraz daha fazla dikkate alıyorlar. Aslında tasarım biraz daha kompleks olduğundan dolayı belki de yeniden tasarlama konusunda çok zorlanmıyorlar. Yine de istenen düzeyde iyileştirmeler yaptıkları gözükmüyor. Sürecin bu kısmı epey zayıf kalıyor. Tasarımı bir kez sunduktan sonra tekrardan gözden geçirme durumunu tam kanıksamada zorluk yaşandığı açıkça gözükmekte."*

4.1.2.9. Tüm sürecin ortalama puanları değişimi bulguları: Her bir büyük tasarım süreci tamamlandıktan sonra o tasarımdaki tüm mühendislik süreç basamaklarının ortalama puanları hesaplanmıştır ve tablolaştırılmıştır.

Tablo 13

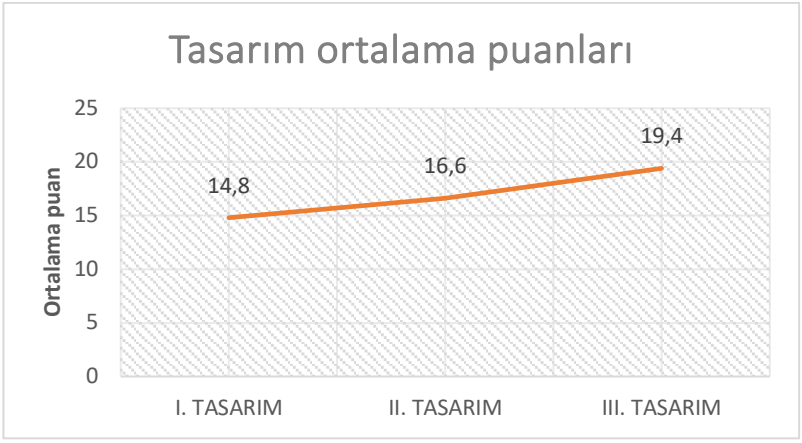
Mühendislik tasarım temelli gerçekleştirilen tasarımların ortalama puanları

Ekip adı	1.Tasarım Puanı	2.Tasarım Puanı	3.Tasarım Puanı
Sirius	15	16	19
Fenetik	15	16	19
Fenolog	16	18	20
Anka	14	16	19
Mimoza	14	17	20
Ortalama	14.8	16.6	19.4

Ekiplerin tüm mühendislik tasarım sürecinde aldıkları puanlara bakıldığında, birinci tasarım ortalama puanından (14.8 puan) ikinci tasarım ortalama puanına (16.6 puan) doğru bir artış, ikinci tasarım ortalama puanından üçüncü tasarım ortalama puanına (19.4 puan) doğru da bir artış olduğu görülmüştür.

Grafik 9

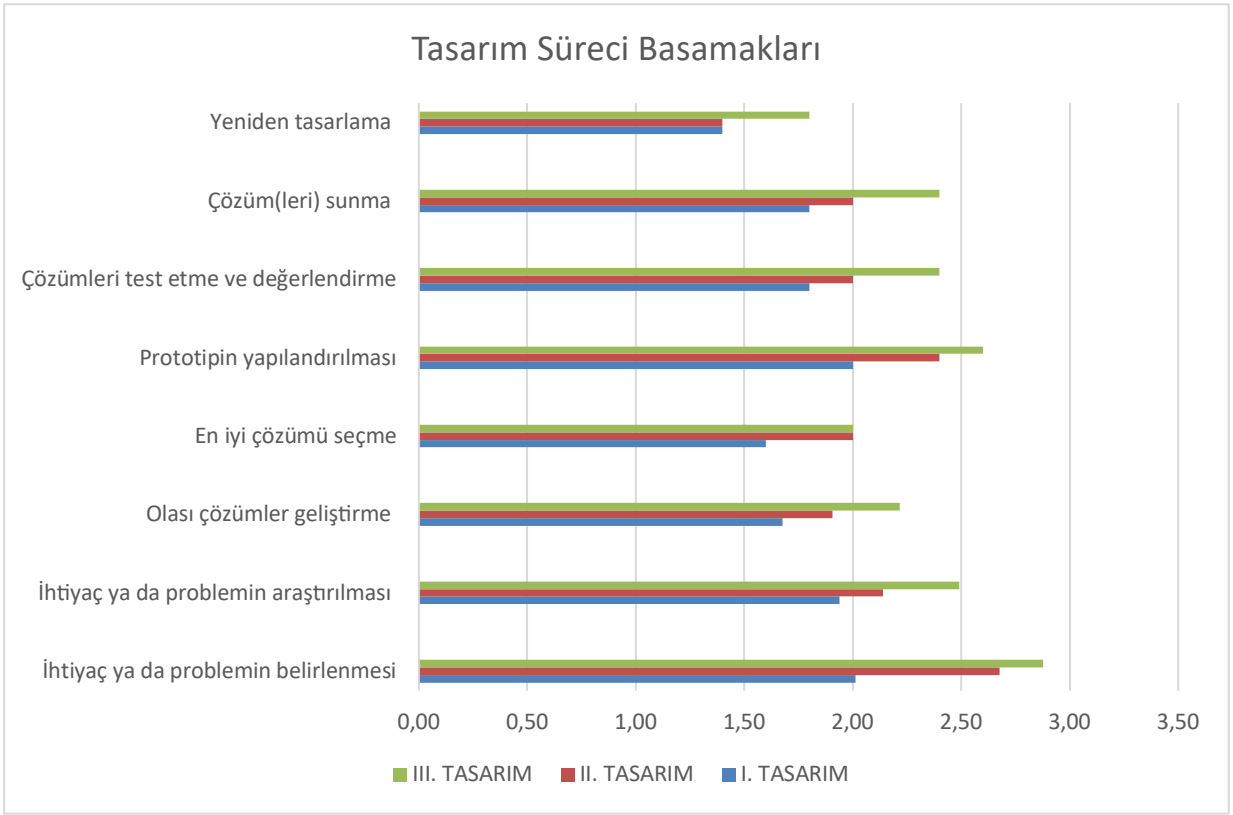
Tasarımların ortalama puanları değişimi



Öğretmen adaylarından oluşan ekiplerin tüm mühendislik tasarım sürecinde aldıkları puanlarına bakıldığında İlk tasarımdaki "Güneş Görmeyen Evler" adlı büyük tasarımda öğretmen adaylarının ortalama puanı 14.8 iken ikinci tasarımdaki "Konferans Salonu" adlı büyük tasarımda ortalama puanı 16.6 ve son tasarımdaki "Sürdürülebilir Çadır" adlı son tasarımda ise ortalama puanın 19.4 olduğu görülmüştür. Nihai olarak bakıldığında sürecin başındaki ilk tasarımda 14.8 olan ortalama puan süreç sonunda 19.4 olarak tespit edilmiştir.

Grafik 10

Tasarımların ortalama puanları değişimi



Grafik 10'da tüm tasarım süreci basamaklarına bakıldığında, tüm tasarımlarda alınan en yüksek ortalama puan "ihtiyaç ya da problemin belirlenmesi" basamağında olmuştur. En az ortalama puan ise "yeniden tasarlama" basamağında olmuştur. Araştırmacı günlüklerine de bu durum yansımıştır. Ekiple tasarımlarını sunduktan sonra tasarımdaki eksikliklerini ve geliştirilmesi gereken yönleri yeniden tasarım sürecinde yeniden yapmaları gerekirken buna pek sıcak bakmamışlardır. Yeni bir tasarım görevine başlayacak olmaları ve eski tasarıma ekstra zaman ayırmanın zor olduğu bunda büyük etken olmuştur. Genel olarak tüm basamaklarda birinci tasarımdan ikinci tasarıma geçerken ortalama puanlarda bir artış, ikinci tasarımdan üçüncü tasarıma geçişte de yine bir artış gözükmektedir.

4.2. Nitel Bulgular

Odak grup görüşmeleri sürecin başında ve sonunda on öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Odak Grup Görüşmelerine Dair Bulgular: Odak grup görüşmesi bulguları alt problemler altında ilk görüşme ve son görüşme sunulmuş ve son olarak da ilk görüşme ile son görüşmedeki durum özetlenmiştir.

3. Araştırma Problemi: Uzaktan eğitimle gerçekleştirilen MTTFÖ ile yapılan uygulamaların fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme sürecine etkisi nasıldır?

4.2.1.1. Birinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları:

İlk odak görüşmesi soru 1: Günlük hayatta mühendislik tasarım sürecindeki karar verme durumlarına benzer durumlar ile karşılaşıyor musunuz? Örneklendirebilir misiniz?

Öğretmen adaylarıyla yapılan odak grup görüşmelerinde sorulan ilk soruda karar verme sürecinin günlük hayattaki bağlamı irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 14

Karar verme sürecinin günlük hayattaki bağlamına dair ilk görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Problem	Sorun yaratan durumlar	3
	Probleme açlık durumuna göre	1
Sınırlılık/Engel	Sınırlılıklara bağlı hareket	1
	Bütçe durumuna göre karar	1
Mantık/Sistemli ilerleme	Akla uygunluğa göre	1
	Fayda sağlamasına göre	1
	Araştırma yaparak doğruya ulaşmak	1
Rastgele	Farkında olmadan seçim	1

Tablo 14'te görüldüğü üzere, öğretmen adayları karar verme sürecini günlük hayatlarında kullanmaktadırlar. Bazen farkında olarak yani kasıtlı olarak kararlar alırken bazen ise farkında olmaksızın kararlar aldıklarını söylemişlerdir. Genel itibari ile büyük çokluk genelde karar alma sürecinde problemden kaynaklı (f=4) karar aldıklarını söylemişlerdir. Öğretmen adayların birisi karar vermesinin ana sebebini probleme açlık (f=1) diyerek ihtiyacın hissedilmesi ile ilişkilendirmiştir. Karşılaşılan bir sorun yani güçlüğün üstesinden gelebilmek için nasıl aksiyon alması gerektiğine dair yorumlarda bulunmuştur. Mantıklı/Sistemli ilerleme kategorisinde (f=3) ise çözümün akla uygunluğuna (f=1), çözümün fayda sağlamasına (f=1) ve çözümü araştırma yaparak doğru olarak tespit etmeye (f=1) yönelik yanıtlar oluşturmaktadır. Bir başka aday bu kararı verirken fayda durumu gözettiğini yani çözüm seçenekleri arasından en faydalı olanın (f=1) seçilerek karar verdiğini söylemiştir. Bir başka aday ise karar sürecinde sınırlılıkların (f=1) olduğunu, doğru kararı verecekken bile bu sınırlılıklara zaruri olarak takınılabileceğini dile getirmiştir. Başka bir aday bu durumu alınacak bir ürüne karar verme aşamasında en uygun ürünü seçebilse dahi bir bütçe (f=1) engeliyle karşılaşılabileceği olarak dile getirmiştir. En büyük sıklık (f=4) ile problem ve mantıklı/sistemli ilerleme kategorisi olurken, en az sıklık (f=1) farkında olmadan yapılan seçimler olarak ifade edilen rastgele kategorisi olmuştur.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Mimoza Ekibi - Ö3: Problem açlık diyelim. Çözümlerimiz de yumurta, simit. Arasından hangisi daha yararlı ise onu seçeceğim. Bunu problem çözümünde kullanacağım. Aşılarda mesela kullanıyoruz. Birden fazla seçenek var. Önce araştırma yapmamız lazım. Hangisi daha doğru. Sosyal medyadaki gezen bilgilerden hangisi doğru bakmamız lazım. Araştırma aşamasındayız ve karar vermek için bekliyoruz. Grubuma üye seçerken de karar verme sürecine girdim. Nasıl karar verdim? Daha çok arkadaşlarım tanıdıklarım.

Mimoza Ekibi - Ö5: Marketten bir şey alırken mesela. Bütçeme en uygun olanı seçiyorum.

Sirius Ekibi - Ö10: Aslında sürekli karşılaştığımız durumlar. Mesela yukarıda çatı katında bir sorun var, su akıtıyor, hangi malzemeyi kullanmam lazım? Farkında olmadan düşünme sağlamış oluyoruz.

Anka Ekibi - Ö4: İki üç hafta önce kulağımda rahatsızlık vardı, önce kendimce bir şeyler yapmaya çalıştım bitkisel olarak. Sonra internetten doktor araştırdım ve karar verdim.

Sirius Ekibi - Ö7: Geçenlerde odamın şeklini değiştirmeye karar verdim. Odam dardı, küçük hesaplarla bunu sağladım. Mobilyaların şekillerine boyutlarına göre ayarlama yaptım. Sudan tasarruf etme yöntemleri düşünüyorum bu günlerde. Mesela sifonların dereceleri olabilir gibi.

Anka Ekibi - Ö1: İki gün önce çamaşır makinesinde bir terslik oldu çok ses yapıyordu titriyordu. Babamla şunu fark ettik ya ayaklarını değiştireceğiz ya da içindeki parçayı. Buna karar verdik. Vize dönemine bir hafta kala çalışırken hangi yöntemi izlerken daha iyi ilerlerim diye. İki çözüm yolum oluyor önümde. Sözel ve sayısal. Bunlar arasında karar verme sürecim var.
Fenetik Ekibi - Ö8: Grupta en aktif olan kişiyi seçin demiştiniz. İki kişi geldi aklıma. Sonra bir karar verme sürecine girdim.
Fenolog Ekibi - Ö9: Ödevler aklıma geliyor. Bazı ödevlerimizde hocalar yönlendirme veriyor, bazıları seçenekler sunuyor. Veya doğrudan bize bırakıyorlar. Bunları araştırırken bir program üzerinden ödev yapılacaksa mesela Türkçe olmasına bakıyorum ve karar veriyorum.
Fenetik Ekibi - Ö6: Dün tatlı yapmıştım. Yaparken yapılışını araştırdım. İçerisinde 4 bardak şeker olan vardı bir de 8 bardak olan vardı ben 4 bardağı seçtim. Çünkü şeker zararlı.
Fenolog Ekibi - Ö2: Balkon kenarlarına konulan çiçeklerle çok fazla ilgiliyim. Onları sağlamlaştırmak için demir mi plastik mi hangisi daha uygun? Saksı boyutları vs.

Son odak görüşmesi soru 1: Günlük hayatta mühendislik tasarım sürecindeki karar verme durumlarına benzer durumlar ile karşılaşıyor musunuz? Örneklendirebilir misiniz?

Öğretmen adaylarıyla yapılan son odak grup görüşmelerinde sorulan ilk soruda karar verme sürecinin günlük hayattaki bağlamı irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 15

Karar verme sürecinin günlük hayattaki bağlamına dair son görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Problem	Problemi anlayabilmek	2
Sınırlılık/Engel	Kritere önem verme	5
Mantıklı/Sistemli ilerleme	Süreç analizi yapılması	1
	Karşılaştırmalı kararlar	3
	Mantıklı seçimler	2

Adayların soruyla ilgili son görüşlerine bakıldığı zaman ilk görüşlerine göre değişim olduğu açık olarak görülmektedir. Örneğin adaylar artık kriterlere daha çok önem (f=5) vermektedirler. Bir adayın şu söylemi ile bunu gösterebiliriz: *Örneğin odamın şeklini değiştireceğim zaman nasıl daha aydınlık, ferah bir görüntü oluşturabileceğim konusunda mühendislik tasarım sürecinde öğrendiğim karar verme becerilerinden faydalandım.*

Bir başka adayın söyleminde probleme daha rahat karar verebildiğini ve çözüm aşamalarını MTTFÖ yaklaşıma dair yapmış olduğu yer almaktadır. Adayın söylemine bakacak olursak: *"Hayatımızın verdiğimiz kararlarla şekillendiğini göz önünde bulundurursak günlük*

hayatta MTTFÖ sürecindekine benzer durumlarla çokça karşılaşıyoruz. Örnek verecek olursam bir gün aracımın lastiğinin patladığını fark ettim . Yedek lastik , kriko ve bijon anahtarı gibi aletlere sahip olmam nedeniyle uygun bir yerde durup lastiği değiştirme kararı aldım. Aksine uygun yere park edip yol yardım çağırabilirdim veya patlak lastiğe hava basıp bir tamirciye kadar gidebilirdim. MTTFÖ sürecindekine benzer yaşadığım problem beni bir çözüm üretmeye ve çözümlerin de birine karar verip uygulamama sebep oldu. Örnek olarak bunu verebilirim."

Başka bir adayın söylemine bakarsak: *"Evet karşılaşıyorum. Mesela alışveriş yaparken iki seçenek arasında kaldığımda o seçenekleri farklı yönleriyle ele alıyorum ve ona göre hangisinin artı yönleri daha ağır basıyorsa onu tercih ediyorum."* Bu öğretmen adayı sürecin başında iken aynı soruya şu yanıtı vermiştir: *Aslında sürekli karşılaştığımız durumlar. Mesela yukarıda çatı katında bir sorun var, su akıtıyor, hangi malzemeyi kullanmam lazım? Farkında olmadan düşünme sağlamış oluyoruz.* Bu bağlamda MTTFÖ sürecinin adayların karar verme süreçlerine olumlu etki ettiğini söyleyebiliriz. Süreçteki problemi daha kolay fark edip, çözümleyip, karar mekanizma sürecine tabi tutup daha sistematik çözüme ulaştığı görülmektedir.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö2- Evet karşılaşıyoruz örneğin bir ürün alacakken hangisinin daha kaliteli aynı zamanda fiyat performans olarak değerlendirerek bir üründe karar veriyoruz. Örneğin bir bilgisayar alacak olalım 2 seçeneğimiz olsun bu bilgisayarlardan birini seçerken maliyeti düşük olan donanımı iyi olan bilgisayarı tercih ediyoruz.

Ö4- Evet karşılaşıyorum. Örneğin dolma yapacağım zaman evde kaç kişi olduğunu tespit ederim. Kimin ne kadar yiyeceğini tahmin ederim. Sonra ne kadar biber ve patlıcan kullanacağıma belirlerim. Dolmanın harcına ne kadar pirinç, salca, domates, biber, kıyma, sumak, vs. belirlerim. Böylece dolmaya harcı ve dolma miktarı karar verme aşamasını gerçekleştirmiş olurum.

Ö6- Her zaman karşılıyoruz. Yemeğe ne kadar tuz koyacağımıza hangi tarifi uygulayacağımız bile karar vermektir. Yazı yazarken hangi kalemle yazacağımız mesela ya da kitap okurken ilk hangi kitabı okuyacağımız, dolabımızı nasıl düzenleyeceğimiz (tişörtleri nereye, kazakları nereye gibi).

Ö8- Karar vermeyi günlük hayatta neredeyse hep yapıyoruz. Süreçte de hangisini yapsak daha iyi, hangi çözüm yolundan ilerlemeliyiz vb. gibi karar verme aşamalarını günlük hayattaki market alışverişlerin de kullanıyoruz. Hangi markanınki iyi almalıyım, hangisi daha uygun ve kullanışlı vb. Yol da giderken bile acaba kestirme bir yoldan mı gitmeliyim gibi durumlar

olunca orada da bir karar veriyoruz. Her karar vermedeki amacımız aynı süreçte bizden istenen kriterlere benziyor. Bunlar daha uygunu, daha ucuzu, daha kullanışlıyı, daha pratiği, daha tasarruflu olanı .Yine örnek vermem gerekirse sınavlara nasıl ne zaman çalışacağımıza, hangi iş yerine gitmem gerektiğine, yemek yaparken neyin yanına ne uyar gibi düşününce, kıyafet seçimi yaparken-kombinlerken gibi her gün her an karar vermekteyiz.

Özetle, öğretmen adayların sürecin başında karar verme esnasında rastgele kararlar alırken, süreç sonunda mantıklı ve sistemli olarak karar aldıkları görülmektedir. Bunun yanında kriterlere daha fazla önem verdikleri görülmektedir. Karar verme ile ilgili ön bilgilerinin iyi olduğu görülmektedir.

4.2.1.2. İkinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları:

İlk odak görüşmesi soru 2: Problemlere uygun çözüm önerilerine karar verirken bireysel olarak hangi yolları izlediniz?

Öğretmen adaylarıyla yapılan ilk odak grup görüşmelerinde sorulan ikinci soruda problemlere uygun çözüm önerilerine karar verirken bireysel olarak hangi yolları izledikleri sorulmuştur. Burada amaç öğretmen adaylarının çözümlere karar verirken ne gibi süreçlerden geçtiğini analiz etmektir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek tablo 16'da sunulmuştur.

Tablo 16

Olası çözüm önerilerine karar vermedeki yollara dair ilk görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Problem	Problemin tespiti	1
Özgünlük	Özgün olmasını sağlamak	1
Sınırlılık/Engel	Kriter/Sınırlılıklara bağlı olmak	2
Araştırma	Araştırma yapmak	3
	Fikir alışverişi	2
Verimlilik	Verimli çözümler	1
	Zaman tasarrufu	1

Öğretmen adaylarının yanıtları analiz edildiğinde, çözümlere karar verirken araştırma ve araştırma (f=3) yanıtları en sık söylenirken, kriter ve sınırlılıklara bağlı kalmak (f=2), verimlilik (f=2), özgünlük (f=1) gibi yanıtlar da dile getirilmiştir. Sürecin henüz başında olunduğu için verilen yanıtlarda adayların çok daha sınırlı düşündükleri göze çarpmaktadır.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö10: Çözüm önerisinde problemi çok iyi belirlemek gerekiyor. Bunun çevresi dahilinde sınırlılıklar da net oluyor. Uygun olmalı, doğal çevreye uygun olmalı, maliyeti uygun olmalı.

Verimli çözümler bulmak… önce problemi çok net tespit etmek ilk sırada, bunun ardından gelen sınırlılıklar, elimizde neler var? Çözüm önerisinin sonraki adımlarda önemi var mı?
Ö8: Aklıma çözüm önerileri geliyordu ama belki yapılmıştır diye düşünüyordum. Özgün olmasına bakıyordum. Araştırma yaptım. Evdekilere sordum problemi. Mantıklı mıdır diye sordum. Bir çözüm önerisi buldum ama arkadaşlarıma bunu açık olarak anlatabilir miyim diye de düşündüm. Arkadaşların bireysel föylerine bakmadım, fikrim değişmesin diye.
Ö3: Arkadaşlarımla önce okudum problemi, araştırma yaptım, arkadaşlarımla konuştum. Kendi fikrimi arkadaşlarımla alışveriş yaparak oluşturdum.
Ö4: Grup toplantısında herkes kendi fikirlerini dile getirdi. Araştırma yaptık. Nerelerde kullanılır? Yabancı sitelerde araştırma yaptım.

Son odak görüşmesi soru 2: Problemlere uygun çözüm önerilerine karar verirken bireysel olarak hangi yolları izlediniz?

Öğretmen adaylarıyla yapılan son odak grup görüşmelerinde sorulan ikinci soruda problemlere uygun çözüm önerilerine karar verirken bireysel olarak hangi yolları izledikleri sorulmuştur. Burada amaç öğretmen adaylarının çözümlere karar verirken ne gibi süreçlerden geçtiğini analiz etmektir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek tablo 17'de sunulmuştur.

Tablo 17

Olası çözüm önerilerine karar vermedeki yollara dair son görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Problem	Problemin tespiti	1
Özgünlük	Özgün olmasını sağlamak	4
Sınırlılık/Engel	Kriter/Sınırlılıklara bağlı olmak	3
Araştırma	Araştırma yapmak (internet)	4
	Fikir alışverişi yapmak	5
	Literatür taraması	1
Verimlilik	Verimli fikirler	1
	Zaman tasarrufu	1
	Fayda sağlamaya yönelik	1
İşlevsellik	Pratik olması	1
	Çalışır olması	2
İnisiyatif alma	İnisiyatif alarak karar verme	4

Öğretmen adaylarının yanıtları analiz edildiğinde, çözümlere karar verirken ilk odak görüşmelerinden farklı olarak pratik olması (f=1), inisiyatif alma (f=4), zaman tasarrufuna dikkat etme (f=1), literatür taraması (f=1), işlevsellik (f=2) gibi fikirler sunmuşlardır. Bir öğretmen adayının görüşüne bakacak olursak: *"Öncelikle problemime yönelik literatür taraması yaptım. Zaten her problem çözümünü ararken başka bir yol ile karşılaşarak onları da*

ayrıca araştırdım. Ayrıca Youtube'dan videolar izledim, bilen kişilere sordum ve problemimizde olan kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde tecrübelerim dahilinde çözüm yolları düşündüm." Şeklinde bir yorumu olmuştur. Aynı öğretmen adayı ile yapılan ilk odak görüşmesinde *"Kısıtlı imkanlar vardı. Araştırmalar yaptık. En kolay ve en az zaman alacak şekilde çözüme karar verdik. Belli kriterler ve sınırlılıklara uyan çözüm ürettik."* Şeklinde görüş sunmuştur. Diğer yanıtlara da bakıldığı zaman öğretmen adaylarının çözümlere karar verirken bazı becerilerinin geliştiği söylenebilir. Özellikle *inisiyatif alma* becerisinin de 21. yüzyıl becerilerinden olması da adayların becerilerine bu sürecin katkı sağladığı söylenebilir.

Yine birkaç aday kriter ve sınırlılıklara dikkat ederek süreçte ilerlediklerini dile getirmişlerdir lakin ilk görüşmelerdeki kriter ve sınırlılık durumları yorumlarından daha spesifik olarak yaklaştıkları görülmüştür.

Özgünlük (f=4) ile ilgili ise bir aday şu şekilde yorumda bulunmuştur: *"Farklı çözüm için gerekli materyaller bir araya gelince estetik durur mu, bütünlük sağlanır mı yoksa çok karışık bir şey mi ortaya çıkar gibi şeyler düşündüm. Özgünlüğün olması için çabaladım, gözüm de canlandırmaya çalıştım, ailemdekilerine böyle bir şey düşündüm şunları yapacağım size mantıklı, güzel geldi mi gibi sorular sordum. Belki farklı bir şey bulmama yardımcı olurlar diye onları da dinledim."*

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö2- Problemlere uygun çözüm önerilerine karar verirken problemi iyice kavrayıp alt başlıklara ayırarak araştırmalar yaptım bu araştırmalarımı genelde internet üzerinden yaptım daha sonra yaptığım araştırmaları toparlayarak grup arkadaşlarımla paylaştım ve grup olarak ortak kararlar aldık.

Ö4-"İnisiyatif alma. Objektif düşünme. Grup üyeleriyle fikir alışverişi yapma. Diğer ekip liderleriyle fikir alışverişi yapma. Hocamızdan yardım alma. İnternette araştırma yapma. Problemin çözümüne uygun belgeseller, videolar izlemek"

Ö10- Bir problemi çözmek için birden fazla çözüm önerisi geliştirilebilir. Ben problemi en iyi şekilde çözebilecek veya sonuçlandırabilecek olan çözüm önerilerini aklımda tasarlamaya çalıştım ve uygulamaya çalıştım. Belirlediğim çözüm önerisinin belirli kriter ve sınırlılıklara uygun olmasına özen gösterdim. Ayrıca takım çalışması olunca iş birliği yaparak çözümleri daha kolay seçebildik.

Özetle, sürecin başlarında olası çözüm önerilerine karar verirken kriter ve sınırlılıklara daha az önem verilirken, sürecin sonunda bu önemin arttığı görülmektedir. Bunun yanında özgünlük vurgusu da sürecin sonuna doğru artmıştır. Özellikle 21. yüzyıl becerilerinden inisiyatif alma becerisine de sürecin sonunda dikkat çekildiği görülmektedir. Buna ek olarak,

diğer adayların görüşlerine de bakıldığında adayların ilk görüşmelerdeki araştırma yapma süreçlerinin son görüşmelerde biraz daha detaylı olduğu görülmektedir. Ayrıca 21. Yüzyıl becerilerinden olan iş birliği becerilerinin de olumlu düzeyde seyrettiği görülebilir. Takım olarak çalışma vurgusu yapan adaylar çözüme daha rahat karar verdiklerini belirtmişlerdir. Araştırma yaparak çözümlere karar verme durumuna ise sürecin sonunda daha çok değinilmiştir.

4.2.1.3. Üçüncü Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları:

İlk odak görüşmesi soru 3: Çözümler bulmak için başvurduğunuz kaynaklar neler?

Öğretmen adaylarıyla yapılan ilk odak grup görüşmelerinde sorulan üçüncü soruda çözümler bulmak için başvurdukları kaynaklar irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 18

Çözümler bulmak için başvurulan kaynaklara dair ilk görüşler

Kategori	Kod	Frekans
İnternet	*Youtube, Google…*	9
Hayal gücü	*Hayal gücü*	1
Bilirkişi	*Bilirkişilere danışarak (Uzman)*	2
Gözlem	*Gözlemlere dayanarak*	3
Bilgi yayınları	*Ansiklopedi*	1
	Makaleler	2
Televizyon	*Televizyon*	1
Geçmiş deneyimler	*Yaşantı/tecrübe*	1

Öğretmen adaylarının probleme çözümler bulmak için başvurdukları kaynaklara bakıldığında, en sık yanıtın internet (f=9) olduğu, internette ise en sık YouTube (f=7) platformunu kullandıklarını dile getirmişlerdir. Birkaç aday ise bilirkişilere (f=2) danışabileceklerini dile getirirken, yaşantıları ve hayal gücünü de kaynak olarak kullandıklarını söyleyen adaylar olmuştur. Bilgi yayını olarak makalelerin kullanımı da (f=2) sıklıktadır.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö3: Youtube. Hayal gücü.

Ö5: İnternet. Youtube. Bilirkişiler. Gözlem.

Ö7: Eski bilgilerimiz. Yaşantılarımız. Makale. Yabancı sitelerden araştırma. Youtube. Çünkü Youtube'da insanlar projelerini tanıtıyor.

Ö8: İnternet. Youtube. Balkona çıkıp gözlem yaptım.

Ö10: İnternet. Makale. Youtube.

Ö9: İnternet. Babam.

Ö2: İnternet. Gözlemler. Bir tv programında bir şeylere denk geldim.

Son odak görüşmesi soru 3: Çözümler bulmak için başvurduğunuz kaynaklar neler?

Öğretmen adaylarıyla yapılan son odak grup görüşmelerinde sorulan üçüncü soruda çözümler bulmak için başvurdukları kaynaklar irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 19

Çözümler bulmak için başvurulan kaynaklara dair son görüşler

Kategori	Kod	Frekans
İnternet	*Youtube, Google, Wikipedia*	5
	Sosyal medya	2
Hayal gücü	*Hayal gücü*	3
Bilirkişi	*Bilirkişilere danışarak(Uzman)*	5
Bilgi yayınları	*Ansiklopedi*	1
	Makaleler	4
Geçmiş deneyimler	*Yaşantılar*	3

Öğretmen adaylarının probleme çözümler bulmak için başvurdukları kaynaklara bakıldığında, ilk görüşmelerde birkaç aday televizyon, ansiklopedi ve gözlem yapma kaynaklarını kullanabileceklerini söylerken son görüşmelere bunlara dair hiçbir görüşlerinin olmaması dikkat çekicidir. Bu bağlamda ansiklopedi ve televizyonun daha sınırlı kaldığını düşünüyor olabilirler. Bir aday ise şöyle söylemiştir: *"Çözümler için birçok kaynağa başvurulabilir. Benim ilk olarak başvuracağım kaynak aynı problemi yaşamış ve çözümüne ulaşmış olan , konu hakkında bilgili ve tecrübeli insanlar oldu . Eğer bu ilk bahsettiğim kaynağa ulaşamadıysam veya yeterli bilgi toplayamadıysam internette yazılan makale ve yazılar ikinci tercihim oldu."* Burada aday, karşılaşılan probleme eş değer bir problemle daha önceden karşılaşmış birinin kaynak olabileceğini dile getirmiştir. Aynı aday ilk görüşmelerinde ise *"İnternet. Makale. Youtube."* yanıtını vermiştir. İlk görüşmede sosyal medya kaynağı söylenmezken son görüşmede sosyal medya (f=2) da dile getirilmiştir. Bir adayın görüşü şu şekildedir: "*Çözüm bulmak için başvurduğum ilk kaynak internet oluyordu daha sonra aile bireylerim ve sosyal medya"* Süreç içerisinde ekipler gerçekleştirdikleri tasarımları instagram üzerinden birer hesap açarak sundukları için, sosyal medyanın da bilgi kaynağı olarak kullanılabileceğini düşünmüş olmaları olağandır.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö5 İnternet, bilen (konuyla ilgili) kişiler ve tecrübelerim bana bu süreçte kaynak oldular.

Ö3- Arkadaşlarıma danışmak. İnternet araştırması yapmak. Geçmiş deneyimlerini düşünmek.

Ö7- Genel olarak blog tarzında siteler, makaleler ve youtube videoları.

Ö9- Wikipedia, youtube ve daha farklı siteler.

Özetle, sürecin başında çözümler bulmak için başvurulan kaynaklar daha sınırlı iken, özellikle bilirkişiye(uzman) danışma durumu dikkat çekici ölçüde son görüşmelerde daha sık vurgulanmıştır. Buna ek olarak yaşantıları kaynak edinme durumunun da son görüşmelerde daha çok değinilmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanma konusunda gelişimlerinin olumlu yönde olduğu gözükmektedir. Ayrıca hayal gücüne de vurgunun arttığı görülmektedir.

4.2.1.4. Dördüncü Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları:

İlk odak görüşmesi soru 4: En iyi çözüme karar verirken nelere dikkat ettiniz?

Öğretmen adaylarıyla yapılan ilk odak grup görüşmelerinde sorulan dördüncü soruda olası en iyi çözüme karar verilirken nelere dikkat ettikleri irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 20

En iyi çözüme karar verirken dikkat edilenlere dair ilk görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Kriterler	Kriterlere dikkat edilmesi	4
Problemle örtüşmesi	Problemi tam olarak karşılaması	3
Bütçe hesabı	Hesaplı olması durumu	2
İşlevsellik	Yapılabilirlik ve kullanılabilirlik	2
Özgünlük	Başka yerde olmaması durumu	1

Öğretmen adaylarının en iyi çözüme karar verirken dikkat ettikleri unsurlara baktığımız zaman en yüksek oranda verilen yanıt kriter ve sınırlılıklar (f=4) olmuştur. Buna dikkat edilme sebebi ilk tasarım görevleri verilirken kriter ve sınırlılıkların üzerinde daha çok durulması olarak düşünülebilir. Problemi tam olarak karşılama durumu (f=3) sıklıktadır. Burada bahsettikleri durum probleme uygun bir çözüm önerisi olup olmadığıdır. Birkaç aday ise çözüm önerisinin yapılabilirlik (f=2) durumuna dikkat çekerken, maliyet (f=2) unsuruna dikkat ettiklerini söyleyen adaylar olmuştur. Özgünlük (f=1) durumuna dikkat çeken bir aday ise şöyle söylemiştir: *"Biz daha çok bir yerde bulunmamasına ve uygulanabilirliğine dikkat ettik. Birçok kez fikrimiz de değişti."*

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö10: Öncelikle problemi çözüm önerisi ne derecede karşılıyor.

Ö7: Öncelikle en çok hangisi bizim problemimizi karşılıyor buna baktık.

Ö5: Kriter sınırlılık. Maliyet. Problemi karşılamasına baktık. Uygulanabilirlik.

Ö8: Mesela her kriteri sağlıyor ama yine de uygun değil, kafama yatmıyor. Kriter ne kadar artı da olsa uygun değil mesela. Onun üzerinde fazla durmadık. Başka çözümlere baktık.

Ö9: Herkesin fikrini aynı tabloda topladım. Artı eksi olarak.

Son odak görüşmesi soru 4: En iyi çözüme karar verirken nelere dikkat ettiniz?

Öğretmen adaylarıyla yapılan son odak grup görüşmelerinde sorulan dördüncü soruda olası en iyi çözüme karar verilirken nelere dikkat ettikleri irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 21

En iyi çözüme karar verirken dikkat edilenlere dair son görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Kriterler	Kriterlere dikkat edilmesi	7
Problemle örtüşmesi	Problemi tam olarak karşılaması	4
Bütçe hesabı	Hesaplı olması	5
İşlevsellik	Yapılabilirlik ve kullanılabilirlik	4
	Birden fazla özelliği barındırması	1
İş birliği-iletişim	İş paylaşımı yapılması	2
Özgünlük	Önceden yapılmamış olması	1

Öğretmen adaylarının en iyi çözüme karar verirken dikkat ettikleri unsurlara baktığımız zaman bazı adayların ilk görüşmede hiç bahsi geçmeyen iş birliği (f=4) faktörüne değindiği göze çarpmaktadır. Bir aday şöyle söylemiştir: "*Birbirimizin fikirlerine özen ve saygı gösterdik."* Bir diğer aday ise *"Öncelikle belirlediğimiz kriterlere dikkat ettim daha sonra grup arkadaşlarımın fikrini aldım onların da çözüm önerilerini dinleyerek ortak bir paydada buluştuk."* şeklinde bir yorum yapmıştır. Yine ilk görüşmede de olduğu gibi kriter ve sınırlılıklara dikkat edildiği (f=7) sıklıkla dile getirilirken, bütçe hesabı (f=5) ve işlevsellik de (f=5) sıklıkla söylenmiştir.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur.

Ö5: Belirlenen sınırlılık ve kriterler çerçevesinde belirledim. Örneğin sınırlılığımız maliyet ise uygun bütçeli bir çözüm önerisine karar verdim. Ayrıca bu noktada arkadaşlarımla da fikir alışverişinde bulunarak ortak kararlar verdik.

Ö8: Özgün olunmasına, fiyatına, kriterlerimi sağlayabilmesine, estetik durmasına, somut olarak yapılabilirliğine, birden fazla özelliğe sahip olabilmesine, grubun genelinin de anlayacağı bir şey olmasına, çizim ve prototip de bizi zorlamayacağına dikkat etmeye çalıştım

Ö9: Hangisinin ihtiyacımızı tam anlamıyla karşılayacağına, malzemelerine kolay ulaşılabilmesine, kolay yapılmasına, bütçesinin uygun olmasına, dayanıklı olmasına, ergonomik olmasına yani kısacası hangi probleme çözüm arıyorsak o problemi tam anlamıyla karşılayacak önerilere öncelik verdim.

Ö10: Bu süreçte bize verilen problemleri çözmek tek başına yeterli değildi. Verilen problemleri istendik şekilde çözüme ulaştırmak hedef noktalardan biriydi. Ve problemleri istendik şekilde çözmemiz için bazı kriterler ve sınırlılıklara sahiptik. Probleme dair çözüm önerilerimizi

belirlenmiş kriterlere ve sınırlılıklara göre belirledik. Haliyle birden fazla kriter ve sınırlılıklara uyan çözüm önerilerimiz oldu. Bu çözüm önerileri içerisinden de bir karar verip öneri seçmek gerekiyordu. Bu kararı diğer aşamaları ve diğer gruptaki arkadaşları zor durumda bırakmayacak şekilde seçmeye özen gösterdim. Pandemi koşulları dahilinde hem proje için hem de maket yapımı için en uygun öneriyi seçme konusunda özen göstermeye çalıştım.

Özetle, en iyi çözüme karar verirken sürecin başında maliyet hesabına daha az dikkat çekerlerken, sürecin sonunda bunda artış olduğu görülmektedir. Bunun yanında işlevsellik kategorisinden olan yapılabilirlik ve kullanılabilirlik faktöründe de artış olduğu görülmektedir.

4.2.1.5. Beşinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları

İlk odak görüşmesi soru 5: MTTFÖ uygulamasında ne gibi sorunlarla karşılaştınız?

Öğretmen adaylarıyla yapılan ilk odak grup görüşmelerinde sorulan beşinci soruda MTTFÖ sürecinde karşılaştıkları sorunlar irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 22

Uygulamada yaşanan zorluklara dair ilk görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Zaman	Sınavlardan dolayı zaman ayıramamak	1
	Mesafelerden dolayı zaman ayarlayamamak	3
Yetersiz bilgisayar bilgisi	Çizim uygulamalarını kullanmada yetersizlik	2
Pandemi	Pandemiden dolayı kısıtlamalar	5
Grup ilişkileri	Üyelerin anlaşamamaması	2
	İş bölümünde adaletsizlik	1
	Üyelerin birbirini tanımaması	2
	Ortak fikir sunmada zorluk	2
	Çekimser kalan üyeler	3
	Kişi sayısının çok olması	2
	İletişimsizlik durumu	2

Uygulamada yaşanan zorluklara dair ilk görüşlere bakıldığı zaman, en büyük sıklık oranı (f=14) ile grup ilişkileridir. En az sıklık oranı ise (f=1) ile yetersiz bilgisayar bilgisidir. Ekip üyelerinin anlaşamaması durumu (f=2) sıklıkla, iş bölümünde adaletsizlik (f=1) sıklıkla, üyelerin birbirini tanımaması durumu (f=2) sıklıkla söylenmiştir. Bununla ilgili olarak bir adayın görüşüne bakacak olursak: "*Beni zorlayan şeylerden birisi, grupta üst dönemlerden kişilerin olması, farklı derslerin olması, herkesin iş yükünün farklı olması. Grupla anlaşma zor olabiliyor. Görev dağılımında gönüllülük esas almıştık ama sonradan kura çektik çünkü çekimserler oldu."* Söyleminden de görüldüğü gibi her üyenin birbirini tanıyamadan bir araya

gelmesinin grupta anlaşmazlığa sebep olabildiği ve fikirleri dile getirmede çekimser kalınabildiği dikkat çekmektedir. Zaman faktörü de (f=4) sıklıkla dile gelmiştir. Mesafelerden dolayı (f=3) (Farklı şehirlerde olanlar) bir araya gelebilmenin zor olması ve buna zaman kalmaması, sınav hazırlıklarından dolayı (KPSS vs.) (f=1) zaman ayıramamak gibi söylemler olmuştur.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö3: Pandemi. Dışarı çıkamamak. Buluşamadığımız için tasarımı belli kişiler yüklendi. Çok kişi olmak zorladı. Herkesle ayrı ayrı uğraşmak zorladı.

Ö8: Özelden çok konuştum üyelerle. Zaman problemi. Çekimser kalanlar. Tanımadığımız kişilerle grup oluşturunca arkadaşların özelliklerini bilmemek.

Ö10: Çok işi olmak aslında iş yükünü hafifletti ama bazı sorunlara da yol açtı. Arkadaşların ders yükleri çok fazla olabiliyor, buna göre toplantı oluşturmak çok zor ve karmaşık hale geliyor.

Ö7: Pandemi. Zaman kısıtı. Çekimser kalanlar çok oluyor grupta. İletişimde zorluk. Tanımadığımız insanlarla grup olmak zorlaştırdı.

Son odak görüşmesi soru 5: MTTFÖ uygulamasında ne gibi sorunlarla karşılaştınız?

Öğretmen adaylarıyla yapılan son odak grup görüşmelerinde sorulan beşinci soruda MTTFÖ sürecinde karşılaştıkları sorunlar irdelenmek istenmiştir. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 23

Uygulamada yaşanan zorluklara dair son görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Zaman	Sınavlardan dolayı zaman ayıramamak	1
	Mesafelerden dolayı zaman ayarlayamamak	2
Malzeme temini	Malzeme almaktaki zorluklar	2
Pandemi	Pandemiden dolayı kısıtlamalar	4
Grup ilişkileri	Üyelerin anlaşamaması	2
	İş bölümünde adaletsizlik	1
	Sorumluluk almayan kişiler	2
	Ortak fikir sunmada zorluk	2
	Süreci anlamayan kişiler	1
	Kişi sayısının çok olması	1
	İletişimsizlik durumu	2

Uygulamada yaşanan zorluklara dair ilk görüşlere bakıldığı zaman, ilk görüşmede çekimser üyeler (f=3) sıklıkta iken son görüşmede buna değinilmemiştir. Pandemi ilk görüşmede (f=5) sıklıkta iken son görüşmede (f=4) sıklıktadır. Yetersiz bilgisayar bilgisi ilk

görüşmede (f=1) sıklıkla söylenirken son görüşmede buna da değinilmemiştir. Bir adayın görüşüne bakacak olursak: *"Pandemi sürecinde olmamız nedeniyle uzaktan nasıl çalışma yürütebileceğimiz konusunda tedirgindim. Fakat ekibimizle bu süreci güzel yönetebildiğimizi düşünüyorum. Ayrıca dijital anlamda çizim nasıl yapılacağını bilmediğim için kendimi yetersiz hissetmiştim. Ama sonrasında bu problemin üstesinden gelerek kendimi geliştirdiğimi düşünüyorum."* Söyleminde ilk görüşmedeki olumsuz durumların olumluya döndüğü görülmektedir. İlk görüşmede (f=2) sıklıkla sile getirilen "Üyelerin birbirini tanımaması" durumu da son görüşmede dile getirilmemiştir. Bu da süreç içerisinde üyelerin kaynaşmış olduklarını bize göstermektedir. İlk görüşmede değinilmeyen "Süreci anlamayan kişiler" durumu da son görüşmede değinildiği gözükmektedir. Bir adayın söylemine bakacak olursak: *"Grup üyelerin içerisinde çalışan arkadaşlarımız olduğu için İletişim de sıkıntı yaşadım. Fazla yumuşak davranmış olmamda grupta bazı kişilerin sorumluluklarını geç yerine getirdi. Süreci iyi anlamayan arkadaşlarımızın süreci tekrar tekrar anlatmam gibi sorunlarla karşılaştım."* Söyleminde ekip lideri bu aday üyelerden sorumlulukları yerine getirmeyenlerin olduğundan bahsetmiştir. Toplamda sorumluluk almayan kişiler sıklığı ise (f=2)'dir.

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö5: Pandemi başlı başına bir sorundu ve birbirimizle yüz yüze etkileşim sağlayamadığımız için iletişimlerimizde zaman zaman kopukluklar oldu. Grubumuzda gönüllü olarak görev almak isteyen arkadaşlarımız çok nadir oluyordu bazı görevler dolarken bazı görevler boşta kalıyordu bunu giderebilmek için ilk tasarımdan sonra kura çekerek görev dağılımı yapmaya başladık. Pandemide tam kapanma yaşadığımız için malzeme temininde zorlandığımız zamanlar oldu. Son olaraksa büyük tasarımı tek bir kişi yapmak zorunda kaldığı için tasarımı yapan kişiye çok fazla iş yükü düştü.

Ö7: Çözüm önerilerine karar verdikten sonra çizim ve prototip aşamasın da uygun olmadığını fark edip tekrar tekrar karar değiştirdik alternatifler üretmeye çalıştık. Grup da bazı sorular sorduğumuz da ya da sizce yapalım mı farklı bir düşünceniz var mı gibi sorular da sessiz kalınması sorun oldu. Bu süreç sürekli belli bir kişilerin fikir üretip diğerlerinin sadece onaylayacağı bir süreç değil bence. Konunun üzerinde iyice tartışılıp baştayken iyi -kötü yanlarının belirlenmesi lazım. Uygulamaya geçildiğindeki o karar değişikliğin sebebi bu olabilir. Zaman olarak herkesin uymaması gibi sorunlar da olabiliyor. O dengeyi ayarlayabilmek biraz zorladı. Sürekli her grupla iletişim halinde olunması lazım ki o denge kurulabilsin.

Ö8: Karar verme konusunda bazen çok zorlandım özellikle sürecimizin ilk başlarında. Görev dağılımı konusunda zorlandım çünkü pandemi döneminde kimse yan yana gelerek bir ürün ortaya çıkarmak istemiyordu.

Ö10: "MTTFÖ sürecinde grupça ve bireysel olarak karşılaştığımız sorunlar olarak ikiye ayırabiliriz. Ancak sorunların en başında zorlu pandemi koşulları geliyordu . Her projede 2 mini tasarım ve ana projenin maketinin yapılması gerekliliği ve grupça toplanılması gerektiğinden risk teşkil ediyordu. Yapım ekibinde yer alan biri olarak bu durumu rahatça dile getirebilirim.

Özetle, takım olarak hareket etme gerektiren MTTFÖ sürecinde öğretmen adaylarının en çok zorluk yaşadığı hususlardan birisi grup içi iletişim sorunları olduğu görülmektedir. Süreç sonunda da bu durumda göze çarpan bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının en zorlandıkları diğer kısımlar ise zaman konusudur. Buna ek olarak, pandeminin de bir dezavantaj olduğunu sürekli dile getirmişlerdir.Dikkat çeken hususlardan birisi sürecin başlarında öğretmen adayları yetersiz bilgisayar bilgisi (çizim programları kullanımı) olduğu ve sürecin sonunda buna hiç değinilmediğidir.

4.2.1.6. Altıncı Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları:

İlk odak görüşmesi soru 6: MTTFÖ süreci karar vermenizi nasıl etkiledi?

Öğretmen adaylarıyla yapılan ilk odak grup görüşmelerinde sorulan altıncı soruda MTTFÖ sürecinin karar verme durumlarını nasıl etkiledikleri sorulmuştur. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 24

Sürecin karar vermeyi nasıl etkilediğine dair ilk görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Düşünmek	Analitik düşünmeyi sağlaması	1
	Sakin düşünmek	1
İş birliği yapmak	Fikir alışverişi yapmak	3
	Birilerine danışmak	2
Etkisiz durum	Değişiklik görülmemesi	4

Sürecin karar vermeyi nasıl etkilediğine dair ilk görüşlere bakıldığında, en büyük sıklık (f=6) ile iş birliği kategorisi olarak görülmektedir. Burada (f=3) sıklıkla fikir alışverişi yapmak söylemi yer alırken, (f=2) sıklıkla birilerine danışmak söylemi yer almaktadır. Bunu takip eden (f=4) sıklıkla etkisiz kategorisi yani değişiklik görülmemesi durumu ve en az sıklıkla da (f=2) düşünme kategorisidir. Burada analitik düşünmeyi sağlaması (f=1) dikkat çekicidir. Bunu söyleyen adayın söylemine bakacak olursak: *"Önceden kararsız bir insandım, iki seçenek varsa*

ikisinden de vazgeçerdim ama şuan karar vereceğim şeyi analitik olarak düşünebiliyorum. İyi kötü yanlarını tartarak karar verebiliyorum. Karar verme becerim oluştu diyebilirim."

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö8: İyi yönde etkiledi. Önceden karar verirken çok kişiye danışıyordum. Şimdi kendim karar verebiliyorum. İlk formda liderlik istiyor musunuz demiştiniz onu en düşük söylemiştim ama sonra lider oldum. Süreç bana bir şeyler kattı. Aslında bir bütün olarak düşündüğümüz için daha çok katkısı oldu. Takım çalışmaları etkili oldu. Fikir alışverişleri.

Ö10: Ben şöyle söyleyeyim. Çok etkilenmedim. Gerek dersler olsun gerek proje yaparken toplanmamız, tartışma ortamı olması, farklı fikirlerin olması karar vermeyi etkiledi aslında. Daha iyi kararlar nasıl alınır bunla ilgili etkisi oldu. Karar verme mekanizmasının gelişeceğine çok inanan biri değilim. Karar verme mekanizması insanın kendi özünde olan bir şey. Ne yaparsak karar verme becerisi gelişir? Cevap veremiyorum.

Ö6: Önceden bir şeye karar vermem gerektiği zaman kimseye danışmıyordum kendim kararlarımı alıyordum. Şu anda danışıyorum.

Ö4: Ben normalde danışmadan ve acele ile karar veren bir insanım ama bu süreçte herkese danışıyorum, fikirlerini alıyorum ve daha çabuk karar veriyorum. Aceleyle karar vermek yerine daha sakin doğru kararlar veriyorum.

Ö2: Beni çok etkilediğini düşünmüyorum. Değişen bir şey olmadı benim için.

Ö5: Sonuçta daha yolun başındayız, karar vermemde bir değişiklik olduğunu düşünmüyorum. Grupla karar vermeyi daha çok pekiştirdiğimizi düşünüyorum.

Son odak görüşmesi soru 6: MTTFÖ süreci karar vermenizi nasıl etkiledi?

Öğretmen adaylarıyla yapılan son odak grup görüşmelerinde sorulan altıncı soruda MTTFÖ sürecinin karar verme durumlarını nasıl etkiledikleri sorulmuştur. Öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlardan kategorize edilerek sunulmuştur.

Tablo 25

Sürecin karar vermeyi nasıl etkilediğine dair son görüşler

Kategori	Kod	Frekans
İş birliği yapmak	Fikir alışverişi yapmak	4
	Birilerine danışmak	3
	Çoğunluktan onay almak	1
Sistematik hareket	Planlama yapmak	3
	Olumlu-olumsuz yönleri ele almak	1
Doğru-mantıklı hareket	Doğru karar vermek	2
	Daha kolay karar almak	1
Tecrübe	Tecrübe kazanarak kolay karar almak	2
Etkisiz durum	Değişiklik görülmemesi	1

Öğretmen adayları karar verme durumları için MTTFÖ sürecinin en büyük sıklıkla (f=8) iş birliği yapmak olarak etkilediğini söylemişlerdir. İlk görüşmede iş birliği yapmak sıklığı (f=6) olarak tespit edilmişti. 21. yüzyıl becerilerinden biri olan iş birliği yapmak becerisine öğretmen adaylarının dikkat çekmesi oldukça önemlidir. Bunu takip eden ise (f=4) sıklıkla sistematik hareket etmek kategorisidir. Bir öğretmen adayının bu hususa karşılık gelecek söylemine bakacak olursak: *"Bir şeye karar verirken daha objektif ve olumlu-olumsuz yönleri ele almayı göz önünde bulunduruyorum."*

Burada adaylar planlama yapmak ve sürecin olumlu-olumsuz yönlerini ele almak durumlarına dikkat çekmişlerdir. İlk görüşmelerdeki analitik düşünme (f=1) durumuna benzer bir durum olarak ele alınabilecek sistematik hareket durumu da adayların becerilerinde olan değişimleri de göz önünde bulundurarak artmış olması olağandır. Sürecin olumsuz yönü olarak değerlendirilebilecek en düşük sıklığa karşılık gelen (f=1) sıklıkla ise karar verme sürecinde bir değişiklik olmadığı söyleminde bulunan aday da olmuştur. Adayın söylemine bakacak olursak: *"Ben etkilediğini düşünmüyorum. Çünkü bundan önce de karar verme basamaklarım aynıydı hala aynı. Daha önce de arkadaşlarımın ve çevremin fikirlerine önem veriyordum hala veriyorum."*

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö5- Eskiden kendi kararlarımı her zaman kendim verirdim. Ama bir grup çalışması içinde olduğumuz için kararlarımızı ortak almak gerekiyordu. Örneğin bir çözüm önerisi kafama yatıyorsa önce bunu grup arkadaşlarımla paylaşmalı ve çoğunluktan onay almalıydım. Onun dışında bu süreçte daha düşünerek karar verdiğimi düşünüyorum.

Ö3- Olumlu etkiledi, grup çalışması sunum yapma özelliklerimi geliştirdi liderlik özelliğimi geliştirdi. Öz güvenimi arttırdı. Yeni arkadaş edinmeme yardımcı oldu.

Ö4- Açıkçası çok kararsız bir insanım. Kararımı çabuk değiştiririm. Ancak bu süreçte ekiple beraber yürüttüğümüz için karar vermem daha da kolaylaştı. Günlük hayatta da olumlu etkileri oldu. Ayrıca plan yapmanın önemini kavramış oldum.

Ö8- Karar vermemi her süreç bir önceki sürecin tecrübesine dayanarak etkiledi. Mesela 3.tasarım sürecinde daha "tecrübeli" olduğum için daha kontrollü karar vermemi sağladı. Süreç dışındaki normal hayatta çok etkiledi mi ben de bilmiyorum, net bir şey söyleyemem. Bu sürecin karar vermeyi etkileyecekse bunun da tekrarlanan bir süreç olması ve tecrübe kazandırmasına bağlıyorum. Belki de yanılıyorumdur bu konuda ama düşüncem bu yönde.

Özetle, sürecin öğretmen adaylarının karar vermelerini geliştirdiği görülmektedir. Sürecin sonunda, daha sistemli, planlı hareket ederek karar aldıklarına dair vurgu yapılmıştır. Bunun yanında, sürecin sonunda iş birliğine daha çok önem verdikleri görülmüştür. Süreçte

tecrübe kazandıklarından dolayı karar sürecinde daha rahat olduklarını söyleyen adaylar da olmuştur.

4. Araştırma problemi: MTTFÖ ile STEM arasındaki ilişkilere dair öğretmen adaylarının görüşleri nelerdir?

4.2.1.7. Yedinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları:

Son odak görüşmesi soru 7: MTTFÖ fen bilimleri dersine entegre edilebilir mi? Neler söylersiniz?

Söylemlere dair ifadelerin kodları Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26

MTTFÖ'nin fen bilimleri dersine entegre edilmesi görüşleri

Kategori	Kod	Frekans
Edilebilir	Tasarım süreci geliştirmek	3
	Dersleri bütünleştirmek	3
	Zevkli bir ortam yaratmak	2
	Probleme çözüm buldurmak	2
	Çok yönlü gelişme sağlar	2
	Günlük yaşam bağlantıları sağlar	1
Kısıtlı edilebilir	Bazı ünitelerde etkinlik tasarımı zorluğu	1
	Değerlendirmede bir zorluk	1
Zor edilebilir	Zaman ve bütçe kısıtlılığı	2

Öğretmen adaylarının MTTFÖ'nin fen bilimleri dersine entegre edilmesine dair görüşlerine bakıldığı zaman en büyük sıklıkla (f=13) entegre edilebilir söylemi tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarından bunu detaylandırmaları istendiğinde ise, tasarım süreci geliştirerek entegre edilmesinin yararlı olabileceği (f=3), farklı dersleri veya üniteleri bütünleştirerek entegre edilmesinin yararlı olabileceği (f=3), zevkli bir öğrenme ortamı yaratarak entegre edilmesinin yararlı olabileceği (f=2) de başlıca söylemler arasındadır. Bir öğretmen adayının söylemine bakacak olursak: *"Evet edilebilir. Mühendislik, bilimsel ve matematiksel teori ve günlük yaşamımızda kullandığımız teknoloji arasında bir bağlantı sağlayarak sosyal ihtiyaçların karşılanması amacı ile bilimin ilkelerini ve matematiğin temellerini bütünleştirir. Öğretme ve öğrenme için fen, teknoloji, mühendislik ve matematik içeriğini ve becerilerini bütünleştirilmeli. Karar verirken fenden de ayrıca yararlanılır. Öğretmenler derse entegre edebilmek için ise bizim yaptığımız tarzda etkinlikler yapmalı ve öğrencilerin bu fikirlerini, etkinliklerini paylaşacağı ortamlar oluşturulmalı."*

Buna karşın, edilebilir lakin daha kısıtlı edilebilir diyenlerin sıklığı da (f=2)'dir. Bu adayla bazı ünitelerin MTTFÖ uygulaması için etkinlik oluşturmada yetersiz veya zor olabileceğini söylemişlerdir. Bir adayın söylemine bakacak olursak: *"Kısıtlı olarak entegre*

edebiliriz. Fizik konularında daha rahat kullanılabilirken biyoloji ve kimya konularında daha kısıtlı entegre edilebilir. Belki fen konularımız daha günlük hayata yönelik olursa her alanda daha kolay uygulanabilir bir fen öğretimi olur. Bu sayede biyoloji ve kimya alanları da daha aktif kullanılarak MTTFÖ süreci oluşturulabiliriz."

Entegre edilmesi zor (f=2) diyen adaylar ise zaman ve bütçe sıkıntısını dile getirmişlerdir. Sürecin uzun zaman almasının ders saatine sığmayacağı ve/veya öğretim programında kalan diğer konuların gecikme durumu olabileceğine dikkat çekmişlerdir. Aynı zamanda tasarım süreçlerinde bir ürün oluşturulurken bunların bir bütçeye de tabii olacağından ötürü bütçe sıkıntısından dolayı da entegre edilmesinin mümkün olamayabileceğini ifade etmişlerdir. Bir adayın söylemine bakacak olursak: *"Biraz zordur. Çünkü, ders saati ve öğrenci maddi durumu gibi konulardan dolayı zordur. Ayrıca uzun zaman alınca diğer haftaların konuları yetişmeme durumu olabilir gibi şeyler de olur. Yani bence zor."*

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö2- Evet edilebilir ve bence edilmeli de, MTTFÖ'nin öğrencilerin çok yönlü gelişmesini sağladığını düşünüyorum. Sadece bu yöntem yüz yüze ve kısıtlı değil de uzun zamanda yapılmalı aynı zamanda mümkün olduğunca öğrencilerin somut şeyler çıkarmasına olanak sağlanmalı. Fakat bunu yaparken öğrencileri sıkmamalı ve zorlamamalıyız. Onlara bunu sevdirmeliyiz ki bir şeyler katabilelim.

Ö8- Edilebilir. Öğrenciler problemi belirleyerek, takım çalışması yaparak ,tıpkı 5E keşfetme bölümündeki gibi kendileri yaparak yaşayarak bilgiye ulaşabilirler. Hem bilgiye kendileri emek vererek ulaştıkları için unutma ,ezberleme gibi bir şey söz konusu olmaz hem de 21.yy becerileri dediğimiz becerileri küçük yaş da yavaş yavaş kazanabilirler. Belki yıllardır kendini keşfedemediği için, kendi becerilerinin farkında bile olmadığı için doğru bir meslek tercihi gibi birçok şey de eksik kalan bir nesilden farklı ve iyi olurlar. Konuları da günlük hayatla ilişkilendirmede iyi olabileceklerini düşünüyorum. Kendini keşfetmiş, becerilere sahip bir bireyin bunlara bağlı olarak da doğru karar verme becerisine sahip olup iyi bir hayat sürebileceğini düşünüyorum.

Ö9- Evet edilebilir. MTTFÖ'nin içerisinde barındırdığı beceriler öğrencilerin erken yaşta farklı yeteneklerinin ortaya çıkmasını ve kendilerini keşfetmesine olanak sağlayacağını düşünüyorum. Böylece meslek seçimlerinde de ışık tutacak ve öğrencilerin erkenden ilgi duydukları alana yönlendirilmesini sağlayacaktır.

Ö10- MTTFÖ fen bilimleri dersine entegre edilmeli . Bu işlemin gerçekleşmesi ; öğrencilerin problemlerle başa çıkma , el işi becerileri , yaratıcılık gibi pek çok farklı noktada gelişimlerine destek olacaktır. Ancak gerçekçi bir şekilde olaya yaklaşırsam MTTFÖ nün fen bilimleri

dersine entegre edilmesi zor bir ihtimal olarak gözüküyor . MTTFÖ nün fen bilimleri dersine entegre edilmesi için öğretmenin uyguladıkları programlara kadar çok kapsamlı ve detaylı çalışma ve hazırlanma süreci içine girilmesi gerektiğini düşünüyorum . Böyle bir durumun olma ihtimalini ise zayıf görüyorum.

5. Araşttırma problemi: MTTFÖ ile STEM arasındaki ilişkilere dair öğretmen adaylarının görüşleri nelerdir?

4.2.1.8. Sekizinci Odak Grup Görüşmesi Sorusu Bulguları:

Son odak görüşmesi soru 8: MTTFÖ süreci ve STEM arasında ne gibi ilişki vardır?

Tablo 27

MTTFÖ ile STEM arasındaki ilişkilere dair görüşler

Kategori	Kod	Frekans
Farklılık yoktur	STEM boyutlarını içerir	4
	Dersleri bütünleştirir	3
	Proje tabanlıdırlar	3
	Probleme çözüm buldururlar	2
	Ezbercilikten uzaktırlar	1
	Öğrenmeyi somutlaştırırlar	1
	21. Yüzyıl becerilerine katkı	1
Farklılık vardır	STEM daha karmaşıktır	1
	MTTFÖ daha derin kapsamdadır	1
	STEM daha çok bütçe gerektirir	2
	STEM daha geniş alanda kullanılır	1

Öğretmen adaylarına yöneltilen "MTTFÖ süreci ve STEM arasında ne gibi farklılık vardır? Nasıl bir ilişki bulunmaktadır?" Sorusuna yanıt olarak adayların büyük oranı farklılık olmadığını, benzer olduğunu dile getirmişlerdir. Farklılık yoktur kategorisinde adaylar, MTTFÖ ile STEM'i karşılaştırdıklarında MTTFÖ'nin de STEM boyutlarını ayrı ayrı içeren bir yaklaşım olduğunu söylemişlerdir (f=4). Proje tabanlı olduğunu (f=3) aday dile getirmiştir. Bunun yanında iki yaklaşımın da dersleri bütünleştirdiğini (f=3) dile getirmişlerdir. Farklılık vardır kategorisinde ise, STEM'in MTTFÖ'ne kıyasla daha karmaşık olduğu ve bunun yanı sıra daha maliyetli (f=2) olduğuna dair söylemler olmuştur. Bu adayın söylemine bakacak olursak: *"MTTFÖ süreci daha çok basit malzemelerle yapılabilir. STEM biraz daha karmaşık ve biraz pahalı malzemeler kullanılıyor olabilir. Ancak ikisi de amacı Fen Bilimlerini öğrencilere doğru ve günlük hayatta uygulanabilir şekilde aktarmayı hedeflemektedir."* Bu adaya daha sonra "Neden daha pahalı olduğunu düşünüyorsun?" sorusu yöneltildiğinde, önceki deneyimlerini baz alarak STEM atölyelerinde robotik kodlama, maker ve bunun gibi maliyetli etkinlik setleri olduğunu dile getirmiştir. Mühendislik uygulamalarının ise süreçte de deneyimlediği üzere daha ulaşılabilir, daha uygun bütçeli malzemelerle tasarlandığını söylemiştir. Bir aday ise

MTTFÖ'nin daha derinlemesine bir süreç içerdiğini dile getirmiştir. Adayın söylemine bakacak olursak: *"MTTFÖ fen öğretimini kapsayıp derine inerken STEM fen matematik müzik gibi birçok alanı kapsar. STEM parçayı bütün olarak görmemizi sağlar MTTFÖ ise tek bir alanda birçok beceri kullanabilmemizi sağlar."*

Aşağıda öğretmen adaylarından bazıları ile yapılan diyaloglar sunulmuştur:

Ö5- STEM, öğrencilere problemlere disiplinler arası bakış açısıyla bakmayı, bilgi ve beceri kazandırmayı hedefleyen, öğrencilerin 21. yüzyıl gelişmelerine hazırlanmasını ve çağın gerektirdiği becerilerinin kazandırılmasını sağlar. Ayrıca öğrencilerin Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerinde uzmanlaşmalarına fırsatlar sağlaması açısından önemlidir. STEM dersleri mühendislik tasarım süreci tarafından yönlendirilir. Bu süreç, öğrencilerin bir problemi tanıyıp, çözümler üretmesine olanak sağlar. Ama mühendislik tasarım sürecinde öğrenciler gruplarında kendi araştırma odaklı fikirlerini deniyor, farklı yaklaşımlar uyguluyor, hata yapıyor, hatalarını kabul edip bunlardan ve öğreniyor ve tekrar deniyor. Onların odak noktası çözümler üretmektir. Aslında her ikisi de aşırı derece de benzer çünkü ikisinde de problemlere yönelik çözüm önerileri bulunuyor ve yaratıcılık ve karar verme yetenekleri ile çözüm önerilerini birleştiriyor.

Ö7- STEM MTTFÖ'e göre daha çok alanda kullanılabilir. Aralarında ise kişiye bilgileri günlük hayattan problemler ile öğretmesi olabilir. Öğrenmeyi somutlaştırmak da bir ilişkidir. Süreç olarak da öğrencilerin rolü çeşitli kaynaklardan ve alanlardan çözüm bulması benzerlik gösterebilir.

Ö10- Aslında , MTTFÖ ve STEM arasında ayırt edici farklar olduğunu düşünmüyorum. Aksine MTTFÖ ve STEM in birbirine benzediğini düşünüyorum . STEM deki E harfi Engineering yani Mühendislik alanını temsil ediyor. Bu durum mühendislik uygulamalarının MTTFÖ de olduğu gibi STEM de de kullanıldığı anlamına gelmektedir. Ayrıca her ikisi de ezberci yaklaşımdan uzak süreçlerdir. Yine benzer şekilde öğrencilerin problem çözme tekniklerinin gelişmesi, yaratıcılık, merak ve araştırma gibi becerilerin olumlu gelişimine her iki süreçte katkı sağlar.

5. BÖLÜM
TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu bölümde, araştırmanın ana problemlerinden karar verme becerisi ve mühendislik ve tasarım becerilerine dair tartışma ve sonuç yer almaktadır.

5.1. Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretiminin Karar Verme Becerisine ve Karar Verme Sürecine Etkisi ile İlgili Tartışma ve Sonuç

Karar verme becerisi mühendislik tasarım süreci için çok önemli bir beceridir (Chabalengula ve Mumba, 2017; NGSS, 2013; NRC, 2012). Güçray (2001) karar vermeyi, bir ihtiyaç durumunda bu ihtiyacı karşılamak amacıyla ulaşılmak istenen amaçların belirlenmesini, gerekli bilgilerin toplanması ve bu bilgilerin değerlendirilerek seçeneklerin oluşturulması ve seçeneklerden duruma en uygun olanın seçilmesi olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmadaki araştırma problemlerinden birisi olan mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin fen bilimleri öğretmeni adaylarının karar verme becerini etkileyip etkilemediğine dair sonuçlara bakıldığında, MTTFÖ süreci sonunda öğretmen adaylarının karar verme beceri ortalama puanlarında artış tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarında, son test ölçüm sonuçları lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p=0,002<0,01$) olduğu görülmektedir *(Tablo 10)*. Bu da göstermektedir ki MTTFÖ süreci öğretmen adaylarının karar verme becerilerini olumlu olarak etkilemiştir. Bu çalışmanın bulgularını destekler nitelikte olabilecek çalışmalardan birinde, Bozkurt (2014) fen bilimleri öğretmeni adaylarıyla gerçekleştirdiği çalışmasının sonucunda MTTFÖ süreci sonunda öğretmen adaylarının karar verme becerileri ortalama puanlarında istatistik olarak artış olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Ayaz (2019) sınıf öğretmeni adaylarıyla yaptığı çalışmasında MTTFÖ'nin öğretmen adaylarının karar verme becerisine olan etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda öğretmen adaylarının karar verme becerilerinde olumlu yönde gelişmeler olduğunu tespit etmiştir. Aynı şekilde Ercan ve Bozkurt (2013) de ortaokul öğrencileriyle MTTFÖ uygulamaları gerçekleştirmişler ve uygulamaların öğrencilerin karar verme becerilerine olumlu etki ettiğini göstermişlerdir. Vurucu-Şahin ve Şahin (2020) yaptıkları çalışmada bilim ve mühendislik uygulamalarının öğrencilerin karar verme becerileri üzerine etkisinde anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişler, bununla birlikte nitel bulgularda ise karar verme becerilerinin geliştiğini gözlemlemişlerdir.

Öğretmen adaylarıyla yapılan odak grup görüşmelerinde öğretmen adaylarının sürecin başında karar verme esnasında rastgele kararlar alırken, süreç sonunda mantıklı ve sistemli olarak karar aldıkları görülmektedir (*18 Mayıs 2021 tarihli araştırmacı günlüğü ve Tablo 15)*. Bunun yanında verilen senaryodaki kriterlere daha fazla önem verdikleri de görülmektedir.

Araştırmacı kendi günlüğünde, ekiplerin toplantılarında kriter ve sınırlılıkları ikinci tasarımdan itibaren daha sık gündeme geldiğini not almıştır. Bu durum mühendislik tasarım föylerinde yer alan "Kriter ve Sınırlılıklar" bölümündeki yanıtlar da *(Şekil 7)* bu sonucu destekler niteliktedir. Fortus ve diğerleri (2004), kriterlerin ve sınırlamaların belirlenmesinin mühendislik tasarım sürecinin probleminin daha iyi değerlendirmesi açısından önemli olduğunu söylemektedir. Ayrıca karar verme sürecinde, takım çalışmasının da önemi büyüktür. Odak grup görüşmelerinde ve araştırmacı günlüğünde de takım çalışmalarına öğretmen adayları eğitim programının yarısından sonra daha çok önem vermişlerdir. Mühendislik tasarım föylerinde de yer alan kriter ve sınırlılıklar matrisi bireysel olarak dolduran adayların nihai karar için bir araya gelmeleri daha isabetli karar verdiklerinden dolayı, takım çalışmasının bu esnada önem arz ettiği sonucuna varılmıştır. Takım çalışması sürecindeki en önemli amaçlardan birisi öğrencilerin ortak bir karara varmalarıdır (Lawrence-Brown ve Muschaweck, 2004). Çil ve Görecek-Baybars (2018) da STEM temelli bir köprü etkinliği yaptırdığı öğretmen adaylarının takım çalışmasının olumlu yönde etkilendiği sonucunu bulmuşlardır. Olası çözüm önerilerine karar verirken ise sürecin başlarında özgünlüğe daha az dikkat edilirken süreç ortasından itibaren özgünlüğe daha çok dikkat ettikleri görülmüştür. Araştırmacı günlükleri ve öğretmen adaylarının odak grup görüşmelerindeki görüşleri de bunu destekler niteliktedir *(17 Mayıs 2021 tarihli araştırmacı günlüğü ve Tablo 17)*.

Sonuç bağlamında, MTTFÖ sürecininin fen bilimleri öğretmen adaylarının karar verme becerilerine olumlu düzeyde etki ettiğini ve geliştirdiği görülmektedir. Sürecin sonunda, daha sistemli, planlı hareket etmişlerdir. Bunlar karar verme mekanizmasının da bir sonucu olarak yorumlanabilir. Bunun yanında, sürecin sonunda iş birliğine, takım çalışmasına, inisiyatif almaya daha çok önem vermeleri *(19-20-21 Mayıs 2021 tarihli araştırmacı günlüğü ve Tablo 17)* de mühendislik tasarım döngüsünün akışının iç içe ve basamaklarının birbiri ile bağlantılı olmasını gösterir niteliktedir. Buradan çıkarımla, her biri 21. Yüzyıl becerisi olan bu becerilere yapılan vurgunun da MTTFÖ sürecinin öğretmen adaylarının beceri gelişimlerine de olumlu düzeyde etki ettiği söylenebilir. Fen bilimleri dersi öğretim programında yer alan 21. Yüzyıl becerilerinden yaşam ve kariyer becerileri arasında olan "karar verme" becerisi hayatın her alanında kullanılması gereken önemli bir beceridir. Süreçte tecrübe kazandıkça karar verme süreci ve sürecin sonunda vardıkları sonuçlar daha etkili olmuştur. Ayrıca, fen bilimleri öğretmeni adaylarının görüşleri doğrultusunda MTTFÖ süreci ile kendilerindeki karar verme süreçlerinin geliştiği görülmektedir *(Tablo 25)*.

Bu durumla ilgili araştırmanın nicel sürecinden elde edilen bulguları açıklamaya yönelik yürütülen nitel süreçte elde edilen bulgular da birbirini destekler niteliktedir.

MTTFÖ süreci fen bilimleri öğretmen adaylarının karar verme becerilerine olumlu düzeyde bir etki sağlamıştır. Sürecin uzun soluklu olması ve tüm öğretmen adaylarının sürece dahil olması da sürecin omurgasını oluşturan mühendislik tasarımı döngüsü basamaklarının her birinde aktif olmalarını sağlamıştır. Öğretmen adayları bireysel ve ardından grup ile iş birliği içerisinde karar mekanizmasında aktif rol oynamışlardır. Takım çalışması ile karar verme sürecinin etkililiği daha da pekişmiştir. Karar verme süreci problemin belirlenmesi ile başlar ve mühendislik tasarım döngüsünün her basamağında devam eder. Bu sebeple öğretmen adayları aktif olarak tüm süreçte karar verme mekanizmasına dahil olmuşlardır. Mühendislik Tasarım Föyleri (MTF)'ndeki bireysel ve grupla aldıkları kararlar prototipin oluşturulmasında büyük rol oynamıştır. Bu bağlamda, mühendislik tasarım döngüsünün ilk basamağında alınan doğru ve mantıklı kararlar, bu döngünün her basamağına ışık tutarak desteklemiştir. Yanlış alınan bir kararın çıktıları ise süreci zora sokmuş (zaman planlaması yapılamaması, prototip oluşturma sürecinde yetersiz kalınması) ve daha düşük performanslı bir prototiple sonuçlanmıştır. Bu yüzden öğretmen adaylarının her biri takım içerisinde söz sahibi oldukları için sürece hızla dahil olmuşlardır. Sürecin tamamına hâkim olmak ve karar verme sürecinin öğretmen adayları tarafından iyi kanıksanmış olması bütün bir süreci de beslemektedir. Tüm bunlar ışığında, mühendislik tasarım temelli fen öğretimi sürecine dahil olmanın adayın karar verme becerisine pozitif yönde katkı sağladığı düşünülebilir. Ayrıca öğretmen adayları karar verme sürecinin mekanizmasını iyi kanıksadıkları için bu beceriyi kendi öğrencilerine de aktarma konusunda deneyim sahibi olmuşlardır.

5.2. Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretiminin Mühendislik ve Tasarım Becerilerine Etkisi ile İlgili Tartışma ve Sonuç

Bu kısımda, MTTFÖ sürecinin aşamalarının değerlendirildiği mühendislik tasarım föylerinden elde edilen bulgular ile odak grup görüşmelerinden elde edilen bulgular bir arada yorumlanmıştır.

65 öğretmen adayının dahil olduğu 5 ekibin tasarladıkları 3 büyük tasarım görevi için, fen bilimleri öğretmen adaylarının mühendislik tasarım föyleri ve tasarladıkları prototipleri değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının mühendislik ve tasarım becerileri ortalama puanlarında ilk tasarımdan son tasarıma doğru bir artış olduğu *(Grafik 9 ve Tablo 13),* tek yönlü ANOVA testi *(Tablo 11)* ile ortalama puanlar arası farkın da istatiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) görülmüştür. Benferroni testi *(Tablo 12)* ile yapılan ikili karşılaştırmalar analizi sonucunda ortalama puanlar arasında tasarım arasındaki geçişte anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.01$). Bu da göstermektedir ki mühendislik ve tasarım becerileri zaman geçtikçe gelişmektedir.

MTTFÖ döngüsünün ilk basamağı olan, ilgili tasarım görevinin ihtiyaç ya da probleminin belirlenmesinde, ilk tasarımdan son tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu *(Grafik 1: 2.01→2.68→2.88)* görülmüştür. Sürecin başında senaryodaki problemi bulmakta zorlanırlarken, sürecin sonunda problemi daha kolay tespit edebildikleri görülmüştür. Problemi belirlerken yaşam temelli bağlantılar kurulduğu ve probleme bir bütün olarak yaklaşmakta oldukları tespit edilmiştir. Öğretmen adayları odak grup görüşmelerinde problemi net olarak tanımaya yönelik de görüşlerini sunarlarken, senaryodaki problemin net olmadığını dile getiren birkaç aday olmuştur fakat araştırmacı problemin aslında net olduğunu, sadece doğru yere odaklanmaları gerektiğini bildirmiştir. Bu aşamada problemi doğru yerde aramak önem arz etmektedir, zira sorunu net olarak bulabilmek de konuya bütüncül bakmayı gerektirdiğinden ötürü mühendislik tasarımının bu ilk aşamasında öğrencilerin problemi net tespit edebilmeleri için yardımcı olunmalıdır. Problem, açık ve net olarak tanımlanmalı, muğlak olmamalıdır. İlk bakışta bulunamasa bile öğrencinin senaryoya daha bütüncül bakması ile bulunabilmelidir. İyi tanımlanmamış problemlere çözüm bulmak zor olacağından, kriterlerin ve sınırlamaların belirlenmesi, mühendislik tasarım sürecinin problemi daha iyi değerlendirmesi açısından önemlidir (Fortus ve diğerleri, 2004; Mentzer, 2011; Brunsell, 2012).

Öğretmen adayları ilgili büyük tasarım görevleri için, bu tasarımın ihtiva ettiği ihtiyaç ya da problemi araştırma süreçlerinde ilk tasarımdan son tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu *(Grafik 2: 1.94→2.14→2.49)* görülmüştür. İlk tasarımın probleminin araştırılmasında çok fazla dağınık bir araştırma süreci benimserlerken, son tasarıma doğru araştırma çerçevesini daralttıkları ve odak noktalarını belirledikleri görülmüştür. Sürecin başında çözümler bulmak için başvurulan kaynaklar daha sınırlı iken, özellikle bilirkişiye (Uzman görüşü) danışma durumu dikkat çekici ölçüde son görüşmelerde daha sık vurgulanmıştır. Kayser (2011) yaptığı bir araştırmada bu çalışmayla benzer şekilde, karar verme sürecinde etkili bir sonuç almak ve başarıya ulaşmak için uzmanların fikirlerinden yararlanmak gerektiğini bildirmiştir. Uzmanların görüşleri o konuyla ilgili gerçeklerin tüm yönleriyle görünmesine yardımcı olabilir (Ayaz, 2019). Buna ek olarak yaşantıları kaynak edinme durumunun da son görüşmelerde daha çok değinilmiştir. Ayrıca çözümler bulmak için başvurulan kaynak olarak hayal gücüne de vurgunun da önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Buna ek olarak, diğer adayların görüşlerine de bakıldığında adayların ilk görüşmelerdeki araştırma yapma süreçlerinin son görüşmelerde biraz daha detaylı olduğu görülmektedir. Ayrıca, MTTFÖ sürecinin 21. yüzyıl becerilerinden olan iş birliği becerilerinin de olumlu düzeyde etkilediği de görülebilir. Takım olarak çalışma vurgusu yapan adaylar çözüme daha

rahat karar verdiklerini belirtmişlerdir. Mentzer (2011) de çalışmasında mühendisliğin kritik unsurlarından bahsederken karar verme ve takım çalışmasının önemini vurgulamaktadır. Bunu destekler nitelikte, Madenci ve Yılmaz (2019) 30 ortaokul öğrencisi ile yaptıkları STEAM uygulamalarının iş birliği ve tasarım becerilerini olumlu olarak etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Olası çözümler geliştirilirken, MTTFÖ'nin bu basamağında ilk tasarımdan son tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu *(Grafik 3: 1.68→1.91→2.22)* görülmüştür. Mühendislik tasarım süreci kullanılarak çözülen bir problem durumunda bu problemin tek bir çözüm yolu olmadığı ve birçok alternatifi olabileceği bilinir (Guzey ve diğerleri 2016). Burada önemli olan, en verimli ve en etkili çözümü bulmaya çalışmak gerekmektedir. Koehler ve diğerleri (2005) problem çözerken, karar verme süreçlerini teşvik ederken olası çözümlerin içindeki sınırlılıklara dikkat edilerek seçimler yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Sürecin başlarında olası çözüm önerilerini sunarken kriter ve sınırlılıklara daha az önem verilirken, sürecin sonunda bu önemin arttığı görülmektedir. Bunun yanında özgünlük vurgusu da sürecin sonunda artmıştır. Özellikle 21. yüzyıl becerilerinden inisiyatif alma becerisine de sürecin sonunda dikkat çekildiği görülmektedir. Araştırmacı günlüğünde, inisiyatif alma durumunun mühendislik tasarım temelli öğretimin çözümlere karar verme sürecinde zaman kazandırdığı ve esnek davranarak takım içinde daha ılıman bir ortamın yaratılmasında etkili olduğu görülmüştür. Bu sonuçları destekler şekilde, Kalik ve Kırındı (2022) üstün yetenekli öğrencilerle yaptıkları STEM uygulamalarda, arkadaşlarının yarım bıraktığı çalışmayı inisiyatif alarak tamamlama konusunda olumlu olarak etkilendiklerini göstermişlerdir. Araştırmacı günlüklerinden ise; sürecin sonunda öğretmen adaylarının kriter ve sınırlılıklara karar verirken problemin çözümünü esas alarak yol izledikleri ve bunu doğru sentez edebildikleri görülmektedir. Sınırlılıklarda ise yaptıkları mini tasarımların sürecin başına göre sürecim sonlarına doğru sınırlılıklara daha çok uydukları görülmektedir.

En iyi çözümü seçmede, MTTFÖ'nin bu basamağında ilk tasarımdan son tasarıma 2.tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu fakat 2.'den 3. Tasarıma gidildikçe puanın değişmediği *(Grafik 4: 1.60→2.00→2.00)* görülmüştür. Öğretmen adaylarının en iyi çözüme karar verirken kriterlere verdiği önem süreç boyunca artmıştır. Başlarda ortak hareket etmede yaşanan zorluğun zamanla azalmış olduğu görülmüştür. Sürecin sonunda takım ruhu ile hareket ettikleri görülmüştür. Chabalengula ve Mumba (2017) kriterlerden ödün vererek neyin en iyi çözüm olduğuna karar vermenin mühendislik tasarım süreci için önemli bir beceri olduğuna dikkat çekmektedir. Presseisen'e göre (1991) karar verme sırasında değişkenleri etkileyen durumlar hakkında gerekli bilgileri elde ederek, konuya alternatif yaklaşımların

varlığını araştırıp bunlar arasındaki üstünlüklerin değerlendirilmesi birey için en etkili kararı verme sürecidir. En iyi çözüme karar verirken sürecin başında maliyet hesabına daha az dikkat çekerlerken, sürecin sonunda bunda artış olduğu görülmektedir. Bu süreçte prototipin çizilmesi kadar bunu hayat geçirebilmek için uygulanabilir bir ekonomik temele dayandırılması üzerinde durulmuştur (NRC, 2012). Bunun yanında işlevsellik kategorisinden olan yapılabilirlik ve kullanılabilirlik faktöründe de artış olduğu görülmektedir. Bu aşamada en uygun çözüm önerisi seçilirken maliyet, başarı, zaman ve işlevsellik (görevin yerine getirilmesi) gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır çünkü çoğu kavramının sonu yoktur (NAE & NRC, 2009).

Prototip oluşturmada, MTTFÖ'nin bu basamağında ilk tasarımdan son tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu *(Grafik 5: 2.00→2.40→2.60)* görülmüştür. Sürecin başında prototipin yapılandırılmasında zorluk yaşanırken süreç boyunca bunun azaldığı görülmüştür. Daha planlı ve sistematik olarak ilerledikleri gözlenmiştir. Kriterleri tam anlamıyla yansıtmasa da büyük ölçüde kriter ve sınırlılıklara uyan prototipler gözlenmiştir. Prototipin oluşturuken öğretmen adaylarının estetiğe dikkat ettikleri görülmüştür. Tasarımlarının göze güzel görünmesini isterlerken, işlevsel olmasına da sürecin sonlarına doğru daha çok dikkat ettikleri göze çarpmıştır. Araştırmacı günlüklerine göre de prototip oluşturma sürecinde motivasyonlarının da başlara göre artış gösterdiği gözlenmiştir. Satar ve Doğru (2022) tasarım temelli fen öğretimi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada öğrencilerin motivasyonlarının arttığını tespit etmişlerdir. Buna benzer şekilde Sutia, Suparyana ve Sagita (2019) da mühendislik tasarım temelli uygulamaları gerçekleştirdikleri öğrencilerin motivasyonlarının da bu süreçte önemli bir rol oynadığını vurgulamışlardır. Hacıoğlu, Yamak ve Kavak (2016) tarafından yapılan çalışmada, mühendislik tasarım temelli fen eğitimi mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri incelenmiştir ve öğretmenler öğrencilerin motivasyonlarını bu sürecin olumlu etkilediğini gözlemlediklerini söylemişlerdir. Öğretmen adayları prototipleri üretebildiklerini gördükçe kendilerinin de bir şeyler üretebildikleri yönündeki olan özgüvenleri artmıştır. Capobianco ve Rupp (2014) de yaptıkları çalışmalarında öğrencilerin yaratıcı, eleştirel ve problem çözme odaklı düşündükleri, kritik düşünme becerilerini daha etkin kullandıkları ve süreçte daha özgüvenli olduklarını tespit etmişlerdir.

Çözümleri test etme ve değerlendirme kısmında, MTTFÖ'nin bu basamağında ilk tasarımdan son tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu *(Grafik 6: 1.80→2.00→2.40)* görülmüştür. İlk tasarımda deneme yanılma yoluyla prototiplerini test ederlerken, sürecin sonunda daha sistematik olarak test ettikleri gözlenmiştir. Sürecin sonunda test sonuçlarını daha bilimsel yorumlamaya çalıştıkları, fen kavramları ile bu durumu izah

etmeye çalıştıkları görülmüştür. Çözümlerin değerlendirilmesi sonucu ise çözümün başarısı veya eksiklikleri ortaya çıkar (Hynes ve diğerleri, 2011; NRC, 2012). Daha sonra bu eksiklikler üzerine gidilerek, prototipin yeniden yapılandırılması sağlanır. Bu basamak çözümleri sunmanın bir önceki basamağı olduğundan dolayı burada test ve değerlendirmeyi en optimum düzeyde yapmanın önemi büyüktür. Bu sonucu destekler nitelikte, Bozkurt (2014), Ercan (2014) ve Hacıoğlu (2017) da öğrenciler ve öğretmen adayları ile yaptıkları tasarım temelli uygulamaların öğrenenlerin çözümleri test etme ve değerlendirmesine dair yeterliklerinin geliştiğini göstermişlerdir.

Çözümleri sunmada, MTTFÖ'nin bu basamağında ilk tasarımdan son tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu *(Grafik 7: 1.80→2.00→2.40)* görülmüştür. Araştırmacı günlüklerine göre, ilk tasarımdaki sunumları daha tekdüze iken ve bir bütünlük gözlenmez iken son tasarıma gidildikçe kavramlara daha çok önem verdikleri ve belirli bir düzende çalışmalarını sundukları gözlenmiştir. Başlarda bu süreçte çekimser kalan kişiler de süreç içinde fikirlerini sunar hale gelmişlerdir. Odak grup görüşmelerinin bir sonucu olarak da girişimcilik becerilerinin ve takım çalışmasının iyi düzeyde geliştiği gözlenmiştir. Alanyazında, Ercan (2014) ise buna benzer bir çalışmanın sonucu olarak da mühendislik tasarım sürecinin çözümleri sunma basamağındaki gelişimin olumlu yönde olduğunu tespit etmiştir.

Yeniden tasarlama yapmada, MTTFÖ'nin bu basamağında ilk tasarımdan 2.tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda değişiklik olmazken 2. Tasarımdan son tasarıma gidildikçe ortalama puanlarda bir artış olduğu *(Grafik 8: 1.40→1.40→1.80)* görülmüştür. Öğretmen adayları en zayıf bu basamakta kalmışlardır. Prototiplerini sunduklarında aldıkları eleştiri ve önerileri çok fazla önemsemedikleri görülmüştür. Bunun nedenin tasarımı bitirdikten sonra yeni bir tasarım sürecine geçtikleri için önceki tasarıma dair bir şeyler yapmak için zamanlarının olmaması olarak değerlendirilebilir.

Tüm tasarım süreci basamaklarına bakıldığında, tüm tasarımlarda alınan en yüksek ortalama puan "ihtiyaç ya da problemin belirlenmesi" basamağında olmuştur. En az ortalama puan ise "yeniden tasarlama" basamağında olmuştur. Genel olarak tüm basamaklarda birinci tasarımdan ikinci tasarıma geçerken ortalama puanlarda bir artış, ikinci tasarımdan üçüncü tasarıma geçişte de yine bir artış gözükmektedir *(Grafik 10)*.

Hynes ve diğerleri (2011)'nin mühendislik süreç döngüsündeki aşamalara bu çalışmanın örneklemini oluşturan fen bilimleri öğretmeni adaylarının mümkün olduğunca katılarak, sürece uyum sağladıkları görülmüştür.

Öğretmen adayları MTTFÖ'in fen bilimleri dersine entegre edilebilme durumu ile ilgili büyük oranda olumlu görüşler bildirmişlerdir. Sürecin öğrencilerde çok yönlü gelişme

sağlayacağı, becerilerini artıracağı, zevkli bir öğrenme ortamı fırsatı sağlayacağı, problemleri daha kolay tespit edebilecekleri ve günlük hayatla bağlantı kurmalarını sağlayarak araştırmacı yönlerini de geliştireceğine dair görüşler sunmuşlardır *(Tablo 26)*. Bunun aksi olarak ise bazı ünitelerde etkinlik yapmanın zor olabileceği, ölçme değerlendirme yapmadaki zorluk ve zaman yönetimi konusundaki sıkıntının da olabileceği durumu değindikleri de görülmüştür.

Takım olarak hareket etmeyi gerektiren MTTFÖ sürecinde öğretmen adaylarının en çok zorluk yaşadığı hususlardan birisinin grup içi iletişim sorunları olduğu görülmektedir (*16-17 Nisan 2021 tarihli araştırmacı günlüğü ve Tablo 23)*. Süreç sonunda da bu durumda göze çarpan bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının en zorlandıkları diğer kısımlar ise zaman konusudur. Buna ek olarak, pandeminin de bir dezavantaj olduğunu sürekli dile getirmişlerdir *(Tablo 23)*. Dikkat çeken hususlardan birisi sürecin başlarında öğretmen adayları yetersiz bilgisayar bilgisi (çizim programları kullanımı) olduğu ve sürecin sonunda buna hiç değinilmediğidir *(Tablo 23)*. Bunun sebebinin de sürecin içinde araştırmacı tarafından çizim programlarına dair eğitimlerin verilmesi düşünülebilir.

MTTFÖ ile STEM arasındaki ilişkilere dair ise büyük oranda farklılık olmadığını dile getirdikleri görülmüştür. Her ikisinin de dersleri bütünleştirdiği, disipliner arası olduğu, ezberci yaklaşımdan uzak olduğu, proje tabanlı oldukları, 21. Yüzyıl becerilerini geliştirdiği, öğrenmeyi somutlaştırdığına dair görüşlerin hâkim olduğu tespit edilmiştir. Az sıklıkta da STEM'in daha çok bütçe gerektirdiği ve daha geniş alanda kullanıldığını, buna kıyasla MTTFÖ'nin STEM'e kıyasla daha makul ölçüde gerçekleştirilibilmesinin mümkün olduğu görüşleri de bulunmaktadır *(Tablo 27)*.

Sonuç olarak, mühendislik tasarım temelli öğretimin uygulama süreci uzun ve kapsamlı bir süreçtir. Bu süreçte öğrenenlerin sürecin bir parçası olması büyük önem arz etmektedir. Süreçte yaşanan zorluklar deneyim kazandıkça azalmaktadır. Öğretmen adayları sürecin başlarında, sürece dair zorluklardan en fazla zaman problemi olduğunu söylemişlerdir ve bu da sürecin ilerleyen zamanlarında mantıklı ve sistematik ilerlemeyi kanıksamaları ile azalmıştır. Sürecin uzun zaman alması ve bu zaman içerisindeki farklı sorumluluklarını yerine getirmede zorlanmaları normal kabul edilebilir. Öğretmen adayları sınıflarında ve gündelik yaşamlarında da sıkça karşılacakları, problemi tespit etme ve en doğru kararı vermeyi gerektirecek sorunlar için de tecrübe kazanmışlardır. Ayrıca mühendislik tasarım sürecinde aktif olarak kullanıkları 21. Yüzyıl becerilerinden yaşam becerileri de öğretmen adayları tarafından iyi kanıksanmıştır ve mesleki kariyerleri bağlamında bunu yansıtacak yeterli bilgi ve beceriye de sahip olmuşlardır. Bu çalışma ile araştırma sorularına hedeflenen düzeyde cevaplar alınmıştır ve

çalışma mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin tüm eğitimciler tarafından kullanılması için bir rehber olmuştur.

Bu çalışma ile elde edilen olumlu yöndeki sonuçlar, uzun soluklu ve uzaktan öğretimle gerçekleştirilen mühendislik uygulamalarının da öğretmen adaylarının beceri ve farkındalıklarına olumlu etki ettiğini göstermiştir. Öğrencilerin karar verme becerileri ve mühendislik ve tasarım becerilerini geliştirmek isteyen öğretmenlerin de öncelikle bu becerilere sahip olması ve becerileri kazandırma konusunda da bilgilerinin olması önemlidir. Bu hususta STEM ve MTTFÖ ile öğretmen adaylarının bilgilendirilmiş ve sürece dahil edilmiş olması da bu beceri öğretimine olumlu etki sağlar. Yine bu çalışma, öğretmen adaylarının kendi becerileri keşfetmesi ve yeni beceriler kazanması konusunda da cesaret verici olmuştur.

Ayrıca öğretmen adaylarının görüşlerinin odağındaki vurgu, hem kendilerinin gelişimlerini ifade ederken sıklıkla dile getirdikleri hem de araştırmacı günlükleri ile de paralel olan MTTFÖ sürecinde 21. yüzyıl becerilerinden iletişim ve iş birliği, eleştirel düşünme ve problem çözme, liderlik ve sorumluluk, girişimcilik ve öz-yönetim, bilgi ve iletişim teknolojisini aktif olarak kullanmış olduklarıdır. Bu becerilerin iyi kanıksanması, ileride kendi sınıflarına bunu yansıtacaklarının da bir göstergesidir denilebilir. MEB ise 2023 Eğitim vizyonunda öğrencilere 21. yüzyıl becerilerini kazandıracak STEM eğitimini programa dâhil ederek mühendislik, tasarım-beceri atölyeleri gibi öğrencileri 21. yüzyıl becerilerine sahip üreticiler ve bireyler olarak yetiştirmek için çeşitli çalışmalar öngörmüştür. Bu bağlamda da bu becerilerin öğretmenler tarafından öğrencilere kazandırılması da bu çalışma gibi yeni öğretim yaklaşımları ile mümkün olacaktır. Bunun için de fen bilimleri dersi öğretim programında 21. yüzyıl becerilerinin tamamını kapsayacak şekilde uyarlamalar yapılması önem arz etmiştir.

Bu çalışmanın konusunun mühendislik tasarım temelli fen öğretimine yönelik seçilmesi, özellikle öğretmen adayları ile gerçekleştirilmesinin çalışmanın ana amaçlarının yanında iki majör etkeni daha vardı: Mühendislik uygulamaları konu alanı ve öğretmen adayı ile öğretmenlerin teknolojiyi eğitimle harmanlanması. Güncel fen bilimleri öğretim programında yer alan ve çoğu fen bilimleri öğretmeninin bununla ilgili etkinlik arayışındaki zorluklarını odağa alarak mühendislik uygulamaları konu alanının teknoloji ile harmanlanarak kullanılmasının etkililiğinin ortaya koyulması ve öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgilerinin gelişimine sağlayacağı katkıların süreç içerisinde nasıl değiştiğinin uzun soluklu olarak araştırmacı tarafından gözlemlenmesiydi. Çalışmanın 2020-2021 yılında gerçekleştirilmesi 2019 yılında planlanmıştı. Yüzyüze olarak, yine aynı ders kapsamında öğretmen adayları ile gerçekleştirilecekti. Lakin pandemi sebebi ile çalışma farklı bir şekilde tasarlanmak zorunda kalındı. Çalışma çevrim içi öğretim platformları ile yürütüldü ve çalışma

sonucunda ise araştırmacılar yüzyüze olarak gerçekleşmesi mümkün olsaydı öğretmen adaylarının sürece katılımının daha iyi olacağı konusunda hemfikir oldu. Bunun ilk sebebi çevrim içi öğretim sürecinde öğretmen adaylarının süreç takibindeki zorluktu. Yüzyüze olarak gerçekleşse idi bu takip mekanizması daha etkin işleyecekti. Aynı şekilde ekiplerin oluşturulmasında da adayların özelliklerini kısmen bilerek, birtakım faktörlere göre adımlar atıldı. Ayrıca uygulanan ölçek ve görüşmelerin de çevrim içi yürütülmesinde de kayıp veriler yaşanması söz konusu olmuştur. Yine de tüm bu zorluklara rağmen, zengin veriler elde edilmiş, süreç yüzyüze öğretimi aratmaksızın çevrim içi platformlar çok etkin ve çok daha sık kullanılarak bu hususdaki zorluk en aza indirgenmiştir. Öğretmen adaylarının prototip tasarlama sürecinde yanyana gelmeleri de pandemi gölgesinde gerçekleşmiştir. Bu sebeple tasarım sayısı başta 5 büyük tasarım olarak planlanmasına rağmen sürecin gidişatında 3'e indirgenmesi gerekmiştir. Bunun bir dezavantaj olmadığı, uygulama sayısının fazla ya da az olmasından ziyade sürece azami düzeyde katılım ve zengin veri toplamak olduğunun esas olduğu söylenebilir. Öğretmen adaylarının gelecekteki yaşamlarında karşılaşacakları problemleri daha efektif çözebilmesini sağlayacağı becerileri bu çalışmadaki mühendislik tasarım süreçlerinin her basamağını iyi kanıksayarak kazanmış oldukları söylenebilir. Teknoloji destekli ile eğitim süreçlerinin farklı yeni eğitim yaklaşımlarıyla harmanlanarak kullanılmasının tıpkı bu çalışmanın sonuçları gibi sonuçlar vereceği aşikardır.

6. BÖLÜM
ÖNERİLER

Bu bölümünde, çalışmanın sonuçları da ele alınarak araştırmacılara ve eğitimcilere yönelik öneriler yer almaktadır.

6.1. Araştırmacılara Yönelik Öneriler

1. Bu araştırmada, öğretmen adayları uzaktan öğretimle MTTFÖ uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Gelecekteki çalışmalarda araştırmacılar, mühendislik uygulamalarını matematik ve diğer derslere de uyarlayabilirler.
2. Bu araştırmada uzaktan öğretimle MTTFÖ'nde zorluklar büyük bir paydayı oluşturmaktadır, gelecekteki çalışmalarda araştırmacılar bu zorlukları da en aza indirgeyerek uzaktan öğretim ile mühendislik tasarım temelli uygulamaları daha etkin bir şekilde gerçekleştirebilirler.
3. Bu araştırmada kadın öğretmen adayı, erkek öğretmen adayından oransal olarak çok daha yoğundur. Bu sebeple cinsiyet faktörüne bağlı bir analiz yapılmamıştır. Gelecek çalışmalarda cinsiyet dağılımları da birbirine yakın olan örneklem olduğunda, cinsiyete bağlı analizler, karşılaştırmalar yapılabilir ve mühendislik tasarım temelli öğretimin bazı değişkenler açısından da cinsiyete ne derece bağlı olduğu tespit edilebilir.
4. Çalışmada her gruptan seçilen 2 öğrenci olmak üzere toplamda 10 öğrenci ile odak grup görülmeleri gerçekleştirilmiştir. Gelecekteki çalışmalarda araştırmacılar gruplardaki tüm öğrencilerin katılım sağladığı odak grup görüşmeleri yapabilirler.
5. Gelecek çalışmalarda araştırmacılar, mühendislik süreci aynı zamanda bir yaratıcılık sürecini de barındırdığı için öğrencilerin özellikle bilimsel yaratıcılık düzeylerini de geniş kapsamlı irdeleyecek çalışmalar yapabilirler. Bilimsel yaratıcılığın tasarım (prototip) yapma süreciyle ilişkilerini inceleyebilirler.
6. Uzun soluklu olan mühendislik tasarım sürecinin tüm uygulama basamakları için ayrı ayrı eğitim verilerek öğrenenlerin MTTFÖ sürecini daha iyi kanıksamaları sağlanabilir.
7. Çalışmanın fen eğitimi boyutuna diğer basamaklara nispeten daha fazla odaklanmasından dolayı, gelecekteki çalışmalarda araştırmacılar matematik, teknoloji ve girişimcilik boyutlarına daha fazla vurgu yapıp irdeleyebilirler.
8. Gelecek çalışmalarda araştırmacılar, bu süreç bağlamında sıkça öne çıkan 21. Yüzyıl becerilerini daha kapsamlı irdelemek için ölçek veya envanter geliştirip süreç başında ve sonunda uygulayıp MTTFÖ'nin 21. Yüzyıl becerilerine etkililiğini inceleyebilirler.

9. MTTFÖ sürecinde sıkça önce çıkan, öğrenenlerin yaşadığı sorunların çözümü için araştırmacılar bu sorunlara odaklanıp gelecekteki çalışmalarda bunları daha aza indirgeyebilmek için çalışmalar yapabilirler.
10. Çalışmada bazı fen bilimleri konuları (fizik disiplini) üzerinden mühendislik tasarım süreci gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalarda araştırmacılar diğer fen bilimleri konularına ağırlık verilebilirler. Özellikle literatürde de az sayıda rastlanan biyoloji ve kimya disiplinlerine ait mühendislik tasarım süreci içeren uygulamalar geliştirebilirler. Aynı zamanda tasarlanan etkinlik sayısını artırabilirler.
11. Öğretmen adaylarının öğretmen olduktan sonra kendi sınıflarında mühendislik tasarım süreci ile ilgili uygulamalara ne kadar ağırlık verdiklerini gelecekteki çalışmalarda araştırmacılar inceleyebilirler. Süreçte karşılaştıkları sorunları, sürecin uzun soluklu yankılarını ve süreç içerisinde öğrencilerine kazandırmayı hedefledikleri becerileri de irdeleyebilirler.

6.2. Eğitimcilere ve Yöneticilere Yönelik Öneriler

1. Öğretmenlerin bilgisayar destekli çizim, tasarım vb. programları öğrenip, özellikle mühendislik tasarım temelli uygulamalarda sıkça kullanılan prototip oluşturmada yer alan çizim ve tasarlama boyutunda daha etkili olabilmeleri sağlanabilir.
2. Öğretmenler danışmanlığında öğrencileri ile okullarında belirli periyotlarda Bilim Fuarları gerçekleştirip, STEM ve mühendislik tasarım projelerine ağırlık verilebilir.
3. Öğretmenler öğrencileri ile Bilim ve Teknoloji Merkezlerine ve STEM ile ilgili atölyelere geziler düzenleyip, buna benzer şekilde birimlerin okullarının laboratuvarlarında kurulabilmesine öncülük edebilirler.
4. Ücretsiz STEM ve MTTFÖ faaliyetleri düzenlenip öğrenciler, öğretmen adayları ve öğretmenler teşvik edilebilir.
5. Öğretmenlere ve yöneticilere ise hizmet içi eğitim olarak, alan uzmanları tarafından STEM ve MTTFÖ eğitimi verilebilir.
6. Eğitim fakültelerinin öğretim programlarına STEM ve MTTFÖ entegre edilebilir.
7. Eğitim fakültelerinde disiplinler arası çalışmalara ağırlık verilebilir. Fen, matematik ve bilişim teknolojileri öğretmenliği bölümleri iş birliği yaparak ortak projeler yürütülebilir. Bu çalışmalarla öğretmen adaylarına farklı bakış açısı kazandırılabilir.
8. Eğitim yöneticileri eğitimde güncel yaklaşımlardan öğretmenlerini de haberdar etmek için bununla ilgili üniversitelerdeki eğitim fakültelerinde görev yapan akademisyenlerle iş birliği yaparak seminerler düzenleyebilirler.

KAYNAKÇA

Akar, H. (2017). *Durum çalışması*. A. Saban ve A. Ersoy (Ed.), *Eğitimde nitel araştırma desenleri*, (Genişletilmiş 2. Baskı), (ss. 139-177). Ankara: Anı Yayıncılık.

Akerson V. L., Burgess A., Gerber A., ve Guo M. (2018). Disentangling the meaning of STEM: Implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education, 29*(1), 1-8.

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu. *İstanbul: Scala Basım*.

Al Salami, M. K., Makela, C.J., ve deMiranda, M.A. (2017). Assessing changes in teachers' attitudes toward interdisciplinary STEM teaching. *Int. J. Technol. Des. Educ, 27*(1), 63-88.

Alves, H., Ribeiro, J., & Dimitrova, Y. (2019). Improving students'communication and problem-solving skills during teamwork. *Proceedings of University of Ruse*, *58*(4).

Aranda, M. L., Lie, R., & Selcen Guzey, S. (2020). Productive thinking in middle school science students' design conversations in a design-based engineering challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, *30*, 67-81.

Aranda, M. L., Lie, R., Selcen Guzey, S., Makarsu, M., Johnston, A., & Moore, T. J. (2020). Examining teacher talk in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education*, *50*, 469-487.

Asri, Y. N., Mursyidah, D.S., Rizqi, V. (2021). Analysis of STEM approaches through distance learning. *EDUCATIO Jounal of Education*, *6*(2), 165–169.

August, S. E., Hammers, M. L., Murphy, D. B., Neyer, A., Gueye, P., & Thames, R. Q. (2015). Virtual engineering sciences learning lab: Giving STEM education a second life. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *9*(1), 18-30.

Ayaz, E., & Sarıkaya, R. (2021). The effect of engineering design based science teaching on decision making, scientific creativity and design skills of classroom teacher candidates. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH), 7*(4), 309-328. https://doi.org/10.21891/jeseh.961060

Aydoğan, B. (2019). *The Effects of engineering design based instruction on 7th grade students' nature of engineering views and attitudes towards STEM* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Babbie, E. (2015). *The practice of social research*. California, USA: Wadsworth Thomson Learning.

Barnett, M. Connolly, K. G., Jarvin, L., Marulcu, I.Rogers, C., Wendell, K. B. & Wright, C. G. (2008). Science through LEGO engineering design a people mover: simple machines. http://www.legoengineering.com/wpcontent/uploads/2013/05/LEcom_Compiled_Packet_Machines_LowRes.pdf . (Erişim tarihi: 12 Kasım 2021).

Başpınar, P. (2022). *The Effect Of Engineering Design-Based Science Instruction On 6th-Grade Students'astronomy Understandings And Engineer Career Interests* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: a preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, *12*(5-6), 23-37.

Benek, I., & Akcay, B. (2022). The effects of socio-scientific STEM activities on 21st century skills of middle school students. *Participatory Educational Research*, *9*(2), 25–52.

Bozkurt, A. (2020). Coronavirus (Covid-19) pandemic process and educational evaluations in the post-pandemic world: New normal and new education paradigm. *Journal of Open Education Applications and Research, 6*(3), 112-142.

Bozkurt Altan, E., & Tan, S. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarımlarının yaratıcılık ve karar verme unsurları bakımından incelenmesi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi, 10* (2), 442-465. https://doi.org/10.56423/fbod.1180830

Bozkurt, E. (2014). *Mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarinin karar verme becerisi, bilisel süreç becerileri ve sürece yönelik algılarına etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi, Ankara.

Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education, 9*(3), 369-387.

Brunsell, E. (2012). *The engineering design process*. In E. Brunell (Ed.), *Integrating engineering and science in your classroom* (pp. 3–5). Arlington, VA: National Science Teaching Association.

Burton, M., Maiorca, C., & Tripp, L. O. (2022). The relationship between teacher candidates' affective dispositions and instructional planning actions in STEM. *Education Sciences, 12*(2), 82.

Büyüköztürk, Ş., Çakmak, K. E., Akgün, E. Ö., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2022). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, *329*, 996. doi: 10.1126/science.1194998

Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K–12 classrooms: Understanding a framework for K–12 science education. *Science and Children, 49*(4), 10–16.

Bybee, R. W., (2013). *The case for stem education: challenges and opportunities*. NSTA Press.

Caparo, R., Caparo M., ve Morgan J. (2014). *STEM project-based learning*. Rotterdam: Sense Publishers.

Capobianco, B. M., & Rupp, M. (2014). STEM teachers' planned and enacted attempts at implementing engineering design-based instruction. *School Science and Mathematics*, *114*(6), 258-270.

Capobianco, B. M., DeLisi, J., ve Radloff, J. (2018). Characterizing elementary teachers' enactment of high-leverage practices through engineering design-based science instruction. *Science Education, 102*(2), 342-376.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for Behavioral Sciences.* LEA Publishers: London.

Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science, 39*(171), 74-85.

Council, T. A., & National Research Council. (2012). *Community Colleges in The Evolving STEM Education Landscape: Summary Of A Summit*. National Academies Press.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). California, USA: Sage Publications Inc.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). California, USA: Sage Publications Inc.

Crismond, D. (2001). Learning and using science ideas when doing investigate-and-redesign tasks: A study of naive, novice, and expert designers doing constrained and scaffolded design work. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(7), 791–820.

Custer, R.L. and J.L. Daugherty, 2009. The nature and status of STEM professional development: Effective practices for secondary level engineering education. Research in engineering and technology education. Logan, UT: National Center for Engineering and Technology Education. Department of Engineering Education, Utah State University.

Çepni, S. (2022), *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş*. Trabzon: Celepler Matbaacılık.

Çepni, S. (2023), *Kuramdan uygulamaya STEM+ eğitimi.* Ankara: PEGEM Yayıncılık.

Çevik, M. (2017). Ortaöğretim öğretmenlerine yönelik FeTeMM farkındalık ölçeği (FFÖ) geliştirme çalışması. *Journal of Human Sciences, 14*(3), 2436-2452.

Çevik, M., & Özgünay, E. (2018). STEM education through the perspectives of secondary schools teachers and school administrators in turkey. *Asian Journal of Education and Training, 4*(2), 91-101.

Çil, E., & Görecek-Baybars M. (2018). *Matematik Öğretmen Adayları ile STEM Etkinlik Örneği: Köprü Yapımı.* International Congress on Education (ERPA), İstanbul, Türkiye, (ss.90-97).

Çil, E. (2022). Pre-school teachers' change of perceptions of engineering through a professional development experience. *Journal of Turkish Science Education, 19*(3), 718-739.

Çorlu, M. A., & Aydın, E. (2016). Evaluation of learning gains through integrated STEM projects. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 4*(1), 20-29.

Çorlu, M. S., & Çallı, E. (2017). *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi*. İstanbul: Pusula Publishing.

Daugherty, Jenny L., (2012). Infusing engineering concepts: teaching engineering design *Publications*. (ss. 170). https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/170

Dym, C. L., Wood, W. H., & Scott, M. J. (2002). Rank ordering engineering designs: pairwise comparison charts and Borda counts. *Research in Engineering Design, 13*(4), 236-242.

Efe, H. A., & Hanas, K. (2022). Evaluation of STEM education by Turkish science teachers. *Dinamika Ilmu, 22*(1), 201-221.

Ercan, S. (2014). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: tasarım temelli fen eğitimi, *Necatibey Faculty of Education, Electronic Journal of Science and Mathematics Education (EFMED), 9*(1), 128-164.

Ercan, S., & Şahin, F. (2015). The usage of engineering practices in science education: effects of design based science learning on students' academic achievement. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science & Mathematics Education, 9*(1).

Ergun, M. (2020). *Güncel fen öğretim programlarının öğretmen yeterlikleri,* H. Ş. Ayvacı (Ed.), *Fen öğretim programları* (ss. 263-302). Pegem.

Eroğlu, S., & Bektaş, O. (2016). Science teachers with STEM education their views on based course activities. *Journal of Qualitative Research in Education, 4*(3), 43-67.

Fırat, E. A. (2020). Science, technology, engineering, and mathematics integration: Science teachers' perceptions and beliefs. *Science Education International, 31*(1), 104-116.

Fomunyam, K. G. (2020). Introductory chapter: Theorising STEM Education in the contemporary society. *Theorizing STEM Education in the 21st Century*, 1-5.

Grant, V. C. (2020). *Science Teachers' Efficacy to Teach Engineering* [Unpublished doctoral dissertation]. Piedmont College.

Griffey, J. (2014). Creating and printing files. *3-D Printers for Libraries, 50*(5), 16-22.

Hacıoğlu, Y. (2021). The effect of STEM education on 21th century skills: Preservice science teachers' evaluations. *Journal of STEAM Education, 4*(2), 140-167.

Hacıoğlu, Y., & Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science Environment and health, 7*(2), 139-155.

Hacıoğlu, Y., Yamak, H., & Kavak, N. (2016). Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 807-830.

Hegeman, J. (2015). Using instructor-generated video lectures in online mathematics courses improves student learning. *Online Learning, 19*(3).

Holbrook, J., & Kolodner, J. L. (2004). *Scaffolding the development of an inquiry-based (science) classroom.* In B. Fishman & S. O'Conner-Divelbiss (Edt.), Proceedings, International Conference of The Learning Sciences 2000 (ICLS). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537364.pdf

Hynes, M. M. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: A look at subject matter and pedagogical content knowledge. *International Journal of Technology and Design Education, 22*(3), 345–360.

Idin, S. (2020). Research Highlights in Education and Science. *Online Submission.*

International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA). (2020). *Standards for Technological and Engineering Literacy: International Technology and Engineering Educators Association.*

İlkörücü-Göçmençelebi, Ş., & Özkan, M. (2009). İlköğretim altıncı sınıf öğrencilerinin fen bilgisi biyoloji konularını günlük yaşamla ilişkilendirme düzeylerinin başarıya etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi, 17*(2), 525-530.

Johnson, C. C., Walton, J. B., Strickler, L., & Elliott, J. B. (2022). Online teaching in K-12 education in the United States: A systematic review. *Review of Educational Research*.

Johnson, A. P. (2014). *Eylem araştırması el kitabı* (Çeviri Ed. Uzuner, Y. & Anay, M. Ö.). Anı Yayıncılık: Ankara.

Jonassen, D. H. (2011). Design problems for secondary students. *National Center for Engineering and Technology Education*.

Kalik, G. & Kırındı, T. (2022). Fen bilimleri dersinde okul dışı stem etkinliklerinin üstün/özel yetenekli öğrencilerin STEM'e karşı tutumlarına ve girişimcilik becerileri üzerine etkisi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi, 10* (1), 38-63. DOI: 10.56423/fbod.1058632

Kapucu, M. S. (2019). Students' experiences of design-based research in science applications course: a design and development research. *International Journal of Progressive Education*, *15*(5), 70-91.

Kapucu, M. S., & Calik, I. (2020). Engineering design approach in 21st century science education. *Research Highlights in Education and Science*, *184*.

Karadeniz, C., (2020). The use of digital technologies in the museum and digital participation through pandemic process. *IDIL, Journal of Art and Language, 70*, 975-984. doi: 10.7816/idil-09-70-06

Karisan, D., Macalalag, A., & Johnson, J. (2019). The Effect of Methods Course on Preservice Teachers' Awareness and Intentions of Teaching Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subject. *International Journal of Research in Education and Science*, *5*(1), 22-35.

Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.) (2009). *Engineering in k-12 education: understanding the status and improving the prospects.* Washington DC: National Academies Press.

Kefalis, C., & Drigas, A. (2019). Web based and online applications in stem education. *Int. J. Eng. Pedagog., 9*(4), 76-85.

Kırıcı, M. G., & Bakırcı, H. (2021). The effect of STEM supported research-inquiry-based learning approach on the scientific creativity of 7th grade students. *Journal of Pedagogical Research, 5*(2), 19-35.

Kim, J. (2020). Learning and teaching online during Covid-19: Experiences of student teachers in an early childhood education practicum. *International Journal of Early Childhood, 52*(2), 145-158.

Koçulu, A., & Topçu, M. S. (2022). Exploration Of Pre-Service Science Teachers' engineering design performance development. *European Journal of Education Studies, 9*(10). doi: 10.46827/ejes.v9i10.4486

Koehler, C., Faraclas, E., Sanchez, S., Latif, S. K., & Kazerounian, K. (2005). *Engineering frameworks for a high school setting: guidelines for technical literacy for high school students.* Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual

Conference and Exposition. June, 2005. Washington, DC: American Society for Engineering Education.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design (tm) into practice. *The journal of the learning sciences, 12*(4), 495-547.

Koukis, N., & Jimoyiannis, A. (2018). MOOCs and teacher professional development: A Case study on teachers' views and perceptions. In M. Baptista & P. Isaías (Eds.), *MCCSIS 2018 Multi Conference on Computer Science and Information Systems. Proceedings of the International Conference E-Learning 2018* (pp. 19–26). Madrid: IADIS Press.

Kutlu, E., Bakırcı, H., & Kara, Y. (2022). STEM education effect on inquiry perception and engineering knowledge. *Participatory Educational Research, 9*(3), 248-262.

Laboy-Rush, D., 2011. *Integrated STEM education through project-based learning.* https://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/DisplayFile.aspx?itemId=16466975.

Lawrence-Brown, D., & Muschaweck, K. S. (2004). Getting started with collaborative teamwork for inclusion. Catholic Education: *A journal of inquiry and practice*, *8*(2), 146-161.

Le, L. T. B., Tran, T. T., & Tran, N. H. (2021). Challenges to STEM education in Vietnamese high school contexts. *Heliyon, 7*(12).

Lee, M. H., Chai, C. S., & Hong, H. Y., 2019. STEM education in asia Pacific: Challenges and development. *Asia-Pacif. Educ. Res. 28*(1), 1–4.

Lederman, N.G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, *36*(8), 916-929.

Leonard, M. J. (2004). Toward epistemologically authentic engineering design activities in the science classroom. *National Association for Research in Science Teaching*, 1-60. Vancouver, B.C.

Leonard, M., & Derry, S. (2011). *"What's the science behind it?" The interaction of engineering and science goals, knowledge, and practices in a design-based science activity.* (Sözlü sunum). WCER Working Paper (No. 2011-5). University of Wisconsin–Madison.

Lie, R., Aranda, M. L., Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2021). Students' views of design in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education, 51*, 663-683.

Lindberg, R. E., Pinelli, T. E., & Batterson, J. G. (2008) Sense and sensibility: the case for the nationwide inclusion of engineering in the K-12 curriculum. *Proceeding of the ASEE Southeast Section Conference*. Memphis, TN.

Loeb, S. E. (2015). Active Learning: An advantageous yet challenging approach to accounting ethics instruction. *Journal of Business Ethics, 127*(1), 221–230. doi: 10.1007/s10551–013–2027–1

Luo, T., So, W. W. M., Li, W. C., & Yao, J. (2021). The development and validation of a survey for evaluating primary students' self-efficacy in STEM activities. *Journal of Science Education and Technology, 30*, 408-419.

Maiorca, C., & Mohr-Schroeder, M. J. (2020). Elementary preservice teachers' integration of engineering into STEM lesson plans. *School Science and Mathematics, 120*(7), 402-412.

Margot, K.C., Kettler, T., 2019. Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *Int. J. STEM Educ. 6*(1), 1–16.

McDonald C. (2016). STEM education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International, 27*(4), 530-569.

Mentzer, N. (2011). High school engineering and technology education integration through design challenges. *Journal of STEM Teacher Education, 48*(2), 7.

Miles, M., & Huberman, M. (1994). *Qualitative data analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2005). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi (4. ve 5. sınıflar) müfredatı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2005). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi (6, 7 ve 8. sınıflar) müfredatı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2008b). *Fen ve teknoloji öğretmeni özel alan yeterlikleri.* https://oygm.meb.gov.tr/www/ilkogretimozel-alanyeterlilikleri/ icerik/257

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2013). *İlköğretim kurumları (ilk ve ortaokullar) fen bilimleri dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) müfredat programı.* Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2017). *Fen bilimleri dersi müfredatı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar).* Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2018a). *Fen Bilimleri dersi müfredatı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu.

Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., & Smith, K. A. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research, 4*(1), 1–13.

Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 4*(1), 2.

Moore, T. J., Johnston, A. C., & Glancy, A. W. (2020). *STEM integration: A synthesis of conceptual frameworks and definitions*. In C. C. Johnson, M. J. Mohr-Schroeder, T. J. Moore, & L. D. English (Eds). *Handbook of research in STEM education*, 3–16, Routledge.

Morrison, J. (2006). *Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom*. Baltimore, MD: The Teaching Institute for Excellence in STEM.

Morse, J. M. (1991). Approaches to qualitative-quantitative methodological triangulation. *Nursing research, 40*, 120-123.

National Academy of Engineering ve National Research Council. (2009). *Engineering in K–12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies. doi:10.17226/12635

National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (2015). *Engineering design challenge facilitation guide*. https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/EDC-02_Let_It_Glide_Facilitation_Guide_FINAL.pdf

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards*. Washington DC: National Academies Press.

Nugent, G., Kunz, G., Rilett, L., & Jones, E. (2010). Extending engineering education to K-12: Teachers significantly increased their knowledge of engineering, developed more positive attitudes towards technology, increased their self-efficacy in using and developing technology-based lessons, and increased their confidence in teaching math and science. *The Technology Teacher, 69*(7), 14-20.

Olivarez, N. (2012). *The impact of a STEM program on academic achievement of eight grade students in a south texas middle school*. [Unpublished doctoral dissertation]. Texas A & M University, Texas.

Ormancı, Ü., Çepni, S. (2022). *Kuramdan uygulamaya 21. yüzyıl becerileri ve öğretimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Özünlü, Ö. & Çepni, S. (2023). Türkiye'de Mühendislik Tasarım Temelli Öğretim İle İlgili Fen Eğitimi Alanında Yapılan Çalışmaların Tematik Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi,* (56), 890-910. DOI: 10.53444/deubefd.1263217

Petroski, H. (1996). *Invention by design: How engineers get from thought to thing*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Purzer, S., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education, 2*(9). doi:10.1186/s40594-015-0019-7

Purzer, Ş., Goldstein, M. H., Adams, R. S., 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. https://doi.org/10.1186/s40594-015-0019-7

Radloff, J., Capobianco, B., & Dooley, A. (2019). Elementary teachers' positive and practical risk-taking when teaching science through engineering design. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 9*(2), 4.

Ray, S., & Srivastava, S. (2020). Virtualization of science education: a lesson from the COVID-19 pandemic. *Journal of proteins and proteomics, 11*, 77-80.

Ricks, M. M. (2006). *A study of the impact of an informal science education program on middle school students' science knowledge, science attitu- de, STEM high school and college course selections, and career decisions.* PhD Thesis. The University of Texas, Austin.

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. A. (2021). Beyond the Basics: A detailed conceptual framework of ıntegrated stem. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 3*, 11.

Sadler, P. M., Coyle, H. P. ve Schwartz, M. (2000). Engineering competitions in the middle school classroom: Key elements in developing effective design challenges. *The Journal of The Learning Sciences, 9*(3), 299-327.

Sain, J. I. (2021). *Elementary teacher self-efficacy with design-based learning in virtual and blended educational settings* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Virginia Tech.

Schwartz, R. S., Akom, G., Skjold, B., Hong, H. H., Kagumba, R., & Huang, F. (2007). A change in perspective: Science education graduate students' reflections on learning about NOS. *In International meeting of the National Association for Research in Science Teaching.* New Orleans, LA.

Siverling, E. A. (2019). *Heat transfer conceptions used in an engineering design-based stem ıntegration unit: a case of struggle* [Unpublished doctoral dissertation]. Purdue University.

Siverling, E. A., Suazo-Flores, E., Mathis, C. A., & Moore, T. J. (2019). Student.s' use of STEM content in design justifications during engineering design-based STEM integration. *School Science and Mathematics, 119*(8), 457-474.

Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2*(1), 4.

Stricker, D. R. (2014). A case study: Teaching engineering concepts in science. *Journal of STEM Teacher Education, 48*(2), 63-102.

Subbian, V. (2013). Role of MOOCs in integrated STEM education: a learning perspective. *IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC).* Princeton, NJ: IEEE. https ://doi.org/10.1109/ISECon.2013.65252 30.

Sucu, Y. (2000). *Yönetim kavramları, kuramlar ve süreçler*. AİBÜ.

Sutia, C., Suparyana, D. F., & Sagita, S. (2019). Engineering design model: Environmental problem-solving ability, motivation and student perceptions. *In Journal of Physics: Conference Series, 1157*(2).

Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics.* Pearson: Boston.

Uzel, L. (2019). *6. sınıf madde ve ısı ünitesinde gerçekleştirilen mühendislik tasarım temelli uygulamaların öğrencilerin problem çözme ve tasarım becerilerine etkisinin değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Aksaray Üniversitesi, Aksaray.

Vessel, K. N. (2011). *Examination of engineering design teacher self-efficacy and knowledge base in secondary technology education and engineering-related courses* [Unpublished doctoral dissertation]. Southern University.

Vural, B. (2004). *Eğitim öğretimde planlama, ölçme ve stratejiler.* İstanbul:Hayat Yayıncılık.

Watkins, J., & Mazur, E. (2013). Retaining students in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) majors. *Journal of College Science Teaching, 42*(5), 36-41.

Wendell, K. B. (2008). The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children, *Qualifying Paper, Tufts University.*

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.*

Wulf, W. (1998). The urgency of engineering education reform, *Paper presented at the Engineering Foundation Conference on Realizing the New Paradigm for Engineering Education, Baltimore, MD.*

Yıldırım, A., & Şimşek. H., (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin.

You, H.S. (2017). Why teach science with an interdisciplinary approach: History, trends, and conceptual frameworks. *Journal of Education and Learning, 6*(4), 66-77.

Zhao, Y. (2020). COVID-19 as a catalyst for educational change, *Prospects,* 1-5. https://doi.org/10.1007/s11125-020-09477-y

Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics, 112*(1), 12-19. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x

EKLER

EK 1: Ölçek İzni Belgesi

EB **Esra BOZKURT ALTAN** 24 Şub 2021
Siz kişisine ⋯

Merhabalar Özgür Hocam,
Kullanabilirsiniz tabi, soracağınız birşey olursa yazın lütfen.
Kolaylıklar dilerim,
Esra.

24 Şub 2021 Çar 00:53 tarihinde Öğr. Gör. Özgür ÖZÜNLÜ · · şunu yazdı:

> Kıymetli hocam merhaba,
> Ben Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi SHMYO öğretim elemanı Özgür Özünlü.
>
> Doktoramı Fen Eğitiminde Prof.Dr.Salih Çepni danışmanlığında yapmaktayım.
>
> Doktora tez çalışmamda sizin Karar Verme Becerileri Testi'ni kullanma ihtimalim vardır, böyle bir durumda izniniz olursa çok sevinirim.
>
> Teşekkür eder, kolaylıklar dilerim.

EK 2: Karar Verme Beceri Testi

KARAR VERME BECERİ TESTİ

1., 2. ve 3. Soruları çözmek için aşağıda yer alan bilgilere ihtiyaç duyulacaktır.

Sinop ilçe merkezinde bir ilköğretim okulunda öğrenci olan Serkan'ın babası Yakup Bey bir kırtasiye açmayı planlamaktadır. Kırtasiyeyi açmak için kendisine 6 yer seçeneği belirlemiş ve bunları şöyle sıralamıştır.

- Okullar Caddesi
- İtfaiye Caddesi
- Zeytinlik Yolu
- Korucuk-Fakülte Yolu
- Okulaltı Sokak
- Gelincik Mahallesi Yolu

Yakup Bey belirlediği 6 seçenekten birine karar vermek için oğlu Serkan ile birlikte, seçeneklerin önemini belirleyen bazı ölçütler çıkartmış ve aşağıdaki tabloya aktarmışlardır.

Seçenekler / Ölçütler	Ada Mahallesi	İtfaiye Caddesi	Zeytinlik Yolu	Korucuk-Fakülte Yolu	Okulaltı Sokak	Gelincik Mahallesi Yolu
Rekabet Şartları	8	6	8	8	4	7
Merkeze Yakınlık	4	9	7	3	6	6
Yakınında Okul Bulunma	6	7	6	5	6	7
Dükkan Kiraları	6	4	7	6	5	7
Uygun Genişlikte Dükkan Bulabilme	4	3	4	4	3	6

*Tabloda verilen ölçütler ile ilgili puan uygulaması **10 puan üzerinden** yapılmıştır. Bir ölçüte yönelik **yüksek puana sahip olan seçenek kırtasiye açmak için en uygun**, **düşük puana sahip olan seçenek ise daha az uygundur**. Örneğin dükkan kiraları kriteri için 10 puan kiranın çok uygun olduğunu, 1 puan kiranın uygun olmadığını göstermektedir.*

1) Öncelikle **rekabet şartlarına önem verip ardından diğer ölçütleri değerlendirmeye dahil eden** Yakup Bey'in hangi yer seçeneği tercih etmesi en uygun olur?

A) Ada Mahallesi **B)** İtfaiye Caddesi
C) Zeytinlik Yolu **D)** Korucuk-Fakülte Yolu
E) Okulaltı Sokak **F)** Gelincik Mahallesi Yolu

2) Verecekleri karar için **dükkan kiraları ve yakınında okul bulunma ölçütlerinin diğer kriterlerden daha önemli olduğunu** düşünen Serkan'ın, babasına hangi yer seçeneğini önermesi en uygun olur?

A) Ada Mahallesi
B) İtfaiye Caddesi
C) Zeytinlik Yolu
D) Korucuk-Fakülte Yolu
E) Okulaltı Sokak
F) Gelincik Mahallesi Yolu

3) **Ölçütlerle ilgili gerçekleştirilen puanlamada 1-4 arası puanlar başarısız, 5-7 arası puanlar kabul edilebilir ve 8-10 arası puanlar çok başarılı olarak değerlendirildiğinde, tüm kriterleri göz önünde bulunduran** Yakup Bey ve Serkan'ın kırtasiye için hangi yer seçeneğini tercih etmesi en uygun olur?

A) Ada Mahallesi
B) İtfaiye Caddesi
C) Zeytinlik Yolu
D) Korucuk-Fakülte Yolu
E) Okulaltı Sokak
F) Gelincik Mahallesi Yolu

Şekil 1. Sercell Operatörüne Ait Tarifeler



Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb

Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb

Şekil 2. Hatcell Operatörüne Ait Tarifeler



Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb

Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb

Şekil 3. Fatcell Operatörüne Ait Tarifeler

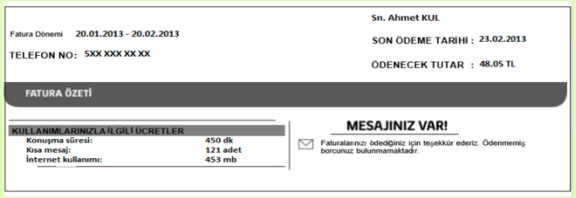


Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
*Konuşma: **0,5 TL / dakika***
*Kısa mesaj: **0,5 TL / adet***
*İnternet: **0,5 TL / 10 Mb***

Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
*Konuşma: **0,5 TL / dakika***
*Kısa mesaj: **0,5 TL / adet***
*İnternet: **0,5 TL / 10 Mb***

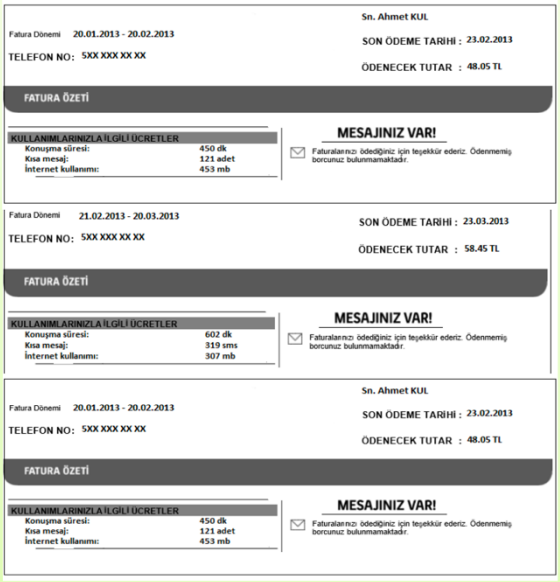
4) Yukarıda çeşitli GSM operatörlerine ait bazı tarife kampanyaları görülmektedir. Buna göre, kullandığı cep telefonu hattına ait 20 Ocak - 20 Şubat dönemi faturası aşağıda görülen Ahmet Bey'in belirtilen tarifeler içerisinden **hangisini seçmesi en uygundur**?

Şekil 4. Ahmet Bey'e Ait Cep Telefonu Faturası



A) Sercell Operatörüne ait 1. Tarife **B)** Sercell Operatörüne ait 2. Tarife
C) Hatcell Operatörüne ait 1. Tarife **D)** Hatcell Operatörüne ait 2. Tarife
E) Fatcell Operatörüne ait 1. Tarife **F)** Fatcell Operatörüne ait 2. Tarife

5) Ahmet Bey kararını, kullandığı cep telefonuna ait aşağıda belirtilen 3 farklı fatura inceleyerek verdiği taktirde **hangi tarifeyi seçmesi en uygun olur**?



A) Sercell Operatörüne ait 1. Tarife
B) Sercell Operatörüne ait 2. Tarife
C) Hatcell Operatörüne ait 1. Tarife
D) Hatcell Operatörüne ait 2. Tarife
E) Fatcell Operatörüne ait 1. Tarife
F) Fatcell Operatörüne ait 2. Tarife

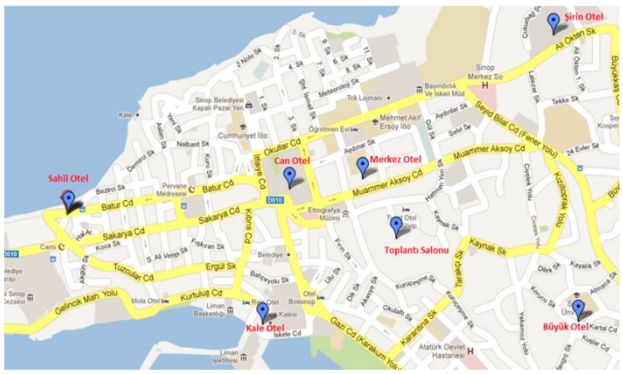
6. Soruyu çözmek için aşağıda yer alan bilgilere ihtiyaç duyulacaktır.

Hakan, katılacağı bir toplantı için şehir dışına çıkacaktır. Konaklamak için uygun bir otel arayan Hakan, yaptığı araştırma sonucunda gideceği şehirde bulunan otellere ait aşağıdaki tanıtım afişlerine ulaşmıştır.

 **SAHİL OTEL**	 **KALE OTEL**	 **MERKEZ OTEL**
Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet), Saç Kurutma Makinesi*** bulunmaktadır.	Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, Ahşap zemin*** bulunmaktadır. Ayrıca müşterilerimiz otelimize ait ***Havuz***'dan yararlanabilirler.	Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet), Saç Kurutma Makinesi*** bulunmaktadır. Ayrıca müşterilerimiz ***Kuru Temizleme*** hizmetinden de yararlanabilirler.
*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti **108 TL** dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir).*	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti sadece **80 TL** dir.*	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti **130 TL** dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir.*

 **ŞİRİN OTEL**	 **BÜYÜK OTEL**	 **CAN OTEL**
Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet)*** bulunmaktadır.	Odalarımızda; ***Banyo, Tuvalet, TV, Telefon*** bulunmaktadır.	Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet)*** bulunmaktadır.
Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti 110 TL dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir).	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti 75 TL dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir).*	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti 115 TL dir.*

Hakan'ın katılacağı toplantının yapılacağı salon ile otellerin konumlarını gösteren harita aşağıda verilmiştir.



6) Hakan, katılacağı toplantı öncesinde internet üzerinden son bir araştırma yapması gerekebileceğini düşündüğü için konaklayacağı otelde internet bağlantısının olmasını çok önemsemektedir. Bununla birlikte konaklama için Hakan'ın ayırdığı bütçe gecelik en fazla 120 TL dir. Otelin toplantı salonuna yakın olması da Hakan'ın kriterleri arasında yer almaktadır. **Buna göre Hakan'ın belirtilen otellerden hangisinde konaklaması en uygundur?**

A) Sahil Otel

B) Kale Otel

C) Merkez Otel

D) Şirin Otel

E) Büyük Otel

F) Can Otel

7. ve 8. Soruyu çözmek için aşağıda yer alan açıklamaya ve tablodaki bilgilere ihtiyaç duyulacaktır.

Sena, küçük bir elektronik gereçler mağazası işletmektedir. Mağazasında "Mp3 Player" satmayı düşünen Sena çeşitli teknik özellikleri inceledikten sonra A marka "mp3 player" satmaya karar vermiştir. Sena, yaptığı araştırma sonucu bu ürünü temin edebileceği farklı toptancı firmalara ait aşağıdaki verileri elde etmiştir.

	Maliyet		Kalite		Teslimat		
	Ürün fiyatı	Taşıma maliyeti	Hatasız ürün miktarı	Kalite sorununa çözüm	Zamanında teslimat	Doğru miktarda teslim	Ambalajlı teslim durumu
Güven Toptancı	13 TL	0.5 TL	●●●○○	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Altın Toptancı	15 TL	0.5 TL	●●●●●	●●●○○	●●●●○	●●●●●	●●●●●
Yeşil Toptancı	15 TL	1 TL	●●○○○	●●●●●	●●●○○	●●●●●	●●●●●
Deniz Toptancı	14 TL	1.5 TL	●●●●●	●●●○○	●●●●○	●●●●●	●●●○○
Saygı Toptancı	16 TL	0.5 TL	●●●●●	●●●○○	●●●●○	●●●●●	●●●●●
Değer Toptancı	13 TL	0,5 TL	●●●○○	●●●●○	●●○○○	●●●●●	●●●○○

Tabloda yer alan yıldız gösterimi toptancının belirtilen kriter açısından durumunu göstermektedir. Sembollerin ne anlama geldikleri yandaki tabloda belirtilmiştir.

●●●●●	Çok iyi
●●●●○	İyi
●●●○○	Orta
●●○○○	Kötü
●○○○○	Çok kötü

7) Sena toptancısından temin ettiği ürünlerinin kalite bakımından hatasız olmasını çok önemsemektedir bununla birlikte diğer kriteler de göz önünde bulundurulduğunda, **Sena'nın hangi toptancıyı seçmesi en uygundur?**

A) Güven Toptancı **B)** Altın Toptancı
C) Yeşil Toptancı **D)** Deniz Toptancı
E) Saygı Toptancı **F)** Değer Toptancı

8) Sena gibi elektronik cihazlar satan Aslı'da tabloda özellikleri belirtilen toptancılar arasından birini tercih edecektir. Aslı, Sena'dan farklı olarak bir kritere öncelik vermemekte toplam maliyet ve kalite – teslimat kriterlerini bir bütün olarak değerlendirmektedir. **Bu durumda Aslı'nın hangi toptancıyı seçmesi en uygundur?**

A) Güven Toptancı **B)** Altın Toptancı
C) Yeşil Toptancı **D)** Deniz Toptancı
E) Saygı Toptancı **F)** Değer Toptancı

9. Soruyu çözmek için aşağıda yer alan bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

ÖSYM

LYS Sonuçları (YGS Puanları Dahil)

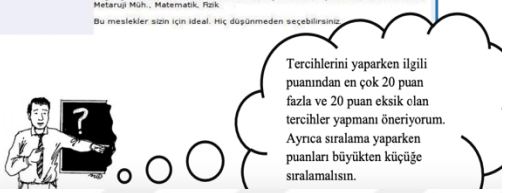
T.C. KİMLİK NUMARASI	
ADI VE SOYADI	Fevzi ÖZTÜRK

LYS TESTLERİNDEKİ DOĞRU VE YANLIŞ SAYILARI											
MATEMATİK		GEOMETRİ		FİZİK		KİMYA		BİYOLOJİ			
Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış		
35	06	22	06	19	09	27	03	22	07		
TÜRK DİLİ VE EDEBİYATI		COĞRAFYA-1		TARİH		COĞRAFYA-2		FELSEFE		YABANCI DİLİ	
Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış	Doğru	Yanlış
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	000	000

OKUL VE ORTAÖĞRETİM BAŞARI PUANI BİLGİLERİ							
DİPLOMA NOTU/PUANI	ORTAÖĞRETİM BAŞARI PUANI	AOBP-SÖZ	AOBP-SAY	AOBP-EA	OKUL KODU	OKUL TÜRÜ KODU	ALAN KODU
077,92	270,726	413,716	410,754	423,600	331819	11033	1395

	YERLEŞTİRME PUANLARI VE BAŞARI SIRALARI					
	ALANINDA		ALAN DIŞI		EK PUANLI	
PUAN TÜRÜ	PUANI	BAŞARI SIRASI	PUANI	BAŞARI SIRASI	PUANI	BAŞARI SIRASI
Y-YGS-1	491,960	0024820	479,637	0024048	---	---
Y-YGS-2	490,916	0023202	478,593	0022484	---	---
Y-YGS-3	---	---	453,960	0035209	---	---
Y-YGS-4	460,155	0031611	447,594	0034062	---	---
Y-YGS-5	478,247	0030378	465,539	0032755	---	---
Y-YGS-6	489,687	0025693	476,979	0027845	---	---
Y-MF-1	455,350	0040239	443,027	0039835	---	---
Y-MF-2	458,697	0036690	446,374	0036326	---	---
Y-MF-3	458,099	0035625	445,776	0035212	---	---
Y-MF-4	455,458	0038821	443,135	0038487	---	---
Y-TM-1	378,578	0112871	365,870	0114257	---	---
Y-TM-2	361,967	0142593	349,259	0145998	---	---
Y-TM-3	345,333	0197151	332,625	0207380	---	---





Yukarıda Fevzi ÖZTÜRK isimli öğrenciye ait 2012 yılı Lisans Yerleştirme Sınavı (LYS) sonuç belgesi ve hangi tür mesleklere ilgisi olduğunu gösteren mesleki eğilim belirleme testi sonuçları verilmiştir.

Aşağıda yer alan tabloda ise bazı bölümlerin 2011 yılına ait taban puanları ve başarı sıralamaları ile hangi puan türünde tercih yapılabileceğine dair veriler yer almaktadır.

Üniversite	Bölüm	Puan Türü	2011 Yılına ait Taban Puan	2011 Yılına ait Başarı Sıralaması
A Üniversitesi	Elektrik Mühendisliği	MF-4	453.089	37.010
A Üniversitesi	Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	MF-4	520.879	11.531
A Üniversitesi	Bilgisayar Mühendisliği	MF 4	489.51	19.700
B Üniversitesi	Tıp Fakültesi	MF 3	746	549.690
B Üniversitesi	Fen Bilgisi Öğretmenliği	MF 2	319.84	132.640
C Üniversitesi	Matematik	TM 1	365.57	141.345
C Üniversitesi	Fizik	MF 2	312.747	144.000
D Üniversitesi	Moleküler Biyoloji ve Genetik	MF 3	450,09	37.980
E Üniversitesi	İnşaat Mühendisliği	MF 4	450.06	37.900
E Üniversitesi	Endüstri Müh.	MF 4	460.05	35.790

9) Üniversite tercihlerini yapacak olan Fevzi'nin ilk 3 tercihini yukarıdaki tablodan belirleyip sıralaması gerekmektedir. **Buna göre Lisans Yerleştirme Sınavı (LYS), mesleki eğilim belirleme testi sonuçları ve Rehber Öğretmeninin uyarıları doğrultusunda Fevzi'nin nasıl bir sıralama yapması en uygun olur?**

A) B Üniversitesi-Tıp Fakültesi/ A Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği / E Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
B) A Üniversitesi-Bilgisayar Mühendisliği / C Üniversitesi-Matematik / B Üniversitesi-Fen Bilgisi Öğretmenliği
C) A Üniversitesi Elektrik Mühendisliği / D Üniversitesi -Moleküler Biyoloji ve Genetik / E Üniversitesi Endüstri Mühendisliği
D) E Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği / A Üniversitesi Elektrik Mühendisliği / E Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
E) C Üniversitesi Fizik / E Üniversitesi İnşaat Mühendisliği / E Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği
F) C Üniversitesi-Matematik / A Üniversitesi-Bilgisayar Mühendisliği/ A Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

10. ve 11. Soruyu çözmek için aşağıda yer alan açıklamaya ve tablodaki bilgilere ihtiyaç duyulacaktır.

Aşağıdaki tabloda uzmanların aynı fiyat aralığındaki farklı model otomobillere yönelik çeşitli kriterler açısından değerlendirmeleri bulunmaktadır. Gerçekleştirilen bu değerlendirmede uzmanlar kriterlere 1 – 5 arası puanlar vermişlerdir. Bu puanlama sisteminde 1 puan otomobile belirtilen kriter açısından verilebilecek en düşük puanken, 5 puan ise kriter için otomobile verilebilecek en yüksek puandır.

	Konfor	Genişlik	Güvenlik	Bakım Maliyeti	Yakıt Maliyeti
1. Model	●●●●○	●●●●●	●●●●○	●●●●○	●●●●○
2. Model	●●●○○	●●●●○	●●●●○	●●●○○	●●●●○
3. Model	●●●●○	●●●●○	●●●○○	●●●●○	●●●●●
4. Model	●●●●●	●●●○○	●●●●○	●●●○○	●●●○○
5. Model	●●●●○	●●●●○	●●●●●	●●●○○	●●●●○
6. Model	●●●●●	●●●●○	●●●●○	●○○○○	●●●○○

●●●●●	5 Puan
●●●●○	4 Puan
●●●○○	3 Puan
●●○○○	2 Puan
●○○○○	1 Puan

10) Esra yukarıdaki tabloyu inceledikten sonra 4. Model otomobili almaya karar vermiştir. **Buna göre Esra'nın seçimi ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?**

A) Öncelikli kriteri genişliktir.
B) Öncelikli kriteri güvenliktir.
C) Öncelikli kriteri bakım maliyetidir.
D) Öncelikli kriteri yakıt maliyetidir.
E) Bakım maliyetini genişlikten daha fazla önemsemektedir.
F) Güvenliği konfordan daha fazla önemsemektedir.

11) Otomobil almak isteyen Nurhan Hanım ilk olarak güvenlik ve konfor kriterlerine eşit oranda önem vermektedir. **Diğer kriterleri bu iki kriter sonrasında değerlendirmeye dahil eden Nurhan Hanım'ın hangi otomobili seçmesi en uygundur?**

A) 1. Model
B) 2. Model
C) 3. Model
D) 4. Model
E) 5. Model
F) 6. Model

EK 3: Bilgilendirme ve İzin Formu

Kıymetli öğretmen adayı,

Doktora tez çalışması kapsamında, Fen Öğretim Programları dersinizin bir kısmının mühendislik tasarım temelli fen öğretimi olarak işlenmesi planlanmaktadır. Çalışmamız uzaktan öğretim ile gerçekleştirilecek olup, süreç kayıt altına alınacaktır. Sürece katılabilmek için herkeste akıllı telefon, tablet veya bilgisayar olması gerekmektedir. Çalışmada sizlere önce süreçle ilgili eğitimler verilecek ve mühendislik tasarım sürecini içeren uygulamalar grup çalışması olarak gerçekleştirilecektir. Süreçte araştırmacı sizlerin gelişimlerini inceleyecek ve rehberlik edecektir. Kullanmanız gerekecek bilgisayar programlarını sizlere mail yoluyla iletecektir. Süreç sonunda, karar verme becerilerinizin ve mühendislik ve tasarım becerilerinizin gelişimlerinin düzeyine bakılacağı için bunlarla ilgili sizlere ölçek uygulanacak ve görüşmeler yapılacaktır. Verileriniz araştırmacılar tarafından gizli tutulacak ve yalnızca bilimsel çalışmalar için kullanılacaktır.

Doktora Öğrencisi
Özgür ÖZÜNLÜ

- o Katılmak istiyorum.
- o Katılmak istemiyorum.

EK 4: Odak Grup Görüşmesi Soruları Formu

Kıymetli öğretmen adayı,

Doktora tez çalışması kapsamında, sizlerle birlikte gerçekleştirdiğimiz mühendislik tasarım temelli fen öğretimi sürecinini sizdeki etki ettiği durumlara dair sizlere birkaç soru yönelteceğim. Sizlerin de süreçle ilgili değerlendirmeleri çalışmanın ilerisi için önem arz etmektedir. Sizlerin de değerlendirmeleri sonucu ve çalışmanın sonucu olarak mühendislik tasarım temelli fen öğretimin okul öncesinden üniversite düzeyine kadar kullanılabilirliği ve öğretim programlarına entegre edilebilirliği hususunda ışık olmasını ümit ediyorum. Soruları çevrim içi olarak bireysel cevaplamanızı isteyeceğim. Yaklaşık 30 dk sürmesini öngörüyorum. Anlamadığınız yerlerde soruyu yeniden yöneltmem için uyarırsanız sevinirim. Verdiğiniz yanıtlar araştırma kapsamında ve bilimsel çalışmalarda kullanılacak olup kesinlikle gizli tutulacaktır.

Şimdiden teşekkür ederim.

Doktora Öğrencisi
Özgür ÖZÜNLÜ

ODAK GRUP GÖRÜŞME SORULARI

1. Günlük hayatta mühendislik tasarım sürecindeki karar verme durumlarına benzer durumlar ile karşılaşıyor musunuz? Örneklendirebilir misiniz?
2. Problemlere uygun çözüm önerilerine karar verirken bireysel olarak hangi yolları izlediniz?
3. Çözümler bulmak için başvurduğunuz kaynaklar neler?
4. En iyi çözüme karar verirken nelere dikkat ettiniz?
5. MTTFÖ sürecinde ne gibi sorunlarla karşılaştınız?
6. MTTFÖ süreci karar vermenizi nasıl etkiledi?
7. MTTFÖ fen bilimleri dersine entegre edilebilir mi? Neler söylersiniz ve önerirsiniz?
8. MTTFÖ süreci ve STEM arasında ne gibi farklılık vardır? Nasıl bir ilişki bulunmaktadır?

EK 5: Mühendislik Tasarım Föyü (MTF) Örneği (Bireysel ve Grupça)

BİREYSEL FÖY

PROBLEM (İHTİYAÇ) DURUMU

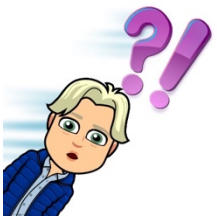
OKULUMUZA KONFERANS SALONU



Okulumuz bir köy okuludur ve imkanları kısıtlıdır. Yine de ufak bir bütçemiz vardır ve bu bütçeyi çeşitli amaçlar için kullanılabilecek bir konferans salonu açmak için kullanmak istiyoruz. Bu salonda öğrenci konserleri, mezuniyet baloları, sahne gösterileri vb. etkinliklerin yapılması planlanıyor. Bu nedenle siz ve ekibinizi bu mekânı tasarlamak için görevlendiriyoruz. Mekân yaklaşık 50 cm^2 olacaktır, sahne ise 15 cm^2 olacaktır. Bütçemiz dediğimiz gibi kısıtlıdır, bu yüzden minimum bir bütçe hesabı ile yola çıkmamız gerekmektedir. Sahnenin akıllı ışıklandırma ile ışıklandırılması(Mesela sadece tek bir oyuncunun aydınlatılıp sahnenin geri kalanının karanlık olabilmesi) ve akustik olarak uygun olması gerekmektedir. Ayrıca salonumuz bodrum katındadır ve havalandırma sistemimiz de yoktur, bir havalandırma sistemi de yapılması gerekmektedir ama bu çok ses yapmamalıdır. Bunlar doğrultusunda bir tasarım prototipi yapmanız gerekmektedir. Kolay gelsin.

PROBLEMİN TANIMLANMASI

Problemin (İhtiyacın) Tanımlanması-Belirlenmesi:



Bu problem nerelerde karşımıza çıkmaktadır?

KRİTER-SINIRLILIK

Kriter ve sınırlılıkların belirlenmesi

Kriterler	Sınırlılıklar

Kriterler ve sınırlılıklar nelere göre belirlendi?

.....

.....

.....

.....

ARAŞTIRMA

Problemin çözümü için bir araştırma yapınız.

Neyi araştırdın?

.....

.....

.....

.....

.....

Nereden, nasıl araştırdın?

.....

.....

.....

.....

.....

ÇÖZÜMLER

Problemin olası çözüm önerileri olarak nelere ulaştın?

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

6.....

7.....

<u>En iyi</u> çözüm önerin nedir? Neden?

.....

.....

.....

.....

MİNİ TASARIMLAR VE ARAŞTIRMALAR

1.MİNİ ARAŞTIRMA GÖREVİ

Akıllı aydınlatma sistemi nedir?

2.MİNİ ARAŞTIRMA GÖREVİ

Akustik nedir?

1. MİNİ TASARIM

Ses yalıtımlı kapalı bir sistem tasarlayınız ve günlük hayatla ilişkilendiriniz.

2. MİNİ TASARIM

Sesin yansımasıyla ilgili bir mini tasarım tasarlayınız ve günlük hayatla ilişkilendiriniz.

GRUP FÖYÜ

***Bu föy grupça doldurulacaktır ve tek bir doküman olarak grup adına teslim edilecektir.**

ÇÖZÜM ÖNERİLERİ KRİTERLERİNİZİ SAĞLIYORSA (+), SAĞLAMIYORSA (-) OLARAK ORTAK TABLOYA NOT EDİNİZ.

KRİTER TABLOSU

GRUP ÜYESİ	ÇÖZÜM ÖNERİSİ	1.KRİTER	2.KRİTER	3.KRİTER .....

ÇÖZÜM ÖNERİLERİ SINIRLIKLIKLARINIZI SAĞLIYORSA (+), SAĞLAMIYORSA (-) OLARAK ORTAK TABLOYA NOT EDİNİZ.

SINIRLILIK TABLOSU

GRUP ÜYESİ	ÇÖZÜM ÖNERİSİ	1.SINIRLILIK	2. SINIRLILIK	3. SINIRLILIK .....

Yukarıdaki değerlendirmeler sonucu karar verilen çözüm önerisi ve nedeni:

TASARIM

Nasıl bir tasarım yapılırsa bu problem çözüme ulaşabilir? Tasarımın teorik temellerini detaylı anlatınız. Diyagramlar, şemalar çiziniz.

MALZEME-TEMİN-BÜTÇE

Tasarım için gerekli olan malzemeler, bütçesi ve temini konusunda bilgi veriniz.

PROTOTİP/MODEL OLUŞTURMA

Tasarımınızın prototipini çizerek ayrıntılandırınız.

TEST VE SONUÇ

Sahnenin akustik olarak düzenlemesi olmadan önceki boş halindeki ses yankısı ile düzenleme yapıldıktan sonraki ses yankısını ön görülerinizle bir grafik halinde sununuz.

SUNUM ve PAZARLAMA

Ürünün poster sunumunu tüm gruplara yapınız. Ürünün seri üretime geçmesi planlandığı takdirde ne tür bir pazarlama stratejisi ile ürününüzü geniş kitlelere ulaştırabilirsiniz?

GELİŞTİRME

Herkesin ürün sunumunu dinledikten sonra ürününüzün eksik veya geliştirilmesi gereken yönlerine dair notlar alınız ve tasarımınız için yeniden geliştirilmesi gereken yönleri yazarak bir sonraki haftaya kadar teslimini yapınız.

SÜREÇ TAMAMLANMIŞTIR

EK 6: Mühendislik Plan Föyü



EK-7: Araştırmacı Ders Planı Örneği

GÜNEŞ GÖRMEYEN EVLER
TASARIMI ARAŞTIRMACI DERS PLANI - I

Sınıf Seviyesi	**7**
Ünite Kazanımları	F.7.5. Işığın Madde ile Etkileşimi / Fiziksel Olaylar F.7.5.1. Işığın Soğurulması F.7.5.2. Aynalar F.7.5.3. Işığın Kırılması ve Mercekler
Kullanılan Strateji ve Öğretme Teknikleri	STEM, Tasarım temelli öğrenme, grup çalışması, beyin fırtınası, soru- cevap tekniği ve mühendislik tasarım süreci
Kullanılan Teknoloji Aletleri	Bilgisayar, cep telefonu, internet, çizim platformları, web yazılımları
Fen Bilimleri Kazanımları	F.7.5.1.1. Işığın madde ile etkileşimi sonucunda madde tarafından soğurulabileceğini keşfeder. F.7.5.1.4. Güneş enerjisinin günlük yaşam ve teknolojideki yenilikçi uygulamalarına örnekler verir. F.7.5.1.5. Güneş enerjisinden gelecekte nasıl yararlanılacağına ilişkin ürettiği fikirleri tartışır. F.7.5.2.1. Ayna çeşitlerini gözlemleyerek kullanım alanlarına örnekler verir. F.7.5.2.2. Düz, çukur ve tümsek aynalarda oluşan görüntüleri karşılaştırır. F.7.5.3.4. Merceklerin günlük yaşam ve teknolojideki kullanım alanlarına örnekler verir. F.7.5.3.5. Ayna veya mercekleri kullanarak bir görüntüleme aracı tasarlar.
Teknoloji Kazanımları	BT.6.3.2.1. Arama motorlarını kullanarak ileri düzeyde araştırma yapar. BT.6.3.2.2. Bilgiye ulaşırken zararlı ve gereksiz içerikleri ayırt eder. BT.6.4.1.1. Tablolama programının ara yüzünü ve özelliklerini tanıyarak amaca uygun bir tablo oluşturur. BT.6.4.1.2. Belirli bir amaç için oluşturduğu tabloyu biçimlendirir.
Mühendislik Kazanımları	TT.7.B.1.1. Tasarım sürecinin bir problem tanımlama ve çözüm önerme süreci olduğunu söyler. TT.7.B.1.2. Günlük hayatta karşılaşılan bir sorun, ihtiyaç veya gerçekleştirebileceği hayalini “tasarım problemi” şeklinde ifade eder. TT.7.B.1.3. Belirlediği probleme yönelik geliştirdiği çözüm önerisini paylaşır. TT.7.B.1.4. Tasarım sürecinin araştırma basamaklarını söyler. TT.7.B.1.5. Tasarım geliştirme kriterlerini söyler. TT.7.B.1.6. Tasarım oluşturulurken kullanıcı, malzeme, uygulama ve çevre faktörlerinin önemini açıklar. TT.7.B.1.7. Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.

	TT.7.B.1.8. Teknoloji ve tasarım uygulamalarında alınması gereken güvenlik önlemlerini açıklar. TT.7.B.1.9. Tasarım ürünlerinin üretim süreçlerini açıklar. TT.7.B.1.10. Taslak, model, maket ve prototip kavramlarını örnekleyerek açıklar. TT.7.B.1.12. Tasarımı değerlendirme kriterlerini sınıflandırır. TT.7.B.1.14. Tasarımını kullanıcıya ulaştırmak üzere tanıtım ve pazarlama imkânlarını değerlendirir. TT.7.B.2.2. Taslak çizimlerini bilgisayar yardımıyla iki boyutlu görsellere dönüştürür.
Matematik Kazanımları	M.5.2.4.2. Belirlenen bir alanı santimetrekare ve metrekare birimleriyle tahmin eder. M.5.3.1.1. Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. M.6.4.1.2. İki gruba ait verileri ikili sıklık tablosu ve sütun grafiği ile gösterir.
21. yüzyıl Becerileri	İletişim, eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği, girişimcilik, problem çözme, esneklik ve uyum, üretkenlik ve sorumluluk.
Girişimcilik Kazanımları	Ürünü pazarlamak için stratejiler geliştirir ve ürünü tanıtır.
Etkinlik/Uygulama Süreci	**1.** Öncelikle senaryolar öğretmen adaylarına dağıtılır ve gözden geçirmeleri söylenir. **2.** Öğretmen adaylarının kendi gruplarını oluşturmaları söylenir. **3.** Öğretmen adaylarının ön bilgilerini harekete geçirmek için https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_tr.html sitesindeki simülasyon açılır ve birlikte incelenir. Burada sürecin teorik alt yapısının oluşturulması hakkında ön bilgiler açığa çıkarılır. **4.** Sonra araştırmacı simülasyonla ilgili yapılacak yönergeleri verir. **5.** Daha sonra linkteki SolaTube Daylighting adlı video beraber izlenir: https://www.youtube.com/watch?v=xiNP0hxcxCc **6.** Öğretmen adaylarına zihinsel faaliyetlerini kullanarak beyin fırtınası yaptırılarak senaryolardaki problemler hakkında olası çözüm önerileri bulmaları ve hipotez üretmeye hazır olmaları sağlanır. **7.** Öğretmen adaylarının gruplarıyla beraber süreci belirlemeleri, planlarını MÜHENDİSLİK PLAN FÖYÜ'ne doldurmaları istenir.

8. Daha sonra öğretmen adaylarına MÜHENDİSLİK TASARIM FÖYÜ'ndeki kısımlar araştırmacı tarafından anlatılır ve adayların varsa soruları alınarak cevaplandırılır ve yeterli süre verilerek ders bitirilir.
9. Adaylar tamamladıkları MÜHENDİSLİK TASARIM FÖYÜ'nü bir sonraki dersin bir önceki günü ekip liderine gönderirler ve ekip lideri mail yoluyla teslim eder
10. Derste her gruptan bir sözcü tasarımı diğer gruplara sunar ve ürünün pazarlanmasına dair stratejilerden bahseder. Tasarımlar hakkında birlikte kritik yapılır.
11. Daha sonra öğretmen adayları birbirlerinin tasarımlarına bakarak kendi tasarımlarındaki eksik veya geliştirilmesi gereken yönler var ise bunları da yaparak bir hafta sonraki derse kadar teslim eder.

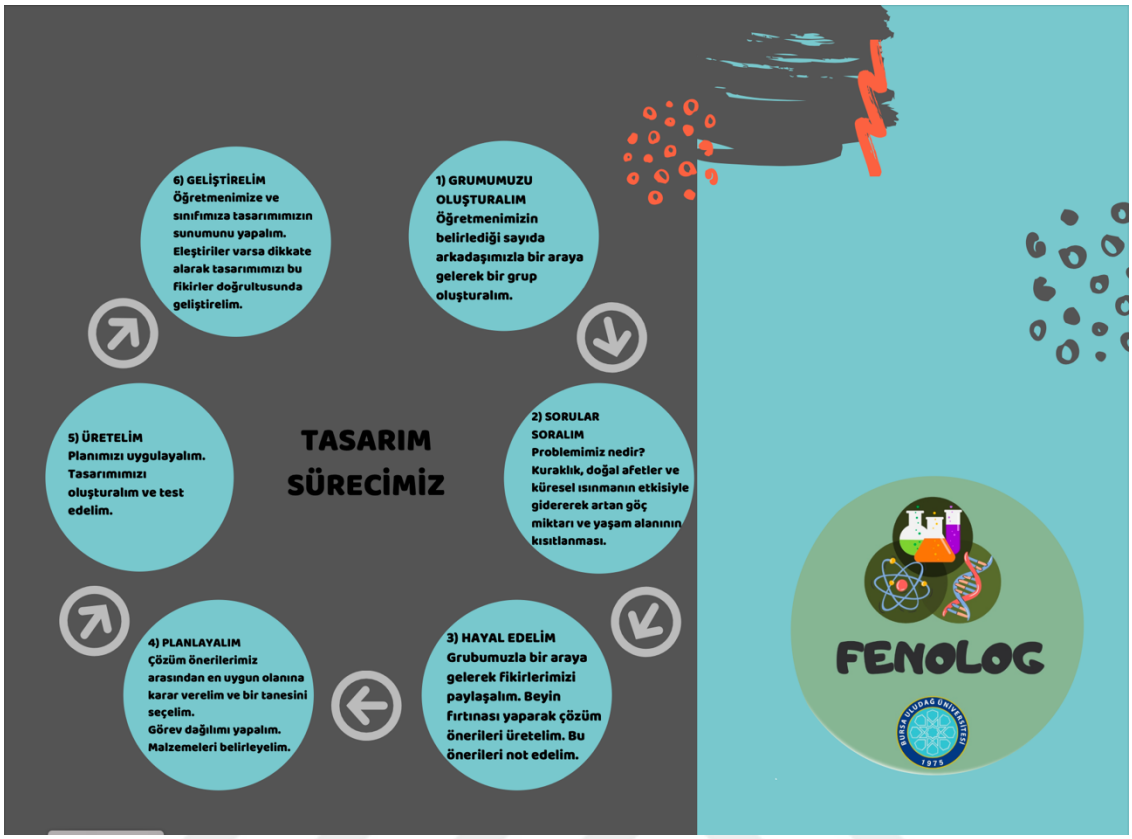
EK-8: Mühendislik Tasarım Değerlendirme Rubriği

	Hedeflenen düzeyin altında (1p)	**Hedeflenen düzeyde (2p)**	**Hedeflenen düzeyin üzerinde (3p)**
İhtiyaç ya da problemin belirlenmesi	İhtiyaç ya da problemi gerekli detay ve açıklık olmadan ifade eder. Kriter ve sınırlılıkların tanımlanmasında başarısızdır.	İhtiyaç ya da problemi açıkça ifade eder. Kriter ve sınırlılıkların çoğunu tanımlar.	İhtiyaç ya da problemi eksiksiz olarak ifade eder. Kriter ve sınırlılıklarının tamamını tanımlar.
İhtiyaç ya da problemin araştırılması	İhtiyaç ya da problem iyi araştırılmamış ve çözümlerin geliştirilmesinde yardımcı olamayacaktır.	İhtiyaç ya da problem yeterince araştırılmış ve çözümlerin geliştirilmesinde yardımcı olabilir.	İhtiyaç ya da problem ayrıntılarıyla araştırılmış ve çözümlerin geliştirilmesinde doğrudan yönlendirebilir.
Olası çözümler geliştirme	Akla yatkın olmayan fikirler ortaya koyar veya herhangi bir fikri yoktur. Tamamlanmamış çizimler üretir. Fikirler ve çizimler bir kavramı göstermemektedir.	Akla yatkın bir fikir ortaya koyar. Tasarım yapılan kavramları kısmen doğru olacak şekilde çizimlerle gösterebilmektedir.	Birden fazla akla yatkın çözüm ortaya koyar. Tasarım yapılan kavramları kısmen doğru bir şekilde çizimlerle gösterebilmektedir.
En iyi çözümü seçme	Olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini yeterince analiz edemez. İhtiyaç ya da problemin kriter ve sınırlılıklarına dayalı bir çözüm seçemez.	Olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini kısmen analiz eder. İhtiyaç ya da problemin kriter ve sınırlılıklarını kısmen değerlendirerek bir çözüm seçer.	Olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini ayrıntılarıyla analiz eder. İhtiyaç ya da problemin kriter ve sınırlılıklarını tüm yönleri ile değerlendirerek parlak bir çözüm seçer.
Prototipin yapılandırılması	Prototip, görevin kriterlerini sınırlı ölçüde karşılar.	Prototip, görevin kriterlerini karşılar.	Prototip, görevin kriterlerini net ve detaylı bir şekilde karşılar.
Çözümleri test etme ve değerlendirme	Veriler doğru bir şekilde kaydedilmemiş ya da prototipin performansını yansıtmamaktadır.	Veriler doğru olarak kaydedilmiş ve prototipin performansını yansıtmaktadır.	Veriler doğru olarak kaydedilmiş ve prototipin performansını yansıtmaktadır. Veriler yeniden tasarlama sürecinde açık bir biçimde yol göstericidir.
Çözüm(leri) sunma	Test sonuçları doğru bir şekilde raporlaştırılmamış ve nasıl gelişim göstereceği paylaşılmamıştır.	Ya test sonuçları doğru bir şekilde raporlaştırılmamış ya da nasıl gelişim göstereceği paylaşılmamıştır.	Test sonuçları doğru bir şekilde raporlaştırılmış ve nasıl gelişim göstereceği paylaşılmıştır.
Yeniden tasarlama	Tasarımı geliştirme, prototipin test ve değerlendirme sonuçlarına dayanmamaktadır.	Tasarımı geliştirme, prototipin test ve değerlendirme sonuçlarına dayanmaktadır.	Tasarımda, prototipin test ve değerlendirme sonuçlarına göre önemli iyileştirmeler yapılmıştır.

EK 9: Sirius Ekibinin Tasarım Posteri Örneği



EK-10: Fenolog Ekibinin Tasarım Posteri Örneği





EK-11: Ekiplerin Sosyal Medya Hesapları







ÖZ GEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Özgür ÖZÜNLÜ
Doğum Yeri	:
Yabancı Dil	: English / Advanced, Level C2
Eğitim Durumu	
Lisans	: Bursa Uludağ Üniversitesi / Fizik
Yüksek Lisans	: Bursa Uludağ Üniversitesi / Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği
Doktora	: Bursa Uludağ Üniversitesi / Fen Eğitimi
Çalıştığı Kurum.	: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi / SHMYO / Optisyenlik
İletişim (e-posta)	:
Yayınlar ve bildiriler	:

1. Türkiye'de Mühendislik Tasarım Temelli Öğretim İle İlgili Fen Eğitimi Alanında Yapılan Çalışmaların Tematik Analizi

Özünlü, Ö., Çepni, S. (2023). Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, (56), 890-910. Doı: 10.53444/Deubefd.1263217

2. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Mühendislik Tasarım Temelli Öğretim Yaklaşımına Dair Metaforik Algıları

Özünlü Ö., Çepni S. Fen, Matematik, Girişimcilik Ve Teknoloji Eğitimi Kongresi, Bursa, Türkiye, 18 Mayıs 2023

3. Stem+A Etkinliklerini Derslerine Entegre Eden Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Sürece Yönelik Görüş Ve Önerileri

Özünlü Ö., Çepni S. Fen, Matematik, Girişimcilik Ve Teknoloji Eğitimi Kongresi, Bursa, Türkiye, 30 Eylül 2021

4. Fen Eğitiminde Yeni Bir Yaklaşım: Mühendislik Tasarım Temelli Öğrenme

Özünlü Ö., Çepni S. Fen, Matematik, Girişimcilik Ve Teknoloji Eğitimi Kongresi, Bursa, Türkiye, 30 Eylül 2021

5. Web 2.0 Araçlarının Fen Bilimleri Öğretiminde Ve Sınıf Ortamında Kullanımı

Durmuş Ö., Özünlü Ö. Fen, Matematik, Girişimcilik Ve Teknoloji Eğitimi Kongresi, Bursa, Türkiye, 30 Eylül - 03 Ekim 2021

6. 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı Kazanımlarının 21. Yüzyıl Becerilerine Uygunluk Düzeyleri

Özünlü Ö., Durmuş Ö. Fen, Matematik, Girişimcilik Ve Teknoloji Eğitimi Kongresi, Bursa, Türkiye, 30 Eylül 2021

7. Türkiye'de Stem İle İlgili Fen Eğitimi Alanında 2016-2019 Yılları Arasında Yapılan Doktora Tezlerinin İçerik Analizi

Özünlü Ö., Çepni S. Fen, Matematik, Girişimcilik Ve Teknoloji Eğitimi Kongresi, Bursa, Türkiye, 19 - 22 Kasım 2020

8. Bir Steam Etkinliği Yoluyla Enerji Ve Sürtünme Kuvveti Kavramlarına İlişkin Yedinci Sınıf Öğrencilerinin Deneyimlerinin İncelenmesi: Bir Örnek Olay Çalışması

Özünlü Ö., Özdilek Z. Uluslararası Necatibey Eğitim Ve Sosyal Bilimler Araştırmaları Kongresi, Balıkesir, Türkiye, 26 Ekim 2018, Cilt.2, Ss.341-355

9. Stem Eğitimi İle İlgili Öğrenci Ve Velilerin Farkındalık Düzeyinin İncelenmesi: Ulutek Maker Çocuk Atölyesi Örneği

Özünlü Ö., Özdilek Z. Uluslararası Necatibey Eğitim Ve Sosyal Bilimler Araştırmaları Kongresi, Balıkesir, Türkiye, 26 Ekim 2018, Cilt.3, Ss.23-28