



**FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN EĞİTİMİNDE PROBLEME DAYALI STEM
UYGULAMALARININ ETKİLİLİĞİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA**

Seyyit ALTUNIŞIK

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih UZUN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Didem İNEL EKİCİ

Uşak

Şubat, 2024

**FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN EĞİTİMİNDE PROBLEME DAYALI STEM
UYGULAMALARININ ETKİLİLİĞİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA**

Seyyit ALTUNIŞIK

DOKTORA TEZİ

Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Salih UZUN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Didem İNEL EKİCİ

Uşak

Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Şubat, 2024

ÖZET

FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN EĞİTİMİNDE PROBLEME DAYALI STEM UYGULAMALARININ ETKİLİLİĞİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Seyyit ALTUNIŞIK

Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı

Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şubat 2024

Danışman: Doç. Dr. Salih UZUN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Didem İNEL EKİCİ

Bu çalışmanın amacı PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına, kavramsal anlamalarına, STEM eğitime yönelik görüşlerine etkisini incelemek ve STEM uygulamalarındaki deneyimlerini belirlemektir. Araştırmada karma araştırma yöntemi benimsenmiştir. Araştırmanın çalışma grubu bir devlet üniversitesinde 2019-2020 öğretim yılı güz döneminde Fen Öğretimi Laboratuvar uygulamaları I dersini alan 27 fen bilgisi öğretmen adayından oluşmaktadır. Katılımcılar kolay ulaşılabilir örnekleme yoluyla seçilmiştir. Araştırmanın verileri ‘Kelime İlişkilendirme Testi’, ‘Kavramsal Anlama Testleri’, ‘STEM Eğitime Yönelik Görüşme’ ve ‘Etkinlik Görüş Formları’ ile elde edilmiştir. Araştırmanın bulguları Probleme Dayalı STEM uygulamalarının öğretmen adaylarını bilişsel yapılarına ve kavramsal anlamalarına olumlu yönde bir katkı yaptığını ortaya koymaktadır. Ayrıca uygulama sonucunda öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik görüşlerinin de olumlu yönde değiştiği tespit edilmiştir. Son olarak öğretmen adaylarının STEM eğitimi deneyimlerinden yola çıkarak Probleme Dayalı STEM uygulamalarına yönelik ayrıntılı bilgiler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Probleme Dayalı Öğrenme, Probleme Dayalı STEM, Öğretmen Adayları*

ABSTRACT

A STUDY ON THE EFFECTIVENESS OF PROBLEM-BASED STEM IMPLEMENTATIONS IN SCIENCE TEACHER EDUCATION

Seyyit ALTUNIŞIK

Department of Science Education

Uşak University Graduate Education Institute, February 2024

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Salih UZUN

Second Advisor: Prof. Dr. Didem İNEL EKİCİ

The aim of this study is to examine the effects of PD-STEM implementations on pre-service teachers' cognitive structures, conceptual understandings, and views towards STEM education and to determine their experiences in STEM implementations. Mixed research method was applied in the study. The research study group consists of 27 pre-service science teachers who took the Science Teaching Laboratory Practices I course in the fall semester of the 2019-2020 academic year at a state university. The participants were selected through convenience sampling. The study's data were obtained through 'Word Association Test,' 'Conceptual Understanding Tests,' 'STEM Education Interview' and 'STEM Activity Evaluation Form.' The study's findings revealed that the Problem-Based STEM practices contributed positively to pre-service teachers' cognitive structures and conceptual understandings. In addition, it was also determined that pre-service teachers' views towards STEM education improved as a result of the implementation. Finally, based on the STEM education experiences of pre-service teachers, detailed information on Problem-Based STEM implementations was presented.

Keywords: *Problem Based Learning, Problem Based STEM, Pre-Service Teacher*

ÖNSÖZ

Bu çalışma süresince beni her zaman destekleyen, cesaretlendiren ve yardımcı olan kıymetli danışmanlarım Doç. Dr. Salih UZUN ve Prof. Dr. Didem İNEL EKİCİ hocalarıma bütün içtenliğimle teşekkür ederim. Tez izleme komitemdeki incelemeleri ve dönütleri ile çalışmama katkı sağlayan değerli Prof. Dr. Lütfullah TÜRKMEN ve Prof. Dr. Osman BİRGİN hocama çok teşekkür ederim. Veri toplama araçlarının hazırlanması ve analizleri sürecinde yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım Doç. Dr. Sevil ORHAN ÖZEN ve Doç. Dr. Ufuk ULUÇINAR'a çok teşekkür ederim. Araştırmama gönüllü olarak katılıp, veri toplama sürecinin her aşamasında bana yardımcı olan kıymetli fen bilgisi öğretmen adaylarımıza da ayrıca teşekkür ederim.

Beni bugünlere getirebilmek için her türlü fedakarlığı yapan annem Meryem ALTUNIŞIK ve babam Abdulhaluk ALTUNIŞIK'a teşekkür ederim. Son olarak tüm doktora eğitimim boyunca beni ve stresimi kabullenen kıymetli eşim Zehra ALTUNIŞIK ve desteğini klavyedeki tuşlara rastgele basmaya çalışarak vermeye çalışan, benim de ekran süremi 1 saat ile sınırlandırmak isteyen canım kızım İpek ALTUNIŞIK'a teşekkür ederim.

Seyyit ALTUNIŞIK

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. PROBLEM DURUMU.....	2
1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI	5
1.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ.....	5
1.4. ARAŞTIRMANIN SINIRLILIKLARI	10
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	11
2.1. FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ VE FEN BİLİMLERİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMI	11
2.2. STEM EĞİTİMİ.....	13
2.2.1. STEM Eğitimi Nedir?.....	13
2.2.2. STEM Eğitimi Disiplinleri.....	14
2.2.2.1. Fen	14
2.2.2.2. Teknoloji	15
2.2.2.3. Mühendislik.....	16
2.2.2.4. Matematik.....	18
2.2.3. STEM Eğitimi Nasıl Yapılmalıdır?.....	18
2.2.4. STEM Eğitimi Uygulama Modelleri	22
2.3. PROBLEME DAYALI ÖĞRENME	25

2.3.1. Probleme Dayalı Öğrenme Nedir?	25
2.3.2. Probleme Dayalı Öğrenme ve STEM.....	28
2.4. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	30
3. YÖNTEM.....	43
3.1. ARAŞTIRMA MODELİ	43
3.2. ÇALIŞMA GRUBU	48
3.3. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI.....	49
3.3.1. Kelime İlişkilendirme Testi	49
3.3.2. STEM Eğitime Yönelik Görüşme Soruları.....	49
3.3.3. Kavramsal Anlama Testi	50
3.3.4. Etkinlik Görüş Formu	51
3.4. VERİLERİN ANALİZİ.....	51
3.4.1. Kelime İlişkilendirme Testinin Analizi	51
3.4.2. STEM Eğitime Yönelik Görüşme Sorularının Analizi.....	53
3.4.3. Kavramsal Anlama Testinin Analizi	53
3.4.4. Etkinlik Görüş Formunun Analizi	54
3.5. GEÇERLİLİK ve GÜVENİRLİLİK	54
3.5.1. Geçerlilik.....	55
3.5.2. Güvenirlilik	57
3.6. UYGULAMA ORTAMI	58
3.6.1. Uygulama.....	58
3.6.1.1 Pilot Uygulama.....	58
3.6.1.2. Asıl uygulama.....	59
3.7. ARAŞTIRMACININ ROLÜ	61
3.8. PROBLEME DAYALI STEM ETKİNLİKLERİ VE ÖZELLİKLERİ	61
3.8.1. ‘Aydınlatılmalı mı?’ Etkinliği.....	62
3.8.2. ‘Donan Yollar’ Etkinliği.....	62

3.8.3. ‘Üretelim’ Etkinliği	62
3.8.4. ‘Geleceğin Tarımı’ Etkinliği	62
4. BULGULAR	63
4.1. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK BİLİŞSEL YAPILARI	63
4.2. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ FEN BİLİMLERİ KONULARINA YÖNELİK KAVRAMSAL ANLAMALARI	71
4.3. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİ	78
4.4. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM UYGULAMALARINDAKİ DENEYİMLERİ	87
5. TARTIŞMA ve YORUM	94
5.1. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK BİLİŞSEL YAPILARI İLE İLGİLİ TARTIŞMA VE YORUM	94
5.2. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM DİSİPLİNLERİNE YÖNELİK KAVRAMSAL ANLAMALARI İLE İLGİLİ TARTIŞMA VE YORUM	96
5.3. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİ İLE İLGİLİ TARTIŞMA VE YORUM	100
5.4. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ PD-STEM UYGULAMALARINDAKİ DENEYİMLERİNE YÖNELİK TARTIŞMA VE YORUM	107
6. SONUÇ	115
7. ÖNERİLER	118
8. KAYNAKÇA	120
9. EKLER	152
EK 1. ÖZGEÇMİŞ	152
EK 2. ‘AYDINLATILMALI MI?’ ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ	153

EK 3. ‘DONAN YOLLAR’ ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ....	154
EK 4. ‘ÜRETELİM’ ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ.....	155
EK 5. ‘GELECEĞİN TARIMI’ ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ	157
EK 6. KELİME İLİŞKİLENDİRME TESTİ.....	158
EK 7. STEM EĞİTİMİ YAKLAŞIMI GÖRÜŞME SORULARI	159
EK 8. ETKİNLİK GÖRÜŞ FORMU	160
EK 19. AYDINLATILMALI MI? ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI	161
EK 10. DONAN YOLLAR ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI	162
EK 11. ÜRETELİM ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI	163
EK 12. GELECEĞİN TARIMI ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI	164
EK 13. ÖRNEK PROTOTİPLER (AYDINLATILMALI MI? ETKİNLİĞİ)	165
Ek 14. Örnek Prototip (Donan Yollar Etkinliği)	171
EK 15. ÖRNEK PROTOTİPLER (ÜRETELİM ETKİNLİĞİ).....	175
EK 16. ÖRNEK PROTOTİPLER (GELECEĞİN TARIMI)	179

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Fen ve Mühendislik Alanlarının Bilgiye Bakış Açıları	17
Şekil 2.2. Tasarım Temelli Öğrenme Döngüsü	19
Şekil 2.3. Mühendislik Tasarım Süreci Basamakları	20
Şekil 2.4. Mühendislik Tasarım Süreci	21
Şekil 2.5. STEM, PTÖ, PDÖ ve TTÖ Modellerinin Karşılaştırılması	25
Şekil 3.1. Araştırmanın Gömülü Deseni	46
Şekil 3.2. Araştırma-Uygulama Süreci	47
Şekil 3.3. Araştırma Tasarımı ve Aşamaları	61
Şekil 4.1. Uygulama öncesi KİT ile elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan şemalar	64
Şekil 4.2. Uygulama sonrası KİT ile elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan şemalar	66
Şekil 4.3. Ön test ilişkililik katsayıları tablosuna göre öğretmen adaylarının bilişsel yapısını gösteren şema	68
Şekil 4.4. Son test ilişkililik katsayıları tablosuna göre öğretmen adaylarının bilişsel yapısını gösteren şema	70

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Çalışma Grubunda Yer Alan Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Önceki Dönemlerde Aldıkları Alan Eğitimi Dersleri	48
Tablo 3.2. Fen ile Matematik anahtar kavramları arasındaki “İKİ” değerinin hesaplanması amacıyla oluşturan derece ve frekans tablosu*.....	52
Tablo 3.3. Şemalarda yer alan şekillerin renkleri ve ifade ettiği aralıklar	53
Tablo 4.4. Kavramsal Anlama Testlerinin Analizinde Kullanılan Kategoriler ve Puanları	54
Tablo 4.1. Ön test KİT uygulaması sonucunda elde edilen ilişkililik katsayıları.....	67
Tablo 4.2. Son Test KİT uygulaması sonucunda elde edilen ilişkililik katsayıları	69
Tablo 4.3. Kavramsal anlama puanları için eşleştirilmiş örneklem t testi sonuçları	71
Tablo 4.4. ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğine ilişkin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testine ait betimsel istatistik ve örnek cevaplar	72
Tablo 4.5. ‘Donan Yollar’ etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar	73
Tablo 4.6. ‘Üretelim’ etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar	75
Tablo 4.7. ‘Geleceğin Tarımı’ etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar	77
Tablo 4.8. Araştırma verilerine göre ‘STEM Farkındalığı’ ana temasına ait betimsel istatistik	79
Tablo 4.9. Araştırma verilerine göre ‘Disiplinler arası ilişki’ ana temasına ait betimsel istatistik	81
Tablo 4.10. Araştırma verilerine göre ‘Program Entegrasyonu’ ana temasına ait betimsel istatistik	83
Tablo 4.11. Süreçte Zorlanılan Aşamalar	87
Tablo 4.12. Mutlu Eden, Hissettiren Aşamalar	89
Tablo 4.13. Kullanılan Beceriler	90
Tablo 4.14. STEM Disiplinleri Çerçevesinde Açıklama	92

KISALTMALAR LİSTESİ

KOFAC: The Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity

MEB: Milli Eğitim Bakanlığı

NASEM: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine

NAE: National Academy of Engineering

NGSS: Next Generation Science Standards

NGA: National Governors Association

NRC: National Research Council

NSF: National Science Foundation

PD-STEM: Probleme dayalı STEM

STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

ÖT: Ön Test

ST: Son Test

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz çağ, eğitim sistemlerinde önemli dönüşümlere neden olan teknoloji, küreselleşme ve değişen toplumsal ihtiyaçlardaki hızlı ilerlemeye tanıklık etmektedir. Bilgi daha erişilebilir hale geldikçe hem işgücüne hem de sosyal hayata yönelik talepler daha karmaşık bir hal almaktadır. Bu bağlamda eğitim ve öğretim anlayışı sürekli olarak bir değişim sürecinden geçmektedir. Bu değişim öğrenci merkezli yaklaşımları odağına alarak öğrenenlerin etkileşimli ve deneyimsel öğrenmelerine olanak tanıyacak şekilde gerçekleşmekte ve iş piyasasının gereksinimlerini de merkeze almaktadır. Bu çerçevede eleştirel düşünme, problem çözme, iletişim ve ekip çalışması gibi becerilerin de geliştirilmesini vurgulayan bir eğitim anlayışının benimsenmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu yönüyle eğitim sistemlerindeki değişikliklerin öğrencilerin bireysel potansiyellerinin keşfedilmesini ve geliştirilmesini destekleyen bir ortam yaratma hedefiyle uyumlu olduğu ifade edilebilir. Özellikle ekonomik kaygıların ülkelerin eğitim sistemlerinde bu değişimi hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirme çabalarına yön verdiği söylenebilir. Bu nedenle eğitimciler, politika yapıcılar ve tüm paydaşlar arasında etkili bir iş birliğinin sağlanması geleceğin taleplerine uygun bir eğitim sisteminin oluşturulması için oldukça önemlidir.

Günümüz dünyasında bilim ve teknolojiye ilerlemenin devamını sağlamak için birlikte çalışan ve genellikle farklı disiplinlerden uzman bireylerin bir araya gelmesine ihtiyaç duyulduğu ifade edilebilir (National Science Foundation [NSF], 2006). Bu bağlamda, STEM eğitimi, öğrencilere eleştirel düşünme, iş birliği, iletişim ve problem çözme becerileri kazandırmayı hedefleyen bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. STEM eğitimi, ezbercilikten uzak, öğrencileri gerçek dünya problemlerini çözmeye teşvik eden bir yaklaşım sunarak, disiplinler arası bağlantıları güçlendirmeyi amaçlamaktadır (Howes vd., 2013). Ancak, bu hedeflere ulaşmada, geleceğin öğretmenleri olan öğretmen adaylarının sadece içerik bilgisi değil, aynı zamanda STEM disiplinlerini derinlemesine anlama ve öğrencilere etkili bir şekilde iletebilme becerileri de kritik bir öneme sahiptir (English, 2016). Bu noktada, öğretmen adaylarına yönelik pedagojik stratejilerin etkili bir şekilde geliştirilmesi ve uygulanması, STEM eğitiminin önemli öğelerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

1.1. PROBLEM DURUMU

Teknolojideki hızlı gelişmeler ve dinamiklik ile karakterize edilen bu çağda, üst düzey becerilere ve kolayca uyum sağlama yeteneğine sahip bir işgücüne olan ihtiyaç artmıştır. Buna ek olarak günümüzün dijital ortamında başarılı olmak için gerekli beceri ve yetkinliklere sahip olmak zorunlu hale gelmiştir. Bu çerçevede 21. yüzyıl için gerekli beceri ve yetkinliklere sahip bir nesil yetiştirmeye yönelik bir ihtiyacın arttığı söylenebilir. '21. yy. becerileri' terimi genellikle dijital okuryazarlık, eleştirel düşünme ve gerçek yaşam bağlamlarında etkili problem çözme gibi temel becerileri kapsamaktadır (Singh, 2021). Yapılan araştırmalarda fen bilgisi eğitiminde 21.yy. becerilerinin kazandırılmasında problemlerle karşılaşıldığı bildirilmektedir (Adeosun, 2011; Akgündüz vd., 2015; Allen & Van der Velden, 2012; Fitria vd., 2023; Güler vd., 2023; McFarlane, 2013; Osborne, 2013).

Son yıllarda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegre edildiği ve 21. yy. becerilerinin geliştirilmesini destekleyen bir eğitim yaklaşımı olarak STEM eğitimi ön plana çıkmıştır. STEM eğitimi, yetkin bir işgücü geliştirmek, yaratıcılığı teşvik etmek ve dünya çapındaki sorunların üstesinden gelmek için gerekliliği vurgulansa da STEM eğitiminin başarılı bir şekilde yürütülmesi sürecinde potansiyel etkisini engelleyebilecek bazı engellerle karşılaşmaktadır (Lumpe vd., 2000; Salvetti vd., 2023; Sithole vd., 2017). Materyallere ulaşım, öğretmen yeterliliği, zaman, öğrenci hazırbulunuşluğu gibi konularda ortaya çıkan bazı engeller STEM eğitiminin etkililiğini olumsuz etkileyen unsurlardır (Arslan & İnan Sonakalan, 2022; Çınar & Terzi, 2021; Dokumacı Sütçü vd., 2023; Kennedy & Odell, 2014; Madani, 2020; Metin vd., 2023; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine [NASEM], 2016). Akça ve Beşoluk (2023) STEM eğitimi ile ilgili yürüttükleri çalışmada fen bilgisi öğretmenlerinin süre ve materyal konularında sorunlar yaşamanın yanı sıra STEM eğitimi hakkında da yeterli düzeyde bilgi sahibi olmadıklarını rapor etmişlerdir. Benzer olarak Metin vd. (2023) çalışmalarında maddi kaygılar, zaman yetersizliği ve öğretmenlerdeki olumsuz algının STEM eğitimin fen bilgisi derslerine entegre edilmesinin önündeki engellerden bazıları olduğunu ifade etmektedirler.

Öğretmen yeterliliği her eğitim yaklaşımında olduğu gibi STEM eğitiminde de önemli bir paya sahiptir. Öğretmen yeterliliğinde ise alan (içerik) ve pedagojik bilgi

önemli rol oynamaktadır (Stohlmann vd., 2012). Buna karşın çalışmalarda fen bilgisi öğretmenlerinin STEM eğitime yönelik yeterliliklerinin düşük seviyelerde olduğu bildirilmektedir (Ejiwale, 2013; Ismail vd., 2019; Nepeina vd., 2020; Özbilen, 2018; Özcan & Koştur, 2018). Ayrıca STEM eğitimi, doğası gereği öğretmenlerin kendi alanlarındaki bilgileri genişletmelerini ve farklı disiplinler arasında bağlantılar kurmalarını gerektirmektedir. Wang (2012)'a göre de eğitimciler, STEM alanlarında hem uygulama hem de konu bilgisine sahip olmalıdırlar. Bu nedenle STEM eğitiminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için öğretmenlerin, STEM disiplinlerinin nasıl entegre edileceği konusunda bilgi ve beceri sahibi olmaları gerekmektedir (Guzey vd., 2016b). Bu çerçevede STEM eğitiminde disiplinler arası ilişkilerin kurulmasının önemli olduğu söylenebilir. Disiplinler arası ilişkiler kavramı, eğitimcilerin dünyanın karmaşık zorluklarının basitçe birkaç uzmanlık alanına bölünemeyeceği inancından kaynaklanmaktadır. Diğer bir deyişle günlük hayattaki sorunların çoğu birçok disiplinin bilgi birikimleri kullanılarak çözülebilmektedir (The Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity [KOFAC], 2016). Bununla birlikte disiplinler arası ilişkilerin kurulması STEM eğitiminin önemli sorunlarından biridir (Tytler vd., 2021). Akgündüz (2015)'ün ifade ettiği gibi günümüz için gerekli becerilerle donatılmış bireyler yetiştirmek ve ilerlemenin sürekliliğini sağlamak için mühendislik, matematik ve teknoloji alanlarını fen eğitimine entegre etmek gereklidir. Ülkemiz Fen Bilimleri dersi öğretim programında da fen bilimleri ile matematik, teknoloji ve mühendislik alanlarının bütünleştirilmesi ve öğrenenlerin problemleri disiplinler arası bakış açısıyla ele almalarının öneminin altı çizilmektedir (MEB, 2018). Bu yönüyle Fen bilimleri dersi öğretim programı STEM eğitim yaklaşımının kullanılmasını desteklese de pratikte bazı aksaklıkların çıktığı bilinmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda öğrencilerin ve öğretmenlerin STEM disiplinleri arasında ilişki kurmakta zorlandıkları ifade edilmektedir (Ata & Arslan, 2021; Şahin vd., 2014; Tezcan Şirin vd., 2022). Benzer şekilde yapılan bazı çalışmalar da genel anlamda öğretmenlerin uygulama konusunda bazı eksikliklerinin olduğunu göstermektedir (Arslan & İnan-Sonakalan, 2022; Çınar & Terzi, 2021; İnançlı & Timur, 2018). Karakaya ve Yılmaz (2022) da fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitimi yaklaşımına uygun öğrenme ortamları tasarlama noktasında zorluklar yaşadığının altını çizmektedir. Özbilen (2018) de yürüttüğü araştırmada Fen bilgisi

öğretmenlerinin STEM uygulamalarında kendilerini yetersiz gördüklerini ve bu alanda eğitim alma ihtiyaçlarının olduğunu rapor etmiştir.

STEM eğitimi uygulamalarında öğretmenlerin tutum ve inançlarının, özyeterlilik algılarının, hazırbulunuşluk düzeylerinin de öğretim sürecine olumlu ve olumsuz yansımaları olduğu ifade edilmektedir (El-Deghaidy vd., 2017; Höttecke & Silva, 2010; Kamran & Thomas, 2022; Öztürk, 2019; Timur & Belek, 2020; Turhan & Kırındı, 2022). Bu bağlamda öğretmenlerin STEM eğitime yönelik algılarının ve görüşlerinin önemli olduğu söylenebilir. Eğitimcilerin STEM eğitimi hakkındaki görüşlerinin öğrencilerin bu becerileri edinmelerini sağlamak için gereken strateji ve araçların nasıl kullanılacağını etkileyebileceği açıktır. Araştırmalar öğretmenlerin farklı sebeplerle STEM eğitime yönelik olumsuz görüşlerinin olduğunu bildirmektedir (Bal & Bedir, 2021; Hacıoğlu vd., 2017; Margot & Kettler, 2019; Park vd., 2016; Thibaut vd., 2019).

STEM eğitiminde gerçek hayat ile ilişkili, açık uçlu ve disiplinlerin bütünleştirilmesini ihtiyaç haline getiren problem durumları ile öğrenenlerin karşı karşıya getirilmesi esastır (Özçelik, 2021). Buna karşın bazı STEM uygulamalarının 'yemek kitabı' tarzı atölye çalışmaları şeklinde gerçekleşerek becerilerin gelişimine tam anlamıyla katkı sağlamadığı ve bu uygulamalarda STEM yaklaşımının disiplinler arası yönünün tam olarak yansıtılamadığı yönünde endişeler dile getirilmektedir (Uzun & Şen, 2023). Eren ve Dökme (2022) fen bilgisi eğitiminde uygulanan STEM uygulamalarında sunuş yoluyla, herhangi bir öğretim tasarımı olmadan yapılan birçok çalışma olduğunu tespit etmiştir. Bunun yanında Hebebe (2021), çalışmasında katılımcı bazı öğretmenlerin STEM eğitiminin yanlış anlaşıldığını, sadece teknoloji kullanımının ya da robotik setler kullanmanın STEM eğitimi olarak adlandırılmasının yanlış olduğu yönünde ifadeler kullandıklarını altını çizmiştir. Kendin yap projeleri, el işi çalışmaları, fen bilgisi kazanımları ile ilişkilendirilmemiş, bir problem durumu ile karşı karşıya gelinmeyen çalışmalar ülkemizde STEM eğitiminin yanlış uygulanmasına örnek olarak verilebilir (Çepni, 2018). Bu bağlamda STEM yaklaşımının arzu edilen hedeflere ulaşması açısından hangi öğrenme-öğretme sürecinin uygun olduğunun belirlenmesi önemlidir. Problem çözme becerilerinin geliştirilmesi aynı zamanda probleme dayalı öğrenme yönteminin altını çizdiği önemli bir hedef olduğundan probleme dayalı öğrenme yönteminin STEM eğitimi için uygun bir bağlam oluşturabileceği düşünülmektedir (Cebesoy, 2023; Ergün & Külekçi,

2019). Asunda ve Mativo (2016)'a göre probleme dayalı öğrenme ortamları oluşturulmadığı sürece öğrenciler STEM ile ilişkili kavramları tam olarak benimseyemezler. Bu çerçevede Cebesoy (2023)'ün de vurguladığı üzere STEM eğitimi çerçevesinde nispeten yeni olan probleme dayalı STEM uygulamalarının en öne çıkan vurgularından birisi öğrenenlerin açık uçlu bir problemle karşı karşıya bırakılmasıdır.

Bu çerçevede araştırmada, probleme dayalı STEM uygulamalarına katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik görüşlerinde, STEM'in temel disiplinlerine yönelik bilişsel yapılarında, fen bilimleri konularındaki kavramsal anlamalarında gerçekleşen değişimleri ve yaşadıkları deneyimleri belirlemek amaçlanmıştır. Bu bağlamda ilgili araştırma, probleme dayalı STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen eğitiminde etkililiğinin belirlenmesine odaklanmıştır. Bu doğrultuda, araştırma kapsamında aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır;

1. Probleme dayalı STEM uygulamaları öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik bilişsel yapılarını nasıl etkilemektedir?
2. Probleme dayalı STEM uygulamaları öğretmen adaylarının fen bilgisi konularına yönelik kavramsal anlamalarını nasıl etkilemektedir?
3. Probleme dayalı STEM uygulamaları öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik görüşlerini nasıl etkilemektedir?
4. Fen bilgisi öğretmen adaylarının Probleme dayalı STEM uygulamalarındaki deneyimleri nelerdir?

1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına, kavramsal anlamalarına, STEM eğitime yönelik görüşlerine etkisini incelemek ve STEM uygulamalarındaki deneyimlerini belirlemektir.

1.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Küresel anlamda ekonomik yarışın hız kazandığı günümüz dünyasında özellikle üst düzey becerilere ve hızlı uyum sağlama yeteneğine sahip olan bireylere olan ihtiyaç, ülkelerin 21. yüzyılda hem iş hem de yaşam için gerekli beceri ve yetkinlikleri geliştirmek için adımlar atmalarına neden olmuştur. Çünkü sürekli bir

gelişme ve değişimin olduğu bu yüzyılda öğrenenlerin başarılı olabilmeleri belirli konularda bilgi edinmelerinin yanı sıra bazı becerilerini de geliştirmelerine bağlıdır (Fontaine, 2014). Genellikle 21. yy. becerileri olarak bilinen bu beceriler arasında eleştirel düşünme, iş birliği ve yaratıcılık yer almaktadır (Lai & Viering, 2012). Bu beceriler, öğrencilere yalnızca sürekli gelişen iş piyasasında yer edinmek için gerekli araçları sağlamakla kalmaz, aynı zamanda karmaşık ve birbirine bağlı küresel bir ortamda yer edinmelerini sağlayarak toplumun çok yönlü ve yenilikçi bireyleri olmalarını destekler. Bu becerileri geliştirmeye yönelik atılan adımlar farklı öğrenme yaklaşımlarını gündeme getirmiştir. Bu yaklaşımlardan biri de STEM eğitimidir.

Sorgulamaya dayalı öğrenme ve problem çözmeye vurgu yapan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitimi, 21. yy. becerilerinin gelişmesine katkıda bulunurken öğrencileri hızla değişen çalışma hayatında başarılı olmaları için hazırlar (Brossmer, 2019). Başka bir deyişle teknolojik ilerleme ile karakterize edilen bu çağda, STEM eğitimi, öğrencileri çeşitli sektörlerde başarı için gerekli temel beceri ve bilgilerle hazırlamada temel bir rol oynamaktadır (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2016). STEM eğitimi fen, matematik, teknoloji ve mühendislik disiplinlerini birleştiren modern bir yaklaşım olarak ön plana çıkmıştır (Çorlu, 2014). Bu eğitim yaklaşımı ile özgün ve yaratıcı düşünme yeteneğine sahip, problem çözebilen bireylerin yetiştirilmesi amaçlanmaktadır (Eroğlu & Bektaş, 2016; Tytler vd., 2019).

STEM disiplinleri, öğrencileri 21. yüzyılın zorluklarına hazırlamada çok önemli bir rol oynamaktadır (NRC, 2011). Özellikle teknolojik gelişmelerin ve karmaşık küresel sorunların hakim olduğu bir çağda ilerlerken, bilgiyi gerçek dünyadaki senaryolara uygulama becerisi çok önemli hale gelmektedir (Abulibdeh vd., 2024). Eleştirel düşünme, problem çözme becerileri ve uyum sağlama yeteneğiyle donatılmış bir işgücü yetiştirme ihtiyacı, STEM eğitimini küresel anlamda ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle STEM eğitimi, 21. yy. becerilerinin geliştirilmesindeki ve dolayısıyla ekonomik rekabet gücünün artırılmasındaki rolü nedeniyle birçok ülkenin eğitim gündeminin üst sıralarında yer almaktadır (Uzun & Şen, 2023). Bu çerçevede STEM, çok sayıda ülke tarafından etkili bir eğitim yaklaşımı olarak benimsenmiş ve öğretim programlarına dahil edilmiştir (Wang, 2012).

STEM eğitiminin geleneksel öğretim yöntemlerinin ötesine geçerek bilimsel kavramlar ve bunların gerçek dünyadaki uygulamaları hakkında bütüncül bir anlayış geliştirmeyi amaçladığı söylenebilir (Kennedy & Odell, 2014). Diğer bir ifadeyle STEM eğitimi, öğrencileri gerçek dünya problemlerini çözmeye teşvik eden bir yaklaşım sunarak, disiplinler arası bağlantıları güçlendirmeyi amaçlamaktadır (Howes vd., 2013). Bu nedenle STEM eğitimi, öğretilen içeriği gerçek hayattaki sorunlarla ilişkilendirme fırsatı vermektedir (El Sayary vd., 2015). STEM eğitimi, öğrencilerin analitik düşünme becerilerini geliştirerek sorunları çözmelerine yardımcı olurken, onları gerçek dünyada karşılaşacakları zorluklara hazırlar. Böylelikle STEM eğitimi ve bu çerçevede kazanılan beceriler öğrenenlerin olaylara farklı açılardan bakabilmelerine olanak tanımaktadır (Karahana & Canbazoglu-Bilici, 2014). Ayrıca STEM eğitimi, 21. yüzyılın gerektirdiği iş birliği, iletişim ve yaratıcılık gibi temel yetkinliklerin geliştirilmesini desteklemektedir. Bybee (2013)'e göre de STEM eğitimi, öğrenenlere teknolojik olarak gelişen ve hızla evrilen bir dünyada yol alabilmeleri için gerekli bilgi ve becerileri kazanmalarına olanak tanır. Bu bağlamda STEM eğitiminin, çevrelerindeki sorunları fark edebilen, iş birliğine dayalı problem çözme sürecine katılabilen, yaratıcı ve analitik düşünebilen, araştırma yapabilen ve nihayetinde somut sonuçlar elde edebilen yetkin öğrenciler yetiştirmeyi desteklediği ifade edilebilir (Wang, 2012).

STEM disiplinlerinin derslerde birleştirilmesi disiplinler arası düşünmeyi teşvik ederek öğrencileri teori ve pratik problem çözme arasındaki boşluğu doldurmaya yönlendirir (Juškevičienė vd., 2021). STEM uygulamalarının fen bilimleri derslerinde kullanılması öğrencilerin bilgiye bireysel olarak nasıl ulaşacakları ve ulaştıkları bilgileri hangi safhada kullanmalarını kavramaları açısından son derece önemlidir (Şahin vd., 2014). Ayrıca öğrenme ortamına entegre edilen STEM temelli etkinlikler ile öğrencilerin tasarım yapma becerileri gelişmekte ve ders kazanımları daha somut bir hal almaktadır (Shahali vd., 2016). Çünkü STEM eğitimi, etkili çözümler keşfetme sürecinde teknoloji ve mühendislik ilkelerinin kullanımını vurgular (Yamak vd., 2014). Eğitim alanındaki bilimsel araştırmalar, fen, matematik, teknoloji ve mühendislik becerilerinin entegrasyonunun tasarım odaklı düşünmeyi teşvik etmek ve fen eğitiminin etkinliğini artırmak için gerekli olduğunu göstermektedir. Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi alanlarda uzmanlaşmış bireylerin ihtiyaç duyulduğu bu dönemde, STEM eğitimi bireylerin geleceklerini şekillendiren bir rol

oynamaktadır (Kennedy & Odell, 2014). Ayrıca, öğrencilerin STEM alanlarına ilgilerini ve yeteneklerini keşfetmelerine olanak tanır (Knowles vd., 2018). Bu da gelecekteki iş gücünün ihtiyaç duyduğu nitelikli bireylerin yetişmesine katkıda bulunur.

Problem çözme, iş birliği, iletişim gibi 21. yy. becerileri arasında yer alan bazı becerilerin gelişimini destekleyen yaklaşımlardan biri de probleme dayalı öğrenmedir (PDÖ). PDÖ, öğrencileri gerçek dünya problemlerini çözmek için öğrenmelerinin sorumluluğunu almaya teşvik eden bir öğrenme yaklaşımıdır (Akçay, 2009; Merritt, vd., 2017). PDÖ, öğrencilere özgün, iyi yapılandırılmamış problemler sunarak onları iş birliğine dayalı problem çözme süreçlerine dahil eder (Chin & Chia, 2006). Bu yönüyle yöntem yalnızca içeriğin kalıcılığını artırmakla kalmaz, aynı zamanda ekip çalışması, iletişim ve esneklik gibi kritik becerileri de besler (Gwee, 2009; Savin-Baden, 2014). Savery'e (2006) göre PDÖ, öğrencileri araştırmaya, teori ve pratiği birleştirmeye ve problemleri çözmek için bilgi ve becerileri kullanmaya teşvik eden öğrenci merkezli bir yaklaşımdır. Bu nedenle PDÖ, öğrencileri gelecekteki mesleklerinde karşılaşacakları sürekli değişen engellerin üstesinden gelmek için gerekli becerileri geliştirmelerini ve yaratıcı çözümlerle karmaşık sorunların üstesinden gelmelerini sağlar (Akl, 2014). Bilim insanları ve mühendisler, deneyler tasarlayan, problemlerin çözümü için prototipler hazırlayan, verileri analiz edip yorumlayan ve ilgili kişilerle paylaşan problem çözücülerdir (Dischino, vd., 2011). Probleme dayalı öğrenme süreci de öğrenciler için benzer fırsatlar yaratır. Bu nedenle probleme dayalı öğrenme, yaratıcı düşünme, problem çözme ve işbirlikli çalışmayı destekler (Karamustafaoğlu & Yaman, 2015). Garrett'e (1986) göre problem çözme uygulamaları fen eğitiminde öğrenmeyi kolaylaştırır ve problem çözme becerisi kazandırır. Bu gerekçelerle PDÖ'nin STEM eğitimine uygun bir bağlam oluşturduğu ifade edilebilir (Cebesoy, 2023; Ergün & Külekçi, 2019; Smith vd., 2022). Benzer şekilde Daugherty ve Carter (2018) da STEM eğitiminin probleme dayalı öğrenmeyi uygulamak ve problem çözme becerilerini geliştirmek için bir alan sunduğunun altını çizmiştir. Bunun yanında gerçek dünya problemi senaryolarına dayanan PDÖ yöntemi, yalnızca STEM'in disiplinler arası doğasıyla uyumlu olmakla kalmaz, aynı zamanda daha fazla uygulama odaklı bir eğitim paradigmasına geçişi savunur (Guerra, 2014).

Günümüzde, eğitim sistemi sürekli olarak değişen teknolojik ve toplumsal dinamiklere uyum sağlamak zorundadır. Eğitimdeki bu değişim, öğretmenlerin de bu

değişime uygun şekilde hazırlanmalarını gerektirmektedir. Bu nedenle öğretmenlerin güncel eğitim yaklaşımlarını etkili bir şekilde uygulayabilme yetkinliğine sahip olmaları gerektiği söylenebilir. Öğretmenler çağın ihtiyaçlarını karşılayabilecek nitelikli bireylerin yetiştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Erdogan & Ciftci, 2017). Benzer çerçevede çağın ihtiyaçlarına uygun bireylerin yetiştirilmesine katkı sağlayabilecek probleme dayalı STEM gibi güncel yaklaşımların öğretmen eğitiminde kullanılması, geleceğin öğretmenlerinin sınıflarında etkili bir şekilde bu yaklaşımı entegre etmelerine yardımcı olabilir. Özellikle öğretmenlerin yeterliliği STEM eğitiminin etkili bir şekilde uygulamaya konulmasında kritik bir faktördür. Bu nedenle STEM eğitiminin beklenen hedeflere ulaşmasında hiç kuşkusuz bu süreci planlayacak ve süreçte rehber rolünü üstlenecek öğretmenlere büyük görevler düşmektedir. Bununla birlikte STEM eğitiminin etkili bir şekilde uygulanmasında ortaya çıkan engellerden bazılarının öğretmen odaklı olduğu ifade edilmektedir (Akça & Beşoluk, 2023; Metin vd., 2023). Özellikle öğretmenlerin STEM eğitime yönelik sahip oldukları olumsuz düşünceler ve STEM eğitimi ile ilgili bilgi eksiklikleri STEM eğitiminin derslere entegre edilmesinde ve beklenen hedeflere ulaşmasında karşılaşılan bazı sorunlardır. Bu çerçevede öğretmen eğitimi programlarında geleceğin öğretmenleri olan öğretmen adaylarının STEM eğitimi yaşayarak tecrübe etmeleri alanyazında bahsi geçen engellerin aşılması için katkı sunabilir. Bununla birlikte probleme dayalı öğrenme ile STEM eğitimi yaklaşımının bütünleştirilmesi STEM eğitiminin uygulanmasında ortaya çıkan bazı engellerin aşılması açısından fırsatlar sunabilir.

STEM eğitim programlarının niteliğini artırmak için mevcut engelleri fark etmek ve bunlara karşı önlemler almak önemlidir. Yukarıda da ifade edildiği üzere özellikle öğretmen kaynaklı olarak ortaya çıkan sorunların öğretmen eğitimi sürecinde müdahale edilmesi önemli bir husustur. STEM eğitimindeki zorluklarla etkin bir şekilde mücadele etmek, tüm öğrencilerin kaliteli öğrenme deneyimlerine katılmaları için eşit ve dengeli fırsatlara sahip olmalarını sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır (English, 2016; NRC, 2011).

Bu araştırmanın probleme dayalı STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen eğitimindeki rolünü anlamak, öğretmen adaylarının bu yönetime yönelik algılarını ve tecrübelerini gözlemlemek, öğrenmelerini değerlendirmek ve bu öğrenme yaklaşımını öğretmen yetiştirme programlarına entegre etmenin pratik yollarını keşfetmek

açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu araştırma günümüzde ön plana çıkan STEM eğitimi ile ilgili eğitimcilere ve politika yapıcılara faydalı bilgiler sağlayabilir (Uzun & Şen, 2023). Bu çalışmadan elde edilecek sonuçlar ile Probleme Dayalı STEM eğitiminin ülkemizde uygulanabilirliğine yönelik program hazırlayanlara ve öğretmenlere yol gösterici olması açısından çalışmanın alan literatürüne katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

1.4. ARAŞTIRMANIN SINIRLILIKLARI

1. Yapılan araştırma bir devlet üniversitesinde 2019-2020 öğretim yılı güz döneminde öğrenim gören 27 fen bilgisi öğretmen adayı ile sınırlıdır.
2. Bu çalışma 14 haftalık uygulama süresi ile sınırlıdır.
3. Bu çalışma, etkinliklerin kapsadığı konular ile sınırlıdır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ VE FEN BİLİMLERİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMI

Fen, bilimsel ilkelerin incelenmesinin yanı sıra bu ilkeleri öğrenme, öğretme ve değerlendirme yöntemlerini de kapsar (Aydoğdu & Kesercioğlu, 2005; McComas, 2013). Bunun yanında fen, olguları ve evreni aydınlatmaya ve anlamaya çalışan, bilimsel araştırmalar yoluyla bilgiyi doğrulayan, bilgiyi sistematik ve tarafsız bir şekilde bütünleştiren ve yeni bilgilerin üretilmesini kolaylaştıran kapsamlı ve ileriye dönük bir disiplindir (MEB, 2005). Dahası, fen, olayların özünü kavramak ve günlük hayatta karşılaşılan zorlukları ele almakla iç içe geçmiştir (DeBoer, 2000). Çepni vd. (2003)'a göre, bireyler çevrelerinde meydana gelen olayları anlama ve fen eğitimi ile ilgili konulara pratik çözümler sunma yeteneğine sahiptir.

Fen eğitimi, kişilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları zorluklara çözüm üretmek için bilimsel metodolojileri ve yaklaşımları kullanarak çevrelerine etkili bir şekilde uyum sağlama becerilerini kazandırır (Taş, 2010). Öğrenci fen eğitiminde çevresinde gelişen olayları gözleyerek araştırır ve buna göre bir sonuca ulaşmaktadır. Bilimin doğasını öğretmek fen eğitiminin temel hedeflerindendir (Bezir-Akçay, 2016). Dolayısıyla fen eğitimi bireylere bilgilerin doğrudan verilmesi yerine bilimsel bilginin elde edilmesi için yöntemleri öğretmektedir. Bilimsel bilgiye ulaşma yöntemlerini fen eğitiminde öğrenerek, karşılarına çıkan herhangi bir problemde çözüme öğrenmiş oldukları bilimsel yöntem ya da beceriler ile çözümler üretirler (DeBoer, 2000; Ünal & Ergin, 2006). Fen'i öğrenirken öğrenciler, kendileri bilgiye ulaşırlar, öğrenme sürecinde aktiftirler ve yaparak yaşayarak öğrenmektedirler. Fen kavram ve konularının günlük hayatla ilişkilendirilerek öğrencilere öğretildiğinde, öğrencilerin fen derslerine olan ilgi ve motivasyonlarında artış olmaktadır (Bulte vd., 2006; DeBoer, 2000).

Fen bilimleri dersi öğretim programı ülkemizde güncel gelişmeler ile birlikte sürekli bir değişim içerisinde. Oluşan bu değişimlerden en köklüsü öğretim programında öğrenci merkezli anlayışın benimsenmesi olduğu söylenebilir. Bunun yanında dersin adı 2005 yılında “fen ve teknoloji” şeklinde değiştirilmiş ve “yapılandırmacı yaklaşım” olarak öğretim yaklaşımı benimsenmiştir (Toraman &

Alcı, 2013). Bu öğretim programı, sarmallık ilkesine dayalı olarak fen disiplinlerini günlük deneyimlerle bütünleştirmeyi amaçlamaktadır. Yapılandırmacı yaklaşımı takip ederek ve çoklu zekâ kuramlarını kullanarak öğrenci merkezli bir öğrenme ortamını teşvik etmektedir (Çepni & Çil, 2016).

“Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı” 2013 yılında yeniden revize edilerek bütün bireylerin vizyon olarak fen okuryazarı şeklinde yetiştirilmesini hedef almıştır. “Fen Bilimleri Dersi” olarak dersin adı değişmiştir. Dersin adında değişiklik olmasına karşın vizyonu ve öğretim anlayışında herhangi bir değişiklik olmamıştır (Toraman & Alcı, 2013). 2013 yılında revize edilen programda da öğrenciyi merkeze alan bir anlayış benimsenmiştir. Öğrenme ortamlarında, araştırma temelli ve sorgulama odaklı bir yöntemle desteklenen yapılandırmacı bir yaklaşım kullanılmıştır (Çepni & Çil, 2016; MEB, 2013).

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının 2017 yılında MEB tarafından güncellenmesi ile program öncelikle beşinci sınıflarda uygulanmış ve 2018 yılında daha kapsamlı bir şekilde yeniden güncellenmiş ve uygulanmıştır. Bilimde ve teknolojiye oluşan gelişmeler doğrultusunda MEB, ihtiyaç duyulan nitelikli bireyleri yetiştirmek ve çağın gereksinimlerini karşılamak için öğrenim programında değişiklik yapmıştır (Özcan & Düzgünoğlu, 2017). Programın yapısı, empati, güçlü iletişim yetenekleri, eleştirel düşünme becerileri ve pratik problem çözme çözümleri üretme yeteneğine sahip bireyler yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Buna ek olarak, program kararlılık, girişimcilik ruhu ve bireysel farklılıkların dikkate alınmasını vurgulamaktadır. Ayrıca, beceri ve değerlerin kazanılmasına büyük önem vermektedir (MEB, 2018). Program, kapsamlı bir bilim ve teknoloji anlayışına sahip, uyum sağlayabilen, olayları çok yönlü değerlendirebilen, iş birliğine yatkın, 21. yüzyıl becerileriyle donanmış, girişimci, yenilikçi, eleştirel düşünebilen, atılımcı, yaratıcı, çevresi hakkında bilgili, problem çözmede yetkin ve teknolojiye karşı olumlu tutum sergileyen bireyler yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Temel olarak programın amacı, modern çağın taleplerine kolayca uyum sağlayabilen, çağdaş teknolojiyi yetkin bir şekilde kullanabilen ve araştırmanın toplumsal dönüşümler üzerindeki derin etkisinin farkında olan kişiler yetiştirmektir (MEB, 2018).

Mühendislik ve tasarım becerileri, gerçek durum ve olaylar çerçevesinde var olan bir ürünü farklı bir ihtiyaç için kullanılabilir duruma getirme ya da yeni ürün

ortaya çıkartma, kişisel, sosyal ihtiyaçlar ile problemlere çözüm üretme sürecidir (Atman vd., 2008; Brophy vd., 2008; Kilgore vd., 2007). Fen bilimleri öğretim programı, öğrencilere edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürünler yaratmaları için çeşitli stratejiler sunarak mühendislik ve tasarım becerilerini içerir (MEB, 2018). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin entegrasyonunu vurgular, problem çözmeye disiplinler arası bir yaklaşımı teşvik eder ve öğrencilerin icat etme ve yenilik yapma yeteneklerini geliştirmeyi amaçlar. Fen Bilimleri öğretim programında fen, girişimcilik ve mühendislik uygulamaları ayrı bir başlıkta vurgulanmıştır. Fen eğitiminin amacı bu başlık altında bilimsel süreçleri öğrenme, girişimci bireylerin yetiştirilmesi, bilimin amacını kavrama ve mühendislik becerilerinin geliştirilmesi şeklinde tanımlanmıştır. Öğretim süreci, teknoloji ve mühendislik disiplinlerini içerecek şekilde güncellenmiştir. MEB (2018), bu alandaki uygulamaların birden fazla disiplini içermesi gerektiğini tavsiye etmiştir. Bu bağlamda Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda özellikle "mühendislik ve tasarım becerileri"nden bahsedilmektedir (MEB, 2018).

2.2. STEM EĞİTİMİ

2.2.1. STEM Eğitimi Nedir?

STEM eğitimi, Amerika Birleşik Devletleri'nin küresel rekabet gücüne ilişkin endişelerin fen ve teknolojiye yeniden odaklanılmasına yol açtığı 20. yüzyılın ortalarına kadar uzanmaktadır. 1950'lerin sonu ve 1960'ların başındaki Sputnik sonrası dönem, teknolojik liderliği sürdürmek için fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) alanlarında güçlü bir temele duyulan ihtiyacı vurgulamıştır (Lucena, 1996; Spiller, 2022; Teeple, 2018). 20. yüzyılın sonlarında bilgi çağına girerken, STEM disiplinlerinin önemi giderek daha belirgin hale gelmiştir. Hızlı teknolojik gelişmeler ve dijital ekonominin büyümesi, nitelikli bir STEM işgücüne duyulan ihtiyacın altını daha da çizmiştir (Li, 2022; NASEM, 2019; Waite & McDonald, 2019). Sonuç olarak, eğitim kurumları STEM disiplinlerine daha fazla önem vermeye, yenilikçiliği teşvik etmeye ve öğrencileri iş dünyasının değişen taleplerine hazırlamaya başlamıştır (Atkinson & Mayo, 2010; NRC, 2011). Son yıllarda, teknolojinin eğitime entegrasyonu, çevrimiçi öğrenme platformlarının yükselişi ve disiplinler arası yaklaşımlara yapılan vurgu, STEM eğitiminin gelişimini şekillendirmiştir (He vd., 2016; Morel & Spector, 2022; Ortiz-Revilla vd., 2020).

STEM eğitimi, Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik konularını uyumlu bir öğretim programına entegre eden disiplinler arası bir öğrenme yaklaşımını ifade eder (Bryan vd., 2015; Honey, 2014; Johnson & Czerniak, 2023; NRC, 2011). STEM eğitiminin birincil amacı, öğrencileri teknolojik olarak gelişmiş ve küresel olarak rekabetçi bir dünyada başarı için gerekli bilgi, beceri ve yetkinliklerle hazırlamaktır (Bybee, 2013; Kennedy & Odell, 2014; Türk vd., 2018). STEM eğitimi öğrencilere problem çözme, eleştirel düşünme ve iş birliğine teşvik eden sorgulamaya dayalı uygulamalar ile öğrenmeyi vurgular (Asghar vd., 2012; Hall & Miro, 2016; Lai, 2018). Genellikle gerçek dünyadaki zorlukları yansıtan, yaratıcılığı ve yeniliği teşvik eden pratik, proje tabanlı faaliyetleri içerir (Connors-Kellgren vd., 2016; Hanif vd., 2019). STEM eğitimi sadece sınıf ortamlarıyla sınırlı değildir. İlkokuldan yükseköğretime kadar çeşitli eğitim seviyelerine entegre edilebilir ve geleneksel akademik sınırların ötesine geçerek öğretim programı dışı etkinliklere ve zenginleştirme programlarına kadar uzanabilir (Allen & Peterman, 2019; Burrows vd., 2018).

STEM eğitiminin odak noktası, öğrencilerin karşılaşılabilecekleri gerçek yaşam sorunlarına akranlarıyla iş birliği içinde çözüm üretmeleridir (Morrison, 2006; Wang vd., 2011). STEM etkinlikleri, öğrencilerin gerçek yaşam durumları ile akademik dersler arasında bağlantı kurmalarını sağlayarak gelecekteki zorluklara yaratıcı çözümler geliştirmelerini teşvik eder (Aronin & Floyd, 2013; Bryan vd., 2015; Knezek vd., 2013). Ülkemizdeki Fen Bilimleri Öğretim Programı STEM eğitimi "mühendislik ve tasarım becerileri" vurgusuyla ön plana çıkarmaktadır (MEB, 2018). STEM etkinlikleri ile mühendislik tasarım sürecinde öğrenciler problemlere karşı çözüm üretmede sistemli ve planlı bir şekilde çalışmaktadır (Bybee, 2011; Mann vd., 2011; Guzey vd., 2014). Bunun yanında problemlere çözüm üretme sürecinde çözüm ile ilgili yeni bir ürünün tasarlanmasına yönelik yapılan çalışmalarda farklı ve yeni bir mühendislik problemi ortaya çıkabilmektedir (NRC, 2012a; Lederman & Lederman, 2013).

2.2.2. STEM Eğitimi Disiplinleri

2.2.2.1. Fen

Fen, çeşitli disiplinlerden yararlanarak ve bu disiplinlerle ilişkili yerleşik gerçekleri, kavramları ve ilkeleri kullanarak doğal dünyanın sistematik olarak araştırılması ve anlaşılmasıdır (NRC, 2012b). Fen, somut evreni gözlemleyerek,

ölçerek ve deneyler yaparak sistematik bir şekilde inceleyen yasaları formüle etme sürecidir (White, 2014). Fen, doğal dünyanın olgularını anlamak ve açıklığa kavuşturmak için çeşitli disiplinleri bir araya getiren disiplinler arası bir alandır. Bu alan, somut evreni analiz etmek için metodik gözlem, ölçüm ve deneyleri kullanır ve daha sonra gerçek bilgileri iletmeye hizmet eden yasaları formüle eder. Bu sayede fen, doğa olaylarını açıklamada ve gelecekteki olayları tahmin etmede önemli bir rol oynar. Bu bağlamda, fen öğretmenlerinin fen eğitimine yönelik olumlu bir tutuma sahip olmalarının ve yüksek nitelikli bireyler yetiştirmek için öğrencileri anlamlı öğrenme deneyimlerine dahil etmelerinin önemi vurgulanmıştır (Eroğlu & Bektaş, 2016). Ayrıca, sosyobilimsel konu temelli öğretim yaklaşımının fen ve teknoloji okuryazarlığı üzerindeki etkisi üzerine yapılan çalışmalar, fen bilimleri eğitiminin doğasını ve etkili öğretim stratejilerini anlamak için önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Yapıcıoğlu & Kaptan, 2017).

2.2.2.2. Teknoloji

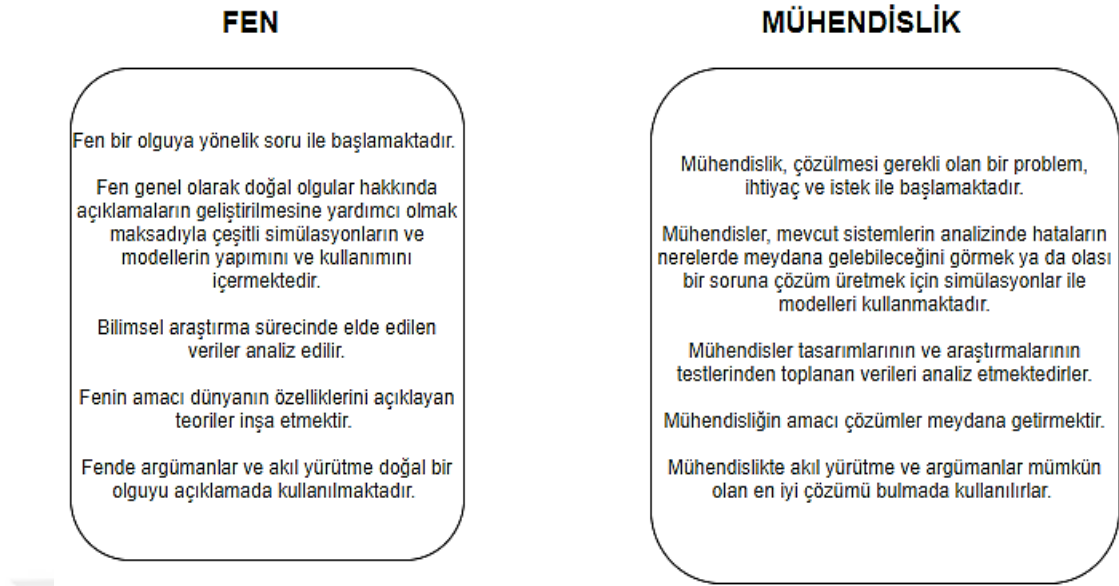
Teknoloji kavramı, bireylerin işlevsellik açısından karşılaştıkları zorlukları ele almayı amaçlayan yeni yöntemler veya teknikler aracılığıyla üretilen çıktılarla tanımlanır. Refahı artıran ve zorlukları ortadan kaldıran çözümlerin tasarımını, üretimini ve uygulanmasını kapsar (Taşkın, 2012). Morrison (2006) teknolojinin fen, mühendislik ve matematiğin bir araya gelmesinin doğal bir sonucu olduğunu belirtmektedir.

Teknoloji eğitimi alanı, dünya ölçeğinde geniş ve ünlü bir geçmişe sahiptir. Teknolojinin fen bilgisi öğretim programında kullanımı 1990 yılında "Tasarım ve Teknoloji" dersinin bir parçası olarak başlamıştır (Sanders, 2009). Ülkemizde ise fen bilimleri dersi öğretim programında yapılan değişiklik ile 2005 yılında ülkemiz eğitim sistemine dahil edilmiştir. Ayrıca, "Fırsatları Artırma Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH)" projesi, özellikle teknoloji eğitimi alanında okullarda teknik ekipman kullanımının teşvik edilmesinde önemli bir rol oynamıştır (Tekbıyık & Çakmakçı, 2018). Teknolojiyi kullanma açısından teknolojik pedagojik alan bilgisine (TPAB) öğretmenlerin sahip olması önemlidir. Teknolojinin entegre edilmiş olduğu bir dersin tasarlanmasında öğrencilerin kazanımları, özellikleri, konuya ilişkin olan kavramların öğretilmesinde teknoloji destekli olan öğretim stratejilerinin dikkate alınması gerekmektedir (Tekbıyık & Çakmakçı, 2018).

STEM uygulamalarında teknoloji entegrasyonu iki farklı yöntemle gerçekleşmektedir. Bu yöntemlerden biri, halihazırda var olan teknik öğelerin sürece dahil edilmesini içerirken, diğeri matematiksel ve bilimsel bilgilerden yararlanarak mühendislik tasarım süreçleriyle bir ürün geliştirmeyi gerektirir (Yıldırım, 2020). Özellikle arzu edilen sonuçları vurgulayan bir ders tasarım planı oluştururken dikkatli olmak çok önemlidir. Örnek olarak, bir fen eğitimcisi ağırlık ve kütle öğretimine teknolojinin dahil edilmesi için strateji geliştirmeli, özellikle de "Elektrik devresi kurma öğretim sürecine teknolojiyi nasıl dahil edebilirim?" sorusunu ele almalıdır. Öncelikli vurgu, konu ve bilgi kazanımı üzerinedir. Planlama aşamasında, çevresel faktörleri değerlendirmek ve analiz etmek için bilimsel amaçlar için tasarlanmış özel teknolojiler, simülasyonlar ve teknik araçlar kullanılır. Ayrıca, ileri teknolojiler kullanılarak toplanan verilerin analizi yoluyla belirlenen gereksinimler, mevcut sorun durumu ve kriterler temelinde tasarımlar oluşturulur.

2.2.2.3. Mühendislik

İnsan yapımı ürünlerin tasarlanarak problem çözme süreci hakkında bilgi birikiminin olması mühendislik olarak ifade edilmektedir (Honey vd., 2014). Bilimsel araştırma ve sorgulamanın temel amacı, oluşturulan ve doğal dünyanın ilkelerini ve olgularını aydınlatmak için kanıtları kullanmaktır. Buna karşılık, mühendisliğin birincil amacı, gereksinimler veya isteklerle ilişkili belirli sorunları ele almaktır (Brunsel, 2012). Disiplinler bütünleşmesinde entegre edilecek olan disiplinler arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların bilinmesi STEM eğitiminde son derece önem arz etmektedir. Fen ve mühendislik alanına ilişkin epistemik farklılıklar Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Fen ve Mühendislik Alanlarının Bilgiye Bakış Açıları (NRC, 2012).

Teknoloji, mühendislik ile güçlü bir şekilde bağlantılı bir alandır. Mühendislik, insan istek ve gereksinimlerini karşılamak için öğeler, sistemler ve süreçler geliştirmeye yönelik sistematik ve geliştirme odaklı metodolojileri kapsar. Öte yandan, doğal çevrenin insan ihtiyaç ve isteklerini karşılamak için kullanılması teknoloji olarak bilinmektedir (MEB, 2018). Mühendislik bir problemin çözümü için gösterilmiş olan çabayken, teknoloji ise problemlere ilişkin olarak ortaya konan çözümdür. Mevcut olan teknolojilerden daha ileri seviye bir teknolojinin üretilmesinde mühendislik kullanılmaktadır. Disiplinler arasında olan farklılıkların göze alınması ile fen, teknoloji ve mühendisliğin entegrasyonunun yapıldığı bir ders tasarımında sorgulamalar ve bilimsel araştırmanın eşlik etmiş olduğu tasarım süreci sonucunda bir ürün meydana getirilmelidir.

Fan ve Yu (2017) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, STEM eğitiminin öğrencilerin mühendislik tasarım uygulamalarına yönelik becerilerinin geliştirilmesine faydalı olacağı düşünülmektedir. Mühendislik tasarımının K-12 eğitimine entegre edilmesi, bütünleştirici STEM eğitiminin benimsenmesi için değerli bir öğretim yaklaşımı olarak vurgulanmıştır. Dahası, STEM eğitimi ve kazanımlarının entegrasyonundaki mevcut eksikliği gidererek STEM eğitiminde teknoloji ve mühendisliğin önemini artırmanın önemli bir değeri vardır (Moore vd., 2013). Yeni Nesil Bilim Standartları (NGSS), K-12 STEM eğitiminde mühendislik tasarımının önemine daha fazla odaklanılmasına yol açmıştır (Kyle vd., 2018).

2.2.2.4. Matematik

Matematik, STEM eğitiminde merkezi ve temel bir rol oynar ve disiplinler arasında iletişimi kolaylaştıran evrensel bir dil görevi görür (McDonald, 2016; Williams vd., 2016). Ortak bir çerçeve olarak bilim insanları, teknoloji uzmanları ve mühendislerin fikirlerini açıklık ve titizlikle ifade etmelerini sağlar (Anderson vd., 2020; Kelly & Lesh, 2012). Bu temel rol, matematiksel düşüncenin doğası gereği analitik olması ve fen bilimleri, teknoloji ve mühendislik alanlarındaki karmaşık zorlukların üstesinden gelmek için hayati önem taşıması nedeniyle bir problem çözme aracı olarak işlev görmesine kadar uzanır (Kelly & Lesh, 2012). Matematiğin dili, yapılandırılmış ve sistematik bir yaklaşım sunarak problemleri formüle ederken ve çözerken özellikle önemli hale gelir.

Ayrıca matematik, farklı STEM alanları arasında önemli bir köprü görevi görerek disiplinler arası bağlantıları teşvik eder (Williams vd., 2016). Örneğin matematiksel modelleme, doğal olayların anlaşılmasında, teknolojik süreçlerin optimize edilmesinde ve mühendislik çözümlerinin tasarlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (NRC, 2012a). Bu disiplinler arası yapı, farklı STEM alanlarındaki uygulayıcıların etkili bir şekilde iş birliği yapmasına olanak tanıyarak bütünsel problem çözme yaklaşımlarına katkıda bulunur.

2.2.3. STEM Eğitimi Nasıl Yapılmalıdır?

STEM eğitimi, fikir, tasarım, iyileştirme ve deney aşamalarını içeren pratik sorunlara yenilikçi çözümler üretmek için materyal kullanma sürecini kapsar. Öğrenciler tasarım için inşaat aletleri, elektronik cihazlar, mekanik el aletleri, sarf malzemeleri gibi çok çeşitli ekipman ve malzemelere ihtiyaç duyabilir. Stohlmann vd. (2012)'e göre gerçek öğrenme, öğrenciler süreç ya da ürün yaratma becerisine sahip olduklarında gerçekleşir.

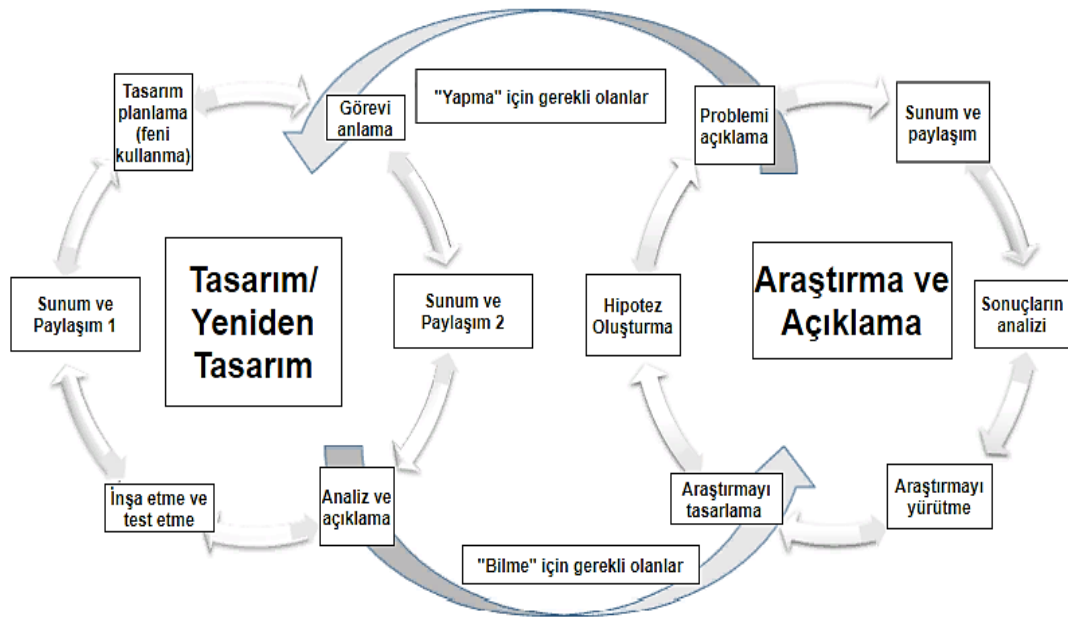
Dugger (2010)'e göre okullarda STEM'in öğretebileceği farklı yöntemler vardır. İlk yöntem; dört disiplinden oluşan STEM'in her bir disiplininin ayrı olarak veya az entegrasyon sonucunda her disiplinin bağımsız bir ders şeklinde öğretilmesidir. İkinci yöntem; günümüzde Amerika'da yer alan okulların çoğunda uygulanan yöntemdeki gibi dört STEM disiplininde bulunan bir ya da iki disipline daha fazla vurgu yapılması ile entegre edilerek öğretilmesidir. Üçüncü yöntem; STEM disiplinlerinden bir disiplinin diğer üç disipline entegre edilmesi ile öğretilmesidir.

Örnek olarak fen, teknoloji ve matematik derslerine mühendisliğin entegre edilmesi. Daha kapsamlı olan dördüncü yöntemde ise, disiplinlerin hepsinin birisine entegre edilmesi ve bir konu halinde öğretilmesidir. Örnek olarak matematik, mühendislik ve teknoloji süreçlerine fenin integrasyonu ile aktarılmasıdır.

NRC (2012)'e göre fen ve mühendislik uygulamalarının 12 yıllık eğitim hayatında takip ettiği adımlar aşağıda verilen şekildedir:

- Soru sormak ve problemleri tanımlamak,
- Modellerin geliştirilerek kullanımı,
- Araştırmaların planlanması ve yürütülmesi,
- Verilerin analiz edilerek yorumlanması,
- Matematik ile sayısal düşüncenin kullanılması,
- Bilimsel açıklamanın oluşturulması ile çözümleri tasarlamak,
- Elde edile kanıttan teze ulaşmak,
- Bilgilere ulaşarak, değerlendirme yapılması ve iletilmesi.

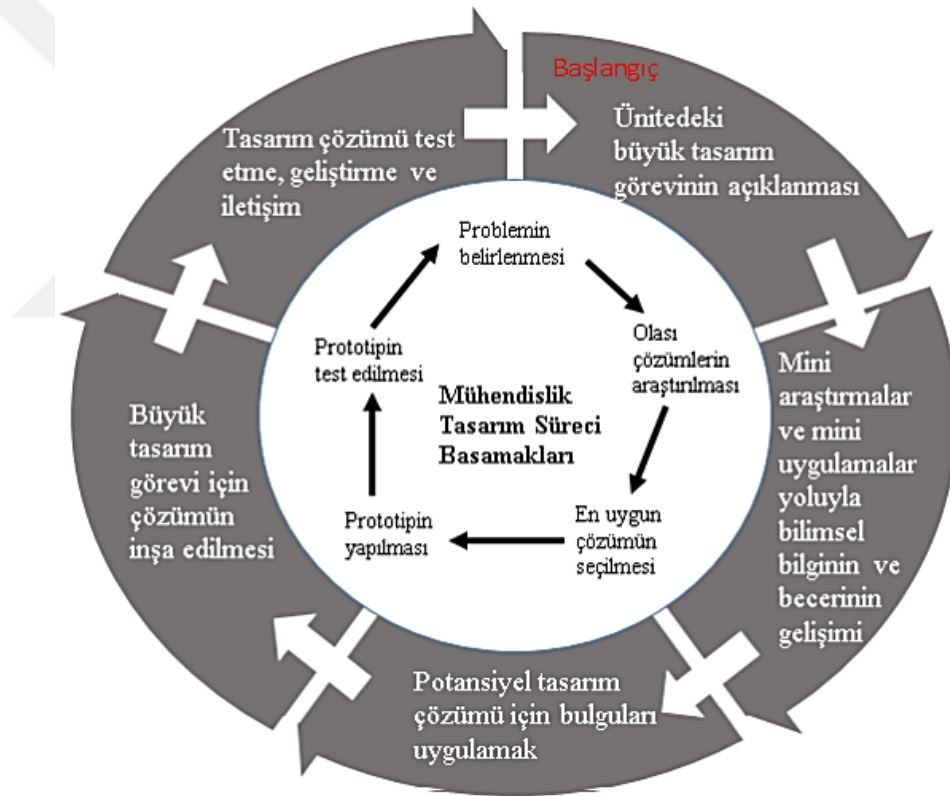
Kolodner vd., (2003)'nin ifade ettiğine göre, öğrencilerin edindikleri bilgi ve becerileri yeni durumlara aktarabilmeleri, geliştirmiş oldukları tasarımı temel alan öğrenme döngüleri modeli ile sağlanmaktadır. Tasarım temelli öğrenme [TTÖ] döngüleri Şekil 2.2'de yer almaktadır.



Şekil 2.2. Tasarım Temelli Öğrenme Döngüsü (Kolodner vd., 2003).

TTÖ döngüleri yaklaşımının yeniden tasarım aşamasında süreç, öğrencilerin bir sorunu dile getirmesiyle başlar. Öğrenciler, kendi ürünlerini yapma, test etme ve sunma süreci yoluyla ürünü geliştirmenin yollarını araştırmaya teşvik edilir. Yeniden tasarım aşaması, bu sorgulamalara bilimsel bilgiye dayalı yanıtlar üretilerek kolaylaştırılır. Öğrenciler tekrarlayan şekilde uygulama yaparak hatalarını tespit edebilir ve bunları düzeltebilirler. Araştırma ve keşif bölümü, bilimsel akıl yürütmede kanıt ve nedenselliğe dayalı araştırmayı aydınlatmak için bilimsel kavramları kullanır (Kolodner vd., 2003).

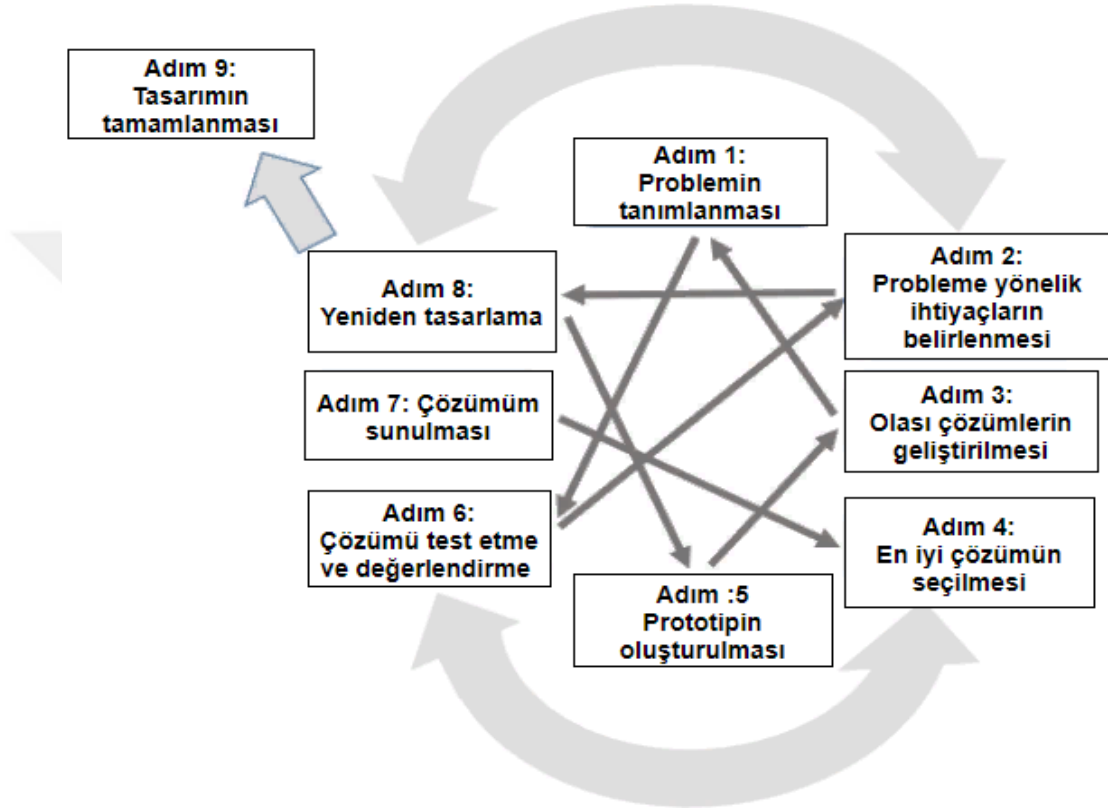
Wendell vd. (2010) geliştirmiş olduğu beş adımdan meydana gelen mühendislik tasarım süreci bir derste yer alan ve bir üniteye yer alan döngüleri içerir. Mühendislik tasarım sürecinin basamakları Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Mühendislik Tasarım Süreci Basamakları (Wendell vd., 2010).

Bu döngüsel çerçevede süreç, öğrencilerin bir sorunu tanımlamasıyla başlar. Bu aşamada, öğrenciler sınırlı bilgi alanlarını ve uzmanlık kazanmaları gereken belirli alanları net bir şekilde anlarlar. Başarıya ulaşmak için gerekli bilgi ve becerileri edinmek üzere "kısa bilim araştırmaları" ve "küçük tasarım görevleri" üstlenmeye başlarlar. Bu süreç boyunca öğrenciler somut bir ürün yaratır ve yarattıkları ürünü test ederler. En iyi çözümün seçilmesi doğrultusunda öğretmenler öğrencilere rehberlik

etmelidir. Son aşamada prototipin yapılması ile prototiplerin test edilmesi bölümü bulunur. Öğrenciler bulmuş oldukları çözüm doğrultusunda ürün meydana getirir, ürünü test ederek geliştirir ve ürünün sunumunu sınıf arkadaşlarına yapar (Wendell vd., 2010). Hynes vd. (2011) lise öğrencileri için geliştirmiş oldukları mühendislik tasarım süreci Şekil 2.4’de yer almaktadır.



Şekil 2.4. Mühendislik Tasarım Süreci (Hynes vd., 2011).

Hynes vd. (2011) geliştirdiği mühendislik tasarım süreci döngüsünde öğrencilerin mühendislik süreçleri ve gerçek mühendislik uygulamaları ile olan etkileşimin artırılması amaçlanmaktadır.

Mühendislik tasarım süreci, öğrencilerin bir problemi tanımlama göreviyle başlar; bu da belirli bir bağlamda belirli kriterler ve kısıtlamalar oluşturmayı gerektirir. Öğrenciler, vurgulanan problemle ilgili araştırma yapmaya teşvik edilir ve bu da problemle ilgili yeni fikirlerin veya sınırlamaların üretilmesini kolaylaştırır. Bu araştırmalar sonucunda öğrenciler probleme yönelik olarak çözüm önerileri sunarlar ve grup üyeleri fikirlerini belirttikten sonra aralarında en iyi olan çözüm önerisi seçilir. Bu adımda öğrencilerin fikirleri sorgulayarak daha bilinçli bir şekilde karar almaları

desteklenir. Çözüm önerisine karar vermeleri sonucunda prototip oluşturmaları istenmektedir. Bulmuş oldukları çözümün yanlış olması durumunda kendi yanlışlarını fark ederek doğru adıma tekrar gitmeleri sağlanmıştır. Prototipin oluşması ile test etme ve değerlendirme safhasına geçilerek öğrenciler bu safhada oluşturdukları prototipin nihai bir çözüm olmadığına bilincindedirler. Öğrencilerin sınıf ortamında çözümlerini sunması ile girişimcilik becerilerinin gelişebilmektedir. Tüm kriterleri karşılayan son ürünün üretimine kadar öğrenciler yeniden tasarlama yaparlar. Son safhada ise tasarımların en iyi çözüm önerisi olup olmadığına karar verilerek karar tamamlanır ve döngü sonlanır (Hynes vd., 2011).

Günlük hayatta olduğu gibi uygulamalarda süreç problem ile başlamaktadır. Bu problemi çözmeye yönelik olarak öğrenciler fikir üretirler. Öğrencilerden problem ile ilgili düşüncelerini ve geliştirilen fikirler arasından en uygun olanın seçilerek tasarlayacakları ürünün çizilmesi ve sınırlılıklar ile gerekli malzemelerin tespiti istenmektedir. Sonrasında prototipin geliştirilmesi ve gelişen prototipin denenmesi sağlanmaktadır. Sınıf arkadaşlarını tasarımlarını sunan öğrenciler girişimcilik becerilerini desteklerler. Son safhada ise tasarımda olan eksik ve yanlış kısımlar en iyi çözüm haline ulaşana kadar öğrenciler tarafından bulması sağlanır ve tasarımın geliştirilmesinden sonra karar tanımlanarak süreç sona erer.

2.2.4. STEM Eğitimi Uygulama Modelleri

Öğrenciyi merkeze alan çağdaş öğrenme akımları, düşünme, uygulama ve bilginin içe içe olduğunu göstermiştir (Tekbıyık & Çakmakçı, 2018). 2000’li yıllardan öncesine kadar olan süreçte fen eğitiminde disiplinlerin bütünleştirme gayretleri vardır (Dugger, 1993; Foster, 1992). Ayrıca 21. Yüzyıl gereksinimlerinde yalnızca bilginin değil aynı zamanda becerinin de önemli olduğu ortaya konulmuştur (Çepni, 2018). Bu durum öğrenciye öğrenme ortamları düzenlenirken bir “fikrin nasıl inşa edilmesi” ve “nasıl düşünmesi” gerektiğini anlatan süreçleri göstermektedir.

Öğrenci merkezli yaklaşımlara son 30 yıldır yön veren yapılandırmacı yaklaşım STEM eğitiminin temelini oluşturmaktadır (Çepni, 2018). Yapılandırmacılık kuramları incelendiğinde, sosyal yapılandırmacılığın öğrenme sürecinde sosyal etkileşimin varlığına vurgu yaptığı görülmektedir. Bilişsel yapılandırmacılık ise bilginin edinilmesinin bilişsel bir süreç olduğunu vurgular (Jaramillo, 1996). Sosyal yapılandırmacı yöntem, bireyler arasındaki etkileşimi ön planda tutarak sınıf içi

süreçlerde iletişim ve iş birliğinin önemini vurgular. Öğrenen akranlar sosyal yapılandırmacı öğrenme ortamlarında çalışmalara yardımcı olarak akranlarını cesaretlendirir ve öğrenmiş olduğu bilgileri akranları ile paylaşarak onların fikirlerinde etkili olmaktadır (Fer & Cırık, 2007; Forman & McPhoil, 1996). Özellikle STEM eğitiminde kişilerin gelişimini teşvik etmeyi amaçlayan 4C becerilerini (iş birliği, iletişim, eleştirel düşünme ve yaratıcılık) geliştirmek için sosyal yapılandırmacı öğrenme ortamlarına ihtiyaç vardır. Ayrıca, sosyal yapılandırmacılığın öncüsü Vygotsky'ye göre, gençler bir kavramın ilgili olduğu olgu ve nesneyi kavrama yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte, kavramı sözel olarak ifade edemezler. Kavramın anlaşılması, çocuğun dünyadaki deneyimleri genişledikçe aşamalı olarak gelişir. Bir çocuğun zihninin bilişsel gelişimi, dersler sırasında gerçekleştirilen tasarım faaliyetleri ve akademik kavramların gerçek yaşam deneyimleriyle bütünleştirilmesiyle şekillenir (Wendell, 2008).

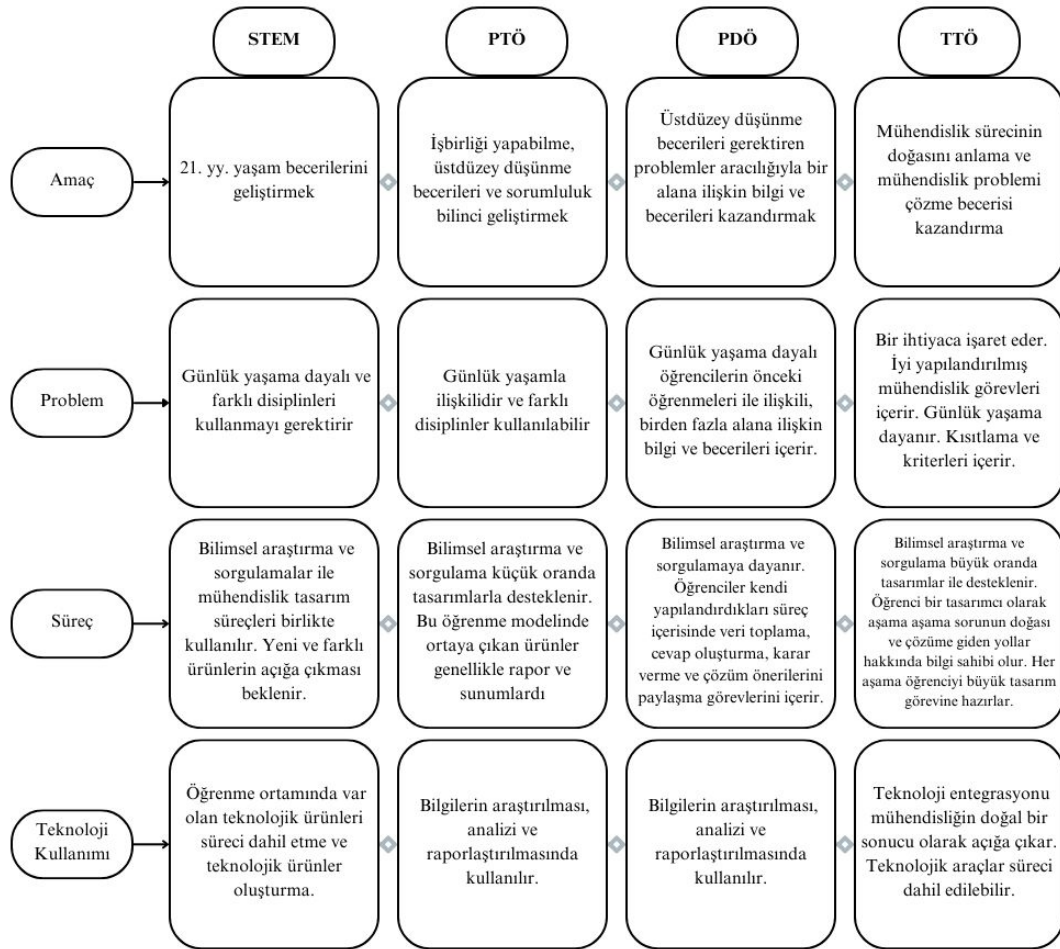
Öğrenci merkezli bir yaklaşım olan Proje Tabanlı Öğrenme (PTÖ), öğrencilerin gerçek dünyadaki zorlukları veya soruları ele alan genişletilmiş, uygulamalı projelere katıldıkları bir öğrenme yaklaşımıdır (Boss & Krauss, 2022; Karan & Brown, 2022). Bu projeler genellikle disiplinler arasıdır ve fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) kavramlarını bütünleştirir. PTÖ, öğrencileri konuları derinlemesine keşfetmeye, iş birliği içinde çalışmaya ve eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmeye teşvik eder (Rehman vd., 2023; Sasson vd., 2018). Öğrenciler otantik projeler üzerinde çalışarak teorik bilgileri pratik durumlara uygulama konusunda önemli deneyimler kazanır. PTÖ ayrıca öğrenciler çözümlerini tasarlar, uygularken ve sunarken yaratıcılık, yenilikçilik ve iletişim becerilerini de geliştirir (Sumarni, 2015; Zhou vd., 2012).

Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ), öğrencilere çözmeleri için karmaşık, gerçek dünya problemleri sunan bir öğretim yöntemidir (Ali, 2019; Savery, 2015). İçeriğin doğrusal bir şekilde sunulduğu geleneksel öğretim yaklaşımlarının aksine PDÖ, öğrencileri sorgulamaya, araştırmaya ve çözüm bulmak için iş birliği yapmaya motive eden bir sorunla başlar (Hanney & Savin-Baden, 2013; Tan, 2021). Bu öğrenme modeline göre, öğrenciler öğrenme süreçlerini sahiplendikçe sorgulama, eleştirel düşünme ve kendi kendine öğrenmeyi vurgular (Akçay, 2009; Leary vd., 2019). Öğrenciler problem çözme faaliyetlerine katılarak, STEM alanlarında ve ötesinde başarı için gerekli olan derin kavramsal anlayış ve pratik beceriler geliştirebilirler.

STEM eğitiminde Tasarım Tabanlı Öğrenme (TTÖ), tasarım odaklı düşünme ilkelerini eğitim sürecine entegre eden bir yöntemdir (Bozkurt-Altan & Tan, 2021; Ladachart vd., 2023). TTÖ temelde, somut çözümlerin veya ürünlerin tasarlanması ve oluşturulması yoluyla problem çözme, yaratıcılık ve yeniliği vurgular. TTÖ, STEM eğitiminde öğrencileri gerçek hayattaki uygulamalı etkinliklere dahil eden dinamik bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım eleştirel düşünmeyi, iş birliğini ve STEM disiplinlerinin pratik kullanımını teşvik eder (Jun vd., 2017; Öztürk, 2020; Zhang vd., 2021).

STEM eğitimi, öğrencilere konuların ve gerçek dünyadaki uygulamalarının çok yönlü bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini entegre etmeyi amaçlamaktadır (Kang, 2019; Kennedy & Odell, 2014; Pimthong & Williams, 2021). Proje tabanlı öğrenme, öğrencileri eleştirel düşünme, iş birliği ve problem çözme becerileri gerektiren uygulamalı projelere dahil etmeye odaklanır ve kavramların daha derinlemesine anlaşılmasını ve akılda tutulmasını teşvik etmeyi amaçlar (Krauss & Boss, 2013; Lattimer & Riordan, 2011). Probleme dayalı öğrenme, öğrencilere çözmeleri için özgün, karmaşık problemler sunma, sorgulama, araştırma ve gerçek dünyadaki zorlukları ele almak için bilginin uygulanmasını teşvik etme etrafında döner (Barell, 2010; Savery, 2015). Tasarım tabanlı öğrenme, öğrencileri tasarım düşüncesinin yinelemeli sürecine dahil etmeyi, prototip oluşturma ve test etme yoluyla çok yönlü sorunlara çözümler geliştirmek için yaratıcılığı, yeniliği ve deney yapmayı teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Davis, 1998; Gómez-Puente vd., 2013). STEM eğitimi disiplinler arası bilgiye vurgu yaparken, proje tabanlı öğrenme uygulamaya, problem tabanlı öğrenme eleştirel düşünme ve sorgulamaya, tasarım tabanlı öğrenme ise problem çözmede yaratıcılık ve yeniliğe öncelik verir (Juškevičienė vd., 2021; McCurdy vd., 2020; Zhou vd., 2022a).

STEM eğitimi, Proje Tabanlı Öğrenme (PTÖ), Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ) ve Tasarım Temelli Öğrenme (TTÖ) yaklaşımları Şekil 2.5'te farklı açılardan özetlemektedir.



Şekil 2.5. STEM, PTÖ, PDÖ ve TTÖ Modellerinin Karşılaştırılması

Şekil 2.5 probleme dayalı öğrenme ve proje tabanlı öğrenmenin bilimsel araştırma yöntemlerini vurgulayan modeller olduğunu, mühendislik alanında kök salmış olan tasarım tabanlı öğrenmenin ise tasarım sürecini ön planda tuttuğunu göstermektedir. STEM eğitiminde teknolojik ürünler oluşturma bir öğrenme hedefiyken, probleme dayalı öğrenme ile proje tabanlı öğrenmede bilgilerin yapılandırılması bir araç olarak ifade edilir. Özetle STEM eğitim süreci bütünleşmenin doğası, zaman, öğrenme hedefleri ve ürünlerin göz önüne alınarak planlaması yapılmalıdır (Honey vd., 2014).

2.3. PROBLEME DAYALI ÖĞRENME

2.3.1. Probleme Dayalı Öğrenme Nedir?

Günümüzün modern toplumlarında insanların günlük hayatlarında ve diğer tüm ortamlarda problem çözebilen bireyler olmaları beklenmektedir (Akcanca, 2020; Asghar vd., 2012; Gu & Belland, 2015). Kitle iletişim araçlarının gelişip

yaygınlaşmasıyla insanların dünyadaki diğer insanlarla iletişim kurmayı, iş birliği yapmayı ve problem çözmeyi öğrenmesi gerekmektedir (Saavedra & Opfer, 2012). Garrett (1986), problem çözmeyi fen eğitiminde öğrenmeyi kolaylaştıran ve problem çözme becerisi kazandıran bir araç olarak tanımlamaktadır. 21. yy becerilerinden olan problem çözme becerisini kazandırmanın yollarından biri probleme dayalı öğrenmedir. Probleme dayalı öğrenme, öğrencilere geleneksel derslerde sağlanamayan yaratıcı düşünmeyi, problem çözmeyi ve işbirlikli çalışmayı öğrenmeyi mümkün kılar (Karamustafaoğlu & Yaman, 2015). Farklı bir deyişle öğrencileri gerçek dünya problemlerine çözüm üretmek ve kendi öğrenmelerinden sorumlu tutmak için zorlayan bir öğretim yaklaşımıdır (Merritt vd., 2017). Savery (2006)'e göre PDÖ, bireyleri araştırma yapmaya yönlendiren, teori ve uygulamayı birleştiren ve bilgi ve becerileri pratiğe geçirme konularında güçlendiren öğrenci merkezli bir yaklaşımdır. Bilim insanları ve mühendisler, deneyler tasarlayan, problemlerin çözümleri için prototipler hazırlayan, verileri analiz edip yorumlayarak ilgili kişilerle paylaşan problem çözen insanlardır (Dischino vd., 2011). Probleme dayalı öğrenme süreci de öğrencilere benzer fırsatları yaratmaktadır.

Probleme dayalı öğrenmede (PDÖ), öğrencilere üzerinde çalışmaları için "gerçek dünya problemleri" verilir (Allen vd., 1996; Stepien & Gallagher, 1993). Öğrencilerden kendi sorgulama kümelerini oluşturarak probleme bir çözüm üretmeleri istenir (Hmelo-Silver, 2004; Kitchner, 1983; Schon, 1990). Probleme dayalı öğrenme, bir yöntem olarak yapılandırmacı öğrenme teorisine dayanır ve öğrenci merkezli yaklaşımıyla öne çıkar (Dalsgaard & Godsk, 2007; Slavich & Zimbardo, 2012). Yapılandırmacılık, araştırmalara dayanan ve bilginin nasıl edinildiğini ve geliştirildiğini açıklayan bir teoridir. Anlamalı öğrenmenin, bireylerin yeni bilgiler, nesneler veya olaylar karşısında mevcut bilgileri üzerine inşa ettikleri veya yeniden yorumladıkları zaman gerçekleştiğini öne sürer. Öğretmen, öğrencileri yönlendirmek için soru sorma ve tartışma tekniklerini kullanarak etkinliği kolaylaştırır (Tarmizi & Bayat, 2012).

Eğitimde probleme dayalı öğrenme (PDÖ) yaklaşımı, öğretmenlerin kolaylaştırıcı rolüyle hareket etmesini ve öğrencilerin karmaşık ve belirsiz durumları daha derinlemesine kavrayabilmeleri için kendi kendilerine öğrenmeye katılmalarını sağlamasını gerektirmektedir. Bu yaklaşım, klinik yeterlilik ve yapıcı öğrenmeyi vurgulayan eğitim ve psikoloji teorilerine dayanmaktadır (Onyon, 2012). Bununla

birlikte, eğitim uygulamalarında karşılaşılan zorluklar bazen PDÖ'nün yetersiz uygulanmasından kaynaklanmaktadır (Dolmans vd., 2005). Çağdaş bir pedagojik felsefe olan PDÖ, sağlık bilimleri eğitiminde öğrenci öğrenimi ve pedagojik yenilik konusunda önemli bir çalışma alanı olarak kabul görmektedir (Jin & Bridges, 2014). Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ), öğretmenlerin kolaylaştırıcı rolünü üstlendiği küçük gruplar içinde öğrenci merkezli eğitime yaptığı vurgu ile ayırt edilir. Öğrenciler, öğrenme için katalizör görevi gören gerçek dünya ve karmaşık problemleri çözmekle meşgul olurlar (Nagarajan & Overton, 2019).

Öğretmenler, öğrencilerin pratik deneyimler kazanmalarını ve eleştirel düşünme kapasitelerini geliştirmelerini sağlamak için PDÖ'yü kullanırlar (Hmelo-Silver, 2004). PDÖ'nün sınıf içi entegrasyonuna çeşitli şekillerde yaklaşılmıştır. Hmelo-Silver (2004) problem tanımlama, kendi kendine araştırma ve raporlamadan oluşan üç aşamalı bir süreç önermiştir. Gallagher vd. (1995) ise problem sunumu, problem analizi, öz-düzenlemeli öğrenme, veri organizasyonu ve çözüm sunumunu içeren beş aşamalı bir süreç önermiştir. Delisle (1997) uygun bir ortam yaratma, problemle ilgilenme, bir yapı kurma, problemi inceleme, problemi tekrar gözden geçirme, bir ürün geliştirme ve değerlendirme için yedi adımlı bir yöntem önermektedir (Rehmat, 2015). PDÖ'nün uygulanmasına ilişkin çeşitli bakış açıları mevcuttur, ancak özellikle STEM mesleklerinin teşvik edilmesinde uygulayıcının gözetimi başarı için esastır (Rehmat, 2015). Bu nedenle, yetkin uygulayıcılar olabilmek için çok sayıda eğitimci, Probleme Dayalı Öğrenmeyi (PDÖ) sınıflarına dahil etmeden önce mesleki gelişime ihtiyaç duymaktadır (Hirshfield & Koretsky, 2018).

Dahası, araştırmalar PDÖ'nün disiplinlerarasılığı teşvik etmede ve öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmede başarılı olduğunu göstermiştir (McDonald vd., 2018; Wahyuni vd., 2020). Azeem vd. (2018) göre bu, öğrencilerin uygulamalı senaryoları araştırmalarını ve problem çözmeye aktif olarak katılmalarını sağlayan etkileşimli bir eğitim yöntemidir. PDÖ, bilginin kalıcı doğasına özel bir vurgu yaparak, çeşitli bilimsel alanlarda oldukça etkili bir metodoloji olarak kabul edilmektedir (Gavrić & Radivojević, 2022). Ovadia-Blechman vd., (2016) tarafından yürütülen araştırma, Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ) yaklaşımının mühendislikte eğitim deneyimini geliştirmede etkili olduğunu göstermiştir.

2.3.2. Probleme Dayalı Öğrenme ve STEM

21. yüzyıl becerileri, sadece teknolojiye dayalı bilgi ve becerileri değil, aynı zamanda iletişim, iş birliği, eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık gibi becerileri de içermektedir. Bu beceriler, öğrencilerin sadece bilgiyi ezberlemek yerine, analiz etmelerini, sentezlemelerini ve yaratıcı çözümler üretmelerini sağlar. Problem çözme becerisi, öğrencilerin edindikleri bilgileri gerçek hayat şartlarında nasıl uygulayacaklarını vurgulayan ve onlara analiz, sentezleme ve yaratıcı çözümler üretme yeteneği kazandıran 21. yüzyıl becerilerinin önemli bir parçasıdır. Probleme dayalı öğrenme yönteminin olmazsa olmazlarından birisi de problemin gerçek hayat ile ilişkilendirilmesidir (Chen, 2008). Probleme dayalı öğrenme öğrencilere problem çözme öğretirken aynı zamanda araştırma yapma, bilgilerini arttırma, kalıcı öğrenme imkânı sunar (Wong & Day, 2009; Yew & Schmidt, 2012). Birçok özelleştirilmiş PDÖ ortamları olmasına karşın, 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılmasına yönelik PDÖ ortamlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Lapek, 2018). STEM eğitimi araştırmacıları STEM eğitiminin problem çözme, eleştirel düşünme, etkili iletişim kurma gibi 21. yy becerilerini kazandırmayı hedeflemesi gerektiğini ifade etmektedir (Hacıoğlu, 2021; Chen vd., 2022; Lee vd., 2019; Lynch vd., 2018). Bu bağlamda PDÖ, STEM yaklaşımı için uygun yöntemlerden biridir. Asunda ve Mativo (2016)'a göre probleme dayalı öğrenme ortamları oluşturulmadığı sürece öğrenciler STEM ile ilişkili kavramları tam olarak benimseyemezler. STEM eğitimi fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin iç içe olduğu ve odağında problem çözme olan bir eğitim yaklaşımıdır (Wu & Anderson, 2015). Bybee (2010c)'e göre STEM eğitimi, 21. yüzyılın zorluklarına göğüs gerebilecek bir toplum oluşturmayı hedeflemelidir. Bu nedenle, PDÖ öğretmenlerin STEM eğitiminde etkili bir şekilde rol almasını sağlamada önemli bir araçtır. PDÖ, öğrencilerin gerçek dünya sorunlarını çözmek için gerekli olan becerileri geliştirmelerine ve STEM disiplinlerini uygulamalarına olanak tanır. Bu sayede, öğrenciler aktif bir şekilde öğrenirken, eleştirel düşünme, iletişim, iş birliği ve problem çözme gibi temel becerileri de kazanabilirler.

STEM eğitiminde kullanılan pedagojik bir yöntem olan Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ), sorgulama sürecini merkeze alır. Öğrenciler, sürekli olarak yeni bilgiler eklerken, problemlerin sistematik olarak incelenmesi, analiz edilmesi ve yeniden yapılandırılmasıyla ilgilenirler. Probleme dayalı öğrenme (PDÖ) eğitim yaklaşımı, öğretmenlerin kolaylaştırıcı pozisyonunu üstlenmesini ve öğrencilere

karmaşık ve belirsiz durumları daha derinlemesine kavramaya çalışırken kendi kendilerine öğrenme şansı vermesini gerektirir (Torp & Sage, 2002). Bunun yanında öğrenciler için, STEM eğitiminde probleme dayalı bir yaklaşım, STEM konularının daha derinlemesine anlaşılması için çok önemli olan sorgulama becerilerini geliştirir, analitik ve yaratıcı düşünme yeteneklerini besler ve kişisel hayatlarındaki problemlerin işbirlikli çözmenin keşfini kolaylaştırır. PDÖ, öğrencilere fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) ile bağlantılı alanlarda yeni fikirler yaratma şansı sunan, tekrarlayan bir süreçtir. Özgün olan STEM odaklı problemler, öğrencilere hem hayatlarıyla ilgili hem de pratik öğrenme şansı sunabilir (Sutton & Knuth, 2017).

PDÖ, öğrencilerin daha önce karşılaşmadıkları bir problemi çözme becerilerini ve buna bağlı olarak özgüveni arttırdığı için STEM eğitimine uygun bir öğrenme yöntemidir (Ergün & Külekçi, 2019). STEM eğitimi, problem çözümünde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin bir arada kullanıldığı, problem çözme becerisini geliştiren, işbirlikli öğrenmeyi ve mühendislik tasarımı öğretiren bir eğitim yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Daugherty & Carter, 2018; Gonzalez & Kuenzi, 2012). Bybee (2010a), gerçek bir STEM eğitiminin öğrencilerin süreçteki işlerin nasıl işlediğini bilmelerini ve teknoloji kullanımını arttırması gerektiğini ifade etmektedir. STEM eğitimi alan bireylerin mantıklı düşünebildikleri, yeni tasarımlar ve problem çözümleri için teknolojiyi etkili kullanabildikleri söylenebilir (Shernoff vd., 2017). Eğitim sürecini tasarlarken matematik ve bilim gereksinimini arttırmak, teknoloji ve mühendislik kavramlarını sürece dahil etmek öğrencilerin başarılarını arttırırken, STEM alanlarına da yönelmelerini sağlar (Brown vd., 2011). Marrero vd. (2014)'e göre STEM alanları doğası gereği yapılan çalışmaların uygulanması ve raporlanması ile ilgili bir miktar yaratıcılık ve kişisel etki gerektirmektedir. Yani STEM eğitiminde problem çözülürken yaratıcılık ile farklı çözümler üretilirken bireysel olarak yapılan çalışmalar ile farklı becerilerin gelişmesi amaçlanmaktadır. Bunun yanında STEM eğitiminde öğretmen yeterliliği de çok önemlidir. Alan (içerik) bilgisi ve pedagojik bilgi öğretmen yeterliliğinde önemli rol oynamaktadır (Stohlmann vd., 2012). Bu bağlamda öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarının geliştirilmesi, onların mesleki yeterliliklerinin arttırılması için gerekli bir unsur olduğu söylenebilir.

PD-STEM uygulamaları öğrencilerin içerik bilgisi gelişimi (Belland vd., 2009; Ertmer vd., 2009; Halvorsen vd., 2014; Parker vd., 2013), öğrenmeye yönelik katılım seviyeleri (Bevan vd., 2015; Kuh, 2008) ve STEM konularını öğrenme motivasyonları

(Barron & Darling-Hammond, 2008; Hand vd., 2003) üzerinde olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir. STEM eğitiminde probleme dayalı öğrenme (PDÖ) yönteminin uygulanması, öğrencilerin STEM'in çeşitli disiplinleri arasında bağlantılar kurmalarına olanak tanıyarak kavram yanılgılarını fark etmelerini, edindikleri bilgileri problemleri değerlendirmek için uygulamalarını, aktif olarak çözüm aramalarını ve tüm süreç üzerinde düşünmelerini sağlar.

2.4. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Kim vd. (2018) çalışmalarında STEM eğitimi için probleme dayalı öğrenmede bilgisayar tabanlı destek sisteminin etkinliği Bayesian meta-analizi (BMA) kullanılarak araştırılmıştır. Geleneksel meta-analizlerin aksine, BMA çeşitli ön dağılım bilgilerini dikkate alarak yapı destek özellikleri ve kullanım bağlamıyla ilgili altı moderatör (toplam 24 alt kategori) için daha doğru etki büyüklüğü tahminleri sunmuştur. BMA sonuçları, bilgisayar tabanlı yapı destek sisteminin STEM problem temelli öğrenmede bilişsel çıktıları önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur (etki büyüklüğü, $g = 0,385$). Buna ek olarak, bilgisayar tabanlı yapı destek sisteminin etkisi farklı özellikler ve bağlamlar arasında değişiklik göstermiş, küçük ve orta düzey etkiler arasında değişmiştir. Bu çalışma, bilgisayar yapı destek sisteminin STEM eğitiminde probleme dayalı öğrenmeyi nasıl etkilediğine dair anlayışa vurgu yapmaktadır.

Lou vd. (2011) yaptıkları çalışmanın amacı, probleme dayalı öğrenme (PDÖ) stratejilerinin lise son sınıf kız öğrencilerinin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) alanlarında entegre bilgi öğrenimine yönelik tutumları üzerindeki etkisini araştırmaktır. Araştırma, Güneş Enerjili Elektrikli Araba Yarışması'na katılan 10. sınıf öğrencilerini kapsamaktadır. Sonuçlar, PDÖ stratejilerinin öğrencilerin STEM öğrenimine ve gelecekteki kariyer araştırmalarına yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. PDÖ yaklaşımı, öğrencilere yarışmanın amacı doğrultusunda rehberlik ederek entegre STEM bilgisinin anlaşılmasını sağlamıştır. Ayrıca, öğrenciler mühendislik ve fen bilgilerini aktif olarak uygulayarak PDÖ'de STEM öğrenimi yoluyla fen ve matematikte daha sağlam bir temel kazanmışlardır. Genel olarak, PDÖ öğrencilerin yeteneklerini geliştirmiş ve bilgi entegrasyonu ve uygulamasında değerli deneyimler sağlamıştır. Çalışma, kız lise öğrencileri arasında teknolojik yetenekleri geliştirmek için öğretim programına daha fazla özel konu dahil

edilmesini ve danışmanlar veya öğretmenler için entegre STEM bilgisini pekiştirmek için öğrenme mekanizmaları sağlamayı önermektedir.

Diana & Sukma (2021) özellikle Endonezya bağlamında STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitiminde Proje Tabanlı Öğrenme (PTÖ) modelinin uygulanmasının etkinliğini araştırmaya odaklanmışlardır. STEM eğitimi bu dört çalışma alanını bütünleştirir ve uygun bir öğrenme modeli etkili öğrenme hedeflerine ulaşmak için çok önemlidir. Araştırma, STEM eğitiminde PTÖ öğrenme modelinin etkinliğini inceleyen makaleleri analiz etmektedir. Çalışma, planlama, yaratma, işleme ve değerlendirme aşamalarıyla PTÖ modelinin STEM öğreniminde yer alan adımlarla iyi bir uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tasarım, uygulama ve değerlendirme yoluyla bağlamsal konuları ele alan STEM öğrenimi, bu çalışma alanlarının entegrasyonundan faydalanmaktadır. PTÖ ve STEM'i ilişkilendiren yedi makalenin incelenmesi, PTÖ'nün STEM eğitiminde uygulanmak için oldukça uygun bir öğrenme modeli olduğunu ve bu eğitim yaklaşımının genel etkinliğine katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Rehmat & Hartley (2020) 21. yüzyıl eğitiminde yenilikçi yaklaşımlara duyulan ihtiyacın farkında olarak, probleme dayalı öğrenmenin dördüncü sınıf öğrencilerinin STEM disiplinlerindeki içerik bilgisi ve eleştirel düşünme üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Yarı deneysel tekrarlı ölçüm tasarımının kullanıldığı çalışmada, veri toplamak için STEM içerik değerlendirmeleri ve standartlaştırılmış bir eleştirel düşünme testi gibi araçlar kullanılmıştır. Analiz, denekler arası ve denekler içi karışık tekrarlı ölçüm varyans analizini (ANOVA) içermektedir. Bulgular, probleme dayalı öğrenme grubu ile geleneksel öğrenme grubu arasında hem içerik bilgisi hem de eleştirel düşünme becerileri açısından anlamlı bir fark ($p < .05$) olduğunu göstermiştir.

Laforce vd. (2017) probleme dayalı öğrenmenin (PDÖ) öğrencilerin STEM kariyerlerini sürdürme konusundaki ilgileri üzerindeki etkisini araştırarak ABD ekonomisinin ve işgücünün geleceği hakkındaki endişeleri ele almaktadır. Çok değişkenli regresyondan elde edilen bulgular, öğrencilerin PDÖ puanları ile STEM kariyerlerine olan ilgileri, fen bilimleri için içsel motivasyonları ve fen ve matematik alanlarındaki yeteneklerine olan inançları arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Hayes'in MEDIATE makrosunu kullanan aracılık analizi, içsel

motivasyon ve yetenek inançlarının, algılanan PDÖ deneyimleri ile öğrencilerin gelecekteki STEM kariyerlerine (IFSC) olan ilgisi arasındaki bağlantıya aracılık ettiğini göstermektedir. Çalışma, PDÖ'nün öğrenciler arasında STEM tutumlarını geliştirme ve STEM kariyerlerine ilgiyi artırma konusundaki önemli potansiyelinin altını çizmektedir. Büyük ölçekli bir nicel analiz şeklinde yapılan çalışma, öğrencileri STEM kariyerlerini sürdürmeye teşvik etmek için etkili stratejiler arayan eğitimciler, okul yöneticileri ve politika yapıcılar için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Lavi vd. (2021) çalışmalarında bir STEM araştırma üniversitesi olan Technion-İsrail Teknoloji Enstitüsü'ndeki öğrenciler ve mezunlar arasında 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Yaklaşık 1500 katılımcıya 14 beceriyi kapsayan bir öz raporlama anketi uygulanmış ve katılımcılar eğitimleri sırasında bu becerilerin ne derece geliştiğini değerlendirmiştir. Sonuçlar, alan-genel becerilerinin STEM'e özgü veya temel (kişilerarası) becerilerden daha yüksek sıralarda yer aldığını göstermiştir. İçerik analizi sonucunda beceri gelişimi ile ilişkili dokuz öğretme ve öğrenme yöntemi belirlemiştir. Aktif yöntemlerin alan-genel becerileri üzerinde küçük bir etkisi varken pasif yöntemler üzerinde orta ila büyük bir etkisi olmuştur. Hem STEM'e özgü hem de sosyal beceriler için aktif yöntemler orta büyüklükte bir etkiye sahipken pasif yöntemlerin herhangi bir etkisi görülmemiştir. Bu çalışma, belirli öğretim yöntemlerini farklı becerilerin gelişimiyle ilişkilendirerek katkı sağlamaktadır.

Jang (2016), STEM eğitimi ile mesleki beceriler arasında tespit edilen boşlukları ele almakta ve kariyer gereklilikleriyle daha iyi uyum sağlamak için STEM eğitiminde reform ihtiyacını ortaya koymaktadır. Araştırma, 21. yüzyıl becerileri ve mühendislik eğitimi için mevcut çerçevelerdeki önemli STEM yetkinliklerinin kapsamını değerlendirmektedir. ABD Çalışma Bakanlığı'nın standartlaştırılmış mesleğe özgü veri tabanını kullanan çalışma, STEM çalışanları için çok önemli görülen 18 beceri, yedi bilgi kategorisi ve 27 mesleki faaliyeti tanımlamaktadır. STEM ve STEM dışı işlerde çalışanların bakış açıları arasında yapılan bir karşılaştırma, bu yetkinliklerin algılanan önemindeki farklılıkları ortaya koymaktadır. Çalışma, mevcut çerçevelerin tüm hayati STEM yetkinliklerini kapsamakta yetersiz kaldığını öne sürmektedir. STEM eğitim programları için çıkarımlar tartışılmakta ve öğretim programı ile temel iş dünyası yetkinlikleri arasındaki boşluğu doldurma ihtiyacı vurgulanmaktadır.

Merriitt vd. (2017) sistematik literatür taraması çalışmalarında, ilkokuldan sekizinci sınıfa (3-14 yaş) kadar olan öğrenciler için matematik ve fen derslerinde probleme dayalı (PDÖ) etkinliğini araştırmışlardır. Belirli kriterleri karşılayan dokuz çalışma incelenmiştir. İnceleme, PDÖ'nün tanımlarına odaklanmış, PDÖ'nün öğrenci öğrenimi için önemli olan bileşenlerini belirlemiş ve PDÖ'nün genel etkinliğini değerlendirmiştir. Bulgular, PDÖ için tutarlı tanımların eksikliğini göstermektedir. Buna rağmen, çalışma PDÖ'nün K-8 öğrencilerinde fen akademik başarısını artırmak için etkili bir yaklaşım olduğunu öne sürmektedir. Sonuçlar, bilginin kalıcılığını, kavramsal gelişimi ve konulara yönelik geliştirilmiş tutumları kapsamaktadır. Bu çalışma, matematik ve fen bilimleri için erken eğitimde PDÖ'nün uygulanmasının potansiyel faydalarını vurgulayarak çıkarımları ve sınırlamaları tartışmaktadır.

Eguchi (2016) çalışmasında, 2000 yılında gençler arasında STEM öğrenimini rekabetçi robotik etkinlikleri yoluyla teşvik etmek amacıyla kurulan uluslararası bir eğitim robotu girişimi olan RoboCupJunior'ı ele almaktadır. RoboCupJunior'ı farklı kılan şey, çeşitli alanlarda zorlu yarışmalar yoluyla robotik ve yapay zeka araştırmalarını ilerletmeye odaklanan bir girişim olan RoboCup ile olan bağlantısıdır. Bu makale RoboCupJunior üzerine bir durum çalışması sunmakta ve STEM içeriği ve beceri öğreniminin geliştirilmesinde, yenilikçiliğin teşvik edilmesinde ve katılımcı öğrenciler arasında yaratıcılığın desteklenmesindeki rolünü vurgulamaktadır. Çalışma, 2012 Dünya Şampiyonasından elde edilen anket sonuçlarını, 2013 Dünya Şampiyonasına katılan ABD'li öğrencilerin kişisel anlatımlarını içermekte ve RoboCupJunior'un on yılı aşkın uygulaması boyunca katılımcı öğrenciler tarafından yapılan teknolojik ve yenilikçi katkıları sergilemektedir. Bulgular, RoboCupJunior'ın STEM ile ilgili becerilerin geliştirilmesinde ve öğrenciler arasında yaratıcılığın teşvik edilmesinde olumlu etkilerini ve eğitsel faydalarını vurgulamaktadır.

Cooper ve Heaverlo (2013) çalışmalarında özellikle akademik deneyimlerinde ilerledikçe kızlar arasında STEM konularına yönelik ilgi, güven ve olumlu tutumlardaki düşüşü değerlendirmektedir. STEM alanlarını yaratıcılık ve gerçek dünyadaki problem çözme becerileriyle ilişkilendirmenin önemini vurgulayan araştırma, kızları STEM akademik ve kariyer yollarına çekmeye odaklanmaktadır. Ortaokul ve lisede okuyan 915 kız öğrenciyi kapsayan çalışmada, yaş, ilgi ve problem çözme ve yaratıcılık/tasarım konularına duyulan güvenin dört STEM alanına duyulan ilgi üzerindeki etkisini araştırmak için hiyerarşik regresyon analizleri kullanılmıştır.

Bulgular, problem çözmeye yönelik olumlu bir ilginin dört STEM konusunun tamamına yönelik ilginin bir belirleyicisi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, yaratıcılık ve tasarıma olan ilgi, bilgisayar ve mühendisliğe olan ilgi için olumlu bir yordayıcı iken, fen bilimlerine olan ilgi için olumsuz bir yordayıcıdır. Çalışma, kızların STEM alanlarına ilgisini artırmak için deneyimsel öğrenme, problem çözme ve yaratıcılık/tasarım becerilerinin öğretim programı dışındaki etkinliklere dahil edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Martín-Páez vd. (2019) çalışmalarında STEM eğitiminin yayınlanmış literatürde tasvir edildiği şekliyle uygulanmasını analiz etmektedir. Araştırma, 2013-2018 yılları arasında Web of Science koleksiyonundaki indeksli dergilerde belgelenen eğitim uygulamalarını incelemektedir. Çalışma özellikle (a) teorik çerçevelerde ana hatlarıyla belirtilen STEM kavramlarına; (b) ilgili STEM disiplinlerine; (c) STEM eğitiminin potansiyel faydalarına ve (d) eğitim müdahalelerinin başarısına katkıda bulunan temel faktörlere odaklanmaktadır. Bulgular, teorik çerçevelerin doğrudan STEM eğitime vurgu yapmak yerine genellikle incelenen değişkenlere öncelik verdiğini ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, STEM eğitiminin yorumlanmasında önemli ölçüde değişkenlik söz konusudur ve kısaltmayla temsil edilen dört disiplinin tümünün entegre bir şekilde sunulmasını içerip içermediği konusunda farklı bakış açıları mevcuttur.

Rinke vd. (2016) çalışmalarında, ilköğretim düzeyinde STEM öğretmeni hazırlığı için göz ardı edilen ihtiyacı ele almakta ve hizmet öncesi STEM öğretmen eğitimi modelinin sonuçlarını incelemektedirler. Program, geleneksel matematik ve fen derslerini tek bir STEM dersinde birleştirerek hem genel hem de STEM'e özgü öğretmen hazırlama ilkelerini bir araya getirmektedir. Çalışma, STEM dersini alan öğretmen adayları ile geleneksel dersleri alan öğretmen adaylarını karşılaştırmakta, STEM öğretim yeterliliğini, pedagojik uygulamaları ve STEM okuryazarlıklarını ön-son anketler ve ders planlama ürünlerinin analizi yoluyla değerlendirmektedir. Sonuçlar, her iki grupta da önemli bir gelişme olduğunu ortaya koymaktadır, ancak STEM ders grubundaki öğretmen adayları, geleneksel derslerdeki meslektaşlarına kıyasla STEM öğretim yeterliliğinde önemli ölçüde daha fazla kazanım bildirmiştir. STEM dersi katılımcılarının ders planlama ürünleri, içerik entegrasyonu, mühendislik ve tasarım ve sanatın dahil edilmesine odaklanarak STEM okuryazarlıklarının kolaylaştırılmasının arttığını göstermiştir. Bununla birlikte, STEM öğretmen eğitimi

modellerinde, özellikle teknoloji ve hesaplamalı düşünme konularında daha fazla gelişme ve iyileştirme alanları tespit edilmiştir.

Guzey vd. (2016a) ABD eğitim reformlarında kilit bir öncelik olan entegre STEM eğitimi için kaliteli programlar geliştirmenin ve sürdürmenin önemini vurgulamaktadır. STEM programlarının başarılı bir şekilde uygulanmasında öğretim programı materyallerinin kritik rolüne odaklanılmaktadır. Kırk sekiz öğretmen STEM entegrasyonu konusunda bir yıl süren bir mesleki gelişim programına katılmış ve bunun sonucunda 20 yeni mühendislik tasarımına dayalı STEM öğretim programı ünitesi oluşturulmuştur. Her ünite, öğrencilerin sınıf düzeyine uygun matematiği ve üç fen içerik alanından birini (hayat bilgisi, fizik bilimi veya yer bilimi) entegre ederek bu zorluğun üstesinden gelmek için teknolojiler geliştirdikleri bir mühendislik zorluğunu içermektedir. Çalışmada 20 öğretim programı ünitesini değerlendirmek için STEM Entegrasyon Öğretim Programı Değerlendirme aracı kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırma, fizik bilimindeki mühendislik faaliyetlerine odaklanan STEM ünitelerinin, hayat bilimi ve yer bilimindekilere kıyasla daha yüksek katılım ve motivasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Beklenenin aksine, matematiğin entegrasyonu ve iletişim, fen ve mühendislik odaklı düşünme, STEM ünitelerinin genel kalitesine güçlü bir katkıda bulunmamıştır. Bulgular, entegre STEM eğitiminde etkili mesleki gelişim programlarının tasarımı için çıkarımlarda bulunmakta ve özellikle fizik bilimi odaklı ünitelerde ilgi çekici bağlamlara ve etkinliklere duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Brown vd. (2016) yaptıkları öğretmen araştırmasında, öğrencilerin STEM'e olan ilgilerindeki ve STEM'e özgü eğitim almadan önce ve aldıktan sonra STEM hakkındaki inançlarındaki değişiklikleri araştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, çalışma STEM öz yeterliliğindeki potansiyel cinsiyet farklılıklarını ve öğrencilerin grup rollerine göre STEM öz yeterliliğindeki farklılıkları araştırmaktadır. Birincil veri kaynakları arasında uyarlanmış bir tutum anketi ve uyarlanmış bir iş birliği algısı anketi yer almaktadır. Bulgular, cinsiyet ve öğrencilerin grup rollerinin öz yeterlilik, STEM'de devam etme niyetleri, STEM algıları ve STEM'e olan ilgileri ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, öğrencilerin öz yeterliliklerini ve grup çalışmasına ilişkin algılarını anlamanın, öğretmenlerin etkinlikleri nasıl tasarladıklarını ve öğrencilere iş birliği konusunda nasıl talimat verdiklerini etkileyebileceğini öne sürüyor. Bu araştırma, STEM alanlarında öğrenci katılımını ve

kalıcılığını artırmak için eğitim uygulamalarının yeniden yapılandırılmasını önermektedir.

El-Deghaidy ve Mansour (2015) çalışmalarında bir mesleki gelişim modeli geliştirerek Suudi Arabistan'da STEM eğitimini ilerletmeyi amaçlamaktadırlar. Araştırma, fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitime ilişkin algılarını, STEM eğitiminin disiplinler arası doğasını ve okullarda uygulanmasını kolaylaştıran ya da engelleyen faktörleri belirlemeye odaklanmaktadır. Suudi Arabistan'da STEM eğitimi üzerine yapılan ilk çalışmalardan biri olarak, fen öğretmenlerinin görüşlerini toplamak için odak grupları, öğretmen yansımaları ve mülakatlar dahil olmak üzere nitel metodolojiler kullanılmıştır. Çalışma, STEM eğitimini sınıflarında etkili bir şekilde uygulamak için fen öğretmenlerinin ihtiyaç duyduğu pedagojik içerik bilgisine göre uyarlanmış bir mesleki gelişim modelinin geliştirilmesine yönelik tavsiyelerle sonuçlanmaktadır.

English (2017) mevcut STEM gündemlerinin ve tartışmalarının karmaşık ve zorlu yapısını ele almaktadır. Tartışılan temel konular arasında STEM eğitiminin doğasına ilişkin farklı bakış açıları, disiplin bütünlüğünü korurken bunu uygulamanın zorluğu, sanatın (STEAM) dahil edilmesine ilişkin hususlar ve STEM eğitime erişimde eşitliği artırmaya yönelik stratejiler yer almaktadır. Bu makale, STEM eğitiminin ilerletilmesine ilişkin görüşlerin okul bağlamları, öğretim programı ve siyasi arenalar arasında farklılık gösterdiğini kabul ederek bu konuların karmaşıklığını kabul etmektedir. Makale beş temel konuya odaklanmaktadır: (a) STEM eğitime bakış açıları, (b) STEM entegrasyonuna yaklaşımlar, (c) STEM disiplini alanında temsil, (d) STEM eğitime erişimde eşitlik ve (e) STEM'in STEAM'e genişletilmesi. Entegre STEM etkinliklerinin doğasında bulunan pedagojik olanaklar araştırılmakta ve bu tür öğrenme fırsatlarının nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğine bir örnek olarak modelleme ve mühendislik tasarımının entegrasyonu vurgulanmaktadır.

Ring vd. (2017) K-12 eğitiminde entegre STEM öğretim programına yönelik artan çağrılarını ele almakta ve öğretmenlerin entegre STEM anlayışlarını anlamayı amaçlamaktadır. Araştırma, STEM eğitimini fen derslerine entegre etmeye odaklanan 3 haftalık bir yaz mesleki gelişim programı sırasında öğretmenlerin anlayışlarının nasıl geliştiğini incelemektedir. Öğretmenler kavrayışlarını çizdikleri modeller aracılığıyla temsil etmiş ve 3 haftalık süre boyunca karmaşıklık bakımından değişen toplam 8

farklı kavrayışı ortaya çıkarmıştır. Bulgular, basitten daha karmaşık modellere doğru evrimi vurgulamakta ve K-12 fen öğretmenlerinin STEM entegrasyonunu nasıl kavramsallaştırdıklarına dair içgörüler sunmaktadır. Ayrıca çalışma, mesleki gelişim deneyimlerinin öğretmenlerin STEM entegrasyonu anlayışlarının hassas doğası üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

Radloff ve Guzey (2016) STEM eğitiminin geliştirilmesinde kilit bir bileşen olan etkili STEM öğretimi için gerekli kritik ihtiyacı ele almaktadır. STEM eğitimine yapılan ulusal vurguya rağmen, STEM öğretmen adaylarının STEM eğitimi nasıl kavramsallaştırdıkları konusunda sınırlı bir anlayış olduğu bildirilmektedir. Bu çalışma, büyük bir Orta Batı araştırma üniversitesindeki öğretmen adaylarına, STEM eğitimi kavramlarına ilişkin metinsel ve görsel yanıtları ortaya çıkarmak için açık uçlu bir anket verilmiştir. Araştırma, öğretmen adaylarının STEM kavramsallaştırmalarına ilişkin içgörülere katkıda bulunmayı ve bulguları STEM kavramsallaştırmasına ilişkin mevcut literatürle uyumlu hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Estapa ve Tank (2017) ilköğretim düzeyinde STEM eğitiminin entegrasyonunu, bir sınıf öğretmeni, öğrenci öğretmeni ve bir mühendislik arkadaşından oluşan üçlü gruba odaklanarak araştırmaktadır. Araştırmacılar, bu üçlünün STEM kavramlarını ilköğretim sınıfına entegre etmek için bir mühendislik tasarım mücadelesini nasıl kullandıklarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. STEM entegrasyonunu dört öğrenme aşaması boyunca analiz etmek için bir içerik analizi yaklaşımı kullanılmıştır: mesleki gelişim atölyeleri, ders planlama, sınıf içi uygulama ve ders sonrası yansıtma. Sonuçlar, üçlü grubun STEM entegrasyonunu kavramsallaştırma kapasitesine işaret etmekle birlikte, bu entegrasyonun farklı aşamalarda sürdürülmesindeki zorlukları da vurgulamaktadır. Çalışma, etkili ve sürdürülebilir entegrasyon için öğretmenlerin STEM içeriği ve pedagojik uygulamalarda öğrenmelerini desteklemenin gerekliliğini vurgulayarak sonuçlanmaktadır.

Kang (2019) yüksek teknolojiye dayalı bir toplum için kaliteli bir STEM işgücü ve okuryazar vatandaşlar hazırlamayı amaçlayan Güney Kore'deki Entegre STEAM (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Sanat ve Matematik) eğitimi araştırmaktadır. Araştırma, literatür taraması yoluyla Güney Kore'deki STEAM eğitim girişimini ve bunun öğrenme ve öğretme üzerindeki etkilerini incelemektedir. Temel bulgular

arasında, mesleki gelişim kursları aracılığıyla öğretmenlerin STEAM öğretimi konusunda farkındalıklarının ve güvenlerinin artması ve sınıf içi uygulamalarda koçluğun faydalı olması yer almaktadır. Birçok fen öğretmeni STEAM'i öğretimlerinde benimsemiş olsa da öğretmenlerin STEAM derslerini nasıl uyguladıkları ve öğretmenlerin STEAM algıları ile sınıf uygulamaları arasındaki bağlantılar konusunda araştırma eksikliği bulunmaktadır. Öğrencilerin öğrenme üzerindeki etkileriyle ilgili olarak, meta-analizler STEAM deneyimlerinin hem bilişsel hem de duyuşsal alanlarda etkili olduğunu ve duyuşsal alanlarda daha yüksek etkiler gözlemlendiğini göstermektedir. İlkokulda STEAM deneyimleri olan üniversite öğrencileri üzerinde uzun vadeli etkiler kaydedilmiştir. Bununla birlikte, meta-analiz çalışmaları önemli aracı faktörleri tanımlamamış ve öğrenci öğrenimindeki bağlamsal değişkenler hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Bu makale, STEAM çalışmalarının başarıları hakkında fikir vermekte ve teori ve uygulamayı geliştirmek için daha fazla araştırma yapılması gereken alanları vurgulamaktadır.

Akgunduz (2016) Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi'nin (ÖSYM) üniversite yerleştirme verilerine dayanarak, fen ve matematik alanlarında ilk bine giren öğrencilerin üniversitelere yerleştirilmesini incelemektedir. STEM disiplinler arası öğrenmeyi teşvik eden ve fen, matematik, mühendislik ve teknoloji alanlarında kazanımlar sağlayan bir paradigma olarak küresel çapta vurgulanmaktadır. Betimsel analiz tekniklerinin kullanıldığı nicel bir araştırma olan çalışmada, 17.135 kişinin üniversiteye yerleştirilmesi incelenmiştir. Temel bulgular arasında, 2000-2014 yılları arasında öğrencilerin STEM alanlarına olan ilgisinin azalması ve buna karşılık tıp fakültelerine olan ilginin artması yer almaktadır. Çalışmada ayrıca erkekler lehine önemli bir cinsiyet farkı da tespit edilmiştir. Araştırma ayrıca, öğrencilerin ağırlıklı olarak STEM alanlarındaki mühendislik bölümlerine yerleştirildiğini, eğitim fakültelerine ve temel bilimlere yerleştirmenin ise nispeten düşük olduğunu vurgulamıştır.

Knezek vd. (2013) uygulamalı özgün projelerin ortaokul öğrencilerinin STEM içerik bilgisi ve algıları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırma, yarı deneysel bir tasarım kullanılarak Amerika Birleşik Devletleri'ndeki altı okuldan (Texas, Louisiana, Maine ve Vermont) 246 ortaokul öğrencisini (6, 7 ve 8. Sınıflar) kapsamaktadır. Katılımcılar bekleme gücü izleme faaliyetlerine katılmış ve STEM

bilgi ve eğilimleri projeye katılımdan önce ve sonra ölçülmüştür. Sonuçlar, proje faaliyetlerine katılan öğrencilerin STEM içerik bilgisinde kazanımlar, yaratıcı eğilimlerinde iyileşme ve STEM konuları ve kariyerleri hakkındaki algılarında olumlu değişiklikler olduğunu göstermektedir. Özellikle, STEM algılarındaki artış, erkek akranlarına kıyasla kız ortaokul öğrencileri arasında daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bulgular, sorgulamaya dayalı öğrenmeyi teşvik eden özenle tasarlanmış proje tabanlı etkinliklerin ortaokul düzeyinde oldukça etkili olabileceğini göstermektedir.

Herro ve Quigley (2017) çok yıllık çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri'nin güneydoğusunda fen, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematik (STEAM) okuryazarlıklarına odaklanan mesleki gelişim eğitimine katılan 21 ortaokul matematik ve fen öğretmeninin bakış açılarını ve sınıf içi uygulamalarını incelemektedir. Araştırma, STEAM entegrasyonunun siyasi, sosyal, ekonomik, çevresel ve tarihi bağlamıyla ilgili proje tabanlı öğrenme yoluyla keşfedildiği mesleki eğitim öncesi ve sonrasında öğretmenlerin algılarını ve uygulamalarını anlamayı amaçlamaktadır. Katılımcılar iletişim, iş birliği, veri toplama, analiz ve proje oluşturma için dijital medyayı kullanmışlardır. Sonuçlar, öğretmenlerin içerik öğretimi için STEAM anlayışlarını artırdıklarını ve STEAM Mesleki Gelişim Programı'nı deneyimlerini değiştirmede etkili bir adım olarak algıladıklarını göstermektedir. İş birliğinin ve teknolojinin doğrudan öğrenme sürecine entegrasyonunun önemi vurgulanmaktadır. Çalışmanın sonuçları, etkili STEAM öğretimi teşvik etmek için başarılı STEAM mesleki gelişim eğitimi geliştirmek için bazı konulara değinmektedir.

Hacıoğlu vd. (2016b) yaptıkları çalışmanın amacı fen bilgisi öğretmen adaylarının Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik STEM ve fen eğitimine ilişkin bilişsel yapılarını ortaya çıkarmaktır. Çalışmaya 192 fen bilgisi öğretmen adayı katılmış, veri toplama aracı olarak Serbest Kelime İlişkilendirme Testi (KİT) ve yarı yapılandırılmış mülakatlar kullanılmıştır. KİT fen, teknoloji, mühendislik, matematik ve fen eğitimi ile ilgili kavramları içermektedir. Sonuçlar, öğretmen adaylarının STEM disiplinleri ve fen eğitimine yönelik bilişsel yapılarının birbirinden görece bağımsız olduğunu göstermektedir. Ayrıca, öğretmen adayları fen kavramı ile fen eğitimi kavramını ayırt etmekte zorlanmakta ve teknoloji, mühendislik ve matematik kavramlarını fen ve fen eğitimi kavramlarıyla ilişkilendirmekte zorlanmaktadır.

Cinar vd. (2016), STEM hakkında bilgi ve ölçütler sağlayan çalıştaylar aracılığıyla STEM eğitimiyle tanışan öğretmen adaylarının görüşlerini araştırmışlardır. Katılımcılar, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilimleri (37 kişi) ve Matematik Eğitimi (20 kişi) alanlarında öğrenim gören son sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Veriler açık uçlu sorulardan oluşan bir anket kullanılarak toplanmış ve betimsel içerik analizi yapılmıştır. Sonuçlar, öğretmen adaylarının STEM yaklaşımı hakkında daha olumlu görüşlere sahip olduğunu, fen ve matematik öğretmenlerinin görüşleri arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Ayrıca, öğretmen adayları gelecekteki sınıflarında STEM uygulamalarını hayata geçirme konusunda olumlu görüş bildirmişlerdir.

Faikhamta (2020) öğretmen adaylarının "STEM'in doğası" (NOSTEM) hakkındaki görüşlerini bireysel ve bütünleştirici perspektiflerden araştırmaktadır. Örneklem, fen bilgisi öğretmenliği programlarına kayıtlı 428 Taylandlı fen bilgisi öğretmen adayından oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan NOSTEM anketi Likert tipi maddeler ve açık uçlu sorular içermektedir. Bulgular, öğretmen adaylarının NOSTEM tanımları, epistemolojik bakış açıları ve her bir STEM disiplini üzerinde kültür ve toplumun etkisi hakkında sınırlı bir anlayışa sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Her bir STEM disiplini farklı özelliklere sahip olsa da yararlılıkları, süreçleri ve gerekli bilgileri açısından benzerlikler vardır. Çalışma, fen bilgisi öğretmenliği eğitim programları ve STEM öğretmenlerinin gelişimi için çıkarımları tartışmaktadır.

Ryu vd. (2019) çalışmalarında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki STEM eğitimi reform girişimlerine yanıt olarak, STEM disiplinlerindeki ortaöğretim öğretmen adayları için entegre bir STEM eğitimi yöntemleri dersi tasarlanmışlardır. Yöntem dersi öğrencilerinin STEM entegrasyonu ile ilgili uygulamalarını ve deneyimlerini incelemek için görüşmeler ve öğrenci çalışmaları da dahil olmak üzere nitel veriler toplanmıştır. Çalışma, öğrencilerin STEM entegrasyonu derslerini başarılı bir şekilde geliştirip öğretirken, mevcut okul uygulamaları, sınırlı disiplinler arası anlayış ve rol model eksikliği ile ilgili zorluklarla karşılaştıklarını ortaya koymuştur. Araştırma sonucu, bu zorlukları azaltmanın ve öğretmen adaylarının güçlü yönlerini geliştirmenin yollarını önermektedir.

Aydin-Gunbatar vd. (2018) 12 haftalık tasarım temelli seçmeli STEM dersinin kimya öğretmen adaylarının alan bilgisi, STEM kavramları, mühendislik ve

mühendislik tasarımı görüşleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmaya sekiz kimya öğretmen adayı katılmıştır. Ders, günlük yaşam problemlerini ele almak için tekrarlı bir mühendislik tasarım süreci kullanan beş STEM etkinliği içermektedir. Veriler, kursun başında ve sonunda kimya testleri, mülakatlar ve yansıtma kağıtları aracılığıyla toplanmıştır. Sonuçlar, dersin öğretmen adaylarının içerik bilgilerini derinleştirmelerine, entegre STEM eğitimi anlayışlarını geliştirmelerine, mühendislik ve mühendislik tasarım süreçleri hakkındaki görüşlerini geliştirmelerine yardımcı olduğunu göstermiştir. STEM derslerinin hizmet öncesi öğretmen eğitimi programlarına dahil edilmesine yönelik çıkarımlar tartışılmıştır.

Chen vd. (2021) erken çocukluk dönemi öğretmen adaylarında STEM öz-yeterliği, pedagojik inançlar ve algılanan mesleki gelişim (MG) ihtiyacı arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Katılımcılar Tayvan'daki bir üniversitenin erken çocukluk eğitimi bölümünden seçilmiştir. Çalışmada 150 okul öncesi öğretmen adayından veri toplamak için çeşitli ölçekler kullanılmıştır. Bulgulara göre, STEM öz yeterliği, bileşenleri (bilişsel kavram, duyuşsal tutum, donanımlı beceri), pedagojik inançlar ve kendi bildirdikleri mesleki gelişim ihtiyacı arasında pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Duyuşsal tutum, mesleki gelişim ihtiyacını doğrudan yordarken STEM pedagojik inancı, öz yeterliliğin bilişsel kavram ve duyuşsal tutum bileşenleri ile kendi bildirdiği mesleki gelişim ihtiyacı arasındaki ilişkide bir aracı görevi görmüştür. Çalışma, öğretmen geliştirme programları için çıkarımlar sunmaktadır.

Sümen ve Çalışıcı (2016) sınıf öğretmenliği lisans ikinci sınıf öğrencilerine yönelik bir çevre eğitimi dersinde STEM eğitimi yaklaşımı uygulamıştır. Araştırmacılar STEM etkinlikleri tasarlayıp uygulayarak öğretmen adayları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Nitel bir durum çalışması olan çalışmada 42 katılımcı yer almıştır. STEM etkinliklerinden sonra zihin haritalarının analizi, STEM alanlarını birbirleriyle ve çevre eğitimiyle ilişkilendiren zengin bir kavramsal yapı ortaya koymuştur. Öğretmen adayları, etkinlik sonrası görüşmelerde de belirtildiği gibi, STEM eğitimi verimli, akılda tutulması kolay ve eğlenceli bulmuşlardır. Çalışma, STEM'in çevre eğitimi derslerine entegre edilmesinin olumlu sonuçlarını ortaya koymaktadır.

Siew vd. (2015) yirmi beş öğretmen adayı ve yirmi bir hizmet içi Malezyalı fen öğretmenin fen öğretiminde disiplinler arası proje tabanlı STEM yaklaşımına ilişkin

algılarını araştırmıştır. Öğretmenler sekiz saatlik bir atölye çalışmasına katılmış ve Malezya lise fen öğretim programına uygun çeşitli fen temelli STEM projeleri ile ilgilenmişlerdir. Veriler anketler, mülakatlar, açık uçlu sorular ve çalıştay öncesi ve sonrası sınıf içi tartışmalar yoluyla toplanmıştır. Sonuçlar, STEM mesleki gelişim atölyelerinin, öğretmenlerin Malezya liselerinde yenilikçi, etkili, proje tabanlı STEM öğretim yaklaşımlarını benimsemeleri için gereken desteğe ilişkin fikir verebileceğini göstermiştir.

Genel olarak araştırılan ve özetlenen literatür çalışmaları çok farklı STEM uygulamaları olduğunu göstermektedir. Çalışmalar, STEM eğitiminde çeşitli öğrenme yaklaşımlarının etkili olabileceğini ancak öğrenci profiline, bağlama ve uygulama alanına bağlı olarak bu durumun değişebileceğini göstermektedir. Ayrıca, cinsiyet, öğrenci tutumları ve beceri gelişimi gibi faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Çalışmalarda öğretmenlerin STEM eğitimi konusundaki bilgi ve becerilerini geliştirmek için mesleki gelişim programlarına olan ihtiyaç, STEM entegrasyonunun farklı aşamalarında karşılaşılan zorluklar, öğretmenlerin disiplinler arası iş birliği yapma ve teknolojiyi öğrenme sürecine entegre etme becerilerini geliştirmelerinin gerekliliği, öğretmen adaylarının STEM eğitimi konusundaki eğitimleri gibi faktörler vurgulanmaktadır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde çalışmanın deseni, uygulama süreci, veri toplama araçları, katılımcılar, verilerin analizi ve yorumlanması süreçleri açıklanmıştır.

3.1. ARAŞTIRMA MODELİ

Araştırma yaklaşımları, geniş varsayımlardan ayrıntılı veri toplama, analiz ve yorumlama yöntemlerine kadar uzanan adımları kapsayan planlar ve araştırma prosedürleridir (Creswell, 2014). Bu çalışmada kullanılan yaklaşıma geçmeden önce Celaleddin Rumi'nin bir şiirini anlatı şeklinde özetlemek isterim.

Gösteri amaçlı bir file sahip olan birkaç Hindu, fili gece karanlık bir odaya koyarlar ve ziyaretçilerden sırayla fili incelemelerini isterler. İçlerinden biri filin hortumuna dokunup dışarı çıktığında su borusuna benzer bir canlı olduğunu ifade eder. Bir diğeri kulağını inceleyip 'çok güçlü yelpaze canlısı' olarak tasvir eder. Filin bacağına inceleyen bir başka ziyaretçi tapınaklardaki sütunlara benzeyen bir canlı olduğunu anlatır. Bir diğeri ise filin sırtını inceleyip 'deriden bir taht' şeklinde ifade eder. Son olarak kendine en çok güvenen ziyaretçilerden biri ise filin uzun dişini inceledikten sonra fili 'porselenden yapılma yuvarlak bir kılıç' şeklinde tarif eder (Akt: Johnson & Christensen, 2019).

Eğitim araştırmalarında öne çıkan üç paradigma (nitel, nicel ve karma) çalışmalara farklı bakış açıları kazandırır. Şiir örneğinde olduğu gibi bakış açılarını bir araya getirdiğimizde, üzerinde çalıştığımız olguların daha kapsamlı bir resmini elde edebiliriz (Johnson & Christensen, 2019). Bu üç yöntem, üyelerinin benzer kökenlere, yöntemsel yönelimlere ve araştırma fikirleri ile faaliyetlerine sahip olmaları bakımından topluluklara benzemektedir. Bu toplulukları Teddlie ve Tashakkori (2009) şu şekilde özetlemişlerdir:

- Postpozitivist/pozitivist paradigma içinde çalışan ve temelde sayısal veri ve analizlerle ilgilenen nicel yönelimli sosyal ve davranışsal bilimciler (Nicel)

- Yapılandırmacı paradigma içinde çalışan ve temelde anlatı verileri ve analizleri ile ilgilenen niteliksel yönelimli sosyal ve davranışsal bilimciler (Nitel)
- Pragmatist paradigma içinde çalışan ve hem anlatı hem de sayısal verilerle ve bunların analizleriyle ilgilenen karma yöntem araştırmacılar (Karma)

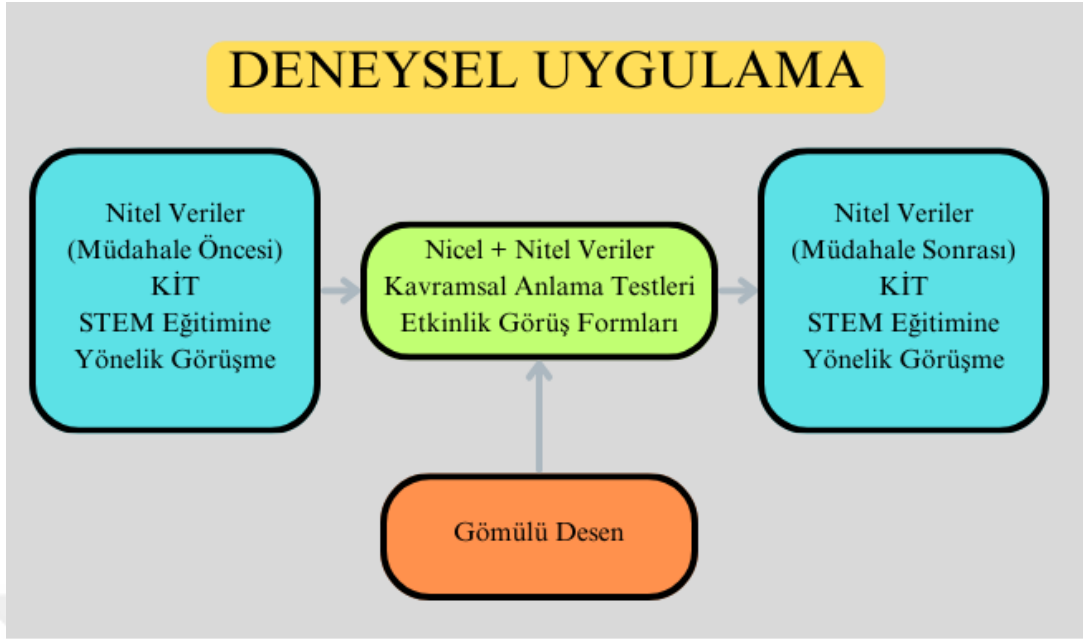
Bu çalışmanın amacı PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına, kavramsal anlamalarına, STEM eğitimine yönelik görüşlerine ve bu süreçteki deneyimlerine etkisinin incelenmesidir. Araştırmanın amacına ulaşması ve araştırma sorularına cevap verebilmek adına karma yöntem kullanılmıştır. Karma yöntem, araştırmacıların nitel ve nicel araştırma yöntemlerini bir araya getirerek kullanmalarını ifade eder. Bu yöntem hem nitel hem de nicel veri toplama ve analiz tekniklerini birleştirerek daha kapsamlı ve derinlemesine bir anlayış elde etmeyi amaçlar. Karma yöntem, araştırma sorularına daha kapsamlı yanıtlar bulmak, araştırma sonuçlarının güvenilirliğini artırmak ve araştırma sürecinde esneklik sağlamak için kullanılır (Creswell, 2014). Hem nicel hem de nitel araştırmaların güçlü yönleri ve sınırlılıkları nedeniyle, giderek daha fazla araştırmacı bu araştırma geleneklerini aynı araştırma içinde birleştiren çalışmalar yapılmasını savunmaktadır (Johnson & Christensen, 2019).

Karma yöntem araştırmalarının birçok çeşidi bulunmaktadır. Yakınsak tasarımlar her iki veri türüne de eşit önem atfederken, gömülü ve sıralı tasarımlar bir türe diğerinden daha fazla öncelik verir (hangi türün vurgulanacağı tasarıma bağlıdır) (Creswell & Plano Clark, 2011). Açıklayıcı sıralı karma yöntemler, araştırmacının önce nicel araştırma yürüttüğü, sonuçları analiz ettiği ve daha sonra nitel araştırma ile daha ayrıntılı olarak açıklamak için sonuçların üzerine inşa ettiği bir yöntemdir (Creswell & Plano Clark, 2018). Keşfedici sıralı karma yöntemler ise açıklayıcı sıralı tasarımın tersi bir sıralamadır. Keşfedici sıralı yaklaşımda araştırmacı ilk olarak nitel bir araştırma aşamasıyla başlar ve katılımcıların görüşlerini araştırır. Veriler daha sonra analiz edilir ve elde edilen bilgiler ikinci bir nicel aşamanın oluşturulmasında kullanılır. Nitel aşama, incelenen örnekleme en iyi uyan aracı oluşturmak, takip eden nicel aşamada kullanılacak uygun araçları belirlemek veya takip eden nicel çalışmaya girmesi gereken değişkenleri belirlemek için kullanılabilir (Creswell, 2014). Bu

araştırmada toplanan nitel ve nicel verilerin birbirine temel oluşturma ya da sonraki veri toplama aracının geliştirilmesi gibi bir amacı yoktur.

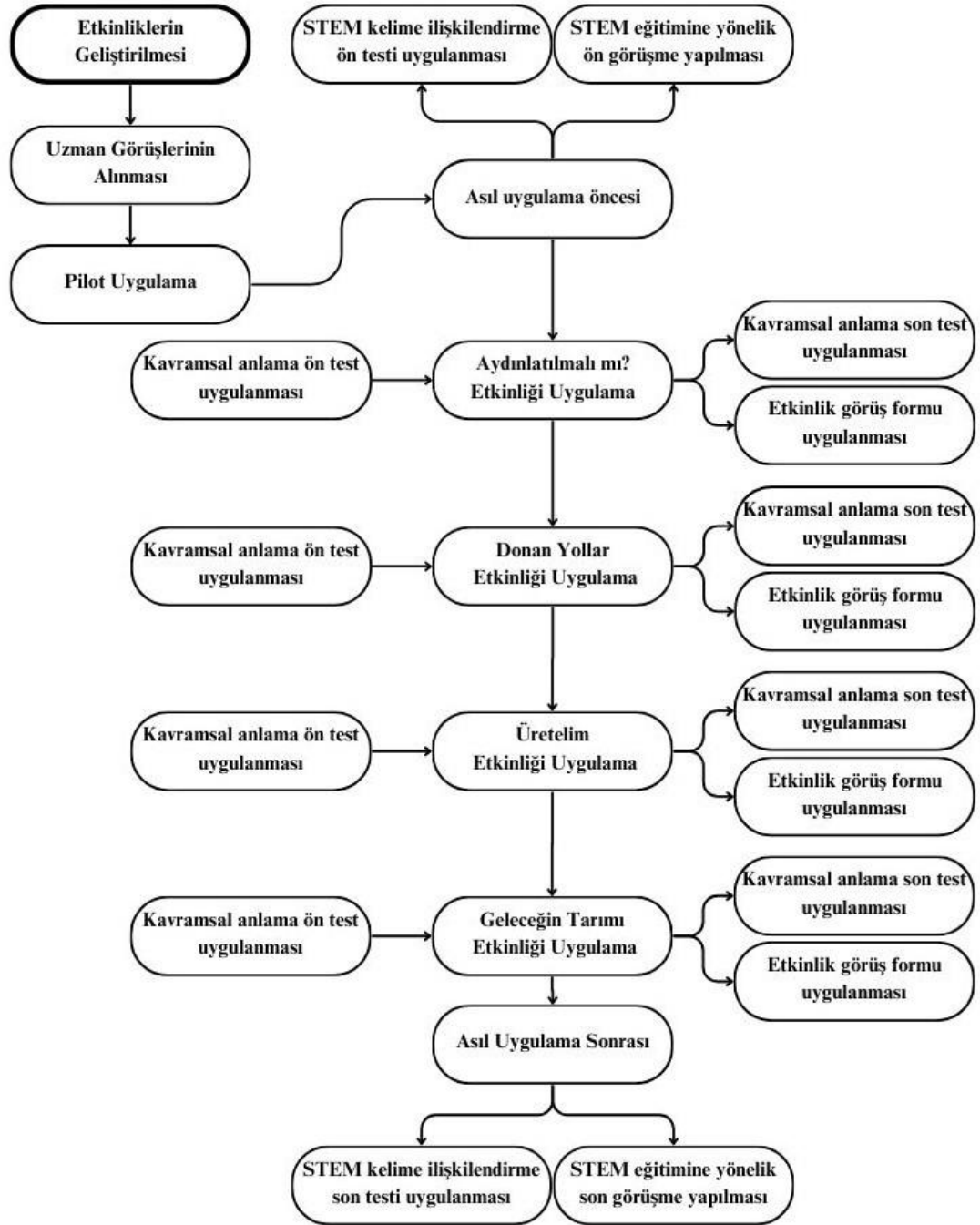
Araştırma deseni olarak karma yöntem desenlerinden gömülü desen tasarımı benimsenmiştir. Creswell (2014)'e göre gömülü karma yöntem tasarımı, nicel ve nitel gibi birden fazla veri biçimini, anlatı çalışması, etnografi veya deney gibi daha geniş bir tasarıma dahil eder. Örneğin, bir deney sırasında araştırmacı, deneyle eş zamanlı olarak (yakınsak), deneyin başlamasından önce (sıralı) veya deneyin sonuçlanmasından sonra (sıralı) nitel veri toplama seçeneğine sahiptir. Bu yaklaşım sağlık bilimlerinde, araştırmacılar bir müdahaleyi veya programı okul gibi pratik bir ortamda değerlendirirken yaygın olarak kullanılabilmektedir (Creswell, 2014). Mertens (2010) bu deseni 'Pragmatik Paralel Karma Desen Tasarımı' şeklinde ifade etmektedir. Nihai çıkarımlar her iki veri analizinin sonuçlarına dayanmaktadır. İki veri türü bağımsız olarak aynı anda veya kısa bir zaman gecikmesi ile toplanır. Onwuegbuzie ve Teddlie (2002)'e göre Pragmatik paralel karma yöntem tasarımı, tek bir çalışmanın araştırma sorularını yanıtlamak için nitel ve nicel verilerin toplandığı ve analiz edildiği bir tasarımıdır.

Bu çalışmanın temelinde tek gruplu öntest-sontest deneysel desen yer almaktadır. Uygulama öncesinde ve sonrasında 'Kelime İlişkilendirme Testi' ve 'STEM Eğitime Yönelik Görüşme Soruları' ile verilerin toplanması tek gruplu öntest-son test desenini ifade etse de bu verilerin yanında süreç içerisinde her bir etkinlik öncesinde ve sonrasında uygulanan (4 adet) 'Kavramsal Anlama Testleri' ve etkinliklerin sonunda uygulanan (4 adet) 'Etkinlik Görüş Formları' yer almaktadır. Bu hali ile uygulama öncesi ve sonrasında toplanan nitel verilerin içerisine nicel ve nitel veriler gömülmüştür. Gömülü bir deneysel tasarımda, nitel veriler deneyden bağımsız olarak toplanabilir ve daha büyük bir tasarım olan deneyi desteklemek veya zenginleştirmek için kullanılabilir. Bu durumun tam tersi de olabilir (Creswell, 2014). Araştırmanın gömülü karma deseni Şekil 3.1'de özetlenmektedir.



Şekil 3.1. Araştırmanın Gömülü Deseni

PD-STEM uygulamalarının geliştirilmesinden müdahale sonrası son veri toplama araçlarının uygulanmasına kadar olan süreç Şekil 3.2’de özetlenmektedir.



Şekil 3.2. Araştırma-Uygulama Süreci

Bu araştırma toplam 14 hafta sürmüştür. İlk iki hafta içerisinde araştırmacı tarafından fen bilgisi öğretmen adaylarına STEM eğitimi hakkında temel bilgiler verilmiştir. STEM eğitiminde doğru ve yanlış uygulama örnekleri de öğretmen adaylarına sunulmuştur. İlk haftanın başında ‘Kelime İlişkilendirme Testi’ ve ‘STEM Eğitime Yönelik Görüşme’ verileri toplanmıştır. İki haftanın ardından üçüncü haftada ilk PD-STEM etkinliği olan ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğinin sürecine başlanmıştır. İlk olarak etkinliğe özel olarak hazırlanmış ‘Kavramsal Anlama Testi’

uygulanmış ve araştırma-sorgulama aşaması başlamıştır. Araştırma-sorgulama aşamasının ardından dördüncü haftada gruplar önceki hafta karar verdikleri çözümü hayata geçirmek için çalışmışlardır (prototip yapımı). Etkinliğin son aşaması beşinci haftada yapılmıştır. Bu aşamada geliştirilen prototip, yapım aşaması, maliyet gibi unsurların sunumu, hazırlanan reklam afişi veya reklam videolarının sunumu gerçekleştirilmiştir. Üç haftalık sürecin ardından ‘Kavramsal Anlama Testi’ tekrar uygulanmış ve etkinlik boyunca yaşananların aktarılabilmesi için ‘Etkinlik Görüş Formu’ uygulanmıştır. Bu şekilde bir PD-STEM uygulamasının sonuna gelinmiştir. Diğer etkinlikler için süreç aynı şekilde tekrarlayarak devam etmiştir. 14. haftanın sonunda tekrardan ‘Kelime İlişkilendirme Testi’ uygulanmış ve ‘STEM Eğitime Yönelik Görüşme’ yapılmıştır.

3.2. ÇALIŞMA GRUBU

Araştırmanın çalışma grubu bir devlet üniversitesinde 2019-2020 öğretim yılı güz döneminde 3. sınıfta öğrenim gören ve Fen Öğretimi Laboratuvar uygulamaları I dersini alan 27 fen bilgisi öğretmen adayından oluşmaktadır. Katılımcılar kolay ulaşılabilir örnekleme yoluyla seçilmiştir. Bu yöntemde araştırmacı amaca uygun ve erişilmesi kolay bir durum seçer. Kolay ulaşılabilir örnekleme, araştırmacının diğer yöntemlerini kullanma imkânının olmadığı durumlar için sıklıkla kullanılır (Yıldırım & Şimşek, 2016).

Çalışma grubunda yer alan öğretmen adaylarının önceki dönemlerde aldıkları Fen bilgisi öğretmenliği alan eğitimi dersleri Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Çalışma Grubunda Yer Alan Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Önceki Dönemlerde Aldıkları Alan Eğitimi Dersleri

Sınıf Seviyesi	Güz Dönemi	Bahar Dönemi
1. Sınıf	Fizik 1 Kimya 1 Genel Matematik 1	Fizik 2 Kimya 2 Biyoloji 1 Genel Matematik 2
2. Sınıf	Seçmeli 1 Fen Öğrenme ve Öğretme Yaklaşımları Biyoloji 2 Fizik 3 Kimya 3	Seçmeli 2 Fen Öğretim Programları Biyoloji 3 Yer Bilimi

3.3. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Bu çalışmada süreç öncesinde, süreçte ve süreç sonrasında olmak üzere farklı zamanlarda veriler toplanmıştır. Süreç öncesinde ‘Kelime İlişkilendirme Testi’ ve ‘STEM Eğitime Yönelik Ön Görüşme’ ile veriler toplanmıştır. Süreç içerisinde her etkinlik öncesinde etkinliğe özel olarak hazırlanmış ‘Kavramsal Anlama Testi’, etkinlik uygulama sonrasında ise aynı ‘Kavramsal Anlama Testi’ ve ‘Etkinlik Görüş Formu’ ile veriler toplanmıştır. Süreç sonunda ‘Kelime İlişkilendirme Testi’ ve ‘STEM Eğitime Yönelik Son Görüşme’ ile veriler toplanmıştır.

3.3.1. Kelime İlişkilendirme Testi

PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına etkisi nasıldır? araştırma sorusuna cevap aranmak üzere uygulama öncesi ve sonrasında ‘Kelime İlişkilendirme Testi’ ile veriler toplanmıştır. KİT ya da Görsel Etkileşimli Test, öğrencilerin bilişsel çerçevelerini ortaya çıkarmak ve bu çerçeveler içindeki kavramlar arasındaki bağlantıları analiz etmek için kullanılan bir tekniktir (Bahar vd., 1999). Test ‘Fen, Matematik, Mühendislik, Girişimcilik, Tasarım ve Fen Eğitimi’ olmak üzere altı anahtar (temel) kavramdan oluşmaktadır. Bu kavramlar toplu olarak STEM eğitiminin temelini oluşturmaktadır. Fen Eğitimi kavramının dahil edilmesi, özellikle pedagojik alan bilgisi çerçevesinde STEM eğitimi ile fen eğitimi arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Teste dahil edilecek kavramların seçimi iki alan uzmanının görüşlerine göre şekillenmiştir. KİT’in uygulama aşamasında, öğretmen adaylarından her bir kavram için akıllarına gelen çağrışımları, 45 saniyelik bir süre sınırıyla, verilen forma hızlı bir şekilde yazmaları istenmiştir. Önceki çalışmalar (Bahar vd., 1999; Bahar & Özatl, 2003; Ercan vd., 2010; Demirer & Şaşmaz Ören, 2020) bu sürenin 30 saniye ile 60 saniye arasında değiştiğini göstermiştir. Kelime ilişkilendirme testi Ek 6’da sunulmuştur.

3.3.2. STEM Eğitime Yönelik Görüşme Soruları

Uygulama öncesinde ve sonrasında öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik görüşlerinin tespiti için birebir yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelerdeki konuşmalar ses kayıt cihazı ile kaydedilmiştir. Görüşme soruları araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. İki alan uzmanının incelemesinden sonra gerekli düzeltmeler yapılmış ve son hali ile uygulama yapılmıştır. Görüşme soruları beş ana

soru ve ana soruların altında yer alan yan sorulardan oluşmaktadır. Her bir görüşme 7-16 dk arası sürmüştür. STEM eğitimine yönelik görüşme soruları Ek 7’de sunulmuştur.

3.3.3. Kavramsal Anlama Testi

PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının fen bilgisi konularına yönelik kavramsal anlamalarına etkisinin incelenmesi amacıyla her bir etkinlik öncesi ve sonrasında etkinliklere özel olarak hazırlanmış kavramsal anlama testleri uygulanmıştır. Kavramsal anlama testleri araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Geçerliği sağlamak için 2 alan uzmanından görüş alınmış ve gelen dönütlere göre düzenlenmiştir. Testlerin güvenilirliğini sağlamak için ise 4. sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarına uygulanmıştır. Kavramsal anlama testlerinde anlaşılmayan soru olup olmadığı incelendikten sonra testlerin son hali oluşturulmuştur. Kavramsal anlama testleri 4-5 açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Geliştirilen etkinlikler öğretmen adayı seviyesinde olduğu için probleme çözüm olabilecek birçok kavram barındırmaktadır. Kavramsal anlama testleri Ek 2, Ek 3, Ek 4 ve Ek 5’te sunulmuştur. Dolayısıyla geliştirilen etkinliklerin kavramsal anlama testlerinde birçok bağımsız kavram yer almaktadır.

‘Donan Yollar’ etkinliğine yönelik hazırlanan Kavramsal anlama testinde yer alan sorular örnek olarak aşağıda verilmiştir.

1. Öğrenci evlerinin vazgeçilmezi makarna yemeği yapılırken ‘su kaynamadan tuz atmayın’ denir. Sizce neden böyle denir? Bilimsel olarak açıklayınız.
2. Kar üzerinde rahatça hareket edebilecek bir araç tasarlayacak olsaydınız, bu aracın yere temas eden aksamalarını nasıl tasarlardınız? Bilimsel olarak açıklayınız.
3. Kış aylarında kar yağarken veya yağmadan önce yetkililer tuzlama çalışması yaparlar. Bunun ne amaçla yapıldığını, bilimsel olarak ayrıntılı bir şekilde açıklayınız.
4. Soğuk bir kış gününde sabah aracınızın ön camının buzla kaplı olduğunu gördünüz. Bu buzı en etkili ve kısa yoldan eritebilmek için ne tür bir yol izlersiniz? Seçeceğiniz yöntemin nasıl işleyeceğini bilimsel olarak açıklayınız.

5. Düz ve buzlu bir zeminde rahat hareket edebilen bir araç, aynı şekilde buzlu fakat yokuş yukarı olan yolu tırmanamamaktadır. Bu durumu bilimsel olarak açıklayınız. Bu durumda aracın yokuşu çıkabilmesi için nasıl bir yol izlenmelidir?

3.3.4. Etkinlik Görüş Formu

Öğretmen adaylarının uygulamalar süresince yaşadıkları sorunlar, hoşlandıkları aşamalar, en sık kullandıkları beceriler gibi kişiye özel olan tecrübe ve deneyimlerini incelemek adına her etkinlik sonunda etkinlik görüş formu uygulanmıştır. Etkinlik görüş formu araştırmacı tarafından hazırlanmış ve iki alan uzmanının görüşünden sonra son hali düzenlenerek uygulanmıştır. Etkinlik görüş formu öğretmen adaylarının PD-STEM uygulamaları sürecini ayrıntılı bir şekilde açıklayabilmeleri için toplam sekiz sorudan oluşmaktadır. Etkinlik görüş formu Ek 8'de sunulmuştur.

3.4. VERİLERİN ANALİZİ

3.4.1. Kelime İlişkilendirme Testinin Analizi

Veri analizinde, uygulama öncesinde ve sonrasında toplanan veriler kullanılarak her bir anahtar kavram için frekans değerleri oluşturulmuştur. Öğretmen adaylarının temel kavramlarla ilgili bilişsel çerçevelerini analiz etmek ve betimlemek için şemalar oluşturulmuştur. Bahar vd., (1999) şemaları oluşturmak için 'Kesme Noktası' tekniğini kullanmıştır. Bu tekniğe göre, her bir anahtar kavram için en yüksek frekanslı cevap kelime seçilir. Kesme noktası, bu frekans sayısının altındaki 3-5 sayı aralığı olarak belirlenir. Önceden belirlenmiş eşiği aşan kelimeler grafiğin ilk bölümünde kategorize edilir. Kesme noktası belirli aralıklarla kademeli olarak azaltılır ve bu yinelemeli süreç tüm temel kavramlar şemaya dahil edilene kadar devam eder.

İlişkililik Katsayısı İndeksi (İKİ) kelime ilişkilendirme testinin analizi için kullanılan bir diğer yöntemdir. Bu yaklaşımda, kavramlar arasındaki ilişkiler, kavramlar arasındaki bağların gücünü veya zayıflığını gösteren katsayılar kullanılarak belirlenir. Garskof ve Houston (1963) tarafından geliştirilen "İKİ" yaklaşımı, her bir anahtar kavram için bir derece ve frekans tablosu oluşturulmasını içerir. Daha sonra kelimeler, anahtar kavram en üstte olacak şekilde azalan sıklık sırasına göre düzenlenir. Derece ya da sıra numarası, frekanstaki her değişiklikte birlikte en düşük frekanstan başlayarak artırılır. Böylece kavramlar sistematik olarak düzenlenir ve

anahtar kavram en yüksek dereceye sahip kavramdır. Fen ve Matematik kavramları arasındaki "İKİ" değerini hesaplamak için oluşturulan derece ve frekans tablosunun bir bölümü Tablo 3.2'de açıklayıcı bir örnek olarak göstermektedir.

Tablo 3.2. Fen ile Matematik anahtar kavramları arasındaki "İKİ" değerinin hesaplanması amacıyla oluşturulan derece ve frekans tablosu*

Anahtar Kavram ve Cevap Kelimeler	f	Dereceler	Anahtar Kavram ve Cevap Kelimeler	f	Dereceler
FEN		14	MATEMATİK		12
Kimya	17	13	Sayılar	14	11
Biyoloji	17	13	Mühendislik	12	10
Fizik	16	12	Hesap	10	9
Teknoloji	16	12	Türev	10	9
Mühendislik	14	11	İntegral	8	8
Bilim	10	10	Toplama	7	7
Matematik	9	9	Çıkarma	7	7
Solunum	9	9	Fen	7	7

* Fen ile Matematik anahtar kavramlarına ilişkin en sık üretilen ilk sekiz cevap kelimenin derece ve frekans değeri örnek olarak sunulmuştur.

Kelime ilişkilendirme testi uygulamalarında dereceler "İKİ" değerini hesaplamak için kullanılır. İki kavram arasındaki "İKİ" değerini elde etmek için, ortak kelimelerin derecelerinin çarpımının toplamının, en yüksek dereceli anahtar kavramdaki dereceler karelerinin toplamından bir eksiğine bölünmesi gerekir. Aşağıdaki örnekte, uygulama sonrasında Fen-Matematik ana kavramları üzerinde yapılan 'İKİ' hesaplaması gösterilmektedir.

$$İKİ = \frac{\text{Ortak kelimelerin sıra numaralarının çarpımlarının toplamı}}{\text{En yüksek dereceli anahtar kavrama verilen cevapların derece karesi toplamı} - 1}$$

$$\text{Örnek Hesaplama } İKİ = \frac{14 \cdot 7 + 13 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 12 \cdot 6 + 11 \cdot 10 + 10 \cdot 1 + 9 \cdot 12 + 7 \cdot 3 + 5 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1}{1717 - 1} = 457/1716 = 0,266$$

"İKİ" değeri 0 ile 1 arasında değişebilir. Değer '0'a yaklaştıkça iki kavram arasındaki ilişki zayıf, '1'e yaklaştıkça ilişki güçlü olarak tanımlanabilir (Bahar vd., 1999; Garskof & Houston, 1963). Güvenilirliği sağlamak için iki alan uzmanı verileri analiz etmiştir. Orijinal veri setleri analiz edilerek çeşitli kelimelerin frekansları incelenmiş ve bu frekansların doğruluğu teyit edilmiştir. İki hafta sonra aynı prosedür tekrarlanarak anahtar kavramlar ve frekanslar arasında tam bir uyum sağlanmıştır.

3.4.1.2. Verilerin Görselleştirilmesi

Şemalarda yer alan köşeli şekiller anahtar kavramları temsil etmekte, dairesel şekiller ise bu kavramlara karşılık üretilen cevap kelimeleri göstermektedir.

Şemalardaki oklar, verilen anahtar kavram için oluşturulan anahtar kavramları göstermektedir. Örnek olarak, 'Matematik' ve 'Tasarım' anahtar kavramları 'Mühendislik' anahtar kavramı için üretilmiştir. Şemalardaki şekillerin renkleriyle belirtilen kesme noktaları Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Şemalarda yer alan şekillerin renkleri ve ifade ettiği aralıklar

Renkler	Kesme Noktası Aralığı
Siyah	K.N. 13 ve üstü
Mavi	K.N. 9-12 arası
Kırmızı	K.N. 5-8 arası

3.4.2. STEM Eğitime Yönelik Görüşme Sorularının Analizi

Uygulama öncesi ve sonrası görüşmeleri analiz etmek için betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Betimsel analiz, elde edilen verilerin önceden belirlenmiş temalara göre özetlenmesini ve yorumlanmasını içerir (Yıldırım & Şimşek, 2016). Görüşmeden elde edilen veriler 'STEM farkındalığı', 'Disiplinler arası ilişkiler' ve 'Öğretim programı entegrasyonu' olmak üzere üç ana tema altında değerlendirilmiştir. Geçerliliği sağlamak için uzman incelemesi yöntemi kullanılmıştır. Bu yönetime göre, dışarıdan bir uzman, araştırmayı birçok açıdan analiz ederek araştırmacıya geri bildirim sağlar (Yıldırım & Şimşek, 2016). Tutarlılığı ve teyit edilebilirliği (güvenilirliği) sağlamak için iki saha uzmanı orijinal ve düzenlenmiş verileri analiz etmiş ve geri bildirimde bulunmuştur.

3.4.3. Kavramsal Anlama Testinin Analizi

Kavramsal anlama testlerinin analizleri için öncelikle dört test için cevap anahtarı oluşturulmuştur. Cevap anahtarlarında bilimsel olarak geçerli cevaplar, problemlerin olası çözümleri ve öğretmen adaylarından gelmesi muhtemel cevaplar yer almaktadır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının cevapları önceden belirlenmiş kategorilere göre sınıflandırılmış ve puanlanmıştır. Literatürde benzer kategorilendirmeler de bulunmaktadır (Abraham vd., 1992; Baybars & Küçüközer, 2014; Hırça vd., 2011; Marek, 1986). Kavramsal anlama testlerinin analizinde kullanılan kategoriler ve puanları Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4.4. Kavramsal Anlama Testlerinin Analizinde Kullanılan Kategoriler ve Puanları

Kategoriler	Kategorinin Açıklaması	Puan
Tam Anlama (A)	Geçerli cevabın bütün yönleriyle açıklanması	3
Kısmi Anlama (B)	Geçerli cevabın bir yönünü içermesi fakat eksik olması	2
Alternatif Kısmi Anlama (C)	Geçerli cevap olmaması fakat bilimsel olarak doğru, farklı bir cevap olması	1
Anlamama, Cevaplamama (D)	Boş bırakılması, bilimsel olarak yanlış olması	0

Öğretmen adaylarının cevapları 2 alan uzmanı tarafından cevap kağıtları ve Tablo 4.4'teki kategorilendirme kullanılarak bağımsız olarak puanlanmıştır. Değerlendirmeciler arası uyum Intraclass korelasyon testi puanı 0,98'dir. Uygulama sonrası öğretmen adaylarının kavramsal anlama testlerinden aldıkları puanların uygulama öncesine göre anlamlı bir farklılaşma olup olmadığının tespiti için T testi ile analiz yapılmıştır. Öğretmen adayları sıralamaya göre kodlanmıştır. Örneğin 1 numaralı öğretmen adayı için ön test kodlaması Ö1_{ÖT}, son test için ise Ö1_{ST} şeklindedir.

3.4.4. Etkinlik Görüş Formunun Analizi

Öğretmen adaylarının sorulara yaptıkları açıklamalar araştırmacı tarafından incelenmiş ve kodlanmıştır. Dijital ortama aktarılan kodlar ve öğretmen adaylarının açıklamaları iki alan uzmanı tarafından kontrol amaçlı incelenmiştir. Alan uzmanlarından gelen dönütlere göre kodlar ve temalar arasındaki uyum son haline getirilmiştir. Toplamda sekiz sorudan oluşan etkinlik görüş formu 'Süreçte Zorlanılan Aşamalar, Hoşlanılan Aşamalar, En Çok Kullanılan Beceriler, Etkinliklerin STEM Açısından Değerlendirilmesi' olmak üzere toplam dört tema altında değerlendirilmiştir.

3.5. GEÇERLİLİK ve GÜVENİRLİLİK

Karma araştırmalarda geçerlilik ve güvenirlilik, araştırmacının öznel yorumlarına ve katılımcıların deneyimlerine dayandığı için farklı bir bakış açısı gerektirir. Araştırmacının şeffaf bir şekilde yöntemini ve analiz süreçlerini açıklaması, geçerlilik ve güvenirliliği artırmada önemli bir rol oynar. Bunun yanında araştırmacının öznel deneyimlerini ve katılımcıların öznel bakış açılarını ele almak adına özel bir önem taşır. Araştırmacının esnek olması, karşılıklı güveni teşvik etmesi ve araştırma sürecinde tutarlılığı sürdürmesi, bu konularda başarıya ulaşma açısından kritiktir. Johnson ve Christensen (2019) geçerliliği 'Bir çalışmanın sonuçlarından yapılan bir çıkarımın doğruluğu veya gerçekliği', güvenirliliği ise 'Bir çalışmanın

sonuçlarının tutarlılığı, kararlılığı veya tekrarlanabilirliği' şeklinde tanımlamaktadır. Bu araştırmada nitel ve nicel veriler yer aldığından, her iki veri türü için geçerlilik ve güvenirlik çalışmaları yapılmıştır.

3.5.1. Geçerlilik

Karma araştırmalarda bulguların doğruluğunu ve bütünlüğünü sağlamak çok önemlidir. Araştırmacılar, araştırma konusunu kapsamlı bir şekilde anlamalıdır. Araştırmada katılımcılardan alınan ölçümlerin geçerliliğini sağlayan çoklu veri toplama araçları kullanılmalıdır. Karma araştırmada geçerliliğin sağlanması, kapsamlı bir literatür taraması yapılması, uzman görüşlerine başvurulması ve nitel ve nicel araştırma yaklaşımlarının bir arada kullanılması gibi birçok unsur kapsamaktadır (Rolfe, 2006; Golafshani, 2003; Cho & Trent, 2006; Thomas & Magilvy, 2011; Hayashi vd., 2021). Rolfe'a (2006) göre, nitel araştırmalarda geçerlilik, önceden belirlenmiş standartları kullanmak yerine, her bir çalışma üzerinde fikir birliğine varılarak sağlanır. Buna ek olarak, Cho ve Trent (2006) nitel araştırmalarda geçerliliğin geleneksel olarak araştırmacıların bilgi hakkındaki iddialarının incelenen gerçek olgularla ne ölçüde örtüştüğünün incelenmesiyle değerlendirildiğini vurgulamaktadır.

Geçerlilik, araştırma bulgularının kesinliği veya sorunu ele alma kapasitesi ile ilgilidir. Nitel araştırmada geçerlilik, araştırmacının sorunu ne ölçüde tarafsız ve objektif bir şekilde ele aldığını ifade eder. Elde edilen verilerin doğruluğu bu senaryoda çok önemlidir. Araştırma probleminin bir bütün olarak ele alınması veya araştırılan olgunun tüm yönleriyle incelenmesi geçerliliğin sağlanması için temel kriterlerdir. Kabul edilebilir nitelikteki nitel araştırmalarda araştırmacı, veri toplama analiz ve yorumlama süreçlerinde belirli bir tutarlılık düzeyini korumalıdır. Ayrıca, araştırmacı bu tutarlılığın nasıl sağlandığını ayrıntılı bir şekilde açıklamalıdır. Buna ek olarak, araştırmacının nitel araştırma sürecini titizlikle incelemesi ve olası hataları azaltmak için sürece ilişkin yetkin bir anlayışa sahip olması çok önemlidir (Baltacı, 2019).

Creswell (2014) nitel araştırmalarda geçerlilik için sekiz yöntemden bahsetmektedir;

1. Bilgi edinmek için birçok veri kaynağı analiz edilebilir ve daha sonra bu bilgiler farklı temalar için mantıklı bir açıklama sunmak üzere kullanılabilir.

Temalar, çeşitli veri kaynaklarının veya katılımcıların bakış açılarının bir araya getirilmesinden elde ediliyorsa, bu süreç çalışmanın geçerliliğini artıran bir unsur olarak değerlendirilebilir.

2. Nitel bulguların geçerliliğini değerlendirmek için sonuç raporunu veya belirli açıklamaları ya da temaları katılımcılara sunarak ve onların doğruluk algılarını tespit ederek katılımcı kontrolü bir araç olarak kullanılabilir.
3. Bulguları etkili bir şekilde iletmek için ayrıntılı ve kapsamlı bir açıklama kullanılmalıdır. Nitel araştırmacılar, öğretim ortamının kapsamlı betimlemesini yaptıklarında, sonuçlar daha özgün ve içerik açısından daha zengin hale gelir. Bu yaklaşım bulguların geçerliliğini artırabilir.
4. Araştırmacının çalışmayı etkileyen eğilimini veya yatkınlığını açıklığa kavuşturulmalıdır. Bu iç gözlem, okuyucularda güçlü bir yankı uyandıracak samimi ve şeffaf bir açıklama oluşturur. Yüksek kaliteli nitel araştırmalar, araştırmacıların sonuçları anlamalarının cinsiyet, kültür, tarih ve sosyoekonomik geçmiş gibi faktörler de dahil olmak üzere kendi geçmişlerinden nasıl etkilendiğine dair düşüncelerini içerir.
5. Genel temalarla çelişen olumsuz veya çelişkili bilgilere de yer verilmesi önemlidir. Gerçek hayatın her zaman aynı çizgide olmayan farklı bakış açılarını kapsadığı düşünüldüğünde, çelişkili gerçeklerin dahil edilmesi bir anlatının güvenilirliğini artırır.
6. Araştırmacının sahada uzun bir süre geçirmesi beklenir. Bu yaklaşımı kullanarak araştırmacı, araştırılan olguya ilişkin kapsamlı bir kavrayışa sahip olur ve anlatı raporunun güvenilirliğini artıran ilgili yer ve bireyler hakkında spesifik bilgiler sağlayabilir.
7. Raporun kesinliğini artırmak için akran analizi kullanılabilir. Bu süreç, raporun araştırmacı dışındaki diğer kişilerle de ilişkilendirilebilmesini sağlamak amacıyla nitel araştırmayı inceleyen ve sorular soran bir kişinin (akran sorgulayıcısı olarak adlandırılır) belirlenmesini gerektirir. Araştırmacının yorumunun ötesine geçen ve başka bir kişinin bakış açısını dikkate almayı içeren bu yaklaşım, raporun güvenilirliğini artırır.
8. Tüm çalışmanın kapsamlı bir değerlendirmesini yapması için bağımsız bir denetçi görevlendirilebilir. Bu denetçinin araştırmacıya ya da çalışmaya

herhangi bir aşinalığı bulunmadığından, araştırma süreci boyunca ya da çalışma tamamlandığında proje hakkında tarafsız bir değerlendirme sunabilir.

Kavramsal anlama testlerinin geliştirilmesi sürecinde testlerin ölçecekleri konuları kapsamalarına dikkate edilmiştir. Pilot uygulamadan sonra gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Dört farklı veri toplama aracı, öğretim ortamının ve çalışma sürecinin ayrıntılı betimlenmesi, bulgular içerisinde olumsuz verilerin yer alması gibi unsurların bu çalışmanın geçerliliğinin sağlanması için yeterli olduğu söylenebilir.

3.5.2. Güvenirlilik

Karma yöntem araştırmalarında güvenilirlik, araştırma sonuçlarının tutarlılığını ve tekrarlanabilirliğini sağlamak için gereklidir. Güvenirlilik ölçme araçlarının, veri toplama yöntemlerinin ve analiz süreçlerinin tekrarlandığında ya da farklı araştırmacılar tarafından yürütüldüğünde benzer sonuçlar verebilmesiyle ilgilidir (Morse vd., 2002). Bunu başarmak için, ölçüm araçlarının güvenilirliğini test etmek ve analiz süreçlerini açıklayarak diğer araştırmacıların benzer koşullar altında çalışmasını sağlamak için ayrıntılı yöntem bölümlerinin yer alması önemlidir (Leung, 2015). Yin (2009)'a göre güvenirliliği arttırmak için araştırmacı araştırma sürecini mümkün olduğu kadar ayrıntılı bir şekilde belgelemelidir. Gibbs (2007) nitel araştırmalarda güvenirliliği sağlamak için dört öneri sunmaktadır;

1. Metne dönüştürme işlemi sırasında meydana gelmiş olabilecek göze çarpan hatalardan arınmış olduklarından emin olmak için metinleri kontrol edilmelidir.
2. Kodların tanımında herhangi bir sapma olmadığından, kodlama sırasında kodların anlamlarında herhangi bir değişiklik olmadığından emin olunmalıdır. Bu, verilerin kodlarla sürekli olarak karşılaştırılmasıyla sağlanabilir.
3. Ekip araştırmasını kolaylaştırmak için, düzenli olarak belgelenmiş toplantılar yaparak ve analizleri paylaşarak kodlayıcılar arasında etkili iletişim sağlanabilir.
4. Birbirinden bağımsız birkaç araştırmacı kodları kontrol etmelidir. Önemli olan aynı metin parçasını kodlamaları değil, başka bir kodlayıcının da aynı ya da benzer bir kodla kodlayıp kodlamayacağıdır.

Bu araştırmada güvenirliği sağlamak için ses kayıtları transkript edildikten sonra 2 alan uzmanı tarafından rastgele seçilen bölümlerin transkriptleri kontrol edilmiştir. Kelime ilişkilendirme testi, kavramsal anlama testi, görüşme soruları ve etkinlik görüş formlarının analizleri 2 alan uzmanı tarafından tekrar kontrol edilmiştir.

3.6. UYGULAMA ORTAMI

Uygulamalar teorik ve uygulamalı derslere imkan verecek şekilde tasarlanan fen  Ğretimi laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmanın tasarımı gereği  Ğretmen adaylarının araştırma yapabilecekleri ortama ihtiyaçları vardır. Çalışma ortamı  Ğretmen adaylarının bireysel ve grup çalışmalarına izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Prototip  retim sürecinde birçok teknolojik aletlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma ortamında  Ğretmen adaylarının ihtiyaç duyabilecekleri teknolojik aletler araştırmacı tarafından sağlanmıştır. Prototip  retiminde kullanılacak materyaller laboratuvarında varsa  Ğretmen adaylarına verilmiş yoksa  Ğretmen adayları kendileri temin etmiştir. Çalışma ortamında araştırmacı gerektiği yerlerde  Ğretmen adaylarına yardımcı olan bir rehber rolünü üstlenmiştir.

3.6.1. Uygulama

3.6.1.1 Pilot Uygulama

PD-STEM uygulamalarının geliştirilmesi sürecinde ilgili literatürde yer alan örnekler, kitaplar ve ilgili sosyal medya hesapları araştırmacı tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Etkinliklerin daha önce uygulanmamış etkinlikler olmasına dikkat edilmiştir. İlk olarak ‘Aydınlatılmalı mı?’, ‘Donan Yollar’ ve ‘ retelim’ etkinlikleri geliştirilmiş ve 4 alan uzmanına sunulmuştur. Alan uzmanlarından gelen dönütlere göre etkinliklerin son hali kararlaştırılmıştır. Asıl uygulama öncesinde olası sorunları görebilmek adına Fen  Ğretimi Laboratuvarı II dersini alan 28 fen bilgisi  Ğretmen adayına geliştirilen 3 adet PD-STEM etkinlikleri uygulanmıştır. Uygulamalar sonunda  Ğretmen adaylarından ve 1 alan uzmanından gelen dönütlere göre etkinlik sayısının 4 olması gerektiği kararlaştırılmıştır. Bunun  zerine 4. Etkinlik olan ‘Geleceğin Tarımı’ etkinliği geliştirilmiş ve yine 4 alan uzmanından etkinlik ile ilgili görüş alınmıştır.

Pilot uygulama sürecinde karşılaşılan sorunlar tespit edilmiş ve asıl uygulamanın sağlıklı yapılabilmesi için bazı kararlar alınmıştır;

1. Grupta yer alan öğretmen adaylarının sayısı beşi geçtiğinde grup içi iletişim ve görev dağılımlarında sorunlar yaşanmaktadır. Bu nedenle gruplar en fazla beş kişi olacak şekilde tasarlanmalıdır.
2. Araştırma-Sorgulama sürecindeki grup çalışmaları sırasında, öğretmen adayları en iyi tasarıma (çözüme) karar verebilmek için tartışmaktadırlar. Bu durum öğretmen adaylarının gürültü nedeniyle çalışmasını zorlaştırmakta hem de öğretmen adaylarının farklı grupların çözüm önerilerinden etkilenmesini tetiklemektedir. Tüm bu olumsuzlukların önüne geçmek adına fiziksel ortamın (laboratuvar-sınıf ortamı) grup çalışmalarına fırsat verecek şekilde dikkatli tasarlanması gerekmektedir.
3. Bazı etkinliklerin prototip geliştirme sürecinde, öğretmen adaylarının tasarlayıp üretmeleri gereken prototipleri ders dışından farklı kişilerden gereğinden fazla yardım aldıkları tespit edilmiştir. STEM eğitiminin doğasına aykırı bu durumun önüne geçilebilmesi için ders dışında olsa bile prototip geliştirme ve yapım aşamalarının laboratuvar ortamında yapılmasına karar verilmiştir. Bu süreçte araştırmacı da mümkün olduğu kadar öğretmen adaylarına rehberlik etmektedir.
4. Geliştirilen prototiplerin bazılarının çalışması için gerekli güç kaynakları 220v gerilim ve alternatif akım ile çalışmaktadır. Bu durum istenmeyen elektrik kazalarına neden olabileceğinden geliştirilecek prototiplerin en fazla 24v ve doğru akım ile çalışacak şekilde geliştirilmesi önerilmiştir.

3.6.1.2. Asıl uygulama

PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına, kavramsal anlamalarına, STEM eğitime yönelik görüşlerine ve STEM eğitimi deneyimlerine etkisinin amaçlandığı bu çalışma her bir etkinlik için üç aşamadan oluşmaktadır. Her aşama için dört ders saati süre ayrılmıştır. Fakat bu süre içerisinde sığmayan çalışmalar için yine aynı laboratuvar da öğretmen adaylarının ve araştırmacının müsait olduğu bir zaman diliminde devam ettirilmiştir. Aşamalar aşağıda açıklanmaktadır.

3.6.1.2.1. Araştırma-Sorgulama Aşaması

PD-STEM uygulamalarının ilk basamağı olan bu aşamada öğretmen adayları karşılaştıkları problemlere çözümler üretmeye çalışmışlardır. Bu aşamada öncelikle

her bir öğretmen adayı yapılandırılmış rehber sorular ile birlikte gelen, içerisinde probleme yönelik bir anlatı (kısa metin) olan etkinlik kağıdı ile bireysel çalışmalarına başlamışlardır. Bireysel çalışma, problemin tanımlanması, çözüm önerilerinin açıklanması, problemlere yönelik bilinen ve öğrenilmesi gereken kavramsal bilgiler, karar verilen çözüme ait ayrıntılı bir çizimin raporlanmasından oluşmaktadır. Bireysel raporlamanın tamamlanmasının ardından grup üyeleri bir araya gelip birbirlerine bireysel araştırmalarından ve çözüm önerilerinden bahsederler. Grup çalışmasında beyin fırtınası ile karar verilecek çözümün (prototip) yapılabilirliğine, maliyetine, materyallerin ulaşılabilirliğine ve üretilen prototipin işlevselliğine yönelik tartışmalar gerçekleşir. Karar verilen çözüm önerisi için gerekli materyallerin bulunması, temin edilmesi için bir haftalık bir süre kalmaktadır.

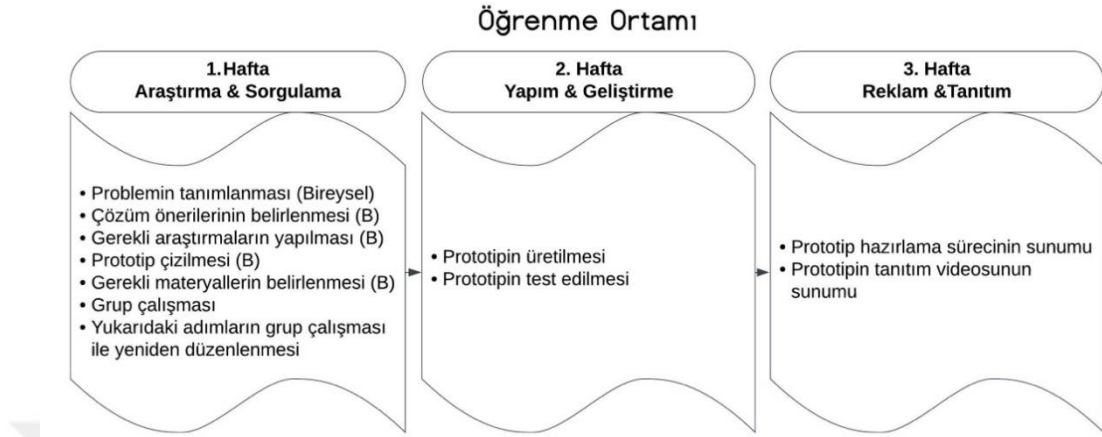
3.6.1.2.2. Prototip Yapım Aşaması

Grup çalışmasında karar verilen çözüm önerisinin yer aldığı grup raporu rehberliğinde prototip üretimine başlanır. Bu aşamada öğretmen adayları grup içinde iş bölümü yaparlar. Materyallerin biçimlendirilmesi, ölçülmesi, birleştirilmesi işlemleri araştırmacı kontrolünde öğretmen adayları tarafından yapılmıştır. Yapım aşamasında kullanılması gereken teknolojik aletler (Lehim aleti, elektrikli mini testere ve matkap, sıcak silikon, tornavida, multimetre, vb.) araştırmacı tarafından temin edilmiştir. Dört ders saati içerisinde yapımı bitmeyen prototipler öğretmen adaylarının ve araştırmacının müsait olduğu bir zaman diliminde yapılmaya devam edilmiştir. Prototipin reklam videosunun hazırlanması ve yapım sürecinin ve kullanılan alet ve materyallerin sunumunun hazırlanması için bir haftalık süre kalmaktadır.

3.6.1.2.3. Reklam-Tanıtım Aşaması

Uygulama sürecinin son aşaması reklam-tanıtım aşamasıdır. Bu aşamada öğretmen adayları grup olarak hazırladıkları prototipin reklam videosunu diğer akranlarına izletmişlerdir. Grup üyeleri tarafından yapılan prototipin nasıl çalıştığı ve hangi prensiplere göre geliştirildiği anlatılmış ve gösterilmiştir. Bu çalışmada yapılan prototiplerin tamamına yakını gerçek yaşam şartlarında çalışan sistemlerden oluşmaktadır. Prototipin gösteriminde sonra prototipin yapım aşamalarını ve kullanılan alet ve materyallerin olduğu bir sunum yapmışlardır. Reklam videosunun izlemesi ve sunumun ardından araştırmacı ve diğer öğretmen adayları grubun

çalışmasıyla ilgili yorumlar yapmışlardır. Araştırma tasarımı ve aşamaları Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Araştırma Tasarımı ve Aşamaları

3.7. ARAŞTIRMACININ ROLÜ

Bu araştırmada nitel ve nicel süreçler birlikte yürütülmüştür. Tüm süreç boyunca araştırmacının rolünü aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- Öncelikle araştırmacı uygulama ortamında bulunan rehber rolünü üstlenmiştir. Olası sorunları (Maddi, yaralanmalı kazalar) önlemeye yönelik tedbirler almıştır.
- Çalışma-uygulama ortamındaki düzeni sağlamıştır.
- Uygulamalar süresince gerekli görüldüğü durumlarda teknik yardımlarda bulunmuştur.
- Uygulamalar için ders saatinin yetmediği durumlarda laboratuvarın uygunluk durumuna göre farklı bir zamanda öğretmen adaylarının çalışabilmeleri için laboratuvarı hazırlamış ve yanlarında durmuştur.

3.8. PROBLEME DAYALI STEM ETKİNLİKLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Araştırmada toplam dört adet PD-STEM etkinliği geliştirilmiş ve uygulanmıştır

3.8.1. ‘Aydınlatılmalı mı?’ Etkinliği

Can ve mal güvenliği, enerji tasarrufu ve verimliliği problemlerini barındıran bu etkinlik öğretmen adaylarının alternatif enerji kaynakları, verimli aydınlatma sistemleri, elektronik sistemler kurma vb. birçok konuyu araştırmalarını ve öğrenmelerini gerektirmektedir. Günlük hayattaki az kullanılan yolların aydınlatılmasından yola çıkılarak tasarlanan bu etkinlikteki problemleri çözmek için gerçek hayata uyarlanabilecek prototipler üretilmesi gerekmektedir. PD-STEM uygulamalarının temelinde de etkinliklerin günlük hayat ile ilişkilendirilmesi yer almaktadır. ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliği çalışma kağıdı Ek 9’da sunulmuştur.

3.8.2. ‘Donan Yollar’ Etkinliği

Temelinde gizli buzlanma oluşumu veya önlenmesi gibi problemler içeren bu PD-STEM etkinliği, öğretmen adaylarının maddenin özellikleri, çözelti hazırlama, elektrik devreleri kurma, iletkenlik vb. birçok konuyu araştırmalarını ve öğrenmelerini gerektirmektedir. Günlük hayattan problemler içermesi ve problemin çözümü için prototip üretilmesi PD-STEM uygulamalarının amacına uymaktadır. ‘Donan Yollar’ etkinliği çalışma kağıdı Ek 10’da sunulmuştur.

3.8.3. ‘Üretelim’ Etkinliği

Günümüzün olmazsa olmazlarından olan robotik konusunu birtakım kriterler üzerinden ele alan bu etkinlikte öğretmen adaylarının hidrolik sistemler, servo motorlar, arduino sistemleri, elektrik devresi kurma, denge, ağırlık noktası vb. birçok konu hakkında araştırma yapmaları beklenmektedir. Bu etkinliğin oluşturulmasında otomasyon sistemlerinin birçok üretim sürecinde kullanılması ve hayatımızın her alanında akıllı cihazların bulunması etkili olmuştur. ‘Üretelim’ etkinliği çalışma kağıdı Ek 11’de sunulmuştur.

3.8.4. ‘Geleceğin Tarımı’ Etkinliği

Dünyadaki su kaynaklarının giderek azalmasını konu alan bu etkinlikte öğretmen adaylarının bitkilerde büyüme, fotosentez, bitkilerde besin üretimi, elektronik sistemler tasarlama vb. birçok konu hakkında araştırma yapmaları beklenmektedir. Hayatımızın içinden olan ve tüm dünyanın gündeminde tuttuğu bu konuyu PD-STEM uygulamalarına eklemek hem farkındalık hem de genellikle fizik konularını temel alan STEM uygulamalarından ayrılmak adına önemlidir. ‘Geleceğin Tarımı’ etkinliği çalışma kağıdı Ek 12’de sunulmuştur.

4. BULGULAR

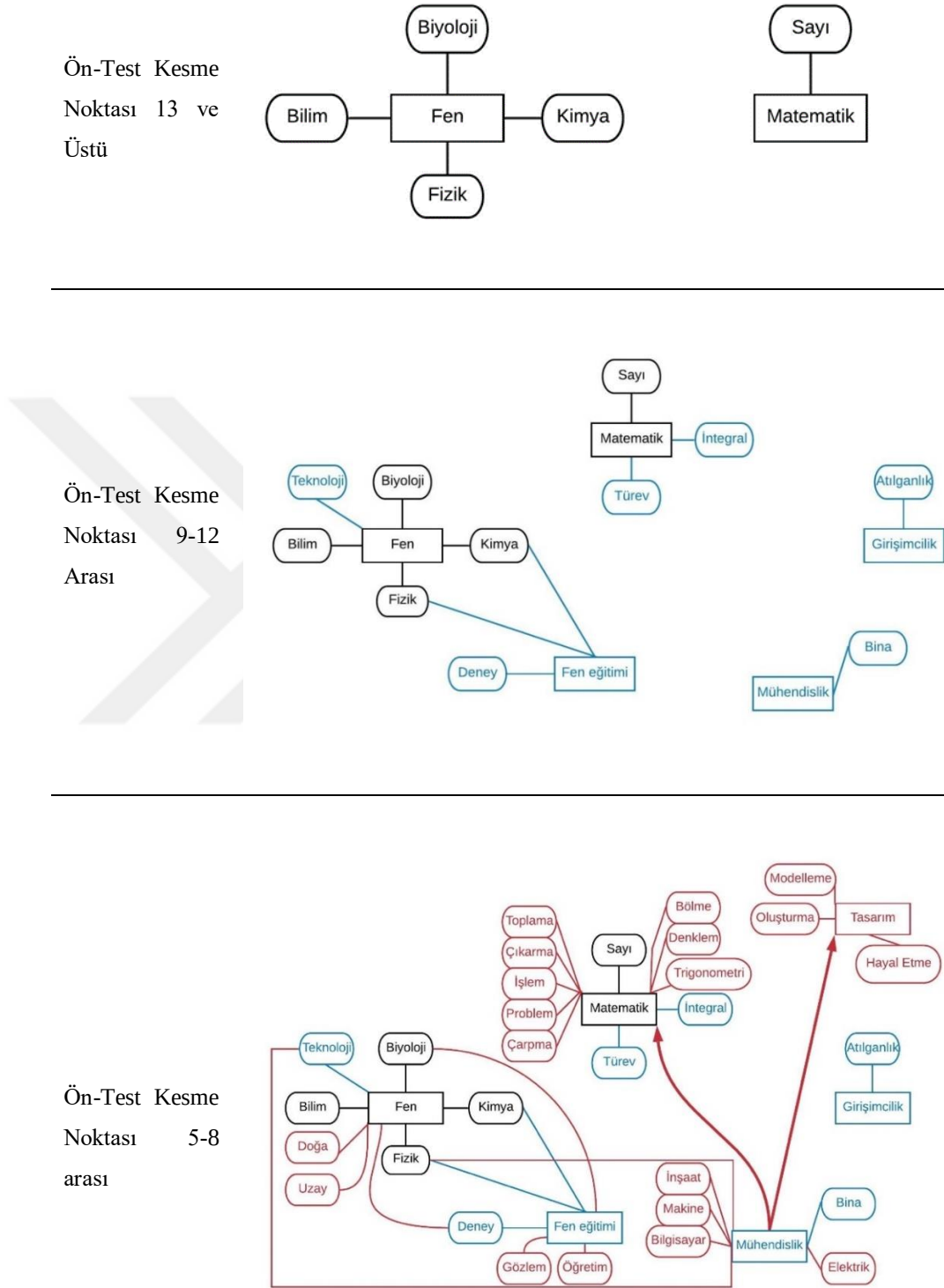
Çalışmadan elde edilen bulgular bu bölümde sunulmuştur.

4.1. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK BİLİŞSEL YAPILARI

PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlarına yönelik bilişsel yapılarının gelişimine etkisinin incelenmesi amacıyla öncelikle uygulama öncesinde öğretmen adaylarına uygulanan kelime ilişkilendirme testi verilerinin analiz sonuçlarına göre Şekil 4.1’de yer alan şemalar oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. Uygulama öncesi KİT ile elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan şemalar

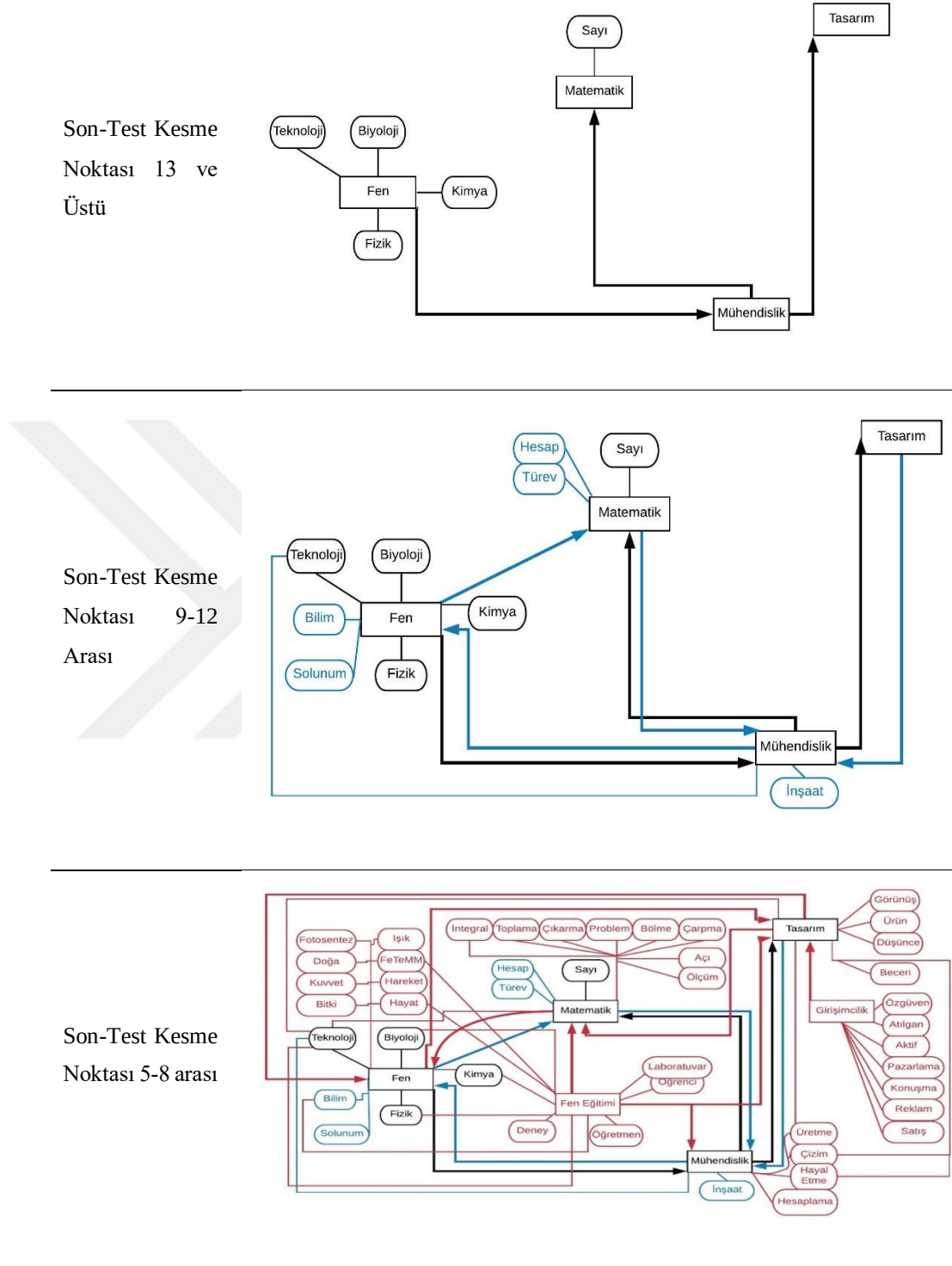


Şekil 4.1’deki ilgili şemalar incelendiğinde kesme noktası 13 ve üstü aralığında öğretmen adaylarının uygulama öncesinde sadece ‘Fen ve Matematik’ anahtar

kavramlarına yönelik kelimeler ürettikleri görülmektedir. Öğretmen adayları tarafından ‘Mühendislik, Tasarım, Girişimcilik ve Fen Eğitimi’ anahtar kavramlarına yönelik uygulama öncesinde kelime üretilmemiştir. ‘Fen’ anahtar kavramına yönelik dört, ‘Matematik’ anahtar kavramına yönelik bir kelime üretilmiştir. Öğretmen adaylarının uygulama öncesinde kesme noktası 9-12 aralığında ‘Fen ve Matematik’ anahtar kavramlarının yanında ‘Fen Eğitimi, Mühendislik ve Girişimcilik’ anahtar kavramlarına yönelik kelimeler ürettikleri görülmektedir. ‘Fen Eğitimi’ ve ‘Fen’ anahtar kavramlarına yönelik üretilen cevaplardan ‘Fizik ve Kimya’ kelimeleri her iki anahtar kavram ile ilişkilendirilmiştir. Bu aralıkta ‘Fen’ anahtar kavramı için bir, ‘Matematik’ için iki, ‘Fen Eğitimi’ için üç, ‘Girişimcilik’ için bir, ‘Mühendislik’ için bir kelime üretilmiştir. Anahtar kavramların tamamına ise 5-8 arası kesme noktası aralığında cevap kelime üretilmiştir. İlgili aralıkta yer alan şema incelendiğinde ‘Mühendislik’ anahtar kavramı ile ‘Matematik’ ve ‘Tasarım’ anahtar kavramları arasında doğrudan ilişki kurulduğu görülmektedir. ‘Fen’ için üç, ‘Matematik’ için sekiz, ‘Mühendislik’ için sekiz, ‘Fen Eğitimi’ için üç, ‘Tasarım’ için üç cevap kelime üretilmiştir.

Uygulama sonrasında öğretmen adaylarına uygulanan kelime ilişkilendirme testi verilerinin analiz sonuçlarına göre oluşturulan şemalar Şekil 4.2’de sunulmuştur.

Şekil 4.2. Uygulama sonrası KİT ile elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan şemalar



Öğretmen adayları, uygulama sonrasında kesme noktası 13 ve üstü aralığında ‘Fen, Matematik, Mühendislik’ anahtar kavramlarına yönelik kelimeler üretmişlerdir. ‘Fen’ için beş, ‘Matematik’ için bir, ‘Mühendislik’ için iki kelime üretilmiştir.

‘Tasarım’ anahtar kavramı ‘Mühendislik’ anahtar kavramına yönelik cevap kelime olarak üretilmiştir. Öğretmen adayları kesme noktası 13 ve üstü aralığında yer alan anahtar kavramların dışında kesme noktası 9-12 aralığında farklı bir anahtar kavram için cevap kelime üretmemişlerdir. ‘Mühendislik’ anahtar kavramına yönelik ise ‘Fen’, ‘Fen’e yönelik ‘Matematik’ ‘Matematik ve Tasarıma yönelik ‘Mühendislik’ anahtar kavramı cevap kelime olarak sunulmuştur. ‘Fen’ anahtar kavramı için üç, ‘Matematik’ için üç, ‘Mühendislik’ için üç, ‘Tasarım’ için bir cevap kelime üretilmiştir. Uygulama sonrasında bütün anahtar kavramları kapsaması açısından üretilen kelimelerin en fazla; fakat frekanslarının en az olduğu aralık kesme noktası 5-8 aralığıdır. İlgili şema incelendiğinde anahtar kavramlar arasında farklı aralıklarda karşılıklı ilişkiler kurulduğu görülmektedir. Fen ile Matematik (mavi ve kırmızı), Fen ile Mühendislik (siyah ve mavi), Matematik ile Mühendislik (siyah ve mavi), Mühendislik ile Tasarım (siyah ve mavi), Fen ile Tasarım (kırmızı ve kırmızı) arasında karşılıklı ilişkiler kurulmuştur. ‘Fen’ anahtar kavramı için dokuz, ‘Matematik’ için on, ‘Mühendislik’ için dört, ‘Fen Eğitimi’ için ondört, ‘Tasarım’ için on, ‘Girişimcilik’ için sekiz cevap kelime üretilmiştir.

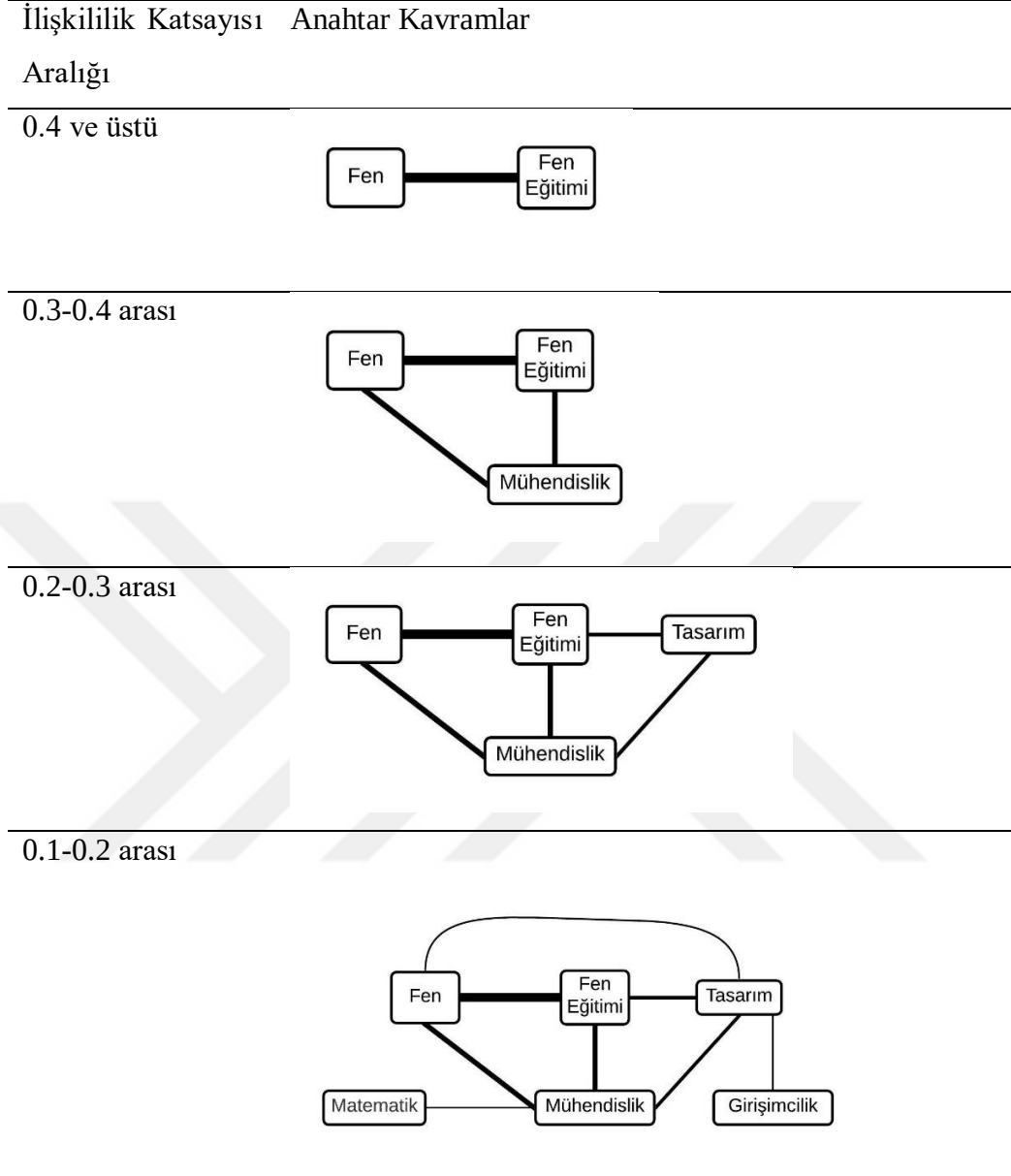
Öğretmen adaylarının uygulama öncesinde STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlar arasında kurdukları ilişkinin düzeyini belirlemek amacıyla hesaplanan ilişkililik katsayıları değerleri Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Ön test KİT uygulaması sonucunda elde edilen ilişkililik katsayıları

	Matematik	Mühendislik	Girişimcilik	Tasarım	Fen Eğitimi
Fen	0,06	0,32	0,04	0,10	0,55
Matematik		0,11	0,02	0,03	0,05
Mühendislik			0,06	0,21	0,35
Girişimcilik				0,11	0,05
Tasarım					0,21

Tablo 4.1 incelendiğinde anahtar kavramlar arasındaki İKİ değerleri görülmektedir. Buna göre en düşük İKİ değeri ‘Matematik ve Girişimcilik (İKİ = 0,02)’ ve ‘Matematik ve Tasarım (İKİ = 0,03)’ anahtar kavramları arasındadır. En yüksek İKİ değeri ise ‘Fen ve Fen Eğitimi (0,55)’ anahtar kavramları arasındadır. Uygulama öncesi kelime ilişkilendirme testi verileri ile elde edilen ilişkililik katsayıları kullanılarak oluşturulan şemalar Şekil 4.3’te sunulmuştur.

Şekil 4.3. Ön test ilişkililik katsayıları tablosuna göre öğretmen adaylarının bilişsel yapısını gösteren şema



Uygulama öncesinde elde edilen verilere ilişkin İKİ değerleri öğretmen adaylarının en güçlü ilişkiyi 'Fen' ve 'Fen Eğitimi' anahtar kavramları arasında kurduklarını göstermektedir (İKİ 0,4 ve üstü). İKİ 0.4-0.3 aralığında 'Mühendislik-Fen' ve 'Mühendislik-Fen Eğitimi' anahtar kavramları arasında ilişki kurulmuştur. İKİ 0.3-0.2 aralığında 'Tasarım-Fen Eğitimi' ve 'Tasarım-Mühendislik' anahtar kavramları arasında ilişki kurulduğu görülmektedir. En zayıf ilişkinin 0.2-0.1 aralığında 'Tasarım-Girişimcilik' ve 'Tasarım-Fen' anahtar kavramları arasında olduğu belirlenmiştir.

Öğretmen adaylarının uygulama sonrasında STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlar arasında kurdukları ilişkinin düzeyini belirlemek amacıyla hesaplanan ilişkililik katsayıları değerleri Tablo 4.2’de sunulmuştur.

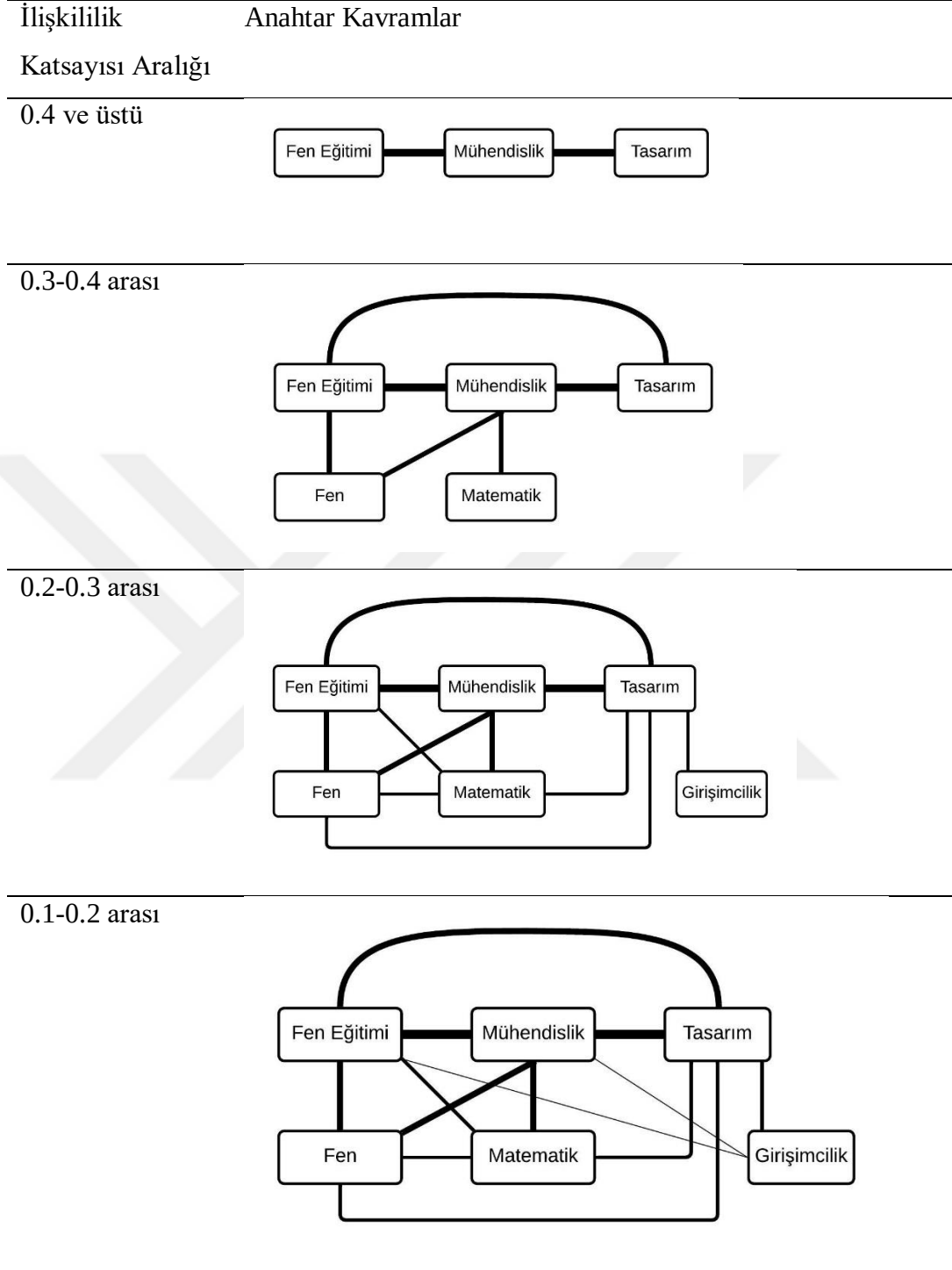
Tablo 4.2. Son Test KİT uygulaması sonucunda elde edilen ilişkililik katsayıları

	Matematik	Mühendislik	Girişimcilik	Tasarım	Fen Eğitimi
Fen	0,26	0,33	0,04	0,24	0,37
Matematik		0,37	0,04	0,25	0,20
Mühendislik			0,18	0,69	0,41
Girişimcilik				0,21	0,12
Tasarım					0,35

Uygulama sonrası elde edilen İKİ değerlerine göre en düşük İKİ değerinin ‘Matematik ve Girişimcilik (İKİ = 0,04)’ ve ‘Fen ve Girişimcilik (İKİ = 0,04)’ anahtar kavramları arasında olduğu görülmektedir. En yüksek İKİ değeri ‘Mühendislik ve Tasarım (İKİ = 0,69)’ anahtar kavramları arasındadır.

Uygulama sonrası kelime ilişkilendirme testi verileri ile elde edilen ilişkililik katsayıları kullanılarak oluşturulan şemalar Şekil 4.4’te sunulmuştur.

Şekil 4.4. Son test ilişkililik katsayıları tablosuna göre öğretmen adaylarının bilişsel yapısını gösteren şema



Uygulama sonrasında elde edilen verilere ilişkin İKİ değerleri öğretmen adaylarının ‘Fen-Mühendislik’ ve ‘Mühendislik-Tasarım’ anahtar kavramları arasında güçlü bir ilişki kurduklarını göstermektedir (İKİ 0.4 ve üstü). İKİ 0.4-0.3 aralığında ‘Fen Eğitimi-Tasarım’, ‘Fen-Fen Eğitimi’, ‘Fen-Mühendislik’ ve ‘Mühendislik-Matematik’ anahtar kavramları arasında bir alt aralıktan daha güçlü ilişki kurulduğu

görülmektedir. İKİ 03.-0.2 aralığında ‘Girişimcilik’ anahtar kavramı şemaya dahil olmuş ve sadece ‘Tasarım’ anahtar kavramı ile ilişki kurulmuştur. Bunun yanında ‘Fen-Tasarım’, ‘Fen-Matematik’, ‘Matematik-Tasarım’ ve ‘Fen Eğitimi-Matematik’ anahtar kavramları arasında da ilişki kurulmuştur. İKİ 0.2-0.1 aralığında ise ‘Fen Eğitimi-Girişimcilik’ ve ‘Mühendislik-Girişimcilik’ anahtar kavramları arasında zayıf ilişkilerin kurulduğu görülmektedir.

4.2. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ FEN BİLİMLERİ KONULARINA YÖNELİK KAVRAMSAL ANLAMALARI

Uygulama öncesi ve uygulama sonrası öğretmen adaylarının kavramsal anlama testinden aldıkları puanlar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına yönelik yapılan t testine ait bulgular Tablo 4.3’te sunulmuştur.

Tablo 4.3. Kavramsal anlama puanları için eşleştirilmiş örneklem t testi sonuçları

	Grup	n	$\bar{x}$	SD	SE	t	df	p
1. uygulama	Ö. T.	27	5,37	2,54	0,48	10,82	26	0,000*
	S. T.	27	9,25	2,21	0,42			
2. uygulama	Ö. T.	27	7,77	3,70	0,71	4,78	26	0,000*
	S. T.	27	10,77	2,59	0,49			
3. uygulama	Ö. T.	27	4,59	2,69	0,51	12,53	26	0,000*
	S. T.	27	10,62	2,67	0,51			
4. uygulama	Ö. T.	27	5,07	2,68	0,51	9,80	26	0,000*
	S. T.	27	9,55	1,69	0,32			

*p<0.05

Tablo 4.3 incelendiğinde PD-STEM uygulamaları öncesi ve sonrasında uygulanan kavramsal anlama testlerinden alınan puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmektedir.

‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğine ilişkin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testine ait betimsel istatistik ve örnek cevaplar Tablo 4.4’te sunulmuştur.

Tablo 4.4. ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğine ilişkin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testine ait betimsel istatistik ve örnek cevaplar

Sorular	Test	A* n (%)	B* n (%)	C* n (%)	D* n (%)	Örnek Cevaplar
S1	ÖT	4 (%15)	12 (%44)	4 (%15)	7 (%26)	A: LED lamba daha çok enerji tasarrufu yaptığı için kullanılmaktadır. Normal lambalara göre %30-40 tasarrufludur. Kullanım ömrü daha uzundur. LED lambalar ışık yayan diyot anlamına gelir (Ö12 _{ST}). D: LED ürünler çevreyi daha fazla aydınlattığı için tercih edilmektedir. LED ürünlerde enerji tüketimi fazla ancak verim fazladır. Bu yüzden bu ürünler tercih edilmektedir (Ö1 _{ÖT}).
	ST	14 (%52)	9 (%34)	2 (%7)	2 (%7)	
S2	ÖT	11 (%40)	8 (%30)	0 (%0)	8 (%30)	A: X ve Y ışık vermez. Z ve U ışık verir. Çünkü M anahtarı kapalı olduğundan L’den akım geçse dahi pile ulaşamaz (Ö14 _{ÖT}). D: Z, U, X, Y ışık verir. Akım devrede dolanacaktır. M anahtarı herhangi bir etki yapmayacaktır. Bütün lambalar yanar (Ö10 _{ST}).
	ST	18 (%67)	3 (%11)	1 (%3)	5 (%19)	
S3	ÖT	2 (%7)	4 (%15)	8 (%30)	13 (%48)	A: ‘Güneş paneli, Rüzgar gülü ve LED aydınlatmaların olduğu bir yol tasarımı çizilmiş.’ Bu yaşanan durumları engellemek adına yenilenebilir enerji kaynakları kullanırım (Ö2 _{ST}). D: Alakasız bir ev planı çizilmiş (Ö21 _{ÖT}).
	ST	20 (%74)	4 (%15)	3 (%11)	0 (%0)	
S4	ÖT	2 (%7)	9 (%34)	10 (%37)	6 (%22)	A: Ampulleri birbirlerine paralel bağladım. Böyle yapmamın sebebi seri olsaydı bir ampul patladığında diğer ampulün yanmaması. Ama paralelde biri patlarsa bile diğerleri yanmaya devam eder (Ö4 _{ST}). D: Seri bağlama tek bir pille iki ampulün yanmasını sağlarız (Ö4 _{ÖT}).
	ST	11 (%40)	9 (%34)	5 (%19)	2 (%7)	

*A: Tam Anlama, B: Kısmi Anlama, C: Alternatif Kısmi Anlama, D: Anlamama, Cevaplayamama

‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğine ilişkin uygulama öncesi kavramsal anlama testinin ‘LED’ teknolojisi ile ilgili sorusunda (1. soru) öğretmen adaylarının %15’i tam anlama düzeyinde cevap verirken, %26’sı ise bilimsel olarak geçersiz cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %52’si geçerli cevabın bütün yönlerini açıklarken, %7’si anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Elektrik devresi kurmaya yönelik soruda (2. soru) öğretmen adaylarının %11’i uygulama öncesinde tam anlama düzeyinde cevaplar verirken, %8’i ise cevaplayamama düzeyinde cevaplar üretmişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %67’sinin tam anlama düzeyinde, %19’unun ise anlamama düzeyinde cevaplar verdiği görülmektedir. Enerji verimliliğine ilişkin sorulan soruda (3. soru) öğretmen adaylarının %8’i alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar verirken, %13’ü

anlamama düzeyinde cevaplar üretmişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %20'si bilimsel olarak tam ve geçerli cevaplar verirken anlamama düzeyinde cevap üretilmemiştir. 'Aydınlatılmalı mı' etkinliğine ilişkin uygulanan kavramsal anlama testinin son sorusu (4. soru) seri-paralel bağlı devre özellikleri ile ilgilidir. İlgili tabloya göre öğretmen adaylarının %7'si uygulama öncesinde tam anlama düzeyinde cevaplar verirken, %37'si ise alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar üretmişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %11'i geçerli cevabı tüm yönleriyle açıklamış, %7'si ise bilimsel olarak geçersiz cevaplar üretmişlerdir.

'Donan Yollar' etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar Tablo 4.5'te sunulmuştur.

Tablo 4.5. 'Donan Yollar' etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar

Sorular	Test	A* n (%)	B* n (%)	C* n (%)	D* n (%)	Örnek Cevaplar
S1	ÖT	15 (%55)	4 (%15)	0 (%0)	8 (%30)	A: Çünkü tuz suyun kaynama noktasına etki eder. Tuz suyun kaynama noktasını yükseltir ve daha geç kaynar (Ö5 _{ÖT}). D: Su kaynadığında tuz atılırsa, tuz daha çabuk çözünür (Ö13 _{ÖT}).
	ST	23 (%85)	4 (%15)	0 (%0)	0 (%0)	
S2	ÖT	9 (%34)	3 (%11)	9 (%34)	6 (%22)	A: Yüzey alanını arttırmak kar üzerinde daha rahat hareket etmemizi sağlayacaktır. Çivili ve yüzey alanı geniş bir palet kaymayı engeller. Çivi ile yüzeye daha fazla tutunma olur (Ö20 _{ST}). C: Karla temas eden yüzey ne kadar pürüzlü olursa kaymama ihtimali artar (Ö20 _{ÖT}).
	ST	9 (%34)	6 (%22)	10 (%37)	2 (%7)	
S3	ÖT	8 (%30)	8 (%30)	7 (%26)	4 (%15)	A: Su 0 °C'de donarak buz oluşturur. Tuz eklendiğinde donma noktası düşeceği için donma olayı da düşer. Yani 0 °C'nin altında bir sıcaklıkta gerçekleşir (Ö19 _{ST}). D: Tuzlamanın yapılmasının amacı asfalttaki sürtünmeyi artırarak aracın daha rahat gitmesini sağlamak (Ö6 _{ST}).
	ST	18 (%67)	7 (%26)	1 (%3)	1 (%3)	
S4	ÖT	4 (%15)	4 (%15)	14 (%52)	5 (%19)	A: Antifriz kullandım. Antifriz soğuk havada donmaz. Ya da ılık su dökerdim. Ilık su camın sıcaklığına geçiş yapar ve donan su çözünür. Tuzlu su da kullanılabilir. Tuzlu su donma noktası düşüktür (Ö17 _{ST}). D: Ellerimle cama dokunarak ısıtırdım (Ö18 _{ST}).
	ST	11 (%40)	7 (%26)	7 (%26)	2 (%7)	
S5	ÖT	2 (%7)	12 (%44)	4 (%15)	9 (%34)	A: Tırmanamaz, çünkü yokuş yukarı yerin temas yüzeyine ters bir etki olacaktır. Aracın lastiğine zincir takılabilir. Ya da potasyum asetat gibi doğrudan etki eden madde dökülebilir (Ö22 _{ST}). D: Araç yokuşu yüksek vitesle gitmelidir. Yavaş giderse buzun verdiği kayganlıkla kayar (Ö3 _{ÖT}).
	ST	6 (%22)	8 (%30)	8 (%30)	5 (%19)	

*A: Tam Anlama, B: Kısmi Anlama, C: Alternatif Kısmi Anlama, D: Anlamama, Cevaplayamama

‘Donan Yollar’ etkinliğine ilişkin uygulama öncesi kavramsal anlama testinin ‘Sıvılarda kaynama noktasına etki eden faktörler’ ile ilgili sorusuna (1. soru), öğretmen adaylarının %55’i bilimsel olarak geçerli, %30’u ise bilimsel olarak geçersiz cevaplar verdikleri görülmektedir. Aynı soruya, uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %85’i bilimsel olarak geçerli cevap verirken, geçersiz cevap verenlerin oranı ise %0 olmuştur. Öğretmen adaylarının %15 ise geçerli cevabı vermişler fakat tüm yönleriyle açıklayamamışlardır. ‘Katılarda basınç-yüzey alanı ilişkisine’ dair yer alan soruda (2. soru), uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %34’ü geçerli, %34’ü alternatif kısmi cevap verirken, %22’si ise geçersiz cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %37’si alternatif kısmi cevap verirken, %34’ü ise geçerli cevabı bütün yönleri ile açıklamıştır. ‘Donma noktasına etki eden faktörlere’ ilişkin kavramsal anlama testinde yer alan soruda (3. soru), uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %30’u bilimsel olarak geçerli cevaplar verirken diğer tarafta aynı oranda (%30) geçerli fakat cevabın tüm yönlerini açıklayamayan cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %67’si tam anlama düzeyinde, %1’i ise anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Donma noktasına etki eden faktörlere yönelik soruya (3. soru) benzer olarak ‘erime noktasına etki eden faktörlere’ dair soruda (4. soru), uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %52’si alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar verirken, %19’u ise anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %40’ı tam anlama düzeyinde, %7’si ise anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. ‘Sürtünme kuvveti, eğim, katılarda basınç’ konuları ile ilgili soruda (5. soru), uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %44’ü kısmi anlama düzeyinde cevap verirken, %34’ü ise anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %30’u kısmi anlama düzeyinde, %19’u ise anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir.

‘Üretelim’ etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar Tablo 4.6’da sunulmuştur.

Tablo 4.6. ‘Üretelim’ etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar

Sorular	Test	A* n (%)	B* n (%)	C* n (%)	D* n (%)	Örnek Cevaplar
S1	ÖT	5 (%19)	4 (%15)	8 (%30)	10 (%37)	A: $Yük \times Yük \text{ Kolu} = Kuvvet \times Kuvvet$ kolu Denge tahtasının sol tarafının aşağıda kalmasının sebebi denge noktasının sağ tarafa daha yakın olmasıdır. Böylece kuvvetten kazanç sağlanırken yoldan kayıp olur (Ö5 _{ST}). D: (Hatalı çizim) Sol taraftaki çocuk ağırlık merkezine yakın olduğu için hep aşağıda kalıyor (Ö15 _{ÖT}).
	ST	8 (%30)	7 (%26)	5 (%19)	7 (%26)	A: Kütlesi değişmez. Ağırlık değişir çünkü ağırlık yerçekimi ile alakalıdır. Rüyadaki gezegenin de yerçekimi dünyadan az olduğu için ağırlık da orantılı olarak daha azdır (Ö11 _{ST}). D: Rüyada görülen gezegenin yerçekimi az olduğu için kütlesi de az görünür (Ö11 _{ÖT}).
S2	ÖT	3 (%11)	0 (%0)	11 (%40)	13 (%48)	A: Hidrolik sistem vardır. Hidrolik sistemlerde kuvvetten kazanç sağlanır. Pedala basıldığında sıkıştırma olayından dolayı rahatlıkla kalkar (Ö16 _{ST}). C: Koltuktaki sistemde bir basit makine düzeneği vardır. Sistemde esnek ve gergin yay vardır (Ö16 _{ÖT}).
	ST	9 (%34)	10 (%37)	8 (%30)	0 (%0)	A: En verimli yani daha az kuvvetle cevizi kırmak için kullanılan yer 3 numaradır. Çünkü destek ile uzaklığı en fazla olan yerdir (Ö27 _{ST}). D: Desteğin 2 numarada, yükün 1 numarada kuvvetin 3 numarada olduğu basit makinelerdir (Ö2 _{ÖT}).
S3	ÖT	1 (%3)	2 (%7)	12 (%45)	12 (%45)	A: Hidrolik krikoda sıvıların sıkıştırılamaması ve basıncı olduğu gibi iletmeleri kullanılır. Pascal bunu açıklamıştır (Doğru bir çizim). Yoldan kayıp vardır ancak kuvvetten kazanç vardır (Ö21 _{ST}). C: Krikonun sap kısmı uzundur. Arabayı kaldırdığı yer merkez olursa uzaklaştıkça daha az kuvvetle daha etkili sonuçlar elde edilir. Krikonun merkezine daha yakın bir yerden tutsaydı daha fazla kuvvet gerekirdi (Ö11 _{ÖT}).
	ST	16 (%59)	8 (%30)	3 (%11)	0 (%0)	
S4	ÖT	1 (%3)	8 (%30)	9 (%34)	9 (%34)	
	ST	9 (%34)	7 (%26)	9 (%34)	2 (%7)	
S5	ÖT	0 (%0)	5 (%19)	16 (%59)	6 (%22)	
	ST	19 (%70)	7 (%26)	1 (%3)	0 (%0)	

*A: Tam Anlama, B: Kısmi Anlama, C: Alternatif Kısmi Anlama, D: Anlamama, Cevaplayamama

‘Üretelim’ etkinliğine ilişkin uygulama öncesi kavramsal anlama testinin ‘Denge, Kuvvet’ konuları ile ilgili sorusunda (1. soru) öğretmen adaylarının %19’u bilimsel olarak tam ve geçerli cevaplar verirken, %37’si bilimsel olarak geçersiz cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %30’u bilimsel

olarak tam ve geçerli, %26'sı kısmen geçerli ve %26'sı bilimsel olarak geçerli olmayan cevaplar vermişlerdir. 'Kütle-ağırlık ilişkisine' dair yer alan soruda (2. soru) uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %11'i tam anlama düzeyinde cevaplar verirken, %48'i anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %37'si kısmi anlama, %34'ü tam anlama ve %30'u alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. 'Basit makineler, kuvvetten kazanç' konularına dair yer alan soruda (3. soru) uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %45'i alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar verirken, %45'i anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %59'u tam anlama, %30'u ise kısmi anlama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. 'Kuvvet-destek noktası ilişkisi' ile ilgili soruda (4. soru) uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %30'u kısmi anlama, %34'ü alternatif kısmi anlama ve %34'ü anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %34'ü tam anlama, %26'sı kısmi anlama ve %34'ü alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. 'Sıvılarda basınç, kuvvet kazanımı' konularına dair yer alan soruda (5. soru) uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %59'u bilimsel olarak doğru fakat geçerli olmayan cevaplar verirken (alternatif kısmi anlama), %22'si ise bilimsel olarak geçerli olmayan cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %70'i bilimsel olarak geçerli ve doğru, %26'sı ise geçerli cevabı eksik olarak açıklayan (kısmi anlama) cevaplar vermişlerdir.

'Geleceğin Tarımı' etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar Tablo 4.7'de sunulmuştur.

Tablo 4.7. ‘Geleceğin Tarımı’ etkinliğinin uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testinden elde edilen betimsel istatistik ve örnek cevaplar

Sorular	Test	A* n (%)	B* n (%)	C* n (%)	D* n (%)	Örnek Cevaplar
S1	ÖT	14 (%52)	2 (%7)	3 (%11)	8 (%30)	A: Bitkiler gece ve gündüz solunum yapar. Yani gece ve gündüz O ₂ alıp CO ₂ verir. Bitkiler fotosentezi ise sadece gündüz yapar. Çünkü fotosentez için gerekli olan güneş enerjisini ancak gündüz alabilir (Ö26 _{ST}). D: Bitkiler gündüz fotosentez gece ise solunum yaparlar. Yani 1. diyalog doğrudur (Yanlış) (Ö26 _{ÖT}).
	ST	27 (%100)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	
S2	ÖT	3 (%11)	0 (%0)	13 (%48)	11 (%40)	A: Çimlenme olması için su, sıcaklık ve oksijen gereklidir. Su miktarı eşit üç kap için 1 ve 2 aynı derecede çimlenir. Çünkü ışığın çimlenme üzerinde etkisi yoktur. 3. kaptaki hava olmayacağı için çimlenme olmaz (Ö19 _{ST}). D: 1. kaptaki çimlenme olur. Güneş ışığı aldığı için fotosentez yapar. 2. Kaptaki karanlık olduğu için solunum yapar ama ilki kadar olmaz. 3. kaptaki hava olmadığı için içinde CO ₂ birikeceği için çimlenme gerçekleşmez (Ö19 _{ÖT}).
	ST	18 (%67)	4 (%15)	4 (%15)	1 (%3)	
S3	ÖT	5 (%19)	6 (%22)	5 (%19)	11 (%40)	A: Klorofil ışığı soğurur. Yeşil ışığı yansıtır. Diğer renkler emilir. Işık spektrumundaki renklerden frekansı en yüksek olan mor ve kırmızı renk olduğundan fotosentez en hızlı bu ışıklarda gerçekleşir (Ö7 _{ST}). D: Alg yeşil bir bitkidir. Kırmızı ve mor ışığı yansıttığı için o renklerde bakteri yoğunluğu fazladır (Ö2 _{ÖT}).
	ST	17 (%63)	5 (%19)	2 (%7)	3 (%11)	
S4	ÖT	4 (%15)	7 (%26)	8 (%30)	8 (%30)	A: Bitkiler fotosentez sonucu kendi besinlerini üretirler. Bu besini de kullanarak enerji elde eder (Ö23 _{ST}). D: Toprakta aldığı su ve mineraller ile besin ihtiyacını, fotosentez ile gelen güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek enerji elde eder (Ö23 _{ÖT}).
	ST	7 (%26)	9 (%34)	9 (%34)	2 (%7)	

*A: Tam Anlama, B: Kısmi Anlama, C: Alternatif Kısmi Anlama, D: Anlamama, Cevaplayamama

‘Geleceğin Tarımı’ etkinliğine ilişkin uygulama öncesi kavramsal anlama testinin ‘Fotosentez-solunum ilişkisine’ dair yer alan soruda (1. soru) öğretmen adaylarının %52’si bilimsel olarak geçerli ve doğru cevaplar verirken %30’u ise bilimsel olarak geçersiz cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının tamamı bilimsel olarak geçerli ve doğru cevaplar vermişlerdir. ‘Çimlenmeyi etkileyen faktörlere’ dair yer alan soruda (2. soru) uygulama öncesinde öğretmen adayların %48’i alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar verirken %40’ı ise anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen

adaylarının %67'si tam anlama düzeyinde, %15'i kısmi anlama ve %15'i alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. 'Fotosentez hızına etki eden faktörler' ile ilgili soruda (3. soru) uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %22'si kısmi anlama düzeyinde cevaplar verirken, %40'ı ise anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %63'ü tam anlama, %19'u kısmi anlama ve %11'i anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. 'Bitkilerde besin ve enerji' konularına dair yer alan soruda (4. soru) uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %30'u alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar verirken, %30'u anlamama düzeyinde cevaplar vermişlerdir. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %26'sı tam anlama, %34'ü kısmi anlama ve %34'ü alternatif kısmi anlama düzeyinde cevaplar vermişlerdir.

4.3. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİ

Öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve sonrası STEM eğitime yönelik görüşmelerinden elde edilen 'STEM Farkındalığı' ana temasına ait betimsel istatistik Tablo 4.8'de sunulmuştur.

Tablo 4.8. Araştırma verilerine göre ‘STEM Farkındalığı’ ana temasına ait betimsel istatistik

Alt Tema	Kod	Ö. Görüşme	S. Görüşme
Tanım	Disiplinlerin Birleştirilmesi	12	22
	Bilmiyor	5	-
	Üretme Kültürü	3	1
	Eğitim Yöntemi	2	2
	Arduino	1	-
	STEM her yerde	-	1
Katkılar	Salata	-	1
	Düşünce yapısı	7	7
	Beceri	6	10
	Akademik Başarı	5	6
	Kariyer Gelişimi	2	1
	Üreten toplum	2	4
	Günlük hayat ilişkisi	1	-
	Yetenek gelişimi	1	-
	Özgüven	-	4
	Bütüncül Bakış	-	3
	Araştıran birey	-	2
	İlgi çekmek	-	2
	Farkındalık	-	1
	Yaratıcılık	-	1
Sınırlılık	Maliyet	6	7
	Materyale ulaşım	5	8
	Zaman	4	7
	Öğrenci Sayısı	4	4
	Hazırbulunuşluk	3	6
	Öğretmen yeterliliği	2	2
	El becerisi	1	2
	Sınıf ortamı (fiziksel alan)	-	2
	Grup iletişimi	-	1
	Konu	-	1

Bu araştırmada öğretmen adaylarının STEM eğitimine yönelik farkındalıklarını üç alt tema altında incelenmiştir. ‘Tanım’ alt temasına ait bulgular incelendiğinde, öğretmen adaylarından elde edilen kodlara göre uygulama öncesinde ‘STEM’ kavramının tanımını bilmeyen öğretmen adaylarının oranı %19 iken uygulama sonrası bu oran %0 olmuştur. Ön görüşme sorularına verilen cevaplar içerisinde STEM eğitimini ‘Disiplinlerin birleştirilmesi’ şeklinde ifade eden öğretmen adaylarının oranı %44 iken son görüşme sorularına verilen cevaplar arasındaki oran %81 olmuştur. Uygulama öncesinde 9 sıra numaralı öğretmen adayı (ÖA9) STEM’i ‘*STEM fizik, kimya, biyoloji bunların birleşimi olarak biliyorum.*’ şeklinde ifade ederken uygulama sonrası ‘*STEM fen, mühendislik, teknoloji, tasarım, matematik. Bunların hepsinin birleşimi oluyor. Hepsini içinde barındıran şeye biz STEM diyoruz.*’ şeklinde ifade etmiştir. Bir başka öğretmen adayı ise (ÖA22) uygulama öncesi ‘*Fen, teknoloji, matematik ve mühendisliğin birleştirilip aynı alanda gösterimi gibi bir şey.*’ şeklinde

ifade etmiş uygulama sonrası ise *‘STEM hani kısaca matematik, mühendislik, teknoloji, fenin birleştirilmesi ve hani bunların birbiriyle olan ilişkileri. İşte birbirini nasıl etkilediği. Bu şekilde olduğunu düşünüyorum.’* şeklinde ifade etmiştir.

STEM eğitiminin öğrencilere sağlayabileceği katkılara yönelik veriler ‘Katkılar’ alt teması altında incelenmiştir. Bu verilere göre ön görüşme sorularına verilen cevaplar içerisinde en fazla atıf (%26) düşünce yapısına yönelik katkılara yapılırken, uygulama sonrasında ise en fazla atıf (%37) becerilere yönelik olmuştur. Uygulama öncesinde söz edilmeyen fakat uygulama sonrasında öğretmen adaylarının ifade ettikleri bazı katkılar da yer almıştır ‘Özgüven (%15, Bütüncül bakış (%11), Araştıran birey (%7)’. Örneğin bir öğretmen adayı (ÖA20) STEM eğitiminin öğrencilere sağlayacağı katkıyı uygulama öncesinde *‘Öğrenciler yavaş yavaş buna uyum sağlaması gerekiyor. Mühendislik anlamında olsun teknoloji anlamında olsun bunlara daha yatkın hale gelebilirler diye düşünüyorum. Bu yüzden önemli.’* şeklinde mühendislik ve teknoloji becerileri gelişimi olarak ele alırken uygulama sonrasında aynı öğretmen adayı *‘Tüm branşları bir arada kullanıp geçmişe dönük bilgilerini de kullanabilirler burada. O açıdan yararlı olabilir. Bizim burada kullanacağımız materyaller belki öğrencilerin zorlanacağı şeyler olabilir. Bunlar psikomotor becerilerini de geliştirecektir ilerleyen aşamalarda. Bu bir zaten gelişim sürecidir. Kesinlikle yararlı olacağını düşünüyorum. Bilgi aşamasında araştırmayı öğrenecekler. Doğru kaynaklara nasıl ulaşabileceklerini fark edecekler.’* şeklinde öğrencilerin hem psikomotor becerilerinin gelişimine hem de araştırma yapmayı öğrenmeye atıfta bulunmuştur. Özgüven gelişimini bir öğretmen adayı (ÖA3) uygulama sonrasında *‘Bence öz güvenlerini yani tasarımı yaparlarken kendileri oldukları için öğretmen hani biraz daha arka planda kalıyor ya o yüzden öz güvenlerini arttırır.’* şeklinde ifade etmiştir.

STEM eğitiminin sınırlılıkları üzerine yapılan ön ve son görüşmelerden elde edilen veriler ‘Sınırlılıklar’ alt teması altında incelenmiştir. Bu verilere göre öğretmen adayları uygulama öncesinde en fazla (%22) ‘Maliyet’ sınırlılığına atıfta bulunurken uygulama sonrası en fazla sınırlılık olarak ifade edilen konu (%30) ‘Materyale ulaşım’ olmuştur. Sadece uygulama sonrasında sınırlılık olarak ifade edilen konular da olmuştur (Sınıf ortamı (%7), Grup iletişimi (%4), Konu (%4)). Bir öğretmen adayı (ÖA2) uygulama öncesinde maliyet konusundaki sınırlılığı *‘Aynen ekonomisi kötü olan ülkeler bu şeylerden yararlanamayabilirler yani. STEM yaklaşımında*

kullanılacak malzemeleri satın alamazlar.’ şeklinde ifade etmiştir. Aynı öğretmen adayı ise uygulama sonrası materyale ulaşım konusundaki sınırlılığı *‘Mesela köy okullarında eğer böyle bir şey olursa yani STEM uygulaması, malzeme bulmada sıkıntılar çekilebilir.’* şeklinde ifade etmiştir. Uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %11’i sınırlılık olarak öğrencilerin hazır bulunuşluğundan bahsederken uygulama sonrası bu oran %22 olmuştur. Örneğin bir öğretmen adayı (ÖA13) uygulama öncesinde hazır bulunuşluk ile ilgili sınırlılığı *‘Hepsini bir arada götürmek hani zor olabilir onlar için. Birbiriyle bağlantı kurmaları falan.’* şeklinde ifade etmiştir. Başka bir öğretmen adayı (ÖA9) ise aynı sınırlılığı uygulama sonrasında *‘öğrenme hızları birazcık bu bence sınırlılık STEM için. Hani bazıları bir haftada algımlarken bazıları bunu iki haftada çözümleyebiliyor. Hani bence bu sınıf içerisinde sınırlılık olarak görüyorum ben.’* şeklinde ifade etmiştir.

Öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve sonrası STEM eğitime yönelik görüşmelerinden elde edilen ‘Disiplinler arası ilişki’ ana temasına ait betimsel istatistik Tablo 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.9. Araştırma verilerine göre ‘Disiplinler arası ilişki’ ana temasına ait betimsel istatistik

Kod	Ö. Görüşme	S. Görüşme
Geçerli açıklama	7	21
Eksik açıklama	20	6

Bu araştırmada öğretmen adaylarının STEM eğitiminin dört ana disiplini arasındaki ilişkisine yönelik görüşleri ‘Disiplinler arası ilişki’ ana teması altında incelenmiştir. Öğretmen adaylarının görüşleri incelenirken STEM eğitiminin dört temel disiplinleri arasındaki ilişkiye değinen görüşler ‘Geçerli açıklama’ olarak değerlendirilmiş, 3 ve daha az disipline değinen ya da disiplinler arası ilişkileri tam olarak açıklayamayan görüşler ise ‘Eksik açıklama’ olarak değerlendirilmiştir. İlgili tabloya göre öğretmen adaylarının %30’u uygulama öncesi disiplinler arası ilişkileri açıklayabilirken uygulama sonrası bu oran %70 olmuştur. Geçerli açıklamaya örnek olarak uygulama öncesi 8 sıra numaralı öğretmen adayı *‘Mühendislik bence aslında matematiği de feni de içinde barındırıyor. Aslında mühendislik onları kullanarak bir şey tasarlıyor olabilirler mesela hani inşaat mühendisi ya da makine mühendisi düşünerek yaklaştığında yani bir inşaatı yaparken hani onun mesela yıkılmaması için fenden bir şey kullanıyor ya da çizimi için matematikten bir şey kullanarak onu yapıyorlar. Yani hepsini içinde barındırıyor mühendislik. Teknoloji de bunların içinde*

yani bunların üçü birlikte olduğunda ortaya hani bir şey çıkartıyorlar teknolojide. Bu sayede gelişiyor buna hani teknolojik araçlar telefon olsun elimizde onlarda hani bu üçünün sayesinde gelişiyor gibi teknolojide.’ şeklinde görüşünü ifade etmiştir. Uygulama sonrası ÖA9 ‘Mühendislik daha çok hani bir şeyi çizme gibi geliyor bana hani. Tasarım yapma. Hani mesela şöyle diyeyim hocam mesela fen işte bir şey teorik olarak öğretiyor sana. Ondan sonra mühendislik de onu çiziyor. Hani fende öğrendiğimiz fotosentez var. Bir bilgimiz var. Dedik ki biz bunu buna şöyle uygularsak şöyle olur, mühendislik alanında bir çizim yaptık. Araştırmalarımız sonucunda kendimiz de üzerine bir şeyler koyduk. Ondan sonra bunu teknoloji olarak hani su motoruyla dokuz voltluk adaptörümüzle birleştirdik. Bu bir teknolojidir. Matematik alanında da ne kadar elektrik harcadık ne kadar elektrik kaybı oldu, ya da yaprak sayısındaki artış, seraların boyunun uzunluğu nasıl olmalı gibi.’ şeklinde geçerli bir açıklama yapmıştır.

Disiplinler arası ilişkileri tam olarak açıklayamayan öğretmen adaylarının oranı uygulama öncesinde %74 iken uygulama sonrası bu oran %22 olmuştur. 12 sıra numaralı öğretmen adayı uygulama öncesinde ‘Hocam zaten matematikte hayatın vazgeçilmezi. Bence genel olarak ben bu sorulara şu şekilde cevap veriyim. Hocam fen ve matematik hayatın vazgeçilmezi her alanda vardır.’ şeklinde eksik açıklamada bulunmuştur. Uygulama sonrası ise 25 sıra numaralı öğretmen adayı ‘Fen, teknoloji, mühendislik arasında fende bulduğumuz şeyleri mühendislik yoluyla zaten teknoloji hayatımıza geçirmemiz için zaten mühendisliğin olması gerekiyor ya matematik de bunlar birbirinden ayrılamaz hocam.’ şeklinde eksik açıklamada bulunmuştur.

Öğretmen adaylarının uygulama öncesi STEM eğitime yönelik görüşmelerinden elde edilen ‘Program Entegrasyonu’ ana temasına ait betimsel istatistik Tablo 4.10’da sunulmuştur.

Tablo 4.10. Araştırma verilerine göre ‘Program Entegrasyonu’ ana temasına ait betimsel istatistik

Alt Tema	Kod	Ö. Görüşme	S. Görüşme
Uygun Konu	Fizik	10	14
	Bütün Konular	5	5
	Kimya	1	6
	Biyoloji	-	2
Uygun olmayan Konu	Biyoloji	11	12
	Kimya	1	2
Sınıf Düzeyi	Ortaokul (5,6,7,8)	9	7
	Lise	5	1
	7. sınıf	2	4
	1. sınıf	2	3
	4. sınıf	2	4
	Üniversite	1	-
	8. sınıf	-	1
	Anaokulu	-	2
	3. sınıf	-	2
	Tasarımı gerçekleştirmek	8	12
Zorlanma	Bütünleşik Bakma	4	2
	Probleme Çözüm Üretme	3	7
	Beceriler	2	-
	Matematik	2	-
	Planlama	1	-
	Maddi	1	-
	Grup çalışması	1	1
	Problemi tanımlama	-	7
	Materyale ulaşım	-	5
	Araştırma yapma	-	3
	Hayal gücü	-	2
	Alet kullanımı	-	2
	Yaratıcılık, özgün	-	2
	Bilgiyi Keşfeden	7	4
Öğrenci Rolü	Aktif	3	4
	Öğrenen	2	1
	Ürün ortaya koyan	2	-
	Problem çözen	1	4
	Araştırmacı	-	3
	Çözüm üreten	-	3
	Sorgulayan	-	1
	Yol Gösterici	10	19
Öğretmen Rolü	Bilgiyi sunan	5	-
	Öğrenciyi Çekme	2	-
	Süreci Yöneten	1	4
	Uygulayıcı	1	-
	Yardımcı	1	1
	Gözlemci	-	2
	Gözlem	5	7
	Süreç değerlendirme	3	19
Değerlendirme	Rapor ile	3	-
	Bireysel değerlendirme	2	3
	Sınav	2	6
	Proje	1	-
	Akran değerlendirme	-	4

Bu araştırmada STEM eğitime yönelik ‘uygun ve uygun olmayan konular, sınıf düzeyi, öğrencilerin zorlanabileceği durumlar, öğrenci-öğretmen rolleri ve değerlendirme’ konuları ‘Program Entegrasyonu’ ana teması altında incelenmiştir.

Elde edilen verilere göre uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %37'si STEM eğitimine uygun olabilecek konuların fizik konuları olduğunu ifade etmişlerdir. Uygulama sonrasında ise bu oran %52 olmuştur. Örneğin uygun konulara yönelik bir öğretmen adayı (ÖA1) uygulama öncesinde *'Madde ve özellikleri ile ilgili bir şey işte uygun olabilir. Elektrikle ilgili konular uygun olabilir. Optik ile ilgili konular uygun olabilir.'* şeklinde ifade etmiştir. Uygulama sonrasında ise bir başka öğretmen adayı (ÖA15) *'Ya genellikle mesela fizik konuları çoğu uygundur bence. Hepsisi uygundur yani.'* şeklinde ifade etmiştir. Uygulama öncesi ve sonrasında fen bilgisi dersindeki bütün konuların (fizik, kimya, biyoloji) STEM eğitimine uygun olabileceğini belirten öğretmen adaylarının oranı değişmemiştir (%19). Uygulama öncesinde biyoloji konularının STEM eğitimine uygun olmayacağını ifade eden öğretmen adaylarının oranı %41 iken uygulama sonrasında bu oran %44 olmuştur. Öğretmen adaylarından biri (ÖA17) uygulama öncesinde biyoloji konularının STEM eğitimine uygun olmayacağını *'Biyolojide çok STEM uygulanmaz mesela fenin içindeki biyoloji kısımlarında.'* şeklinde ifade etmiştir. Uygulama sonrasında ise başka bir öğretmen adayı (ÖA26) *'Ya mesela biyolojideki konular hani STEM ile gösterilemez. Biyoloji biraz daha fazla teorik kaldığı için hani uygulamaya dökülemeyebilir bunlar.'* şeklindeki görüşü ile biyoloji konularının STEM eğitimine uygun olmayacağını ifade etmiştir.

Öğretmen adaylarının STEM eğitiminin hangi sınıf seviyesinden itibaren başlamasına yönelik görüşleri 'Sınıf Düzeyi' alt teması altında incelenmiştir. İlgili tabloya göre öğretmen adaylarının %33'ü STEM eğitime ortaokul seviyesinden itibaren başlaması gerektiğini belirtirken uygulama sonrası bu oran %26 olmuştur. Örneğin bir öğretmen adayı (ÖA8) uygulama öncesinde STEM eğitime başlamak için gerekli sınıf seviyesine yönelik *'Yani aslında bence çok girilmese de 5.sınıftan itibaren aşına bir şekilde ilerleyebilir.'* şeklinde bir görüş belirtmiştir. Bir başka öğretmen adayı (ÖA8) uygulama sonrası *'Bence hocam mesela fen dersi almaya 5.sınıfta başlanıyorsa hani adım adım olarak bence 5.sınıftan itibaren alınmalı. Düzeylerine göre.'* şeklindeki görüşü ile 'Fen dersi' ile 'STEM eğitimi' ilişkilendirdiği görülmektedir. STEM eğitiminin anaokulu seviyesinden itibaren başlaması gerektiğini uygulama sonrası iki öğretmen adayı ifade etmiştir. Örneğin ÖA24 uygulama sonrası bu konudaki görüşünü *'Anaokulundan bence başlatılmalı.'*

Öyle diyorum çünkü çocukların merakı üst seviyede. Yaratıcılıkları yani böyle belirli şeyler yok her şeyi düşünebiliyorlar.’ şeklinde ifade etmiştir.

STEM eğitiminde karşılaşılabilecek zorluklara yönelik görüşler ‘Zorlanma’ alt teması altında incelenmiştir. Tablo 4.10 incelendiğinde uygulama öncesi (%30) ve sonrasında (%44) öğrencilerin bu süreçte en fazla zorlanabileceği konu olarak ifade edilen görüş, tasarlanan çözümlerin gerçek hayata geçirilmesi diğer bir ifadeyle prototipin yapılması olduğu görülmektedir. Bu konuda bir öğretmen adayı (ÖA2) uygulama öncesi *‘Yani ortaya bir şey koyma. Tasarımı var ama el becerisinde zorlanırlar.’* şeklinde görüşünü ifade etmiştir. Bir başka öğretmen adayı (ÖA13) süreçte zorlanılabilecek konular için *‘Yapım aşamasında mutlaka zorlanırlar hocam çünkü biz de zorlandık yani. Dediğimiz gibi mesela öğretmen de ona bunu yapma, burada yanlış yola gidiyorsun demeyeceği için hani normal sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesi için hani öğrenci gerçekten yapım aşamasında zorlanabilir.’* şeklinde ifade etmiştir. Sadece uygulama sonrasında değinilen öğrencilerin zorlanabileceği konular ‘Problemi tanımlama (%26), Malzeme temini (%19), Araştırma yapma (%11), Hayal gücü (%7), Alet kullanımı (%7), Yaratıcılık (%7)’ şeklinde ifade edilmiştir. Örneğin bir öğretmen adayı (ÖA10) problemi tanımlamayla ilgili *‘Problemi tanımlamada biz de zaten orada biraz sıkıntı çektik. Asıl yani iyi projeler iyi etkinlikler yapmak değil de tam problemi anlayamadığımızda bazen sıkıntı yaşadık.’* şeklinde görüşünü bildirmiştir. Bir başka öğretmen adayı (ÖA12) ise malzeme temin etme ile ilgili *‘Bir de hocam burada en çok sıkıntı yaşanan şey malzeme kısmı. Malzeme temin etmede. Örneğin su motorunu buralarda bulamadık. İnternette sipariş ettik.’* şeklinde görüşünü ifade etmiştir.

Öğretmen adaylarının STEM eğitiminde öğretmen ve öğrenci rollerine yönelik görüşleri ‘Öğrenci rolü’ ve ‘Öğretmen rolü’ alt temaları altında incelenmiştir. Öğretmen adaylarının %26’sı uygulama öncesinde öğrencilerin bu süreçte bilgiyi keşfeden rolünde olduğunu ifade etmişlerdir. Uygulama sonrası ise bu oran %15 olmuştur. Bir öğretmen adayı (ÖA19) bu görüşünü uygulama öncesinde *‘Öğrenci mesela ihtiyaç duyduğunda öğretmene söylemeli mesela bir yerde eksiği vardır çözüm yolu bulamaz o zaman hani öğretmenin bilgisinden edinebilir.’* şeklinde ifade etmiştir. Öğrenciyi problem çözen rolünde ifade eden öğretmen adaylarından biri (ÖA10) uygulama sonrası bu görüşünü *‘Merkezde bence öğrenci olmalıdır. Uygulamayı çocuk yapmalıdır. Sorunu belirtmelidir öğretmen. Öğrenci ise merkezde çözüm üretmelidir.’*

şeklinde ifade etmiştir. Öğretmen adayları öğrencilerin rollerine yönelik ‘Araştırmacı (%11), Çözüm üreten (%11), Sorgulayan (%4)’ kavramlarını sadece uygulama sonrası ifade etmişlerdir.

Öğretmenin rollerine yönelik görüşler incelendiğinde uygulama öncesi (%37) ve sonrası (%70) en sık ifade edilen kavram ‘Yol gösterici’ kavramı olduğu görülmektedir. 17 sıra numaralı öğretmen adayı öğretmen rolüne yönelik uygulama öncesi ‘*Öğretmen bizim gidişatımıza yardımcı olabilir ama hani tam böyle içine girmez hani özgün bir şeyler oluşturmamıza bize yardımcı olur ama. Biz materyal tasarlarız. Yol gösterir gibi bir şey yapar.*’ şeklinde görüş bildirmiştir. Uygulama sonrası 7 sıra numaralı öğretmen adayı ‘*Öğretmen onlara sadece yukarıdan bakış açısıyla bakmalıdır. Yani yolu göstermeli onlar gitsin yani farklı seçenekler yol var göstermeli onlar.*’ şeklinde öğretmen rolüne yönelik görüş bildirmiştir. Gözlemci rolüne yönelik sadece uygulama sonrası iki öğretmen adayı görüş bildirmiştir. Örneğin ÖA9 ‘*Bence öğretmen geri planda olmalıdır. İçeride sadece gözlemci olarak. Yönlendirici de değil bence.*’ şeklinde görüşünü ifade etmiştir.

‘Program entegrasyonu’ teması altında son olarak ‘Değerlendirme’ alt teması incelenmiştir. STEM eğitiminde değerlendirmenin nasıl olması gerektiğine yönelik görüşler incelendiğinde uygulama öncesinde öğretmen adaylarının %19’u değerlendirmenin gözlem ile yapılması gerektiğini ifade ederken uygulama sonrası öğretmen adaylarının %70’i süreç değerlendirmenin olması gerektiğini ifade etmişlerdir. Uygulama öncesi ÖA8 bu konuya yönelik görüşünü ‘*Not vermek sınav gibi bir şekillendirme olması yerine bence mesela laboratuvar ortamında oluyorsa o an hani onun uygulamasına bağlı bir değerlendirme yapılmalı bence. Gözlem sonucunda yaptığı deneyi gözlemi sonucunda.*’ şeklinde ifade etmiştir. Süreç değerlendirmesine yönelik uygulama sonrası ÖA6 ‘*Yani yapılan şeyin sonucuna değil de nasıl yaptığına yani ne düşünmüş fikirlerini öğrenmek olmalı bence. Bir mekanizmanın çalışıp çalışmamasına değil de. Ne düşündüğünü içindeki feni ne kadar anladığını.*’ şeklinde görüşünü ifade etmiştir. STEM eğitiminde değerlendirmenin sınav ile olması gerektiğini ifade eden öğretmen adaylarının oranı uygulama öncesinde %7 iken uygulama sonrası bu oran %22 olmuştur. Örneğin uygulama sonrası bir öğretmen adayı (ÖA7) değerlendirmeye yönelik ‘*Öğrenciyi test usulü değerlendirilmemeli bence. Herkesin birbirinden kopya çekilebilecek cevaplar da olmamalı. Herkesin kendi fikri, cevapları farklı farklı olmalı yani herkesin. Açık uçlu*

yoruma dayalı.’ şeklinde görüş bildirmiştir. Sadece uygulama sonrası değinilen ekran değerlendirmeye (%15) yönelik ÖA21 *‘Değerlendirme yani öğrenciler birbirlerini değerlendirmeli. Mesela gruplar vasıtasıyla diğer gruplar. Ekran değerlendirme olabilir.’* şeklinde görüşünü ifade etmiştir.

4.4. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM UYGULAMALARINDAKİ DENEYİMLERİ

Araştırmanın dördüncü sorusu PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM eğitimi sürecine yönelik deneyimleri nelerdir?’ şeklindedir. PD-STEM uygulamalarına katılan öğretmen adaylarının yaşadığı tecrübeleri aktarabilmeleri amacıyla her bir uygulama sonunda etkinlik görüş formları uygulanmıştır. Veriler ‘Süreçte zorlanılan aşamalar, en çok hoşlanılan aşamalar, en sık kullanılan beceriler, Üretilen prototipin STEM disiplinleri çerçevesinde açıklama’ olmak üzere dört tema altında incelenmiştir. Öğretmen adaylarının PD-STEM uygulamaları sürecinde zorlandıkları aşamalara dair betimsel istatistik Tablo 4.11’de sunulmuştur.

Tablo 4.11. Süreçte Zorlanılan Aşamalar

	Aydınlatılmalı mı? f (%)	Donan Yollar f (%)	Üretelim f (%)	Geleceğin Tarımı f (%)
Yapım aşaması	22 (%81)	18 (%67)	26 (%96)	10 (%37)
Reklam videosu hazırlama	10 (%37)	9 (%33)	3 (%11)	2 (%7)
Tasarım	9 (%33)	3 (%11)	5 (%19)	3 (%11)
Teknik bilgi eksikliği	-	6 (%22)	-	3 (%11)
Süre(zaman)	-	4 (%15)	-	-
Malzeme Bulma	2 (%7)	3 (%11)	-	2 (%7)
Grup Çalışması	2 (%7)	2 (%7)	-	-
Hesaplama yapma	-	1 (%4)	2 (%7)	-
Prototipi çalıştırma	-	-	2 (%7)	2 (%7)
Malzeme Biçimlendirme	1 (%4)	1 (%4)	1 (%4)	-
Zorlanmadım	-	-	-	9 (%33)

3 haftalık etkinlik uygulama süreci sonunda, zorlandıkları aşamalara yönelik etkinlik görüş formlarından elde edilen bulgulara göre, öğretmen adayları ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğinde %81, ‘Donan Yollar’ etkinliğinde %67, ‘Üretelim’ etkinliğinde %96 ve ‘Geleceğin Tarımı’ etkinliğinde %37 oranında yapım aşamasında zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Örneğin ÖA13 ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğinde zorlandığı aşamaları *‘Ürün yapımında zorlandık. Motoru nasıl döndüreceğimizi*

bilmiyorduk. Suyun içine öyle bir mekanizma yapmamız gerekiyordu ki motor dönsün. Sonra bir değirmene benzeyen mekanizma tasarladık.’ şeklinde ifade etmiştir. ‘Donan Yollar’ etkinliğinin prototip yapım aşamasında yaşadıkları zorlukları ÖA1 ‘Ürün yapımında, rezistansı ve su pompasını borunun içine yerleştirirken çok zorlandık. Bantla ve silikonla sabitlemeye çalıştık. Tasarımda pek zorlanmadık ancak su geçiren asfaltın nereye atılacağını ve ne kadar kalınlıkta olması gerektiğini hesap ederken zorlandık. Ürünü yaparken asfalt dökeceğimiz yolu oyarken zorlandık. Ürün reklamında herhangi bir zorluk çekmedik.’ şeklinde ifade etmiştir. Bir öğretmen adayı ‘Üretelim’ etkinliğinin prototip üretimi sürecinde zorlandıkları aşamaları ‘Prototipi yaparken ana kola bağladığımız servo motorun gücü yetersiz geldiği için kolu kaldırmadı. Bu aşamada motoru çalıştırmayı farklı yöntemlerle denedik. Ağırlık bağladık ama yine olmadı. Biz de sadece ana koldaki servo motoru iptal edip hidrolik sistem ekledik (ÖA12).’ şeklinde açıklamıştır. Benzer olarak ‘Geleceğin Tarımı’ etkinliğinde prototip yapım aşamasında zorlanan aynı öğretmen adayı ‘Bu etkinlikte beni zorlayan şeyler şunlardır: su pompasına hortumu takarken sıkıntı yaşadık. Hortumu motorun çok içine ittirdiğimiz için motorun içindeki tribün dönmedi. Bunun sonucunda komple motorları söküp tekrardan taktık. Sorunu çözdük. İki motoru güç kaynağına paralel ve seri şekilde ayrı ayrı bağlayarak denedik. Ancak motorlardan bir çalıştı diğeri çalışmadı. Biz de tek tek bağladık çalıştırdık sorun olmadığını anlayınca dokuz voltluk bir adaptör kullandık. İki motoru da paralel bağlayınca çalıştı. Sorun çözüldü (ÖA12).’ şeklinde zorlandığı kısımları ifade etmiştir.

Reklam videosu hazırlama sürecinde zorlandığını belirten öğretmen adaylarının oranı etkinlik sırasına göre %37, %33, %11 ve %7 olduğu görülmektedir. Bir öğretmen adayı ‘Donan Yollar’ etkinliğinin reklam videosunu hazırlarken zorlanması ile ilgili ‘Ürünün tasarımı, yapımı zor değildi. Sadece reklam zordu. Çok zaman aldı. Hem de kullandığımız programda sıkıntı çıktı ve silindi. Yeniden yapmak zorunda kaldık (ÖA11).’ şeklinde açıklama yapmıştır. Ayrıca öğretmen adayları %33, %11, %19 ve %11 oranlarında tasarım oluşturma aşamasında zorlandıklarını belirtmişlerdir. ‘Üretelim’ etkinliğinin prototip tasarlama aşamasında zorlandığını ifade eden ÖA8 ‘Tasarım kısmını yaparken eklem yerlerini çizerken sorun yaşadım, çünkü gerçeğe dökmenin daha zor olacağını düşündüğüm için.’ şeklinde açıklama yapmıştır.

Bunların aksine öğretmen adaylarının %33'ü 'Geleceğin Tarımı' etkinliğinin herhangi bir aşamasında zorlanmadıklarını ifade etmişlerdir. Örneğin ÖA7 'Geleceğin Tarımı' etkinliğinin herhangi bir aşamasında zorlanmadığını '*Etkinlikte zorlandığım bir yer olmadı. Her şeyi rahatça yaptık. Sadece sonuçta bitkimiz öldü. Bu da bitkimizi okulda bırakmamızdan kaynaklı, yeterli ışık görmemesi.*' şeklinde ifade etmiştir.

PD-STEM uygulamaları sürecinde öğretmen adaylarının en fazla hoşlandığı aşamalara dair betimsel istatistik Tablo 4.12'de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Mutlu Eden, Hissettiren Aşamalar

	Aydınlatılmalı mı f (%)	Donan Yollar f (%)	Üretelim f (%)	Geleceğin Tarımı f (%)
Prototipin çalışması- Başarma hissi	9 (%33)	12 (%44)	8 (%30)	6 (%22)
Ürün üretme	12 (%44)	4 (%15)	2 (%7)	8 (%30)
Öğrenme	5 (%19)	4 (%15)	7 (%26)	8 (%30)
Probleme çözüm üretmek	4 (%15)	6 (%22)	6 (%22)	4 (%15)
Hayalden hayata geçirmek	-	3 (%11)	5 (%19)	3 (%11)
Grup çalışması	3 (%11)	1 (%4)	3 (%11)	1 (%4)
Araştırma yapma	3 (%11)	-	1 (%4)	2 (%7)
Faydalı Olmak	2 (%7)	3 (%11)	2 (%7)	2 (%7)
Teknolojik ürün kullanmak	2 (%7)	4 (%15)	2 (%7)	2 (%7)
Tartışma ortamı	-	3 (%11)	-	-
Reklam videosu hazırlama	-	2 (%7)	1 (%4)	-

Tablo 4.12'ye göre öğretmen adayları 'Aydınlatılmalı mı?' etkinliğinde %33, 'Donan Yollar' etkinliğinde %44, 'Üretelim' etkinliğinde %30 ve 'Geleceğin Tarımı' etkinliğinde %22 oranında prototipin çalışması sonucunda başarma hissini onları mutlu ettiğini ifade etmişlerdir. Örneğin bir öğretmen adayı bu konuyla ilgili 'Donan Yollar' etkinliğindeki tecrübesini '*Emek vererek hazırladığımız bir düzeneğin çalışıp işe yaraması ve hazırlarken bazen hayalimizde kalacağını düşündüğümüz fikirleri gerçekleştirebildiğimizde yaşadığımız hisler çok mükemmeldi* (ÖA18).' şeklinde ifade etmiştir. Öğretmen adaylarının %44, %15, %7 ve %30'u (etkinlik sırasına göre) PD-STEM uygulamaları sürecinde ortaya bir ürün koymanın onları mutlu ettiğini bildirmişlerdir. Bir öğretmen adayı 'Aydınlatılmalı mı?' etkinliğinde ona mutluluk veren durumu '*Somut ürünler tasarlamak güzel bir şey. Çünkü bütün bildiklerin ile ortaya çalışan, gözle görülen, hissedilen bir şeyler çıkması beni tatmin etti.* (ÖA13)' şeklinde açıklamıştır. Bu süreçte öğrenmenin daha kalıcı olması nedeniyle mutlu

olduğunu ifade eden öğretmen adaylarının oranı ise %19, %15, %26 ve %30 (etkinlik sırasına göre) olduğu görülmektedir. Kalıcı öğrenmenin sağlanması ile ilgili mutluluğunu bir öğretmen adayı ‘*Somut olarak ürün oluştururken kendim yaptığım ve o sürecin içerisinde yer aldığım için unutmama olasılığım düşüyor. Kalıcı öğrenme sağlıyorum.* (ÖA11)’ şeklinde ifade etmiştir. Ayrıca probleme çözüm tasarlama aşamasından keyif aldıklarını ifade eden öğretmen adaylarının oranı ise %15, %22, %22 ve %15’tir (etkinlik sırasına göre). Bir öğretmen adayı bu süreçte problemlere çözüm tasarlamının kendisini mutlu ettiğini ‘*Bu süreçte bir sorunla karşılaştığım zaman nasıl çözüm üretebilirim diye düşünmeye teşvik ediyor beni. Sorunu gördükten sonra kaçma şansımız zaten yok. Acaba ne yaparsak bu proje daha iyi olur hangi çözüm önerisini kullanırsak problemimiz çözülür diye düşünmek hoşuma gidiyor.* (ÖA9)’ şeklinde açıklamıştır.

PD-STEM uygulamaları sürecinde öğretmen adaylarının en fazla kullandıklarını ifade ettikleri becerilere dair betimsel istatistik Tablo 4.13’te sunulmuştur.

Tablo 4.13. Kullanılan Beceriler

	Aydınlatılmalı mı f (%)	Donan Yollar f (%)	Üretelim f (%)	Geleceğin Tarımı f (%)
El becerisi	10 (%37)	10 (%37)	22 (%81)	21 (%78)
Problem çözme becerisi	3 (%11)	4 (%15)	13 (%48)	6 (%22)
Düşünme becerileri	3 (%11)	7 (%26)	4 (%15)	10 (%37)
Mühendislik tasarım becerisi - Tasarım becerisi	5 (%19)	3 (%11)	4 (%15)	5 (%19)
Yaratıcılık	2 (%7)	1 (%4)	5 (%19)	7 (%26)
Bilgisayar becerisi, teknik beceri, Kodlama becerisi	3 (%11)	4 (%15)	2 (%7)	3 (%11)
Grup ile çalışma becerisi	-	1 (%4)	3 (%11)	6 (%22)
Araştırma-sorgulama	1 (%4)	-	1 (%4)	4 (%15)
Bilimsel süreç becerisi	-	1 (%4)	2 (%7)	2 (%7)
Matematik becerisi	-	-	2 (%7)	2 (%7)
Liderlik becerisi	1 (%4)	-	2 (%7)	1 (%4)

Öğretmen adaylarının PD-STEM uygulamaları sürecinde en fazla kullandıklarını ifade ettikleri becerinin %37, %37, %81 ve %78 (etkinlik sırasına göre) oranında el becerisi olduğu görülmektedir. Örneğin bir öğretmen adayı ‘Üretelim’

etkinliğinde kullanılan beceriler ve bu sürecin beceriler üzerindeki etkilerine yönelik *‘El becerimiz gelişti. Tahtaları monteleme ve benzeri şeyleri yaparken. Hayal etme becerimiz gelişti, şırıngaları tahtaları yerleştirmeden önce hayal Edip sonuçlarını tahmin etme becerimiz gelişti. Sorunlara karşı çözüm yolu üretme becerimiz gelişti. (ÖA19)’*. Problem çözme becerisinin ise bu süreçte %11, %15, %48 ve %22 (etkinlik sırasına göre) oranlarında kullanıldığı belirtilmiştir. Problem çözme becerisi ve diğer becerilerin kullanımı ve gelişimi ile ilgili olarak ÖA 26 ‘Geleceği Tarımı’ etkinliği için *‘Bu etkinliği yaparken yaratıcı düşünme becerisi, problem çözme becerisi, el becerisini kullandık. Bu etkinlikte bu becerilerimizi geliştirdik. Örneğin matkapla delme işlemlerinde el becerimizi geliştirdik. Ya da su motoru çalışmadığında bu problemi çözmeye yönelik uğraş verdik. Problem çözme becerimizi kullandık.’* şeklinde açıklama yapmıştır. Bunun yanında öğretmen adayları etkinlikler süresince düşünme becerilerini %11, %26, %15 ve %37 oranlarında kullandıklarını ifade etmişlerdir. Bu konuyla ilgili olarak bir öğretmen adayı ‘Donan Yollar’ etkinliğindeki tecrübesini *‘Bu etkinliği yaparken daha çok düşünme, tasarım ve ürünleri birleştirme yani el becerisini kullandım. Daha ayrıntılı düşünmeyi, tasarımı yapmayı, el becerilerini geliştirmeye sağladı. (ÖA12)’* şeklinde ifade etmiştir. Ayrıca öğretmen adayları bu süreçte %19, %11, %15 ve %19 oranlarında mühendislik tasarım becerilerini kullandıklarını belirtmişlerdir. Bir öğretmen adayı ‘Geleceği Tarımı’ etkinliğinde kullandığı becerileri ve etkinliğin beceriler üzerindeki etkisini *‘Bu etkinliği yaparken bilimsel süreç becerilerini, mühendislik tasarım becerilerini, el becerilerini ve düşünme becerilerini kullandık. Bu etkinlikler sırasında bu becerileri kullanmamız bizim için oldukça önemli. Bu etkinlikler sayesinde insanda merak duygusu artıyor ve sürekli araştırma, düşünme eğiliminde oluyor. Bir ürün ortaya koymaya çalışılıyor ve bunun hakkında birçok bilgi ediniliyor. Bu etkinliklerin kullandığımız becerilerin üzerinde faydalı bir etkisi var. Bu etkinlikler sayesinde bu becerileri kullanıp fikirler üretebiliyoruz. Böyle etkinlikler sayesinde araştırmacı bir kimliğe bürünüyoruz (ÖA1).’* şeklinde ifade etmiştir.

Probleme Dayalı STEM uygulamaları süresince öğretmen adaylarının ürettikleri prototoipleri STEM disiplinleri çerçevesinde açıklayabilme durumlarına dair betimsel istatistik Tablo 4.14’te sunulmuştur.

Tablo 4.14. STEM Disiplinleri Çerçevesinde Açıklama

	Aydınlatılmalı mı f (%)	Donan Yollar f (%)	Üretelim f (%)	Geleceğin Tarımı f (%)
Geçerli açıklama	8 (%30)	10 (%37)	13 (%48)	16 (%59)
Kısmen geçerli açıklama	10 (%37)	8 (%30)	7 (%26)	9 (%33)
Açıklama yok- geçersiz açıklama	9 (%33)	9 (%33)	7 (%26)	2 (%7)

Bu çalışmada öğretmen adaylarından her bir PD-STEM etkinliği sonunda üretilen prototipin STEM disiplinleri ile ilişkilendirerek açıklamaları istenmiştir. Tablo 4.14 incelendiğinde öğretmen adaylarının ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliğinin sonunda üretilen prototipe yönelik açıklamaları %30 geçerli, %37 kısmen geçerli ve %33 oranında geçersiz açıklama içerdiği görülmektedir. Örneğin bir öğretmen adayı ‘Hazırlamış olduğumuz sistemde doğaya zararsız yenilenebilir iki farklı kaynak kullandık. Elektrik işleriyle uğraştık. Seri bağlı, paralel bağlı gibi bunlar fen ile alakalı. Pil, güneş paneli, elektrik motoru, LED, kablo kullandık. Bunlar temelde teknoloji ile alakalı. Bu sistemin tasarımı, yapım aşaması mühendislik ile alakalı. Güneş panelinin 60° açıyla ayarlanması, pilin gücü ile ampulün gücünün ayarlanması matematikle alakalı olan bir durum. (ÖA3)’ şeklinde geçerli bir açıklama yapmıştır. Bir başka öğretmen adayı ise ‘Yapım aşamasında, tasarım aşamasında mühendislik becerimizden yararlandık. (ÖA13)’ şeklinde STEM disiplinlerini içermeyen geçersiz bir açıklama yapmıştır. Öğretmen adaylarının ‘Donan Yollar’ etkinliğinin prototip açıklamaları incelendiğinde %37 geçerli, %30 kısmen geçerli ve %33 geçersiz açıklamalar olduğu belirlenmiştir. Uygulama sonunda üretilen bir prototip için ÖA5 ‘Yaptığımız projede akü, LED lamba, rezistans sistemi kullandık. Fen boyutu elektrolit, kimyasal enerji elektrik enerjisine çevirme, direnç, krom-nikel tel, tel boyu, kalınlığı, elektrik akımı. Teknoloji boyutu rezistans, akü, LED lamba kullanma. Mühendislik olarak bir okul yolu tasarımı, tasarıma uygun bir sistem yapma. Matematik olarak biraz eksik kaldık. 12 volt akü kullandık kullandık ama ne kadar enerji gerekir veya harcanır değinmedik. Tel boyu okulu yaparken cetvel yardımıyla boyutlarını ölçtük. Matematik biraz eksik kaldı bu projemizde.’ şeklinde geçerli bir açıklama yapmıştır. Bunun yanında farklı bir öğretmen adayı ‘bu etkinlik sürecinde fen kullandık. Bu süreçte rezistans, akü, direnç kavramlarını öğrendik. Ve bunların nasıl bağlanacağını öğrendik. (ÖA7)’ şeklinde STEM disiplinlerinden sadece fen disiplinine değindiği için kısmen geçerli bir açıklama yapmıştır. ‘Üretelim’ etkinliği sürecinde üretilen prototiplerin STEM disiplinleri açısından açıklaması

incelendiğinde, öğretmen adaylarının %48 geçerli, %26 kısmen geçerli ve %26 geçersiz açıklama yaptıkları belirlenmiştir. Örneğin bir öğretmen adayı ürettikleri robotik kol ile ilgili '*Prototipin fen boyutu, ağırlık merkezi, hidrolik sistem, basınç, kuvvet. Matematik boyutu, prototip tasarımında kullanılacak ölçülerin birbirine orantılı olması. Uzunlukları, şırıngaların duruş açıları. Teknoloji boyutu, şırınga ve hortumlar ile düzenlenen hidrolik sistem. Mühendislik boyutu, tüm tasarım süreci diyebilirim. Tasarımın nasıl olacağını karar verilmesi. Estetik olması.* (ÖA27)' şeklinde geçerli bir açıklama yapmıştır. Bir başka öğretmen adayı ise '*Mühendislik olarak tasarımımızdan memnunduk, ufak tefek eksiklikler dışında. Matematiği şırıngaların mesafelerini, boruların uzunlukları ve maliyet olarak ele aldık ancak hata olarak eklem yerlerinin açılarını unuttuk. Bu yüzden sınırlı bir dönme ve hareket eylemi yapmış oldu. Teknoloji boyutu olarak her malzeme bir teknolojidir diye düşündük. Bizim teknoloji anlamında en büyük hatamız zeminin uygun malzeme ile yapılamaması olarak düşünüyorum.* (ÖA5)' şeklinde kısmen açıklama yapmıştır. Öğretmen adaylarının 'Geleceği Tarımı' etkinliğine yönelik üretilen prototip açıklamaları %59 geçerli, %33 kısmen geçerli ve %7 geçersiz açıklama içermektedir. ÖA1 ürettikleri topraksız tarım prototipine yönelik '*Prototipte su pompası kullanılması hem teknoloji hem de fendir. Kullanılan malzemelerin boyu, çapı, elektrik hesabı, bitki boyu ve benzeri faktörler matematik alanına girer. Fotosentez, solunum ve bu olaylara etki eden faktörler fen alanını kapsamaktadır. Sürecin tamamı, tasarım ve ürünün oluşturulması mühendislik alanına girmektedir. Kullanılan malzemeler ve çalışma prensipleri teknoloji alanına girmektedir. Boruların siyah bant ile sarılması güneş ışığını absorbe edip bunun içindeki suyun sıcak olmasını sağlayacaktır. Bu da fen alanına girmektedir.*' şeklinde STEM disiplinlerini içeren geçerli bir açıklama yapmıştır. Bunun aksine ÖA21 ürettikleri prototipi '*Fen açısından yeterli değildi çünkü herhangi bir gözlem yapamadık.*' şeklinde STEM disiplinlerini kapsamayacak şekilde geçersiz bir açıklama yapmıştır.

5. TARTIŞMA ve YORUM

5.1. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK BİLİŞSEL YAPILARI İLE İLGİLİ TARTIŞMA VE YORUM

Bu çalışmanın ilk araştırma sorusunda PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlarına yönelik bilişsel yapılarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Uygulama sonrasında elde edilen bulgulara göre, öğretmen adaylarının STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlara ilişkin bilişsel yapılarının geliştiği söylenebilir. Uygulamalar boyunca öğretmen adayları PD-STEM etkinliklerine katılmış ve bu etkinlikler sayesinde edindikleri bilgileri uygulamaya dökmüşlerdir. Tasarladıkları ürünleri hayata geçirmek ve sergilemek için yaşam boyu öğrenme becerilerini kullanmışlardır. Bu deneyimler, öğretmen adaylarının söz konusu STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlara yönelik yeni bilgiler edinmesini kolaylaştırarak bu bilgileri anlamlı ve kalıcı bir şekilde organize etmelerini ve akılda tutmalarını sağladığı söylenebilir. STEM uygulamaları, araştırma, sorgulama ve iş birliği süreçleri yoluyla öğrenmeyi geliştirirken, aynı zamanda bir şeyler tasarlamak için yaratıcı fikirlerin geliştirilmesini de teşvik eder (Kelley & Knowles, 2016). STEM eğitimi, öğrenenlerin tasarımları kavramsallaştırmalarını ve hayata geçirmelerini sağlar (Li vd., 2019). Sonuç olarak, öğretmen adaylarının kelime ilişkilendirme testinde anahtar kavramlara yönelik kelime üretmelerindeki artışın, bilgi yapılarındaki uygulama kaynaklı zenginleşmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde bu görüşü destekler nitelikte, STEM uygulamalarının öğrenenlerin bilişsel yapılarının gelişimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu gösteren çalışmalar yer almaktadır (Büyükdede & Tanel, 2018; Eckman vd., 2016; Gökbayrak & Karışan, 2017; Milner Bolotin, 2018; Yıldırım & Altun, 2015).

Araştırmada fen bilgisi öğretmen adayları bazı anahtar kavramlara yönelik cevap kelime üretmekte zorlanmışlardır. ‘Tasarım ve Girişimcilik’ anahtar kavramlarına yönelik uygulama öncesinde kelime üretmekte zorlanılmıştır. Uygulama sonrasında ise sadece ‘Girişimcilik’ anahtar kavramına yönelik kelime üretmekte zorlanıldığı tespit edilmiştir. Kızılay (2018) yürüttüğü çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının ‘Tasarım’ kavramı ile STEM eğitiminin temel disiplinlerinden olan ‘Mühendislik’ kavramı arasında ilişki kurmakta zorlandıklarını belirtmektedir. Bu çalışmada ise fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama sonrasında ‘Tasarım’ anahtar

kavramına yönelik ürettikleri kelime sayısında bir artış gerçekleşmiştir. Buna ek olarak ‘Tasarım’ anahtar kavramının diğer anahtar kavramlarla kurulan ilişkilerinde de artış gözlenmiştir. Buna karşın fen bilgisi öğretmen adaylarının ‘Girişimcilik’ anahtar kavramına yönelik bilişsel yapılarının diğer anahtar kavramlara göre pek gelişmediği söylenebilir. Bu bulgunun aksine, yapılan çalışmalarda STEM uygulamalarının öğrenenlerin girişimcilik kavramına yönelik bilişsel yapılarını zenginleştirdiği rapor edilmektedir (Kendaloğlu, 2021; Şirin & Çelikkıran, 2021; Turgutalp, 2021). Girişimcilik, çeşitli alanlarda yenilikçi ürünler geliştirmek ve yaratıcı fikirler üreterek toplumsal ilerlemeyi sağlamak için çok önemli bir beceridir (Mwasiaji vd., 2021). Bu nedenle girişimcilik öğrencilere kazandırılması beklenen becerilerden biri olarak kabul edilebilir. Gerçek hayatta bir probleme çözüm olabilecek bir ürünün tanıtımı ve pazarlanması girişimcilik becerilerinin uygulanmasını gerektirir. Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adayları her bir PD-STEM etkinliği sonunda tanımladıkları problemi çözecek bir prototip ürün oluşturmuşlardır. Daha sonra bu ürünü tanıtmak ve pazarlamak amacıyla reklam videoları ve tanıtım afişleri oluşturmuşlardır. Öğretmen adaylarının geliştirdikleri prototiplerin eksik ya da hatalı yönleri olabildiğinden ve ayrıca reklam-tanıtım aşamasının PD-STEM uygulamalarının son aşaması olmasından dolayı, geliştirilen etkinliklerin öğretmen adaylarının girişimcilik kavramına yönelik bilişsel yapılarına sınırlı düzeyde katkı sağladığı söylenebilir.

Uygulama öncesinde fen bilgisi öğretmen adaylarının en güçlü ilişki kurdukları iki anahtar kavram ‘Fen’ ve ‘Fen Eğitimi’ anahtar kavramları olmuştur. Üçüncü sınıfta öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adayları fen bilgisi eğitime yönelik birçok teorik ve uygulamalı dersler almışlardır. Bu süreçte fen bilgisi öğretmen adaylarının fen disiplinleri ve fen eğitime yönelik bilgi ve becerileri kazanmışlardır. Bu bilgi ve becerileri zihinlerinde yapılandırarak bir kavramsal yapı oluşturduklarını söyleyebiliriz. Bu nedenle bahsedilen iki anahtar kavram arasında uygulama öncesinde güçlü ilişki kurulduğu düşünülmektedir. Fen bilgisi öğretmen eğitiminde öğretmen adaylarının pedagojik yaklaşımlara ilişkin bilgilerini arttırdıkları belirtilmektedir (Kartal vd., 2017; Meriç & Tezcan, 2005).

Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına yönelik elde edilen bir diğer bulgu uygulama öncesinde STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlar arasında ilişki kurmakta zorlanmasıdır. STEM uygulamalarının öğretmen eğitimi programlarında sınırlı düzeyde yer aldığına ya da etkin kullanılmadığına ilişkin sorunlar çalışmalarda

rapor edilmektedir (Alaylı, 2021; Çınar & Terzi, 2021). Bu çalışma kapsamında da fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulamalar öncesi anahtar kavramlar arasında ilişki kurmakta zorlanmalarının nedeni alanyazında altı çizilen nedenlerle benzer kaynaklı olabilir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının PD-STEM uygulamaları sonrasında STEM disiplinleri ve ilişkili kavramlar arasında ilişkiler kurabildikleri tespit edilmiştir. Uygulama sonrasında en güçlü ilişkiler ‘Fen-Mühendislik’ ve ‘Mühendislik-Tasarım’ anahtar kavramları arasında kurulmuştur. PD-STEM uygulamalarında fen bilgisi öğretmen adayları etkinliklerde tanımladıkları problemlere çözümler üretmiş ve bu çözümleri gerçek hayat şartlarına uygun, fen kavram ve ilkelerini temel alarak çalışan birer ürün haline getirmişlerdir. Bu süreç mühendislik ve tasarım becerilerinin aktif ve sürekli kullanılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yapılarındaki zenginleşmenin süreç içerisinde yaparak yaşayarak deneyimlemelerinden kaynaklandığı düşünülebilir. Yapılan çalışmalarda da STEM uygulamalarının öğrencilerin özellikle mühendislik ve tasarım becerilerinin geliştirilmesine olumlu yönde katkılar sağladığı ifade edilmektedir (Chiang vd., 2020; Çınar vd., 2016; Fan & Yu, 2017; Popa & Ciascai, 2017; Tarkın-Çelikkıran & Aydın-Günbatar, 2017).

5.2. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM DİSİPLİNLERİNE YÖNELİK KAVRAMSAL ANLAMALARI İLE İLGİLİ TARTIŞMA VE YORUM

Bu çalışmanın ikinci araştırma sorusunun amacı, PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının kavramsal anlamaları üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Bulgulara göre, PD-STEM uygulamaları fen bilgisi öğretmen adaylarının kavramsal anlama düzeylerinin gelişmesine katkı sağlamıştır. Uygulama sürecinde öğretmen adayları problemleri tanımlamak ve çözmek için araştırma yapmışlardır. Etkinliklerdeki problemleri ele almak için öğretmen adayları hangi konuları araştıracaklarına karar vermelidir. PD-STEM, doğası gereği problemlerin çözümünde birden fazla disiplinin kullanılmasını gerektirir. Bu nedenle öğretmen adayları birçok alanı inceleyerek konular hakkında bilgi edinmeye çalışmıştır. Bu çabalar, öğretmen adaylarının araştırdıkları kavram ve konularla ilgili kavramsal anlayışlarına katkı sağlayabilir. Guzey vd. (2019) mühendisliğin fen eğitimi ile bütünleştirilmesinin bilimin deneyim yoluyla öğrenilmesine yardımcı olduğunu altını çizmiştir. Dedetürk vd. (2021) tasarım odaklı bir STEM öğrenme ortamının fen eğitiminde öğrenenlerin

kavramsal anlamalarını desteklediğini bildirmiştir. Bilindiği üzere STEM eğitiminde problemlerin günlük hayatla ilişkilendirilmesi esastır (Breiner vd., 2012; Hansen & Gonzalez, 2014) ve bu ilişkilendirme kavramsal anlamaya ve anlamlı öğrenmeye de katkı sağlayabilir. Kartal Taşoğlu & Bakaç (2014) fen eğitiminde günlük yaşam problemlerinin kullanılmasının öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini desteklediğini belirtmiştir. Benzer şekilde, çalışmalar STEM eğitiminin kavramsal anlamayı geliştirdiğini bildirmiştir (Karahan vd., 2014; Karahan vd., 2021; Nasir vd., 2022; Thahir vd., 2020).

"Aydınlatılmalı mı?" etkinliğinde öğretmen adayları probleme çözüm ararken "elektrik devreleri, enerji verimliliği ve LED teknolojisi" gibi fen konuları hakkında bilgi edinme fırsatı bulmuşlardır. Ayrıca, problemi çözmek için birçok yol aydınlatma sistemi tasarlamış ve bu tasarımlarda farklı sensör teknolojileri kullanmışlardır. STEM eğitiminde problem çözmede birçok disiplinden yararlanılır ve süreç boyunca her disipline ilişkin kavramsal bir anlayışın gelişmesi beklenir (Prastika vd., 2022). Bu etkinliğe yönelik kavramsal anlama testinden elde edilen en yüksek puan farkı kavramsal anlama testinin üçüncü sorusunda ortaya çıkmıştır. Enerji verimliliği ve alternatif enerji kaynakları ile ilgili bu soruya verilen yanıtlarda, uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %74'ünün yanıtları 'tam anlama' kategorisinde yer almıştır. Çalışmalar, STEM yaklaşımının elektrik ve enerji konularında STEM okuryazarlığını ve kavramsal anlamayı artırdığını bildirmektedir (Bakırcı vd., 2022; Prima vd., 2018). Hiğde (2022) ile Yıldırım & Selvi (2016), STEM temelli bir öğrenme ortamının öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin algı ve tutumlarını artırdığını vurgulamıştır. Cavas (2011) motivasyon ve tutum gibi duyuşsal faktörlerin fen eğitiminde kavramsal anlamayı desteklediğini belirtmektedir. Bu çalışmadaki STEM temelli öğrenme ortamı, öğretmen adaylarının bu konuları öğrenmeye yönelik motivasyonlarını artırmış ve böylece kavramsal anlamalarına katkıda bulunmuş olabilir.

'Donmuş Yollar' etkinliğinde öğretmen adayları, probleme çözüm ararken 'donma noktasına etki eden faktörler, yüzey alanı-basınç ilişkisi, sürtünme kuvveti, çözeltiler' gibi fen konuları hakkında bilgi edinme fırsatı bulmuşlardır. Bu etkinlikte öğretmen adayları gizli buz oluşumunu engellemek ya da zararlı etkilerini azaltmak için prototip tasarımlar oluşturdular. Bu prototiplerin çoğu gerçek yaşam koşullarında çalışan sistemlerdir. Problem çözmeye yönelik prototipler oluşturmak STEM

eğitimindeki kritik adımlardan biridir (Carroll, 2015; Tabarés & Boni, 2023). En yüksek puan farkı, kavramsal anlama testinin ilk sorusunda ortaya çıkmıştır. Çözümler ve kaynama noktası ile ilgili bu soruya verilen yanıtlarda, uygulama sonrasında öğretmen adaylarının %85'inin yanıtları 'tam anlama' kategorisinde yer almıştır. Öte yandan, kavramsal anlama testinin ikinci sorusunda 'tam anlama' kategorisi altında bir fark oluşmamıştır. Diğer sorularda ise kavramsal anlama son testi lehine bir puan farkı vardır. Ancak ikinci soru için 'kısmen anlama' kategorisindeki cevaplarda bir artış söz konusudur. Sürtünme kuvveti ve basınç konularıyla ilgili ikinci soruda öğretmen adaylarından kar üzerinde serbestçe ve güvenli bir şekilde hareket edebilecek bir aracın parçalarını tasarlamaları ve bunu bilimsel olarak açıklamaları istenmiştir. Bu soru, öğretmen adaylarının kısa sürede tasarimsal düşüncelerini ve neden böyle bir araç tasarladıklarını bilimsel olarak açıklamalarını gerektirdiği için zorlayıcı olmuş olabilir. Razali vd. (2022) öğrencilerin tasarım odaklı düşünmede zorluklarla karşılaştığını vurgulamıştır. Bununla birlikte, Li vd. (2019) STEM eğitiminin öğrencilerin tasarım düşüncesini geliştirmelerine olanak sağladığını vurgulamıştır. Bu bağlamda, öğrenenlerin bu tür uygulamalara daha fazla dahil olarak tasarım odaklı düşünme becerilerini geliştirebileceklerinin altı çizilebilir.

'Üretelim' etkinliğinde öğretmen adayları probleme çözüm ararken 'basit makineler, kütle-ağırlık, kuvvet ve hidrolik sistemler' gibi fen konularında bilgi edinme fırsatı bulmuşlardır. Öğretmen adayları STEM disiplinlerini kullanarak problemi çözecek bir 'robotik kol' tasarlamışlardır. Robotik, STEM uygulamalarında en yaygın kullanılan ve öğrencileri STEM disiplinleriyle tanıştırmamanın en kolay yoludur (Benitti & Spolaor, 2017; Bers, 2010; Chalmers, 2017; Ching vd., 2019). Uygulama sürecinde farklı teknolojiler kullanılarak robotik kollar tasarlanmış olsa da grupların tasarladığı robotik kolların çoğu hidrolik sistemlerle çalışmaktadır. Bu nedenle öğretmen adaylarının basit makineler, kütle-ağırlık ve kuvvet konularındaki kavramsal anlama düzeylerinde bir gelişme olmasına rağmen hidrolik sistemlere ilişkin kavramsal anlamaları daha fazla gelişmiştir. Bazı çalışmalar kuvvet, basit makineler ve hidrolik sistemler konularında STEM uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını, motivasyonlarını, fene yönelik tutumlarını, eleştirel düşüncelerini ve kavramsal anlamalarını geliştirdiğini bildirmektedir (Aydın & Karşlı Baydere, 2023; Ergün & Kıyıcı, 2019; Gazibeyoğlu, 2018; Gülseven vd., 2021; Pagan, 2018; Yılmaz-Baltacı & Duru, 2021).

'Geleceğin Tarımı' etkinliğinde, öğretmen adayları probleme çözüm ararken 'fotosentez, solunum, çimlenme ve bitkilerde besin' gibi fen konuları hakkında bilgi edinme fırsatı bulmuşlardır. Öğretmen adayları, bitkilerin doğasını anlamak ve bitkilerin çimlenmesini ve büyümesini kontrol etmek için topraksız tarım (hidroponik tarım) sistemleri tasarlamışlardır. Bu sistemlerin tasarımında Arduino ve çeşitli sensör teknolojilerinden yararlanılmıştır. PD-STEM uygulaması sonrasında öğretmen adaylarının fotosentez ve solunumla ilgili soruya verdikleri tüm yanıtlar 'tam anlama' kategorisinde yer almıştır. Yapılan bir çalışmada, STEM eğitiminin bitkilerde fotosentez konusunda öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı belirtilmiştir (Öztürk & Özdemir, 2020). Öte yandan, kavramsal anlama düzeyindeki en az gelişme 'bitkilerde besin ve enerji üretimi' konusunda olmuştur. Geliştirilen prototiplerin 'topraksız tarım' sistemleri olduğu düşünüldüğünde, öğretmen adaylarının 'bitkilerde besin ve enerji üretimi' konusundaki kavramsal anlayışlarının daha yüksek düzeyde artması beklenmektedir. Ancak, öğretmen adaylarının tam anlama kategorisindeki yanıtları beklendiği kadar yüksek olmamıştır. Bunun nedeni, öğretmen adaylarının prototip geliştirme sürecinde kullandıkları 'bitki besini çözeltileri' ile ilgili kavramsal anlayışlarının sınırlı olması olabilir. Bilindiği üzere topraksız tarım sistemlerinde bitkilere gerekli element ve mineraller dış kaynaklardan sağlanmaktadır. 'Azot, Fosfor, Potasyum, Magnezyum ve Demir' gibi element ve bileşikleri içeren bu çözeltiler marketlerde 'bitki besini' etiketiyle satılmaktadır. Bu etiket, bitkinin kendi besinini ürettiği ifadesiyle tam olarak örtüşmediği için kavram karmaşasına neden olmuş olabilir. Araştırmalara göre, öğrenciler genellikle bitkilerin besinlerini topraktan (veya dışarıdan) aldıklarını ve enerjilerini doğrudan güneş ışığından elde ettiklerini düşünmektedir (Barman vd., 2006; Wood-Robinson, 1991).

PD-STEM uygulamaları bu çalışmada 'araştırma ve sorgulama', 'yapım ve tasarım geliştirme' ve 'reklam ve tanıtım' gibi süreçleri desteklemiştir. Tüm bu süreçler kavramsal anlamaya katkı sağlayacak şekilde düzenlenmiş olsa da özellikle araştırma-sorgulama sürecinde problemin tanımlanması, olası çözümlerin belirlenmesi ve problem çözümleri için gerekli konuların araştırılması gibi aşamalar öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarına olumlu katkı sağlamıştır. Gabel'e (2003) göre sorgulama, fen eğitiminde kavramsal anlayışın geliştirilmesindeki basamaklardan biridir. Öğretmen adayları sorgulama sürecine ilişkin kavramsal anlayışlarını geliştirirken, bilim insanlarının problem çözmede kullandıkları adımları da öğrenirler.

STEM eğitimi, uygulamalı öğrenme, öğrenme için sorumluluk alma ve otantik öğrenme ortamları yaratma gibi çok sayıda avantaj sunar (Gya & Bjune, 2021). STEM eğitimindeki mühendislik tasarım süreci, bireylerin deneyim yoluyla öğrenmelerine ve kavramsal anlayışlarını geliştirmelerine olanak tanır (Apedoe vd., 2008; Dedetürk vd., 2021). Son olarak, reklam-tanıtım sürecinde, öğretmen adayları prototiplerini nasıl geliştirdikleri, nereye odaklandıkları, araştırmaları ve problemi çözüp çözmedikleri hakkında bilgi sunmuşlardır. Ayrıca ürünlerini pazarlamak için bir reklam videosu ve tanıtım afişi hazırlayıp göstermişlerdir. Öğretmen adayları bu süreçte çeşitli multimedya teknolojilerini kullanmışlardır. Multimedya teknolojileri, çok düzeyli bilimsel düşünceyi oluşturmak ve sunmak için güçlü araçlardır (Shchyrbul vd., 2022). Öğrenme ortamlarında multimedya kullanımı, öğrencilerin öğrendikleri kavramları kendi üslup ve kelimeleriyle sunmalarına olanak tanır. Böylece anlamlı öğrenme desteklenir (Laksana vd., 2019). Kavramsal anlamının bir göstergesi de bireylerin edindikleri bilgileri kendi sözcükleriyle yeniden ifade etmeleridir (Konicek-Moran & Keeley, 2015).

5.3. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ STEM EĞİTİMİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİ İLE İLGİLİ TARTIŞMA VE YORUM

Bu çalışmanın üçüncü araştırma sorusu, PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitimine ilişkin görüşlerini nasıl etkilediğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bulgular, PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM farkındalığını artırdığını göstermektedir.

Uygulama sonunda öğretmen adaylarının neredeyse tamamı STEM eğitimi alanların birleşmesi olarak tanımlamıştır. STEM eğitimi araştırmacılar tarafından genellikle fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birleşimi olarak ifade edilmektedir (Breiner vd., 2012; Marrero vd., 2014). Bu çalışmada da PD-STEM uygulamaları, öğretmen adaylarının problem çözümlerinde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerine dikkat ederek araştırma süreçlerini düzenlemelerine ve çalışma raporlarını hazırlamalarına olanak sağlamıştır. Dolayısıyla öğretmen adaylarının STEM eğitiminin tanımı ve içeriği hakkındaki görüşlerinin süreç içerisinde yaşadıkları deneyimlerle şekillendiği söylenebilir. Benzer şekilde bazı çalışmalarda da öğretmen adaylarının STEM eğitimi disiplinler arası çalışma ve disiplinleri birleştirme olarak tanımladıkları belirtilmiştir. (Brown vd., 2011; Cinar vd., 2016; Çalışıcı & Özçakır Sümen, 2018; Siew vd., 2015; Yıldırım & Selvi, 2016).

Öğretmen adayları STEM eğitiminin beceri ve düşünce yapılarını geliştirebileceğini, akademik başarılarını ve özgüvenlerini artırabileceğini, bütüncül bir bakış açısı oluşturabileceğini ve üretken bir toplum yaratabileceğini belirtmişlerdir. Öğretmen adayları, PD-STEM uygulamalarında problemi tanımlama, alternatif çözümler bulma, grup çalışması, prototip üretme, reklam videoları hazırlama ve ürün sunumları gibi farklı süreçlere katılmışlardır. Her aşamada aktif rol alan öğretmen adaylarının görüşleri de kendi deneyimlerine göre şekillenmiştir. Örneğin, grup çalışması sürecinde her bir öğretmen adayı kendi çözümünü avantaj ve dezavantajlarıyla birlikte diğer grup üyelerine sunmuştur. Grup içinde sunulan farklı çözümler, beyin fırtınası yoluyla öğretmen adaylarının düşünce yapılarının gelişmesine katkıda bulunmuştur. Baran vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada da öğretmen adayları benzer şekilde grup çalışmasıyla farklı fikirleri dinleyerek ve tartışarak düşünme yapılarını geliştirdiklerine değinmişlerdir. Öğretmen adayları beceri gelişimi için el becerisi gelişiminden problem çözme becerisi gelişimine kadar farklı beceri gelişimlerinden bahsetmişlerdir. Uygulama sürecinde, grup çalışmasında birden fazla çözüm önerisi arasından en iyi çözümü seçmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada uygulama sürecinin başından sonuna kadar sürekli bir problem çözme durumuyla karşılaşmaktadır. Problemlerle yüzleşmenin başlangıcından prototipin üretilmesine ve hatta prototipin sunumuna kadar her aşamada farklı sorunlarla karşılaşmıştır. Bu nedenle öğretmen adayları STEM eğitiminin problem çözme becerilerini geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, prototip üretim sürecinde matkap, sıcak silikon, elektrikli dekupaj testeresi ve lehimleme gibi aletler kullanmışlardır. Öğretmen adaylarının yaparak ve yaşayarak öğrenmeleri, STEM eğitiminin öğrencilere katkıları hakkındaki düşüncelerini şekillendirmiştir. Yapılan çalışmalarda STEM eğitiminin akademik başarıyı arttırmasının yanı sıra öğrencilerin problem çözme becerilerini ve el becerilerini (psikomotor) geliştirdiği belirtilmektedir (Chang vd., 2022; Chang & Chen, 2022; Çetin, 2020; Erdogan & Ciftci, 2017; Sarıcan & Akgündüz, 2018). Tüm bunların yanı sıra, öğretmen adaylarının bireysel olarak yapmaya çalıştıkları ve başardıkları durumlar da özgüvenlerinin artmasına neden olmuş olabilir. Örneğin bir öğretmen adayı, problem çözme üzerine yaptığı araştırma ile Arduino kullanımını öğrenmiş ve bunu başka bir problemi çözmek için kullanmıştır. Bu nedenle öğretmen adayları, kendi özgüvenleri artacağı için gelecekteki öğrencilerin de özgüvenlerinin artacağını belirtmişlerdir. STEM

eğitiminin etkililiğini artırmak için eğitimcilerin konuları derinlemesine bilmeleri ve kendilerine güvenmeleri gerekmektedir (DeCoito & Myszkal, 2018). Bazı çalışmalar da STEM eğitiminin öğrenenlerin özgüvenine olumlu katkı sağladığını bildirmiştir (Bal & Bedir, 2021; Karademir & Yıldırım, 2021).

Öğretmen adayları STEM eğitiminin doğası gereği ortaya çıkabilecek çeşitli zorluklardan bahsetmiştir. Klasik fen derslerinden farklı olarak STEM eğitiminde zaman, maliyet, materyallere erişim, öğrenci sayısı ve hazır bulunuşluk düzeyi gibi faktörlere daha fazla ihtiyaç duyulabilmektedir. Kubat (2018) fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitime olumlu baktıklarını ancak klasik fen derslerine göre daha fazla zaman gerektirdiği için uygulamakta zorlandıklarını tespit etmiştir. Kanadlı (2019) tarafından yapılan meta-analiz çalışmasının sonuçlarına göre STEM eğitiminde en önemli engel olarak görülen faktörün 'zaman' olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra maliyet, ön hazırlık ve uygulama zorluğu, kalabalık sınıflar gibi faktörler de dile getirilmiştir. Benzer şekilde Shernoff vd. (2017) bir çalışmada öğretmenlerin disiplinler arası çalışmalar yürütmek için daha fazla zamana ihtiyaç duyduklarına dikkat çekmiştir. Buna ek olarak, STEM eğitimi başarılı bir şekilde uygulamak için gereken eğitim materyalleri ek mali kaynak gerektirecektir (Honey vd., 2014). Mevcut çalışmada, öğretmen adaylarının görüşlerine göre, özellikle maliyet, önemli bir engel olarak ortaya çıkmıştır. STEM uygulamalarında sorunlara çözüm üretilirken genellikle somut ürünler, diğer bir deyişle prototipler üretilir (Bozkurt-Altan & Tan, 2021; Culén & Gasparini, 2019; Simeon & Yakob, 2022). Bu prototiplerin üretimi için gerekli malzemeler her zaman hazırda bulunmayabilir. Bu bağlamda, özellikle düşük sosyo-ekonomik statüye sahip bir toplumda, STEM uygulamaları öğretmenler ve öğrenciler için ekonomik açıdan zorlayıcı olabilir. Ekonomik zorluklara ek olarak, bazen küçük şehirlerde ve kırsal alanlarda materyallere ulaşmak kolay olmayabilir. Teknoloji çağında internet alışverişi ile bu engel aşılabilse de materyalin elinize ulaşması zaman alacağından yine de bir engel-zorluk olarak değerlendirilmektedir. Thorndike'a (1913) göre, öğretmen adaylarının bir engel olarak ifade ettiği hazır bulunuşluk kavramı, bireyin öğrenmeye bütünsel olarak hazır olmasını ifade etmektedir. Bireyler bilişsel, sosyal, duyuşsal ve psikomotor yönden kendilerini hazır hissettiklerinde öğrenmeden söz etmek mümkündür (Yenilmez & Kakmacı, 2008). Bu nedenle öğrenme ortamları öğrencilerin hazır bulunuşlukları dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Daha önce bahsedilen faktörler öğretmenlerin geleneksel ya da alternatif eğitim yaklaşımlarını

kullanmalarını etkilemektedir (Dancy & Henderson, 2008). Bu bağlamda STEM eğitiminin önündeki engeller ortadan kaldırılmadan etkili bir eğitim sürecinden bahsedilemeyeceği söylenebilir.

STEM eğitimindeki en büyük sorunlardan biri, dört temel disiplin arasındaki bağlantıların ve bunların sınıfta nasıl uygulanacağını öğretmesidir (Çınar vd., 2016). Bu çalışmanın sonuçlarına göre, öğretmen adayları uygulama öncesinde STEM eğitiminin dört temel disiplini arasındaki bağlantıları açıklamakta zorlanırken, uygulama sonrasında öğretmen adaylarının çoğu dört disiplin arasındaki bağlantıları açıklayabilmiştir. Pimthong ve Williams (2021) çalışmalarında, öğretmen adaylarının STEM eğitiminin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütünleştirdiğine inandıklarını ancak aralarındaki bağlantıları açıklayamadıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmada, öğretmen adayları uygulama sonrasında disiplinler arası bağlantıları genellikle açık örneklerle açıklamış ve dört disiplinin birbiriyle bağlantılı ve ayrılmaz olduğuna dikkat çekmişlerdir. Disiplinler arası bağlantılarla ilgili yapılan açıklamaları şöyle özetleyebiliriz: "Fen: Bu sürecin bilgi açısından bilinmesi gereken kısmı. Teknoloji: Süreçte kullandığımız tüm araçlar ve yazılımlar teknolojidir. Ayrıca üretilen prototip de bir teknolojidir. Mühendislik: Bu süreç için planlanan genel prototip tasarımı mühendislik olarak tanımlanır. Matematik: Süreç boyunca yapılan tüm hesaplamalar matematiktir. Matematik zaten hayatın her yerindedir". Benzer şekilde, Faikhamta (2020) öğretmen adaylarının STEM'in kapsamına ilişkin olarak 'yeni bilimsel bilgiler teknolojiyi geliştirir, matematik mühendisliği anlamak için bir araç görevi görür' gibi görüşler ifade ettiklerini bildirmiştir. Tseng vd. (2013), üniversite öğrencilerinin STEM disiplinlerini 'birbiriyle oldukça ilişkili' olarak tanımladıklarını ortaya koymuştur. Dört disiplini bir araya getiren STEM eğitimi, öğrencilerin bu disiplinlere ilişkin bilgileri arasındaki bağlantıyı anlamalarını kolaylaştırmaktadır (Martín-Páez vd., 2019). Bu bağlamda, STEM eğitimi öğrencilere fen, teknoloji, matematik ve mühendislik disiplinlerinin birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu ve bir araç olarak nasıl kullanılabileceğini gösterir.

Öğretmen adaylarının STEM eğitiminin fen bilimleri öğretim programına entegrasyonuna ilişkin görüşleri incelendiğinde, genel olarak uygulama öncesinde ve sonrasında fizik konularının STEM eğitime daha uygun olduğunu belirttikleri görülmüştür. Ayrıca az sayıda öğretmen adayı fen bilimleri dersindeki tüm konuların STEM eğitimi için uygun olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmalarda, öğretmen

adaylarının STEM eğitiminin fizik konuları için daha uygun olduğu görüşünün baskın olduğu belirlenmiştir (Erdogan & Ciftci, 2017; Eroğlu & Bektaş, 2016; Kanadlı, 2019; Yıldırım & Selvi, 2016). STEM eğitimi ile ilgili çalışmaların çoğu fizik konuları ile ilgili olduğu için öğretmen adaylarının görüşleri bu durumdan etkilenmiş olabilir (Eroğlu & Bektaş, 2016). Ayrıca prototipler mühendislik tasarım sürecinin adımlarına göre geliştirilmiştir. Mühendislik tasarım sürecinde öğretmen adayları bir mühendisin bakış açısıyla problemlere çözüm üretmiştir. Yapılan çalışmalarda öğrencilerin mühendisleri genellikle 'araç üretimi, montaj, inşa, tamir işleri vb.' fiziksel olaylarla ilişkilendirdikleri görülmektedir (Capobianco vd., 2011; Hacıoğlu vd., 2016a; Karatas vd., 2011; Silver & Rushton, 2008). Bu nedenle öğretmen adaylarının STEM eğitimine uygun olabilecek konulara yönelik fizik konularını seçmeleri mühendisliğe bakış açılarından kaynaklanıyor olabilir. Uygulama öncesinde ve sonrasında STEM eğitimi için en uygun görmedikleri konular ise biyoloji disiplinine aittir. Yukarıdaki nedenlerden dolayı öğretmen adayları biyoloji konularının STEM eğitimi için uygun olmayacağını düşünmüş olabilirler. Erdogan & Ciftci (2017), öğretmen adaylarının kimya ve biyoloji konularını STEM eğitimi için uygun görmediklerini tespit etmişlerdir. Yıldırım ve Selvi (2016) çalışmalarında öğretmen adaylarının STEM eğitimi sürecinde kavram yanılgıları geliştirdiklerini ve sadece fizik konularını STEM eğitimi için uygun gördüklerini belirtmişlerdir. Tüm bunların aksine STEM uygulamalarının tüm fen konuları için geliştirilebileceği söylemek mümkündür (Eroğlu & Bektaş, 2016).

Türkiye'deki STEM merkezlerini inceleyen bir çalışma (Bircan vd., 2019), tüm sınıf seviyelerindeki öğrencilerin STEM merkezlerinden yeterince yararlanmadığının altını çizmiştir. Oysa STEM merkezleri, tüm sınıf seviyelerindeki öğrencilerin faydalanması gereken eğitim üsleri olmalıdır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, öğretmen adayları STEM eğitiminin genellikle ortaokul (5, 6, 7 ve 8. sınıf) düzeyinde başlaması gerektiğini belirtmiştir. Oysa STEM eğitimi okul öncesinden lisansüstü eğitime kadar her kademede kullanılan bir eğitim yaklaşımıdır (Ejiwale, 2013; Granovski, 2018). Öğretmen adaylarının bu konudaki açıklamalarına bakıldığında, bunun nedeninin 'STEM uygulamalarının alt sınıf seviyelerindeki çocuklar için zorlayıcı olacağı' olduğu görülmektedir. STEM uygulamalarının farklı sınıf düzeylerinde gerektirdiği bilişsel ve psikomotor iş yükleri de farklılık gösterecektir (Christensen vd., 2015). Bu bağlamda, STEM uygulamalarının düzeyleri uygulanacak

sınıf düzeyine göre uyarlandığı sürece STEM eğitiminin her sınıf düzeyi için uygun olacağını söyleyebiliriz.

Öğretmen adayları, ortaokul düzeyinde tasarlanmış bir PD-STEM ortamında öğrenciler için en zorlu görevlerden birinin 'prototip üretmek' olabileceğini vurgulamıştır. Öğretmen adaylarına göre, ortaokul düzeyindeki öğrenciler STEM uygulamaları sürecinde yapılması muhtemel prototiplerin üretim aşamasında kullanılacak araçları (sıcak silikon, elektrikli dekupaj testeresi, kesici, matkap gibi) temin etmekte ve kullanmakta zorlanacaktır. Ozkan ve Topsakal (2017) çalışmalarında, STEM eğitimi sürecinde psikomotor beceri gerektiren aşamalarda da öğretmen adaylarının zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde eğitimciler, öğrencilerin zayıf becerilerinin alternatif eğitim yaklaşımlarının kullanılmasının önündeki en önemli engellerden biri olduğunu belirtmektedir (Dancy & Henderson, 2008). Uygulama sonrasında öğretmen adayları, öğrencilerin STEM eğitiminde en çok zorluk yaşayabilecekleri konulardan birinin 'probleme çözüm üretmek' olabileceğini belirtmişlerdir. Öğretmen adaylarının açıklamaları değerlendirildiğinde, öğrencilerin deneyim eksikliğinin bu duruma neden olabileceği keşfedilmiştir. Ancak günümüzde fen eğitiminin odak noktası, sadece fen bilgisi öğretmekten ziyade öğrencilerin olguları anlamalarına ve problemlere çözüm tasarlamalarına doğru kaymıştır (Krajcik, 2015). Ayrıca STEM eğitiminin en önemli katkılarından biri de öğrencilerin problem çözme öğrenmeleridir (Bybee, 2010b; Hebebe & Usta, 2022). Bu nedenle etkili bir STEM eğitimi, öğrencilere özellikle gerçek hayat problemleri için çözüm üretmeyi öğretmelidir.

Mühendislik, STEM disiplinlerini öğrenme ortamına entegre etmek için doğal bir bağlayıcı görevi görür (Moore vd., 2014). Buna ek olarak, mühendisliğin bir problem çözme faaliyeti olduğu kadar bir problem tanımlama faaliyeti olduğu da kabul edilmelidir (Downey, 2005). Sonuçlara göre, öğretmen adayları, uygulama sonrası görüşlerinde, öğrencilerin STEM eğitiminde en çok zorlanabilecekleri aşamalardan birinin 'problemi tanımlama' olduğunu belirtmişlerdir. Problemi tanımlama, problemin kapsamının ve ulaşılmak istenen noktanın net olarak belirlendiği problem çözme sürecinin bir parçasıdır (Pretz vd., 2003). PD-STEM uygulamalarında, öğretmen adayları iyi tanımlanmamış problemlere çözümler aramışlardır. Bu nedenle öncelikli hedefleri çözüm üretecekleri problemi tanımlamak olmuştur. Problemi iyi

tanımlamadıklarında yanlış çözümler üretebileceklerini yaparak ve yaşayarak öğrenen öğretmen adaylarının düşünceleri, yaşadıkları deneyimlerle şekillenmiş olabilir.

STEM eğitiminde öğretmenin rolü 'koç, risk alan, işbirlikçi, kolaylaştırıcı' gibi farklı kavramlarla ifade edilmektedir (Morrison vd., 2021; Shernoff vd., 2017; Slavitt vd., 2016). Çalışma sonuçlarına göre, fen bilgisi öğretmen adayları öğretmenin STEM eğitimindeki rolünü ağırlıklı olarak 'yol gösterici' olarak nitelendirmiştir. El Nagdi vd. (2018) tarafından yapılan çalışmaya göre, öğretmenler STEM eğitimindeki rollerine ilişkin olarak kendilerini öğrenmeye devam eden öğrenciler olarak tanımlamışlardır. STEM pedagojisine göre öğretmenler öğrencilerin öğrenmelerine rehberlik etmelidir (Margot & Kettler, 2019; Rozhenkova vd., 2023; Xiaoqing & Rose, 2023). STEM eğitimi birçok disiplini içerdiğinden, ilgili disiplinler hakkında güncel bilgilerin takip edilmesi gereklidir. Bu nedenle öğretmenler kendilerini sürekli güncellemeli ve öğrencilerine rehberlik etmelidir. STEM eğitiminde öğrenciler öğretmenlerden pasif bir şekilde bilgi almak yerine öğrenme ortamlarında aktif rol alırlar (Keiler, 2018). Etkili bir STEM eğitiminde öğrencilerin iki veya daha fazla disiplin arasında yeni ve üretken bağlantılar kurması beklenir (English, 2016). Bu da öğrencilerin aktif olarak bilgiyi keşfetmeye çalışmasıyla mümkün olabilir. Ayrıca özellikle PD-STEM uygulamalarında öğrenciler problem çözen bireyler olma fırsatına sahip olurlar (El Sayary vd., 2015). Yapılandırmacı paradigmaya göre öğrenenler, öğrenmelerinde bilgiyi yapılandırmaktan sorumludurlar (Arslan, 2007). Bu bağlamda, öğrencilere rehberlik eden öğretmenler, onların bilgi ve deneyimlerini kullanarak yeni bilgiler yapılandırmalarına yardımcı olmalıdır. Öğrenciler aktif olarak problem çözme becerilerini geliştirirken, öğrenme süreçlerinin de farkına varırlar. Bu bilgiler ışığında STEM eğitiminde öğretmeni bir rehber, öğrenciyi ise bilginin kaşifi olarak tanımlayabiliriz.

Fen, teknoloji, matematik ve mühendislik disiplinlerinin bir arada yürütüldüğü STEM eğitiminde değerlendirme yöntemlerinin de özgün olması gerekmektedir (Aşık vd., 2017). Bu disiplinlerin birleştirilmesi karmaşık, analitik problem çözme becerilerine odaklandığından, değerlendirme yöntemleri de bu becerilere yönelik olmalıdır. Geleneksel sınavlar ve testler, STEM eğitiminin gerçekçi bir değerlendirmesini sağlamak için yeterli olmayabilir. STEM eğitiminde sonuç odaklı değerlendirmeden ziyade daha çok süreç odaklı değerlendirme yaklaşımları kullanılmaktadır (Capraro & Corlu, 2013). Bu çalışmanın bulgularına göre, öğretmen

adaylarının çoğu sonuç odaklı değerlendirme yaklaşımları yerine farklı bilgi ve becerileri ölçen alternatif değerlendirme yöntemlerinin kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Sonuç odaklı değerlendirme yaklaşımları, öğrencilerin yalnızca sınavlarda veya testlerde elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmesini sağlar. Oysa STEM eğitimi, öğrencilerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında daha geniş kavramları anlamalarını ve becerileri uygulamalarını gerektirir. Süreç odaklı değerlendirme yaklaşımları, öğrencilerin bu becerileri nasıl kullandıklarını ve problemleri nasıl çözdüklerini ölçmeyi amaçlar. Bu yaklaşım, öğrencilerin STEM becerilerini gerçek hayatta nasıl uyguladıklarını ve yaratıcılıklarını nasıl kullandıklarını değerlendirmek için daha kapsamlı bir bakış açısı sağlar. Bu nedenle STEM eğitiminde sonuç odaklı değerlendirme değil, süreç odaklı değerlendirme yöntemleri kullanılmalıdır.

5.4. FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ PD-STEM UYGULAMALARINDAKİ DENEYİMLERİNE YÖNELİK TARTIŞMA VE YORUM

Bu çalışmanın dördüncü araştırma sorununun amacı PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik deneyimlerine etkisinin incelenmesidir. 12 haftalık uygulama sürecinde (her etkinlik için 3 hafta) öğretmen adaylarının en fazla zorlandığı aşamanın prototip üretme aşaması olduğu tespit edilmiştir. Prototip inşa etme aşaması farklı türde malzemeleri kesme-birleştirme işlemleri, elektrik devresi kurma gibi geniş bir yelpazeden oluşmaktadır. Benzer olarak farklı çalışmalarda da STEM etkinliklerinin uygulanması sürecinde bireylerin prototip üretiminde farklı zorluklarla karşılaştığı belirtilmektedir (Bozkurt-Altan & Tan, 2021; Diana vd., 2021; Margot & Kettler, 2019). İlk etkinliğin prototip üretimine yönelik öğretmen adaylarının tamamına yakını yapım sürecinde zorlandığını belirtirken son etkinliğe yönelik üretilen prototip için öğretmen adaylarının yarısından daha azı prototip üretiminde zorlandığını ifade etmiştir. Bunun yanında sadece son prototip üretiminde zorlanmadığını ifade eden öğretmen adayları da yer almaktadır. Bu değişimin üretilen prototiplerin giderek basitleşmesinden kaynaklandığı düşünülebilir fakat üretilen prototipler incelendiğinde aslında benzer materyaller ve benzer aletler kullanılarak farklı prototipler yapıldığı görülmektedir (Bkz. Örnek Prototipler). Yani buradaki gelişimin etkinlik ya da üretilen prototiplerin basitleşmesinden değil; öğretmen adaylarının her bir etkinlik uygulama sürecinde

kazandıkları tecrübe ve deneyimlerden kaynaklandığı söylenebilir. Buna karşın üçüncü etkinlik olan ve farklı özellikleri karşılayan bir robotik kol prototipin üretildiği uygulama sürecinde öğretmen adaylarının neredeyse tamamı (%96) prototip yapım aşamasında zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Diğer üç etkinliğe yönelik üretilen prototiplere göre çok daha fazla hareketli parça barındırması nedeniyle, öğretmen adaylarının yapımında en fazla zorlandığı prototip olduğu düşünülmektedir. STEM eğitiminde robotik kullanımına yönelik yapılan çalışmalarda öğrencilerin yapım aşamasında zorlandıkları (Barak & Assal, 2018) ya da en sevdikleri aşamanın yapım aşaması olduğu belirtilmektedir (Ziaeeferd vd., 2017). Öğretmenlerin STEM eğitimine hazırlanabilmesi ve özgüvenlerinin artması için robotik kodlama ve yapım süreçlerine hakim olmaları gerekmektedir. Böylelikle öğretmenlerin içerik bilgisi, teknoloji bilgisi ve teknolojik içerik bilgilerine katkı sağlayacaktır (Chalmers, 2017). Çetin (2020) çalışmasında STEM etkinliklerine katılan öğrencilerin el becerilerinin geliştiğini tespit etmiştir.

Bu çalışmada öğretmen adaylarının süreçte zorlandıkları aşamalardan bir diğerinin de üretilen prototip için reklam, tanıtım videosu hazırlamak olduğu tespit edilmiştir. Reklam videosu hazırlamak, öğretmen adaylarının farklı açılardan fotoğraflar, videolar çekmesi, elde edilen görüntülerin farklı bilgisayar programları ile birleştirilmesi, düzenlenmesi, sesler eklenmesi vb. işleri gerektirmektedir. Tüm bu işlemler için de öğretmen adaylarının teknoloji bilgisi olması gerekmektedir. Teknolojinin entegrasyonu STEM eğitiminde çok önemli bir rol oynamakta ve öğrencilerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarındaki bilgi ve becerilerinin gelişimine katkıda bulunmaktadır. STEM eğitiminde teknoloji kullanımının öğrencilerin STEM disiplinlerindeki motivasyonunu ve performansını artırdığı belirtilmektedir (Shernoff vd., 2017). Ayrıca, STEM eğitiminde teknolojinin etkili kullanılması, yeni becerilerin, yaratıcılığın, yenilikçiliğin ve girişimciliğin geliştirilmesini sağlayabilmektedir (Tezer, 2020). Teknoloji çok güçlü bir eğitim aracı olmasına karşın öğretmen adaylarının teknoloji bilgileriyle sınırlı kalabilmektedir (Milner-Bolotin, 2015). Araştırmanın son iki etkinliğinde öğretmen adaylarının reklam videosu hazırlama aşamasında pek zorlanmadıkları tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın öğretmen adaylarının teknoloji bilgisine katkı sağladığı söylenebilir.

Bütün etkinliklerde yer alan problemlerin çözüm önerileri arasında mühendislik tasarımında en fazla zorlanılan etkinliğin, uygulanan ilk etkinlik olan ‘Aydınlatılmalı mı?’ etkinliği olduğu tespit edilmiştir. Mühendislik tasarım zorlukları farklı kıstaslar çerçevesinde farklı uygulama alanlarını içeren çözüm yollarını kapsamaktadır (Householder & Hailey, 2012). Mühendislik tasarım zorlukları bağlamında, mekanik tasarım sürecinde prototip çizimin önemi vurgulanmaktadır. Bu nedenle, çoğu mühendis mekanik çizimleri yapma ve yorumlama konusunda yeteneklidir (Ullman vd., 1990). Mühendislik eğitiminin ilk yılında mühendislik yeterliliği göstergelerinden birinin tasarım çizimleri gerçekleştirebilmek olduğu belirtilmektedir (Harris & Rogers, 2008). Etkili bir STEM eğitimi için gerekli olan öğrencilerin uzamsal yeteneklerini geliştirme ihtiyacı, mühendisliğin STEM eğitimine entegrasyonu ile mümkün olabilir (Ernst vd., 2015). Mühendislik tasarımının fen eğitiminde uygulanmasıyla mühendisliğin STEM eğitimine gerçek anlamda disiplinler arası yaklaşımlar için fırsat ortaya çıkarmaktadır (Strimel & Grubbs, 2016). Mühendislik tasarımında en çok zorlanılan etkinliğin ilk etkinlik olması öğretmen adaylarının önceki eğitim deneyimlerinde bu tarz bir uygulama ile karşılaşmamaları ya da derinlemesine bir deneyim yaşamamaları ile açıklanabilir. Mühendisliğin STEM eğitimine entegrasyonu, öğrencilere gerçek dünyadaki zorlukların üstesinden gelmek için gerekli bilgi ve becerilerin kazandırılması için gerekli olduğu söylenebilir.

Öğretmen adaylarının süreç içerisinde en fazla zorlandıklarını ifade ettikleri dördüncü konu teknik bilgi eksikliğidir. Bu çalışma için teknik bilgiyi ‘elektronik veya mekanik aletleri kullanma, kodlama, elektrik devresi kurma, elektrik motorunu veya püskürtme cihazını modifiye etme vb.’ şeklinde tanımlayabiliriz. STEM eğitiminde prototip üretim aşamasında farklı teknolojik aletlerin kullanılması ya da mikro işlemcilerin kodlanması gibi çalışmaların öğrencilerin teknik bilgi seviyelerini arttırdığı bildirilmektedir (Ibrayeva & Shaushekova, 2022).

Uygulama sürecinde gerçekleştirilen son etkinlik sonrasında diğer etkinliklerden farklı olarak bazı öğretmen adayları herhangi bir zorlukla karşılaşmadıklarını ifade etmişlerdir. STEM eğitiminde öğrenenler yaparak yaşayarak öğrenme fırsatı yakalarken aynı zamanda çok çeşitli beceri ve yaşam tecrübeleri kazanabilmektedirler (Ring vd., 2017; Roberts vd., 2018). Bu çalışmada da öğretmen adayları her bir etkinlik için üçer haftalık periyotlar ile araştırma-sorgulama, prototip üretme, reklam-tanıtım gibi aşamalardan geçmişlerdir. Her bir aşamanın kendi içinde

derinleştğini ve öğretmen adaylarına farklı tecrübeler kazandırdığını söylemek mümkündür. STEM eğitimi, öğrenenler için dört disiplinden gelen bilgileri entegre etmeye ve gerçek dünya bağlamlarını kullanmaya yönelik bir vurgu yapar, böylece öğrenenlerin deneyimlerini geliştirmeye yönelik bütünsel bir yaklaşım sunar (Adams vd., 2014; Gentile vd., 2017; Kelley & Knowles, 2016; Nayem & Hossain, 2023).

Öğretmen adayları PD-STEM etkinlikleri sürecinde en fazla mutlu hissettiren olgunun ürettikleri prototipin çalışması ve buna bağlı olarak başarıma duygusunu hissetmeleri olduğunu ifade etmişlerdir. STEM eğitiminde başarı hissi ve prototipin çalışması, genel öğrenme deneyimine katkıda bulunan önemli unsurlardır (Ayar, 2015; Mohr-Schroeder vd., 2014; Sahin & Top, 2015). STEM eğitimi yaklaşımı, öğrencilerin günlük yaşamdaki durumlarla yüzleşerek ve tasarımlarını gerçek yaşam olaylarında uygulayarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematik bağlamında bütünleşik bir şekilde düşünmelerini sağlar (Çalış, 2020). Bu yaklaşım, disiplinler ötesi bir eğitim anlayışıyla bireyleri gerçek yaşam problemlerini çözmelerini sağlayacak becerilerle donatmayı amaçlamaktadır (Gülen vd., 2022). Ayrıca, entegre STEM eğitimi, bilginin pratik uygulamasını vurgulayarak gerçek dünya sorunlarını ele almak için ilgili disiplinleri entegre eden amaçlı bir pedagojiyi içerir (Zhou vd., 2022b). STEM eğitimi, öğrencilerin akademik başarısı ve başarıma hissi üzerindeki olumlu etkisiyle yaygın olarak kabul görmektedir. STEM disiplinlerinin entegre edilmesi okuldaki tutumlar, başarı ve öğrenme üzerinde olumlu etkilerle ilişkilendirilmiştir (Shernoff vd., 2017). Araştırmalar, STEM eğitiminin öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını, derse olan ilgilerini olumlu yönde değiştirdiğini, onlara eleştirel düşünme yetisi kazandırdığını ve bilimsel proje hazırlama isteklerini artırdığını göstermiştir (Görgülü Arı & Meço, 2021). Öğrenenler STEM eğitimi gibi yaparak yaşayarak öğrenme fırsatı veren yaklaşımlar ile öğrenme deneyimlerinden genel olarak memnun olabilirler (Chine & Larwin, 2022). Örneğin Suebsing ve Nuangchalerm (2021) yaptıkları çalışmada öğretmenlerin STEM etkinlikleri sonunda süreçten son derece yüksek bir seviyede memnuniyet duyduklarını ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada öğretmen adaylarına uygulamalar sürecinde memnuniyet veren yani mutlu hissettiren bir diğer olgu ise günün sonunda üretme yani ortaya bir ürün (prototip) koymaktır. Süreç içerisinde öğretmen adaylarının en fazla zorlandığı aşamalardan biri olan prototip üretmenin aynı zamanda en fazla mutluluk veren bir aşama olması üzerine düşünülmesi gereken bir durumdur. Zhang vd. (2018) yaptıkları

bir çalışmada öğrencilerin STEM eğitimi sürecinde en sevdikleri aşamanın prototip üretme aşaması olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanı sıra STEM etkinliklerinin öğrencilerin mutlu hissetmeleri, memnuniyetleri üzerinde olumlu etkileri olduğu raporlanmıştır (Zhang vd., 2019). Bu çalışmada ise öğretmen adaylarının ürettikleri prototiplerin gerçek hayat koşullarına uygun ve işlevsel olmaları, öğretmen adaylarını öğretim deneyimi açısından memnun etmiş olabilir. Siew ve Ambo (2018)'a göre de öğrenciler yaptıkları prototiplerin işlevsel olduklarını düşündüklerinde sonuçtan memnuniyet duymaktadırlar. Ayrıca öğretmen adayları süreç içerisinde prototip üretiminden memnun olduklarında bu durum öğrenme motivasyonlarına da olumlu yönde katkı sağlamaktadır (Hacıoğlu, 2021).

Araştırma bulgularına göre öğretmen adaylarına kendilerini iyi hissettiren diğer konular ise süreç sonunda öğrenmenin sağlanması, öğrenmenin daha kalıcı olması ve problemlere çözümler üretmektir. Yapılan bazı çalışmalarda STEM eğitiminin kalıcı öğrenme fırsatı yarattığı (Ayverdi & Öz Aydın, 2020; Erdogan & Ciftci, 2017; Güleriyüz & Dilber, 2023; Yıldırım & Selvi, 2017), bazı çalışmalarda ise problem çözme becerilerini geliştirdiği (Contente & Galvão, 2022; Lin vd., 2015; Netwong, 2018; Yalçın & Erden, 2021) ifade edilmektedir. Bunların aksine STEM eğitiminin kalıcı öğrenmeye katkısı olmadığını ifade eden çalışmalar da vardır (Sarican & Akgunduz, 2018).

STEM eğitiminin uygulamalı süreci öğrenenlerin el becerisini geliştirdiği bilinmektedir (Boyle, 2021; Çetin, 2020). Bu araştırmanın bulgularına göre de öğretmen adayları bütün uygulama süreçleri boyunca en fazla kullandıkları becerinin el becerisi olduğunu belirtmişlerdir. Her bir etkinlik için uygulanan üç haftalık süreçte en fazla zaman ayrılan aşamanın prototip üretme aşaması olduğu söylenebilir. Buna bağlı olarak öğretmen adayları yaparak yaşayarak, el becerileri ile birçok farklı teknolojik alet kullanmışlardır. Öğretmen adaylarının klasik ders tasarımlarında tecrübe edemeyecekleri durumları prototip üretme aşamasında yaşamaları, onlar için unutulmayacak deneyimler yaratmış olabileceğini söyleyebiliriz. Örneğin birçok öğretmen adayı hayatlarında ilk defa elektrik devresi kurarken lehimleme yaptıklarını ve bundan sonra günlük hayatlarında ihtiyaç halinde lehimleme yapabileceklerini ifade etmişlerdir. Lehimleme yapmak el becerisi gerektiren bir etkinliktir. Benzer olarak prototip üretim sürecinde plastik, metal, ahşap gibi materyallerin kesilmesi, şekillendirilmesi için mini elektrikli el testeresi, mini matkap gibi kullanması el

becerisi gerektiren aletler kullanılmıştır. Yine birçok öğretmen adayı hayatlarında ilk defa bu tarz aletleri kullandıklarını ve gelecek hayatlarında da kullanmaktan çekinmeyeceklerini belirtmişlerdir. STEM eğitiminde öğrencilerin kazanabilecekleri becerilerden biri olan el becerisi, bu çalışma için oldukça sık kullanılan ve süreç sonunda öğretmen adaylarının psiko-motor becerilerini geliştiren bir beceri olduğu söylenebilir. Yapılan bazı çalışmalarda çalışmamızdaki durumu destekler nitelikte STEM eğitiminin öğrencilerin psiko-motor beceriler üzerinde olumlu etkileri olduğunu raporlamaktadır (Chang & Chen, 2022; Firdaus & Rahayu, 2019; Gülen & Yaman, 2019). Tüm bunlara ek olarak STEM eğitiminin psiko-motor becerileri geliştirerek kalıcı öğrenmeye de katkı sağladığı ifade edilmektedir (Zollman, 2012).

Bunların yanında öğretmen adayları bu çalışmada en fazla kullandıklarını belirttikleri ikinci beceri problem çözme becerisidir. STEM eğitiminin problem çözme becerileri üzerindeki etkisi literatürde yaygın olarak kabul görmüştür. Araştırmalar, STEM eğitiminin öğrencilerin problem çözme becerilerini önemli ölçüde geliştirdiğini göstermiştir (Alan vd., 2019; English & King, 2015; Hsu & Tsai, 2022; Istiana vd., 2023; Lou vd., 2017). STEM eğitimi, öğrencilerin geleneksel olmayan yöntemlerle problem çözme becerilerini geliştirerek yaratıcı düşüncelerini ve gerçek hayattaki sorunları disiplinler ötesi bir yaklaşımla ele almalarını sağlamasıyla dikkat çekmektedir (Gülen vd., 2022; Lou vd., 2017). Bu bağlamda problemleri kendi çabalarıyla araştırarak, hesaplayarak, yaptıkları hataları gözden geçirip düzelterek çözen öğretmen adayları bu süreç sonunda kendilerini mutlu hissettiklerini ifade etmişlerdir. Tüm bu aşamalardan sonra da öğrenme faaliyetlerinin daha kalıcı hale geldiklerini belirtmişlerdir.

STEM eğitiminin her aşamasında birçok bilişsel süreçlerden bahsetmek mümkündür. Disiplinler arası öğretime dayalı STEM uygulamaları, disiplinler arası öğrenme-öğretme yaklaşımıyla öğrencilerin bilgi, beceri ve deneyimlerini bütünleştirerek sorgulayan, araştıran ve üreten öğrenci özelliklerini öğrenme sürecinde keşfetme ve kullanma imkânı sunar (Özkul & Özden, 2020). Bu çalışmada öğretmen adayları PD-STEM uygulamaları sürecinde en fazla kullandıklarını ifade ettikleri becerilerinden biri de analitik, eleştirel, sorgulayıcı düşünme becerilerini kapsayan düşünme becerileridir. Weng vd. (2022), STEM eğitiminin çok yönlü bilişsel sonuçlarını vurgulayarak, STEM etkinliklerinin uygulanmasını öğrencilerin yaratıcılık, eleştirel düşünme, ilgi ve kimlik gelişimi ile ilişkilendirmiştir. Benzer

şekilde Pujiastuti ve Haryadi (2023), STEM tabanlı bir video yaklaşımının öğrencilerin eleştirel düşüncelerini geliştirdiğini belirtmiştir. Topsakal vd. (2022) STEM eğitiminin problem çözme, eleştirel düşünme ve sosyal etkileşim gibi becerilerin gelişiminde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. STEM eğitiminin genel olarak öğrencilerin bilişsel becerilerini arttırdığı yönünde bir kabul olduğu görülmektedir (Mateos-Nunez vd., 2020). Bu çalışma ve diğer araştırmaların bulgularına göre, STEM eğitiminin eleştirel düşünme, yaratıcılık, problem çözme ve üstbiliş de dahil olmak üzere çok çeşitli düşünme becerilerinin gelişimi ile ilişkili olduğu söylenebilir.

STEM becerisi olarak adlandırılan beceriler arasında mühendislik tabanlı problem çözme becerisi, ilişkilendirme becerisi, dijital yetkinlik, yaratıcılık, iş birliği, iletişim ve mühendislik tasarım becerisi yer almaktadır (Sen vd., 2018). Mühendislik tasarımı süreci ise mühendislerin problemleri çözerken ve ürün geliştirirken kullandıkları bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Shahali vd., 2016). Fen bilgisi öğretmen adayları PD-STEM uygulamalarında en sık kullandıklarını ifade ettikleri becerilerden bir diğeri de mühendislik tasarım becerisidir. Bu çalışmada öğretmen adayları problemlere çözümler ararken ve prototip geliştirme aşamalarında mühendislik tasarım sürecindeki basamakları rehber olarak kullanmışlardır. Mühendislik tasarım süreci rehberliğinde uygulanacak olan bir STEM eğitiminde, öğrencileri mühendis olarak görmeli, öğretmenler öğrencileri dinlemeli ve öğrenme ortamı mühendislik tasarım sürecine uygun tasarlanmalıdır (Hynes, 2011). Bu çalışmada her bir öğretmen adayı yer aldığı grupta bir mühendis rolü üstlenerek problemlere çözümler üretmiştir. Araştırmacı bütün uygulamalar süresince bir rehber olarak öğretmen adaylarına gerektiği noktalarda yardımcı olmuştur. Bütün uygulamalar STEM eğitime özel olarak hazırlanmış, teorik ve uygulamalı derslere izin verecek şekilde tasarlanmış laboratuvar da yapılmıştır. Bu bağlamda öğretmen adayları mühendislik tasarım becerilerini kullanma, derinleştirme ve geliştirme fırsatı bulmuşlardır. STEM eğitiminde daha derinlemesine bilgi edinilmesi ve mühendislik tasarımı ve bilimsel sorgulama gibi daha geniş bir yelpazedeki STEM becerilerinin geliştirilmesine daha fazla zaman ayrılması gerektiği vurgulanmaktadır (National Academy of Engineering [NAE], 2009).

Günümüzde STEM çalışmaları genellikle disiplinlere yönelik bilgileri, ilişkileri araştırmaya yönelmiştir (Falloon, 2020). 21. yy. karmaşıklığında çok yönlü

problemleri çözebilen, disiplinler arası çalışabilen yaratıcı insanlara ihtiyaç artmaktadır (Trevallion & Trevallion, 2020). Benzer şekilde STEM eğitimi öğrencilerin günümüz dünyasında ihtiyaç duyacakları eleştirel düşünme, yaratıcılık, problem çözme gibi 21. yy. becerilerini kazandırmaktadır (Ah-Namand & Osman, 2018; Iwuanyanwu, 2020; Kelley & Knowles, 2016). Bu çalışmada öğretmen adayları her bir etkinlik için yaptıkları çalışmaları (araştırma-sorgulama, prototip üretimi, reklam-tanıtım) STEM disiplinleri açısından değerlendirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre her bir etkinliğe yönelik yapılan açıklamalar incelendiğinde geçerli açıklamaların uygulama sonuna doğru arttığı tespit edilmiştir. Gerçek bir STEM eğitimi, her bir konunun bütünlüğünü korurken STEM konuları arasındaki etkileşimi geliştirmelidir (Hällström & Schönborn, 2019). STEM disiplinleri arasındaki ilişkinin farkında olmak ve bu disiplinlerin nasıl uygulandığını anlama becerisi STEM okuryazarlığı olarak tanımlanmaktadır (National Governors Association [NGA], 2007). STEM okuryazarlığı kavramı, STEM alanlarının öğretilmesi sürecinde gereken ortak beceriler kümesini ifade etme adına yararlıdır. Bu aynı zamanda öğrenme çıktıların belirlenmesinde ve öğretmenlerin derslerini tasarlamalarına da yardımcı olmaktadır (Tang & Williams, 2019). Bu bağlamda öğretmen adaylarının STEM disiplinlerinin farkına varması, aralarındaki ilişkileri açıklaması ve bu disiplinlerin içeriğini bilmesi günlük yaşamlarındaki problemleri çözmesi veya meslek hayatında etkili öğrenme ortamları tasarlaması adına önemli olduğu söylenebilir.

6. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına, kavramsal anlamalarına, STEM eğitime yönelik görüşlerine etkisini incelemek ve STEM uygulamalarındaki deneyimlerini belirlemektir. Bu bölümde araştırmadan elde edilen bulgulara dayanılarak sonuçlar özetlenmiştir.

1. PD-STEM uygulamaları sonucunda fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM disiplinlerine yönelik daha fazla kelime ürettikleri belirlenmiştir. Bunun yanında anahtar kavramlar arasında daha fazla ilişki kurdukları da tespit edilmiştir. Bu doğrultuda PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yapılarını zenginleştirdiği sonucuna ulaşılabilir.
2. Fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve sonrası kavramsal anlama testlerinden aldıkları puanlar karşılaştırıldıklarında istatistiksel olarak uygulama sonrası lehine bir fark olduğu tespit edilmiştir. Kavramsal anlama testlerinin betimsel analizleri de uygulama sonrasında öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarında bir gelişme olduğunu göstermektedir. Bu bulgular ışığında PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının fen konularına yönelik kavramsal anlamalarını geliştirdiği sonucuna ulaşılabilir.
3. Uygulama sonrasında öğretmen adaylarının birçoğu STEM eğitimini disiplinlerin birleştirilmesi olarak tanımlamıştır. Aynı zamanda öğretmen adayları STEM eğitiminin öğrencilere beceri, düşünce yapısı ve akademik başarı gelişimi katkıları olabileceğini ifade etmişlerdir. Tüm bu bulgulara dayanarak PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik farkındalıklarını arttırdığı sonucuna ulaşılabilir.
4. Fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama sonrasındaki STEM disiplinleri arasındaki ilişkileri açıklayabilme durumlarının uygulama öncesine göre arttığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM disiplinleri arasındaki ilişkileri anlama ve açıklama durumlarına pozitif yönde bir katkı sağladığı söylenebilir.

5. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre öğretmen adayları STEM eğitimine en uygun olabilecek konuların fizik, en uygun olamayacak konuların ise biyoloji disiplininde olduğunu belirtmişlerdir. Öğretmen adayları genellikle STEM eğitiminin ortaokul seviyesinden başlaması gerektiğini, öğrencilerin en fazla tasarımı gerçekleştirmede zorlanabileceklerini ifade etmişlerdir. Öğrencinin aktif, bilgiyi keşfeden öğretmenin ise yol gösterici bir rolde olması gerektiği bildirilmiştir. Öğretmen adayları STEM eğitiminde değerlendirme sürecine yönelik süreç değerlendirmenin en uygun değerlendirmelerden biri olacağını belirtmişlerdir. Elde edilen bu bulgular ışığında PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminin fen bilgisi öğretim programına entegrasyonuna yönelik farkındalıklarına katkı sağladığı sonucuna ulaşılabilir.
6. Fen bilgisi öğretmen adayları prototip yapım, reklam videosu hazırlama ve tasarım yapma aşamalarını PD-STEM uygulamalarında en fazla zorlandıkları kısımlar olarak belirtmişlerdir. Bunun yanında ilk üç etkinlikte ifade edilmemesine karşın sadece son etkinlikte zorlanmadığını ifade eden öğretmen adayları da olmuştur. Bu doğrultuda PD-STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının STEM eğitimi sürecine yönelik deneyimlerini olumlu yönde geliştirdiği sonucuna ulaşılabilir.
7. PD-STEM uygulamaları sürecinde öğretmen adaylarının en fazla mutlu hissettiği, hoşnut olduğu durumların üretilen prototipin çalışması dolayısıyla hissedilen başarıma hissi ve somut bir ürün üretme olduğu tespit edilmiştir. Bireylerin öğrenme ortamında mutlu olmasının içsel motivasyonu arttıracakı düşünüldüğünde öğrenmenin etkililiğinin olumlu yönde etkileneceği ifade edilebilir. Bu bulgular doğrultusunda PD-STEM uygulamalarının doğası gereği gerçekleştirilen, problemin çözümünü içeren bir tasarımı somut olarak ortaya koymanın vermiş olduğu başarıma hissinin öğretmen adaylarını motive ettiği söylenebilir.
8. Bu çalışmanın bulgularına göre öğretmen adaylarının PD-STEM uygulamaları sürecinde en fazla kullandıkları beceriler el becerisi ve problem çözme becerisi olmuştur. Günümüzün karmaşıklığına göğüs gerebilecek bireyler yetiştirmek için öğrencilere 21.yy. becerilerini

kazandırmak önemlidir. Elde edilen bulgulara göre PD-STEM uygulamaları öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinde ve çözümün uygulanması için gerekli el becerilerinde bir gelişme sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

9. Tüm süreçler boyunca yapılan prototiplerin STEM disiplinleri açısından değerlendirilmesi öğretmen adaylarının STEM disiplinlerini ve aralarındaki bağlantıların açıklanabilmesi açısından önemlidir. Bu çalışmanın bulgularına göre fen bilgisi öğretmen adayları PD-STEM uygulamaları sürecinde ürettikleri prototipleri STEM disiplinleri açısından değerlendirme durumları her bir etkinlikte artarak devam etmiştir. Bu bağlamda PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM disiplinlerine yönelik bilgi düzeylerini arttırdığı sonucuna ulaşılabilir.

7. ÖNERİLER

Bu bölümde araştırmadan elde edilen sonuçlara dayanılarak bazı öneriler sunulmuştur.

1. PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yapılarını zenginleştirdiği, kavramsal anlamalarını geliştirdiği ve STEM disiplinlerine yönelik farkındalıklarını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda PD-STEM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen eğitiminde daha fazla uygulanması önerilebilir.
2. Fen bilgisi öğretmen adayları uygulama öncesinde STEM disiplinleri ve bağlantılı kavramlar arasındaki ilişkileri açıklayamazken uygulama sonrasında açıklayabildikleri tespit edilmiştir. Bu sonuç doğrultusunda öğretmen eğitiminde PD-STEM uygulamalarının STEM eğitiminin doğasını açıklamaya yönelik uygulamalarda kullanılması önerilebilir.
3. PD-STEM uygulamalarına katılan öğretmen adaylarının STEM eğitimine en uygun olan konuların fizik disiplinine ait olduğu düşüncesine sahip oldukları görülmektedir. Bu doğrultuda öğretmen adaylarının öğretmen eğitiminde kimya ve biyoloji konularını kapsayacak STEM etkinlikleri ile daha fazla karşılaşma fırsatları sağlanması önerilmektedir.
4. Fen bilgisi öğretmen adayları STEM eğitiminde öğrencilerin bazı aşamalarda zorlanacaklarını düşünmektedirler. Bu nedenle öğretmen eğitiminde öğretmen adaylarına farklı sınıf düzeylerine uygun STEM etkinlikleri geliştirme fırsatlarının sağlanması önerilmektedir.
5. Uygulama sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının birçoğu STEM eğitiminin süreç odaklı değerlendirme teknikleri ile değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Öğretmen eğitimindeki uygulamaların değerlendirilmesinde öğretmen adaylarına da örnek olması için süreç odaklı değerlendirme tekniklerinin kullanılması önerilebilir.
6. PD-STEM uygulamaları sürecinde fen bilgisi öğretmen adaylarının en fazla zorlandıkları aşamaların prototip yapımı, reklam videosu hazırlama ve tasarım oluşturma olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda öğretmen eğitiminde PD-STEM uygulamaları gerçekleştirilirken prototip yapımı için kolaylaştırıcı malzemelerin bulundurulması, reklam videosu hazırlanması

için yazılımlar gösterilmesi ve tasarım oluşturulabilmesi için de rehber olunması önerilebilir.

7. Fen bilgisi öğretmen adaylarının PD-STEM uygulamaları sürecinde en fazla mutluluk duydukları durumun somut bir ürün oluşturma ve bu somut ürünün çalışmasıyla beraber hissedilen başarı duygusu olduğu belirlenmiştir. Bu durumun öğrenenlerin motivasyonlarını etkileyebileceği düşünüldüğünde STEM eğitiminde kullanılacak etkinliklerin somut ürünler ortaya koyabilecek şekilde planlanması önerilmektedir.
8. PD-STEM uygulamaları sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının ürettikleri prototipleri STEM disiplinleri ile ilişkilendirme durumları ilk etkinlikten son etkinliğe doğru artış gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle PD-STEM uygulamaları temelinde tasarlanan bir öğretimin uzun bir zaman dilimine yayılması önerilmektedir.

8. KAYNAKÇA

Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of four physics concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1), 35–54. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290203>

Abulibdeh, A., Zaidan, E., & Abulibdeh, R. (2024). Navigating the confluence of artificial intelligence and education for sustainable development in the era of industry 4.0: Challenges, opportunities, and ethical dimensions. *Journal of Cleaner Production*, 437(140527). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140527>

Adams, A. E., Miller, B. G., Saul, M., & Pegg, J. (2014). Supporting elementary preservice teachers to teach STEM through place-based teaching and learning experiences. *Electronic Journal of Science Education*, 18(5), 1-22.

Adeosun, O. (2011). Teacher education programmes and the acquisition of 21st century skills: issues and challenges in nigeria. In *CICE 4 Africa-Asia University Dialogue for Educational Development Report of the International Experience Sharing Seminar (2): Actual Status and Issues of Teacher Professional Development* 4(2), 103-120.

Ah-Namand, L., & Osman, K. (2018). Integrated STEM education: Promoting STEM literacy and 21st century learning. *Research highlights in STEM education*, 66-80.

Akcanca, N. (2020). 21st Century Skills: The Predictive Role of Attitudes Regarding STEM Education and Problem-Based Learning. *International Journal of Progressive Education*, 16(5), 443-458. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.277.27>

Akçay, B. (2009). Problem-based learning in science education. *Journal of Turkish science education*, 6(1), 28-38.

Akça, Z., & Beşoluk, Ş. (2023). Fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinlerarası yaklaşımlara ve STEM'e yönelik algıları. *Trakya Journal of Education*, 13(1), 141-159. <https://doi.org/10.24315/tred.1015343>

Akgunduz, D. (2016). A research about the placement of the top thousand students placed in STEM fields in Turkey between the years 2000 and 2014. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(5), 1365-1377. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1518a>

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM Eğitimi Türkiye Raporu: "Günün modası mı? Yoksa gereksinim mi?"* İstanbul: STEM Merkezi ve Eğitim Fakültesi, İstanbul Aydın Üniversitesi.

Akl, A. (2014). Problem based learning (PBL) in teacher education: A review of the effect of PBL on pre-service teachers' knowledge and skills. *European Journal of Educational Sciences*, 1(1), 7-18.

Alan, B., Zengin, F. K., & Keçeci, G. (2019). Using STEM applications for supporting integrated teaching knowledge of pre-service science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 158-170. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.158>

Alaylı, A. (2021). *STEM (FeTeMM) yaklaşımında robotik uygulamaların (Arduino) kullanımına yönelik fen öğretmen eğitimi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Trakya Üniversitesi, Edirne.

Ali, S. S. (2019). Problem based learning: A student-centered approach. *English language teaching*, 12(5), 73-78. <https://doi.org/10.5539/elt.v12n5p73>

Allen, D. E., Duch, B. J., & Groh, S. E. (1996). The power of problem-based learning in teaching introductory science courses. *New directions for teaching and learning*, 1996(68), 43-52.

Allen, J. P., & Van der Velden, R. K. W. (2012). Skills for the 21st century: Implications for education. *ROA Research*, 11. <https://doi.org/10.26481/umaror.2012011>

Allen, S., & Peterman, K. (2019). Evaluating informal STEM education: Issues and challenges in context. *New Directions for Evaluation*, 2019(161), 17-33.

Anderson, J., English, L., Fitzallen, N., & Symons, D. (2020). The contribution of mathematics education researchers to the current STEM education agenda. In *Research in mathematics education in Australasia 2016–2019* (pp. 27-57). Singapore: Springer Singapore.

Apedoe, X.S., Reynolds, B., Ellefson, M.R. & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: the heating/cooling unit. *Journal of Science Education Technology*, 17, 454–465. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9114-6>

Aronin, S., & Floyd, K. K. (2013). Using an iPad in inclusive preschool classrooms to introduce STEM concepts. *Teaching Exceptional Children*, 45(4), 34–39.

Arslan, M. (2007). Constructivist approaches in education. *Ankara University, Journal of Faculty of Educational Sciences*, 40(1), 41-61.

Arslan, T. & İnan-Sonakalan, E. (2022). STEM eğitimi almış sınıf öğretmenlerinin derslerde STEM uygulamalarına yer verememelerinin gerekçeleri. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 9(82), 667-679. <http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.3047>

Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2), 85-125. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1349>

Asunda, P. A., & Mativo, J. (2015). Integrated STEM: A new primer for teaching technology education. *Technology and Engineering Teacher*, 75(4), 8-13.

Aşık, G. Doğanca Küçük, Z. & Çorlu, M. S. (2017). STEM-FeTeMM eğitiminde ölçme değerlendirme yaklaşımı. In Çorlu, M. S. Çallı, E. (Eds), *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi* (pp. 21-26). Pusula.

Ata, A. O., & Arslan, H. Ö. (2021). Fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitimi yaklaşımına yönelik hazırbulunuşluk durumlarının incelenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 405-436. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.1029055>

Atkinson, R., & Mayo, M. (2010). Refueling the US Innovation Economy: Fresh Approaches to Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education. Executive Summary. *Information Technology and Innovation Foundation*.

Atman, C., Kilgore, D., & McKenna, A. (2008). Characterizing design learning: A mixed methods study of engineering designers' use of language. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 309-326.

Ayar, M. C. (2015). First-hand experience with engineering design and career interest in engineering: An informal STEM education case study. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 15(6), 1655-1675.

Aydın, E. & Karşlı Baydere, F. (2023). "Basit Makineler" konusunda mühendislik tasarım sürecine göre geliştirilen etkinliklerin 8. sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına ve bilimsel süreç becerilerine etkileri. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 14, 121-154. <https://doi.org/10.21733/ibad.1198454>

Aydin-Gunbatar, S., Tarkin-Celikkiran, A., Kutucu, E. S., & Ekiz-Kiran, B. (2018). The influence of a design-based elective STEM course on pre-service chemistry teachers' content knowledge, STEM conceptions, and engineering views. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 954-972. <https://doi.org/10.1039/C8RP00128F>

Aydoğdu, M., & Kesercioğlu, T. (2005). İlköğretimde fen ve teknoloji öğretimi. Ankara: Anı.

Ayverdi, L., & Öz Aydın, S. (2020). Meta-analysis of studies examining the effect of STEM education on academic success. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science & Mathematics Education*, 14(2), 840-888. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.755111>

Azeem, M., Awaisi, Z. H., Anwar, Y., & Azeem, A. (2018). Problem based learning. *The Professional Medical Journal*, 25(11). <https://doi.org/10.29309/tpmj/18.4725>

Bahar, M., & Özatlı, N. S. (2003). Kelime iletişim test yöntemi ile lise 1. sınıf öğrencilerinin canlıların temel bileşenleri konusundaki bilişsel yapılarının araştırılması. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 75-85.

Bahar, M., Johnstone, A. H., & Sutcliffe, R. G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33(3), 134-141. <https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655653>

Bakırcı, H., Kırıcı, M. G., & Kara, Y. (2022). The effectiveness of STEM-supported inquiry-based learning approach on conceptual understanding of 7th graders: force and energy unit. *Journal of Science Learning*, 5(3), 452-468. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i3.43647>

Bal, A. P., & Bedir, S. G. (2021). Examining teachers' views on STEM education. *European Journal of Education Studies*, 8(3). <http://doi.org/10.46827/ejes.v8i3.3650>

Baltacı, A. (2019). The qualitative research process: how to perform a qualitative research? *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 368-388. <https://doi.org/10.31592/aeusbed.598299>

Barak, M., & Assal, M. (2018). Robotics and STEM learning: students' achievements in assignments according to the P3 Task Taxonomy—practice, problem solving, and projects. *International Journal of Technology and Design Education*, 28, 121-144.

Baran, E., Canbazoglu Bilici, S., Mesutoglu, C., & Ocak, C. (2016). Moving STEM beyond schools: Students' perceptions about an out-of-school STEM education program. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 9-19.

Barell, J. (2010). Problem-based learning: The foundation for 21st century skills. *21st century skills: Rethinking how students learn*, 175-199.

Barman, C. R., Stein, M., McNair, S. & Barman, N. S. (2006). Students' ideas about plants & plant growth. *The American Biology Teacher*, 68(2), 73–79. <https://doi.org/10.2307/4451935>

Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. In Darling-Hammond, L., Barron, B., Pearson, D., Schoenfeld, A.H., Stage, E.K., Zimmerman, T.D., Cervetti, G.N., & Tilson, J.L. (Eds.). *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*. Jossey-Bass.

Baybars, M. G., Küçüközer, H. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının “atom” kavramına ilişkin kavramsal anlama düzeyleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3(4), 405-417.

Belland, B.R., Glazewski, K.D., & Ertmer, P.A. (2009). Inclusion and problem-based learning: Roles of students in a mixed-ability group. *RMLE Online: Research in Middle-Level Education*, 32(9), 1–19.

Benitti, F. B. V. & Spolaor, N. (2017). How have robots supported STEM teaching? In M. S. Khine (Ed), *Robotics in STEM education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9_5

Bers, M. (2010). The TangibleK robotics program: Applied computational thinking for young children. *Early Childhood Research and Practice*, 12(2), 1–20.

Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., & Wilkinson, K. (2015). Learning through STEM rich tinkering: Findings from a jointly negotiated research project taken up in practice. *Science Education*, 99(1), 98–120. <http://doi.org/10.1002/sce.21151>

Bezir-Akçay, B. (2016). Bilimde paradigmalar ve bilimin doğası. Şengül S. Anagün & Nil Duban (Ed.), *Fen bilimleri öğretimi* (s. 37-58). Ankara: Anı.

Bircan, M. A., Köksal, Ç., & Cımbız, A. T. (2019). Examining the STEM centres in Turkey and STEM centre model proposal. *Kastamonu Education Journal*, 27(3), 1033-1045.

Boss, S., & Krauss, J. (2022). *Reinventing project-based learning: Your field guide to real-world projects in the digital age*. International Society for Technology in Education.

Boyle, J. (2021). Oceans of inspiration: A marine based STEAM project. *European Journal of STEM Education*, 6(1), 1-22. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11356>

Bozkurt Altan, E., & Tan, S. (2021). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 503-529. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09569-y>

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School science and mathematics*, 112(1), 3-11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>

Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.

Brossmer, R. (2019). *The Influence of Globalization and Educational Policy on the Development of 21st-Century Skills Through Implementation of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education and Inquiry-Based Instructional Practices in Science Competitions in Schools such as JG Downey Secondary School in Ireland* (Doctoral dissertation, University of Southern California).

Brown, P. L., Concannon, J. P., Marx, D., Donaldson, C., & Black, A. (2016). An examination of middle school students' STEM self-efficacy, interests and perceptions. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 17(3).

Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5-9.

Brunsell, E. (2012). The engineering design process. Brunsell, E. (Ed.), Integrating engineering+science in your classroom (s. 3-5). Arlington, Virginia: National Science Teacher Association [NSTA] Press.

Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. *STEM road map: A framework for integrated STEM education*, 23-37.

Bulte, A. M., Westbroek, H. B., De Jong, O., & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063-1086.

Burrows, A., Lockwood, M., Borowczak, M., Janak, E., & Barber, B. (2018). Integrated STEM: Focus on informal education and community collaboration through engineering. *Education Sciences*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.3390/educsci8010004>

Büyükdede, M., & Tanel, R. (2018). İş-enerji ve itme-momentum konularına yönelik FETEMM etkinliklerinin kavramsal anlama üzerine etkisi. *Diyaletolog Sosyal Bilimler Dergisi*, 19. <http://dx.doi.org/10.22464/diyalektolog.243>

Bybee, R. W. (2010a). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70(1), 30.

Bybee, R. W. (2010b). What is STEM education?. *Science*, 329(5995), 996-996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>

Bybee, R. W. (2010c). The teaching of science: 21st century perspectives. Arlington, Virginia: NSTA.

Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K–12 classrooms: Understanding a framework for K–12 science education. *The Science Teacher*, 78(9), 34–40.

Bybee, R. W. (2013). *The Case For STEM Education: Challenges And Opportunities*. Virginia: NSTA Press.

Capobianco, B. M., Diefes-dux, H. A., Mena, I., & Weller, J. (2011). What is an engineer? Implications of elementary school student conceptions for engineering education. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 304-328

Capraro, R. M., & Corlu, M. S. (2013). Changing views on assessment for STEM project-based learning. In Capraro, R. M. Capraro, M. M. & Morgan, J. R. (Eds.), *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (2nd ed., pp. 109-118). Sense publishers.

Carroll, M. (2015). Stretch, dream, and do- a 21st century design thinking & STEM journey. *Journal of Research in STEM Education*, 1(1), 59-70. <https://doi.org/10.51355/jstem.2015.9>

Cavas, P. (2011). Factors affecting the motivation of Turkish primary students for science learning. *Science Education International*, 22(1), 31-42.

Cebesoy, Ü. B. (2023). Probleme dayalı STEM uygulamaları. Kaya, E. & Yıldırım, B. (Ed). *STEM eğitime yolculuk: STEM eğitiminde öğrenme yolları* (s. 213-231). Ankara: Nobel Yayınevi.

Chalmers, C. (2017). Preparing teachers to teach STEM through robotics. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 25(4), 17-31.

Chang, C. C., & Chen, Y. (2022). Using mastery learning theory to develop task-centered hands-on STEM learning of Arduino-based educational robotics: Psychomotor performance and perception by a convergent parallel mixed method. *Interactive Learning Environments*, 30(9), 1677-1692. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1741400>

Chen, N. C. (2008). An educational approach to problem-based learning. *The Kaohsiung journal of medical sciences*, 24, 23-30.

Chen, S. K., Yang, Y. T. C., Lin, C., & Lin, S. S. (2022). Dispositions of 21st-century skills in stem programs and their changes over time. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(4), 1363-1380. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10288-0>

Chen, Y. L., Huang, L. F., & Wu, P. C. (2021). Preservice preschool teachers' self-efficacy in and need for STEM education professional development: STEM pedagogical belief as a mediator. *Early Childhood Education Journal*, 49, 137-147. <https://doi.org/10.1007/s10643-020-01055-3>

Chiang, F. K., Chang, C. H., Wang, S., Cai, R. H., & Li, L. (2020). The effect of an interdisciplinary STEM course on children's attitudes of learning and engineering design skills. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09603-z>

Chin, C., & Chia, L. G. (2006). Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education*, 90(1), 44-67. <https://doi.org/10.1002/sce.20097>

Chine, D. & Larwin, K. H. (2022). The impact of STEM integration on student achievement using hlm: a case study. *Journal of Research in STEM Education*, 8(1), 1-23. <https://doi.org/10.51355/jstem.2022.108>

Ching, Y. H., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). Elementary school student development of STEM attitudes and perceived learning in a STEM integrated robotics curriculum. *TechTrends*, 63, 590-601. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00388-0>

Cho, J. & Trent, A. (2006). Validity in qualitative research revisited. *Qualitative Research*, 6(3), 319-340. <https://doi.org/10.1177/1468794106065006>

Christensen, R., Knezek, G. & Tyler-Wood, T. (2015). Alignment of hands-on STEM engagement activities with positive stem dispositions in secondary school students. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 898-909. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9572-6>

Cinar, S., Pirasa, N., & Sadoglu, G. P. (2016). Views of science and mathematics pre-service teachers regarding STEM. *Universal Journal of Educational Research*, 4(6), 1479-1487. <https://doi.org/10.13189/ujer.2016.040628>

Connors-Kellgren, A., Parker, C. E., Blustein, D. L., & Barnett, M. (2016). Innovations and challenges in project-based STEM education: Lessons from ITEST. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 825-832.

Contente, J., & Galvão, C. (2022). STEM education and problem-solving in space science: A case study with CanSat. *Education Sciences*, 12(4), 251.

Cooper, R., & Heaverlo, C. (2013). Problem solving and creativity and design: What influence do they have on girls' interest in STEM subject areas?. *American Journal of Engineering Education*, 4(1), 27-38.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research* (2nd ed.) Thousand Oaks, CA: Sage.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Culén, A. L., & Gasparini, A. A. (2019). STEAM education: Why learn design thinking? *Promoting Language and STEAM as Human Rights in Education: Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*, 91-108. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2880-0_6

Çalış, S. (2020). Physics-chemistry preservice teachers' opinions about preparing and implementation of stem lesson plan. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 296-305. <https://doi.org/10.3926/jotse.971>

Çalışıcı, H., & Sümen, Ö. Ö. (2018). Metaphorical Perceptions of Prospective Teachers for STEM Education. *Universal Journal of Educational Research*, 6(5), 871-880. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.060509>

Çepni, S. (2018). *Kuramdan uygulamaya STEM eğitimi* (2. basım). Ankara: Pegem Akademi Yayınları.

Çepni, S., & Çil, E. (2016). Fen bilimleri dersi öğretim programı (Tanıma, planlama, uygulama ve TEOG ile ilişkilendirme) ilkokul ve ortaokul öğretmen el kitabı. Ankara: Pegem.

Çepni, S., Bacanak, A., & Küçük, M. (2003). Fen eğitiminin amaçlarında değişen değerler: Fen-teknoloji-toplum. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 1(4), 7-29.

Çetin, A. (2020). Examining project-based STEM training in a primary school. *International Online Journal of Education and Teaching*, 7(3), 811- 825.

Çınar, S., & Terzi, S. Y. (2021). STEM Eğitimi Almış Öğretmenlerin STEM Öğretimi Hakkındaki Görüşleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 213-245. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.1028596>

Çınar, S., Pırasa, N., Uzun, N., & Erenler, S. (2016). The effect of STEM education on pre-service science teachers' perception of interdisciplinary education. *Journal of Turkish Science Education*, 13 (Special Issue), 118-142. <https://doi.org/10.12973/tused.10175a>

Çorlu, M. S. (2014). FeTeMM eğitimi makale çağrı mektubu. *Turkish Journal of Education*, 3(1), 4–10. <https://doi.org/10.19128/turje.181071>

Dalsgaard, C. & Godsk, M. (2007). Transforming traditional lectures into problem-based blended learning: challenges and experiences. *Open Learning*, 22(1), 29-42. doi: 10.1080/02680510601100143

Dancy, M., & Henderson, C. (2008, October). Barriers and promises in STEM reform. In *National Academies of Science Promising Practices Workshop* (Vol. 15, pp. 1-17).

Daugherty, M. K., & Carter, V. (2018). The nature of interdisciplinary stem education. In M.J. de Vries (Ed.), *Handbook of technology education*, 159-171. Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_12

Davis, M. (1998). Making a case for design-based learning. *Arts Education Policy Review*, 100(2), 7-15.

DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.

DeCoito, I., & Myszkal, P. (2018). Connecting science instruction and teachers' self-efficacy and beliefs in STEM education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(6), 485-503. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1473748>

Dedetürk, A., Kırmızıgül, A. S., & Kaya, H. (2021). The effects of STEM activities on 6th grade students' conceptual development of sound. *Journal of Baltic Science Education*, 20(1), 21-37. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.21>

Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Demirer, T. & Şaşmaz Ören, F. (2020). 7. ve 8. Sınıf öğrencilerinin çevresel vatandaşlık ve ekolojik ayak izi kavramlarına ilişkin düşünceleri: kelime

ilişkilendirme örneği. *Yüzücü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 603-642. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.710003>

Diana, N., & Sukma, Y. (2021, May). The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1882, No. 1, p. 012146). IOP Publishing.

Diana, N., Turmudi & Yohannes (2021). Analysis of teachers' difficulties in implementing STEM approach in learning: a study literature. *Journal of Physics: Conference Series* 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012219>

Dischino, M., DeLaura, J. A., Donnelly, J., Massa, N. M., & Hanes, F. (2011). Increasing the STEM pipeline through problem-based learning. *Technology Interface International Journal*, 12(1), 21-29.

Dokumacı Sütçü, N., Bilgiç Uçak, B., & Toprak, Y. (2023). STEM temel seviye eğitiminin öğretmenlerin STEM uygulamaları öz-yeterliklerine etkisi. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(239), 1845-1874.

Dolmans, D., Grave, W. d., Wolhagen, I. H. A. P., & Vleuten, C. P. v. d. (2005). Problem-based learning: future challenges for educational practice and research. *Medical Education*, 39(7), 732-741. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2005.02205.x>

Downey, G. (2005). Are engineers losing control of technology?: From 'problem solving' to 'problem definition and solution' in engineering education. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 583-595. <https://doi.org/10.1205/cherd.05095>

Dugger, W. E. (1993). The relationship between technology, science, engineering and mathematics. *The Technology Teacher*, 53(7), 5-23.

Dugger, W. E. (2010, January). Evolution of STEM in the United States. In *Knowledge in Technology Education: Proceedings of the 6th Biennial International Conference on Technology Education*, (pp. 117-123). Surfers Paradise, QLD: Griffith Institute for Educational Research.

Eckman, E. W., Williams, M. A., & Silver-Thorn, M. B. (2016). An integrated model for STEM teacher preparation: The value of a teaching cooperative educational experience. *Journal of STEM Teacher Education*, 51(1). doi.org/10.30707/JSTE51.1Eckman

Eguchi, A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 692-699. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.05.013>

Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 7(2), 63-74.

El Nagdi, M., Leammukda, F., & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International journal of STEM education*, 5(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0136-1>

El Sayary, A. M. A., Forawi, S. A., & Mansour, N. (2015). STEM education and problem-based learning. In R. Wegerif, L. Li, & J. C. Kaufman (Eds.) *The*

Routledge international handbook of research on teaching thinking, 357-368. New York, NY: Routledge.

El-Deghaidy, H., & Mansour, N. (2015). Science teachers' perceptions of STEM education: Possibilities and challenges. *International Journal of Learning and Teaching*, 1(1), 51-54. <https://doi.org/10.18178/ijlt.1.1.51-54>

EL-Deghaidy, H., Mansour, N., Alzaghibi, M., & Alhammad, K. (2017). Context of STEM integration in schools: views from in-service science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(6). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01235a>

English, L. D. & King, D. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8.

English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 5-24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>

Ercan, F. Taşdere, A. & Ercan, N. (2010). Kelime ilişkilendirme testi aracılığıyla bilişsel yapının ve kavramsal değişimin gözlenmesi. *Journal of Turkish Science Education*, 7 (2), 136-154.

Erdogan, İ. & Ciftci, A. (2017). Investigating the views of pre-service science teachers on STEM education practices. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(5), 1055-1065.

Eren, E. & Dökme, İ. (2022). Fen eğitiminde kullanılan STEM uygulamalarının değerlendirilmesi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi*, 9(2), 669-681. <https://doi.org/10.21666/muefd.1080617>

Ergün, A. & Kıyıcı, G. (2019). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının STEM eğitimine ilişkin metaforik algıları. *Kastamonu Education Journal*, 27(6), 2513-2527. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.3405>

Ergün, A. & Külekci, E. (2019). The effect of problem based STEM education on the perception of 5th grade students of engineering, engineers and technology. *Pedagogical Research*, 4(3), 1-15. <https://doi.org/10.29333/pr/5842>

Ernst, J. V., Lane, D., & Clark, A. C. (2015). Pictorial visual rotation ability of engineering design graphics students. *The Engineering Design Graphics Journal*, 79(1).

Eroğlu, S. & Bektaş, O. (2016). Ideas of science teachers took stem education about stem based activities. *Journal of Qualitative Research in Education*, 4(3), 1-22. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.4c3s3m>

Ertmer, P.A., Glazewski, K.D., Jones, D., Ottenbreit-Leftwich, A., Goktas, Y., Collins, K., & Kocaman, A. (2009). Facilitating technology-enhanced problem-based learning (PBL) in the middle school classroom: An examination of how and why teachers adapt. *Journal of Interactive Learning Research*, 20(1), 35-54.

Estapa, A. T., & Tank, K. M. (2017). Supporting integrated STEM in the elementary classroom: A professional development approach centered on an

engineering design challenge. *International Journal of STEM education*, 4(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0058-3>

Faikhamta, C. (2020). Pre-Service science teachers' views of the nature of STEM. *Science Education International*, 31(4), 356-366. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i4.4>

Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 369-385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>

Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 107-129. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x>

Fer, S. & Cırık, İ. (2007). Yapılandırmacı öğrenme: Kuramdan uygulamaya. İstanbul: Morpa Yayınları.

Firdaus, A. R., & Rahayu, G. D. (2019). Effect of STEM-based learning on the cognitive skills improvement. *Mimbar Sekolah Dasar*, 6(2), 198-207. <https://doi.org/10.17509/mimbar-sd.v6i2.17562>

Fitria, D., Lufri, L., Elizar, E., & Amran, A. (2023). 21st century skill-based learning (teacher problems in applying 21st century skills). *International Journal of Humanities Education and Social Sciences (IJHESS)*, 2(4), 1366-1373. <https://doi.org/10.55227/ijhess.v2i4.409>

Fontaine, M. (2014). Student relationship management (SRM) in higher education: addressing the expectations of an ever evolving demographic and its impact on retention. *Journal of Education and Human Development*, 3(2), 105-119.

Forman, E. A. & McPhail, J. (1996). *Vygotskian perspective on children's collaborative problem-solving activities*. In Context for learning: Sociocultural dynamics in children's development E. A. Forman, M. C. Norris & A. Stone (Eds), (s. 213-229). New York: Oxford University Press.

Foster, W. T. (1992). Topics and methods of recent graduate student research in industrial education and related fields. *Journal of Industrial Teacher Education*, 30(1), 59-72

Gabel, D. (2003). Enhancing the conceptual understanding of science. *Educational Horizons*, 81(2), 70-76.

Gallagher, S. A., Sher, B. T., Stepien, W. J., & Workman, D. (1995). Implementing problembased learning in science classrooms. *School Science and Mathematics*, 95(3), 136-146.

Garrett, R. M. (1986). Problem-solving in science education. *Studies in Science Education*, 13(1), 70-95. <https://doi.org/10.1080/03057268608559931>

Garskof, B.E., & Houston, J.P. (1963). Measurement of verbal relatedness: An idiographic approach. *Psychological Review*, 70(3), 277-288. <https://doi.org/10.1037/h0041879>

Gavrić, N. & Radivojević, D. (2022). Problem-based and inquiry-based learning in the teaching of nature and society. *Journal of Education, Society & Multiculturalism*, 3(2), 99-116. <https://doi.org/10.2478/jesm-2022-0020>

Gazibeyoğlu, T. (2018). STEM uygulamalarının 7. Sınıf öğrencilerinin kuvvet ve enerji ünitesindeki başarılarına ve fen bilimleri dersine karşı tutumlarına etkisinin incelenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Kastamonu: Kastamonu Üniversitesi

Gentile, J., Brenner, K. & Stephens, A. (2017). Undergraduate research experiences for STEM students: successes, challenges, and opportunities. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/24622>.

Gibbs, G. R. (2007). Thematic coding and categorizing. *Analyzing qualitative data*, 703, 38-56. SAGE.

Golafshani, N. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research. *The Qualitative Report*, 8(4), 597-606. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2003.1870>

Gómez Puente, S. M., Van Eijck, M., & Jochems, W. (2013). A sampled literature review of design-based learning approaches: A search for key characteristics. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 717-732. <https://doi.org/10.1007/s10798-012-9212-x>

Gonzalez, H.B. & Kuenzi J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. *Congressional Research Service*. Online: <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>

Gökbayrak, S. & Karışan, D. (2017). STEM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 63-84.

Görgülü Arı, A. & Meço, G. (2021). A new application in biology education: development and implementation of arduino-supported STEM activities. <https://doi.org/10.20944/preprints202105.0286.v1>

Granovski, B. (2018). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: An Overview. CRS Report R45223, Version 4. Updated. *Congressional Research Service*.

Gu, J., & Belland, B. (2015). *Preparing Students with 21st Century Skills: Integrating Scientific Knowledge, Skills, and Epistemic Beliefs in Middle School Science Curricula*. In: Ge, X., Ifenthaler, D., Spector, J. (eds) *Emerging Technologies for STEAM Education*. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5_3

Guerra, A. (2014). *Problem based learning and sustainable engineering education: challenges for 21st century*. Department of Development and Planning, Aalborg University.

Guzey, S. S., Moore, T. J., & Harwell, M. (2016b). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>

Guzey, S. S., Moore, T. J., Harwell, M., & Moreno, M. (2016a). STEM integration in middle school life science: Student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 550-560.

Guzey, S. S., Ring-Whalen, E. A., Harwell, M., & Peralta, Y. (2019). Life STEM: a case study of life science learning through engineering design. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 23-42. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9860-0>

Guzey, S. S., Tank, K., Wang, H. H., Roehrig, G., & Moore, T. (2014). A high-quality professional development for teachers of grades 3–6 for implementing engineering into classrooms. *School Science and Mathematics*, 114(3), 139-149.

Gülen, S., & Yaman, S. (2019). The effect of integration of STEM disciplines into Toulmin's argumentation model on students' academic achievement, reflective thinking, and psychomotor skills. *Journal of Turkish Science Education*, 16(2), 216-230.

Gülen, S., Dönmez, İ., & İdin, Ş. (2022). STEM education in metaverse environment: challenges and opportunities. *Journal of STEAM Education*, 5(2), 100-103. <https://doi.org/10.55290/steam.1139543>

Güler, M. M., Metin, M., & Çevik, A. (2023). 21. yüzyıl becerileri hakkında STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin görüşleri. *Studies in Educational Research and Development*, 7(1), 1-29.

Güleryüz, H., & Dilber, R. (2023). Robotic coding and 3D printer with STEM activities; The effect of science teacher candidates on STEM awareness and STEM self-efficacy. *Education and Information Technologies*, 28(8), 10803-10803. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11257-4>

Gülseven, E., Tüysüz, M., & Tozlu, İ. (2021). Argümantasyon temelli FETEMM eğitiminin 7. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve enerji ünitesine yönelik akademik başarılarına, tutumlarına ve argümantasyon seviyelerine etkisi. *Başkent University Journal of Education*, 8(2), 315-333.

Gwee, M. C. E. (2009). Problem-based learning: a strategic learning system design for the education of healthcare professionals in the 21st century. *The Kaohsiung journal of medical sciences*, 25(5), 231-239.

Gya, R., & Bjune, A. E. (2021). Taking practical learning in STEM education home: Examples from do-it-yourself experiments in plant biology. *Ecology and Evolution*, 11(8), 3481-3487. <https://doi.org/10.1002/ece3.7207>

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., Yamak, H., & Kavak, N. (2016a). Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri. *Bartın Üniversitesi Eğitim fakültesi Dergisi*, 5(3), 807-830.

Hacıoğlu, Y., Yamak, H., & Kavak, N. (2016b). Pre-service science teachers' cognitive structures regarding science, technology, engineering, mathematics (STEM) and science education. *Journal of Turkish Science Education*, 13(special), 88-102.

Hacıoğlu, Y., Yamak, H., & Kavak, N. (2017). The opinions of prospective science teachers regarding STEM education: The engineering design based science education. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(2), 649-684.

Hall, A., & Miro, D. (2016). A study of student engagement in project-based learning across multiple approaches to STEM education programs. *School Science and Mathematics*, 116(6), 310-319.

Hällström, J. & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: Reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>

Halvorsen, A., Duke, N., Brugar, K., Block, M., Strachan, S., Berka, M., & Brown, J. (2014). *Narrowing the achievement gap in 2nd-grade social studies and content-area literacy: The promise of a problem-based learning approach*. Michigan State University, Education Policy Center.

Hand, B. M., Alvermann, D. E., Gee, J., Guzzetti, B. J., Norris, S. P., Phillips, L. M., & Yore, L.D. (2003). Message from the “island group”: What is literacy in science literacy? *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 607–615. <http://doi.org/10.1002/tea.10101>

Hanif, S., Wijaya, A. F. C., & Winarno, N. (2019). Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning. *Journal of science Learning*, 2(2), 50-57.

Hanney, R., & Savin-Baden, M. (2013). The problem of projects: understanding the theoretical underpinnings of project-led PBL. *London Review of Education*, 11(1), 7-19. <http://dx.doi.org/10.1080/14748460.2012.761816>

Hansen, M., & Gonzalez, T. (2014). Investigating the relationship between STEM learning principles and student achievement in math and science. *American Journal of Education*, 120(2), 139–171. <https://doi.org/10.1086/674376>

Harris, K. S., & Rogers, G. E. (2008). Secondary engineering competencies: A Delphi study of engineering faculty. *Journal of STEM Teacher Education*, 45(1), 4.

Hayashi, P., Abib, G., Hoppen, N., & Wolff, L. D. G. (2021). Processual validity in qualitative research in healthcare. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 58. <https://doi.org/10.1177/00469580211060750>

He, J., Lo, D. C. T., Xie, Y., & Lartigue, J. (2016, October). Integrating Internet of Things (IoT) into STEM undergraduate education: Case study of a modern technology infused courseware for embedded system course. In *2016 IEEE frontiers in education conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.

Hebebcı, M. T., & Usta, E. (2022). The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills, scientific creativity, and critical thinking dispositions. *Participatory Educational Research*, 9(6), 358-379. <https://doi.org/10.17275/per.22.143.9.6>

Hebebcı, M.T. (2021). Investigation of teacher opinions on STEM education. In M. Shelley, I. Chiang, & O. T. Ozturk (Eds.), *Proceedings of ICRES 2021--International Conference on Research in Education and Science* (pp. 56-72). Monument, CO, USA: ISTES Organization. Retrieved 23 March 2024 from www.2021.icres.net/proceedings/25/

Herro, D., & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher

educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>

Hırça, N., Çalık, M., & Seven, S. (2011). Effects of guide materials based on 5E model on students' conceptual change and their attitudes towards physics: a case for 'work, power and energy' unit. *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 139-152.

Hiğde, E. (2022). An interdisciplinary renewable energy education: investigating the influence of STEM activities on perception, attitude, and behavior. *Journal of Science Learning*, 5(2), 373-385. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i2.41864>

Hirshfield, L., & Koretsky, M. D. (2018). Gender and participation in an engineering problem-based learning environment. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(1), 2. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1651>

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.4076X/04/0900-0235/0>

Honey, M. (2014). Committee on Integrated STEM Education. Margaret Honey, Greg Pearson, and Heidi Schweingruber, Editors.

Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. (2nd ed.). Washington: National Academies Press.

Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). Incorporating engineering design challenges into STEM courses. Erişim linki: <https://core.ac.uk/download/pdf/32554934.pdf>

Howes, A., Kaneva, D., Swanson, D., & Williams, J. (2013). Re-envisioning STEM education: Curriculum, assessment and integrated, interdisciplinary studies. A report for The Royal Society's Vision for Science and Mathematics Education. London, UK.

Höttecke, D. & Silva, C. (2010). Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, 20(3-4), 293-316. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9285-4>

Hsu, R. C. & Tsai, T. (2022). Assessing the impact of a project-based learning robotics course with integrating of STEM education using content analysis method. *European Journal of STEM Education*, 7(1), 09. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/12633>

Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. *Publications*. Paper 165.

Ibrayeva, E. S., & Shaushekova, B. K. (2022). Raising awareness for the lack of interest in STEM of primary school learners in Kazakhstan: Experiences and perspectives. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1963121/v1>

Ismail, M. H., Salleh, M. F. M., & Nasir, N. A. M. (2019). The issues and challenges in empowering STEM on science teachers in Malaysian secondary schools. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(13), 430-444. <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v9-i13/6869>

Istiana, R., Herawati, D., Herniningtyas, F., Ichsan, I. Z., & Ali, A. (2023). STEM learning to improve problem solving ability on the topic of environmental education. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1202-1208. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.2979>

Iwuanyanwu, P. N. (2020). Nature of problem-solving skills for 21st Century STEM Learners: What teachers need to know. *Journal of STEM Teacher Education*, 55(1), 4.

İnançlı, E., & Timur, B. (2018). Fen bilimleri öğretmen ve öğretmen adaylarının STEM eğitimi hakkındaki görüşleri. *Uluslararası Bilim ve Eğitim Dergisi*, 1(1), 48-68.

Jang, H. (2016). Identifying 21st century STEM competencies using workplace data. *Journal of science education and technology*, 25, 284-301. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>

Jaramillo, J. A. (1996). Vygotsky's sociocultural theory and contributions to the development of constructivist curriculum. *Education*, 117, 133-140.

Jin, J. M. & Bridges, S. (2014). Educational technologies in problem-based learning in health sciences education: a systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 16(12), e251. <https://doi.org/10.2196/jmir.3240>

Johnson, B. & Christensen, L. (2019). *Educational Research, Qualitative, Quantitative and Mixed Approach*. (7th ed). London: SAGE Publication.

Johnson, C. C., & Czerniak, C. M. (2023). Interdisciplinary approaches and integrated STEM in science teaching. In *Handbook of research on science education* (pp. 559-585). Routledge.

Jun, S., Han, S., & Kim, S. (2017). Effect of design-based learning on improving computational thinking. *Behaviour & Information Technology*, 36(1), 43-53. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1188415>

Juškevičienė, A., Dagienė, V., & Dolgopolas, V. (2021). Integrated activities in STEM environment: Methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 209-228. <https://doi.org/10.1002/cae.22324>

Kamran, M. & Thomas, M. (2022). Inclusive education in Pakistan: role of teachers' sense of self-efficacy. *Disability CBR & Inclusive Development*, 33(3), 91. <https://doi.org/10.47985/dcidj.539>

Kanadlı, S. (2019). A meta-summary of qualitative findings about STEM education. *International Journal of Instruction*, 12(1), 959-976.

Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>

Karademir, A., & Yıldırım, B. (2021). A Different perspective on preschool STEM education: Preschool STEM education and engineering for preservice teachers. *Journal of Turkish Science Education*, 18(3), 338-350. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.77>

Karahan, E. & Canbazoğlu-Bilici, S. (2014). Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (FeTeMM) Eğitimi. Özgül Keleş (Ed.), *Uygulamalı Etkinliklerle Fen Eğitiminde Yeni Yaklaşımlar* (s. 77-96). Ankara: Pegem Yayınları.

Karahan, E., Canbazoğlu-Bilici, S. & Ünal, A. (2014). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) eğitimine medya tasarım süreçlerinin entegrasyonu. *International Eurasian Educational Research Congress*, İstanbul. 654-655.

Karahan, E., Kara, A., & Akçay, A. O. (2021). Designing and implementing a STEM career maturity program for prospective counselors. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00281-4>

Karakaya, F., & Yılmaz, M. (2022). Teachers' views on assessment and evaluation methods in STEM education: A science course example. *Journal of Pedagogical Research*, 6(2), 61-71. <https://dx.doi.org/10.33902/JPR.202213526>

Karamustafaoğlu, O. & Yaman, S. (2015). *Fen eğitiminde özel öğretim yöntemleri I-II*. Anı Yayıncılık.

Karan, E., & Brown, L. (2022). Enhancing Student's Problem-Solving Skills through Project-Based Learning. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 10(1), 74-87. <https://doi.org/10.5278/ojs.jpblhe.v10i1.6887>

Karatas, F. O., Micklos, A., & Bodner, G. M. (2011). Sixth-grade students' views of the nature of engineering and images of engineers. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 123-135. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9239-2>

Kartal Taşoğlu, A., & Bakaç, M. (2014). The effect of problem based learning approach on conceptual understanding in teaching of magnetism topics. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, 6(2), 110–122.

Kartal, T., Yamak, H., & Kavak, N. (2017). Mikro öğretimin fen bilgisi öğretmen adaylarının pedagojik alan bilgileri üzerindeki etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(3), 740-771.

Keiler, L. S. (2018). Teachers' roles and identities in student-centered classrooms. *International journal of STEM education*, 5, 1-20. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0131-6>

Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>

Kelly, A. E., & Lesh, R. A. (Eds.). (2012). *Handbook of research design in mathematics and science education*. Routledge.

Kendaloğlu, E. (2021). *STEM Etkinliği Geliştirme Sürecinin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Girişimcilik ve Stem Oz-Yeterlilikleri Uzerine Etkilerinin Incelenmesi* [Doktora Tezi]. Uludag University, Bursa.

Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.

Kızılay, E. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik kavramına ilişkin bilişsel yapılarının incelenmesi. *Journal of Social And Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(27), 2932-2938.

Kilgore, D., Atman, C., Yasuhara, K., Barker, T., & Morozov, A. (2007). Considering context: A study of first-year engineering students. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 321-334.

Kim, N. J., Belland, B. R., & Walker, A. E. (2018). Effectiveness of computer-based scaffolding in the context of problem-based learning for STEM education: Bayesian meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30, 397-429. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9419-1>

Kitchner, K. S. (1983). Cognition, metacognition, and epistemic cognition: a three-level model of cognitive processing. *Human Development*, 26, 222-232.

Knezek, G., Christensen, R., Tyler-Wood, T., & Periathiruvadi, S. (2013). Impact of environmental power monitoring activities on middle school student perceptions of STEM. *Science Education International*, 24(1), 98-123.

Knowles, J., Kelley, T., & Holland, J. (2018). Increasing teacher awareness of STEM careers. *Journal of STEM Education*, 19(3).

Kolodner, J. L., Gray, J. T. & Fasse, B. B. (2003). Promoting transfer through casebased reasoning: Rituals and practices in Learning by Design™ classrooms. *Cognitive Science Quarterly*, 3(2), 119-170.

Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington: NSTA Press, National Science Teachers Association.

Krajcik, J. (2015). Three-dimensional instruction. *The science teacher*, 82(8), 50-52.

Krauss, J., & Boss, S. (2013). *Thinking through project-based learning: Guiding deeper inquiry*. Corwin Press.

Kubat, U. (2018). The integration of STEM into science classes. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 10(3), 165-173.

Kuh, G. D. (2008). Excerpt from high-impact educational practices: What they are, who has access to them, and why they matter. *Association of American Colleges and Universities*, 14(3), 28-29.

Kyle, A., Kovich, C., & Carapezza, M. A. (2018, June). Hk Maker Lab: Creating Engineering Design Courses for High School Students (Evaluation-or-Other). In *2018 ASEE Annual Conference & Exposition*. <https://doi.org/10.18260/1-2-30576>

Ladachart, L., Radchanet, V., Phornprasert, W., & Phothong, W. (2023). Influence of different approaches to design-based learning on eighth grade students' science content learning and STEM identity. *Pedagogies: An International Journal*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2023.2230961>

LaForce, M., Noble, E., & Blackwell, C. (2017). Problem-based learning (PBL) and student interest in STEM careers: The roles of motivation and ability beliefs. *Education Sciences*, 7(4), 92. <https://doi.org/10.3390/educsci7040092>

Lai, C. S. (2018). Using inquiry-based strategies for enhancing students' STEM education learning. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 4(1), 110-117.

Lai, E.R. & M. Viering (2012). *Assessing 21st Century Skills: Integrating Research Findings*. National Council on Measurement in Education, Vancouver, B.C. Report.

Laksana, D. N. L., Dasna, I. W., & Degeng, I. (2019). The effects of inquiry-based learning and learning styles on primary school students' conceptual understanding in multimedia learning environment. *Journal of Baltic Science Education*, 18(1), 51-62. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.51>

Lapek, J. (2018). Promoting 21st century skills in problem-based learning environments. *CTETE-Research Monograph Series*, 1(1), 66-85.

Lattimer, H., & Riordan, R. (2011). Project-based learning engages students in meaningful work: Students at High Tech Middle engage in project-based learning. *Middle School Journal*, 43(2), 18-23. <https://doi.org/10.1080/00940771.2011.11461797>

Lavi, R., Tal, M., & Dori, Y. J. (2021). Perceptions of STEM alumni and students on developing 21st century skills through methods of teaching and learning. *Studies in Educational Evaluation*, 70, 101002. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101002>

Leary, H., Walker, A., Lefler, M., & Kuo, Y. C. (2019). Self-Directed Learning in Problem-Based Learning: A Literature Review. *The Wiley handbook of problem-based learning*, 181-198.

Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2013). Is it STEM or “S & M” that we truly love? *Journal of Science Teacher Education*, 24, 1237-1240.

Lee, M. H., Chai, C. S., & Hong, H. Y. (2019). STEM education in asia pacific: challenges and development. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0424-z>

Leung, L. C. (2015). Validity, reliability, and generalizability in qualitative research. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 4(3), 324. <https://doi.org/10.4103/2249-4863.161306>

Li, L. (2022). Reskilling and upskilling the future-ready workforce for industry 4.0 and beyond. *Information Systems Frontiers*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10308-y>

Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019). Design and design thinking in STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 2(2), 93-104. <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00020-z>

Lin, K. Y., Yu, K. C., Hsiao, H. S., Chu, Y. H., Chang, Y. S., & Chien, Y. H. (2015). Design of an assessment system for collaborative problem solving in STEM education. *Journal of Computers in Education*, 2, 301-322. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0038-x>

Lou, S. J., Shih, R. C., Ray Diez, C., & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 195-215. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9114-8>

Lou, S., Chou, Y., Shih, R., & Chung, C. (2017). A study of creativity in cac2 steamship-derived stem project-based learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01231a>

Lucena, J. C. (1996). *Making policy for making selves in science and engineering: from Sputnik to global competition*. Virginia Polytechnic Institute and State University.

Lumpe, A. T., Haney, J. J., & Czerniak, C. M. (2000). Assessing teachers' beliefs about their science teaching context. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(3), 275-292.

Lynch, S. J., Burton, E. P., Behrend, T., House, A., Ford, M., Spillane, N., Matray, S., Han, E. & Means, B. (2018). Understanding inclusive STEM high schools as opportunity structures for underrepresented students: Critical components. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 712-748. <https://doi.org/10.1002/tea.21437>

Madani, R. A. (2020). Teaching Challenges and Perceptions on STEM Implementation for Schools in Saudi Arabia. *European Journal of STEM Education*, 5(1), 3.

Mann, E. L., Mann, R. L., Strutz, M. L., Duncan, D., & Yoon, S. Y. (2011). Integrating engineering into K-6 curriculum developing talent in the STEM disciplines. *Journal of Advanced Academics*, 22(4), 639-658.

Marek, E. A. (1986). They misunderstand, but they'll pass. *Science Teacher*, 53(9), 32-35.

Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM education*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>

Marrero, M. E., Gunning, A. M., & Germain-Williams, T. (2014). What is STEM education?. *Global Education Review*, 1(4).

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>

Mateos-Nunez, M., Martinez-Borreguero, G., & Naranjo-Correa, F. L. (2020). Learning science in primary education with STEM workshops: analysis of teaching effectiveness from a cognitive and emotional perspective. *Sustainability*, 12(8), 3095. <https://doi.org/10.3390/su12083095>

McComas, W. F. (Ed.). (2013). *The language of science education: an expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning*. Rotterdam: Sense.

McCurdy, R. P., Nickels, M. L., & Bush, S. B. (2020). Problem-based design thinking tasks: Engaging student empathy in STEM. *The electronic journal for research in science & mathematics education*, 24(2), 22-55.

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

McDonald, S., Gertsen, F., Rosenstand, C. A. F., & Tollestrup, C. (2018). Promoting interdisciplinarity through an intensive entrepreneurship education post-graduate workshop. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 8(1), 41-55. <https://doi.org/10.1108/heswbl-10-2017-0076>

McFarlane, D. A. (2013). Understanding the challenges of science education in the 21st century: New opportunities for scientific literacy. *International letters of social and humanistic sciences*, (04), 35-44.

Meriç, G. & Tezcan, R. (2005). Fen bilgisi öğretmeni yetiştirme programlarının örnek ülkeler kapsamında değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (1), 62-82.

Merritt, J., Lee, M. Y., Rillero, P., & Kinach, B. M. (2017). Problem-based learning in K–8 mathematics and science education: A literature review. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1674>

Mertens, D. M. (2010). *Research and evaluation in education and psychology: integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (3rd Edition). California: Sage Publications.

Metin, M., Güler, M. M., & Çevik, A. (2023). 21. yüzyıl becerileri hakkında STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin görüşleri. *Studies in Educational Research and Development*, 7(1), 1- 29.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2005). İlköğretim fen ve teknoloji dersi (4 ve 5. sınıflar) öğretim programı. Ankara: MEB Yayınevi.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). İlköğretim fen bilimleri dersi öğretim programı ve kılavuzu. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). Fen bilimleri dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı. Ankara: Milli Eğitim Basımevi.

Milner Bolotin, M. (2018). Evidence-based research in STEM teacher education: From theory to practice. *Frontiers in Education* 3, 92. <https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00092>

Milner-Bolotin, M. (2015). Technology-enhanced teacher education for 21st century: challenges and possibilities. In Ge, X., Ifenthaler, D & Spector, J. M.(Eds.), *Emerging technologies for STEAM education* (pp.137–156). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5_8

Mohr-Schroeder, M.J., Jackson, C., Miller, M., Walcott, B., Little, D.L., Speler, L., Schooler, W. & Schroeder, D.C. (2014). Developing middle school students' interests in STEM via summer learning experiences: See blue STEM camp. *School Science and Mathematics*, 114(6), 291-301. <https://doi.org/10.1111/ssm.12079>

Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Stohlmann, M. S., Ntow, F. D., & Smith, K. A. (2013, June). A framework for implementing quality K-12 engineering education. In *2013 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 23-46). <https://doi.org/10.18260/1-2--19060>

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In Purzer, Ş. Strobel, J. & Cardella, M. E (Eds.), *Engineering in precollege*

settings: *Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.

Morel, G. M., & Spector, J. M. (2022). *Foundations of educational technology: Integrative approaches and interdisciplinary perspectives*. Taylor & Francis.

Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*, 20(2), 7.

Morrison, J., Frost, J., Gotch, C., McDuffie, A. R., Austin, B., & French, B. (2021). Teachers' role in students' learning at a project-based STEM high school: Implications for teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 1103-1123. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10108-3>

Morse, J. M., Barrett, M., Mayan, M., Olson, K., & Spiers, J. (2002). Verification strategies for establishing reliability and validity in qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods*, 1(2), 13-22. <https://doi.org/10.1177/160940690200100202>

Mwasiaji, E., Mambo, S., Mse, G. S., & Okumu, J. (2021). Conceptualizing non-cognitive attributes, entrepreneurship training, pedagogical competencies and stem education outcome: an integrated model and research proposition. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09671-9>

Nagarajan, S. & Overton, T. (2019). Promoting systems thinking using project- and problem-based learning. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2901-2909. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00358>

Nasir, M., Cari, C., Sunarno, W., & Rahmawati, F. (2022). The effect of STEM-based guided inquiry on light concept understanding and scientific explanation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(11), em2175. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12499>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Barriers and opportunities for 2-year and 4-year STEM degrees: Systemic change to support students' diverse pathways*. National Academies Press.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Minority serving institutions: America's underutilized resource for strengthening the STEM workforce*. National Academies Press.

National Academy of Engineering. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12635>.

National Governors Association. (2007). *Innovation America: Building a Science, Technology, Engineering and Math Agenda*, Washington.

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: The National Academies.

National Research Council. (2012a). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press.

National Research Council. (2012b). *A framework for k-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: The National Academic.

National Science Foundation. (2006). *National Science Foundation investing in America's future strategic plan FY 2006–2011 (No. NSF 06-48)*. Arlington, VA: Author.

Nayem, S. Z. & Hossain, M. S. (2023). Conceptual framework for STEM education: a thematic analysis in bangladesh perspective. *American Journal of Multidisciplinary Research and Innovation*, 2(2), 40-46. <https://doi.org/10.54536/ajmri.v2i2.1382>

Nepeina, K., Istomina, N., & Bykova, O. (2020). The role of field training in STEM education: Theoretical and practical limitations of scalability. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 10(1), 511-529. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10010037>

Netwong, T. (2018). Development of problem solving skills by integration learning following stem education for higher education. *International Journal of Information and Education Technology*, 8(9), 639-643. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2018.8.9.1114>

Onwuegbuzie, A., & Teddlie, C. (2002). A framework for analyzing data in mixed methods research. In A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (pp. 351–384). Thousand Oaks, CA: Sage.

Onyon, C. (2012). Problem-based learning: a review of the educational and psychological theory. *The Clinical Teacher*, 9(1), 22-26. <https://doi.org/10.1111/j.1743-498x.2011.00501.x>

Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. M. (2020). A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. *Science & Education*, 29(4), 857-880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>

Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking skills and creativity*, 10, 265-279. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.07.006>

Ovadia-Blechman, Z., Muller, I., & Naftali, S. (2016). Medical engineering education based on the spiral approach. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 6(3), 32. <https://doi.org/10.3991/ijep.v6i3.5759>

Ozkan, G., & Topsakal, U. U. (2017). Examining students' opinions about STEAM activities. *Journal of Education and Training Studies*, 5(9), 115-123.

Özbilen, A. G. (2018). STEM eğitime yönelik öğretmen görüşleri ve farkındalıkları. *Scientific educational studies*, 2(1), 1-21.

Özcan, H., & Düzgünoğlu, H. (2017). Fen bilimleri dersi 2017 taslak öğretim programına ilişkin öğretmen görüşleri. *International Journal of Active Learning*, 2(2), 28-48.

Özcan, H., & Koştur, H. İ. (2018). Fen bilimleri dersi öğretmenlerinin STEM eğitime yönelik görüşleri. *Sakarya University Journal of Education*, 8(4), 364-373. <https://doi.org/10.19126/suje.466841>

Özçelik, C. (2021). *Probleme dayalı STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM'e ilişkin tutumlarına, öz düzenleme becerilerine ve biliş üstü yetilerine etkisi* [Doktora Tezi]. Bartın Üniversitesi, Bartın.

Özkul, H. & Özden, M. Y. (2020). Investigation of the effects of engineering-oriented stem integration activities on scientific process skills and stem career interests: a mixed methods study. *Ted Eğitim ve Bilim*, 45(204), 41-63. <https://doi.org/10.15390/eb.2020.8870>

Öztürk, A. (2020). Co-developing STEM activities through design thinking approach for fifth graders. [Unpublished Doctoral dissertation], Middle East Technical University, Ankara.

Öztürk, F. & Özdemir, D. (2020). The effect of STEM education approach in science teaching: Photosynthesis experiment example. *Journal of Computer and Education Research*, 8(16), 821-841. <https://doi.org/10.18009/jcer.698445>

Öztürk, F. Ö. (2019). STEM uygulamalarına ilişkin görüşlerle bu uygulamanın bilimsel tutum ve fen öğretimi öz yeterlik inancı üzerine etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 52, 1-38. <https://doi.org/10.21764/maeuefd.409368>

Pagan, J. (2018). STEM education using emulation software for hydraulic fluid power applications. *Journal of Business and Management Sciences*, 6(3), 86-92.

Park, H., Byun, S. Y., Sim, J., Han, H. S., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1739-1753. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a>

Parker, W.C., Lo, J., Yeo, A.J., Valencia, S.W., Nguyen, D., Abbott, R.D., Nolen, S.B., Bransford, J.D., & Vye, N.J. (2013). Beyond breadth-speed-test: Toward deeper knowing and engagement in an advanced placement course. *American Educational Research Journal*, 50(6), 1424–1459.

Pimthong, P., & Williams, P. J. (2021). Methods Course for Primary Level STEM Preservice Teachers: Constructing Integrated STEM Teaching. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(8). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11113>

Popa, R. A., & Ciascai, L. (2017). Students' Attitude towards STEM Education. *Acta Didactica Napocensia*, 10(4), 55-62.

Prastika, F. R., Dasna, I. W., & Santoso, A. (2022). Implementation of problem-based learning-STEM strategy on 'students' conceptual understanding and critical thinking in fundamental of chemical equilibrium. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 28(1), 1-6. <http://dx.doi.org/10.17977/um048v28i1p1-6>

Pretz, J. E., Naples, A. J., & Sternberg, R. J. (2003). Recognizing, defining, and representing problems. In Davidson, J. E. & Sternberg, R. J. (Eds.), *The Psychology Of Problem Solving*, 30(3), 3-30.

Prima, E. C., Oktaviani, T. D., & Sholihin, H. (2018, May). STEM learning on electricity using arduino-phet based experiment to improve 8th grade 'students' STEM literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012030>

Pujiastuti, H. & Haryadi, R. (2023). Higher-order thinking skills profile of islamic boarding school students on geometry through the STEM-based video approach. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 3(1), 156-174. <https://doi.org/10.53889/ijses.v3i1.135>

Radloff, J., & Guzey, S. (2016). Investigating preservice STEM teacher conceptions of STEM education. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 759-774. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9633-5>

Razali, N. H., Ali, N. N. N., Safiyuddin, S. K., & Khalid, F. (2022). Design thinking approaches in education and their challenges: A systematic literature review. *Creative Education*, 13(7), 2289-2299. <https://doi.org/10.4236/ce.2022.137145>

Rehman, N., Zhang, W., Mahmood, A., Fareed, M. Z., & Batool, S. (2023). Fostering twenty-first century skills among primary school students through math project-based learning. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01914-5>

Rehmat, A. (2015). *Engineering the Path to Higher-order Thinking in Elementary Education: A Problem-based Learning Approach for STEM Integration*. [Doctoral dissertation]. University of Nevad, Las Vegas. ProQuest Dissertations and Theses.

Rehmat, A. P., & Hartley, K. (2020). Building engineering awareness: Problem based learning approach for STEM integration. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14(1). <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v14i1.28636>

Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444-467. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1356671>

Rinke, C. R., Gladstone-Brown, W., Kinlaw, C. R., & Cappiello, J. (2016). Characterizing STEM teacher education: Affordances and constraints of explicit STEM preparation for elementary teachers. *School Science and Mathematics*, 116(6), 300-309. <https://doi.org/10.1111/ssm.12185>

Roberts, T., Jackson, C., Mohr-Schroeder, M. J., Bush, S. B., Maiorca, C., Cavalcanti, M., & Cremeans, C. (2018). Students' perceptions of STEM learning after participating in a summer informal learning experience. *International journal of STEM education*, 5(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0133-4>

Rolfe, G. (2006). Validity, trustworthiness and rigour: quality and the idea of qualitative research. *Journal of Advanced Nursing*, 53(3), 304-310. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2006.03727.x>

Rozhenkova, V., Snow, L., Sato, B. K., Lo, S. M., & Buswell, N. T. (2023). Limited or complete? Teaching and learning conceptions and instructional environments fostered by STEM teaching versus research faculty. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00440-9>

Ryu, M., Mentzer, N., & Knobloch, N. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration: Challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International journal of technology and design education*, 29, 493-512. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9440-9>

Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). Learning 21st-century skills requires 21st-century teaching. *Phi Delta Kappan*, 94(2), 8–13. <https://doi.org/10.1177/003172171209400203>

Sahin, A., & Top, N. (2015). STEM students on the stage (SOS): Promoting student voice and choice in STEM education through an interdisciplinary, standards-focused project based learning approach. *Journal of STEM Education*, 16(3), 24-33.

Salvetti, F., Rijal, K., Owusu-Darko, I., & Prayogi, S. (2023). Surmounting obstacles in STEM education: an in-depth analysis of literature paving the way for proficient pedagogy in STEM learning. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 2(2), 177-196.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.

Sarican, G., & Akgunduz, D. (2018). The Impact of Integrated STEM Education on Academic Achievement, Reflective Thinking Skills towards Problem Solving and Permanence in Learning in Science Education. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 13(1), 94-107.

Sasson, I., Yehuda, I., & Malkinson, N. (2018). Fostering the skills of critical thinking and question-posing in a project-based learning environment. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.08.001>

Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9-20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>

Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows*, 9(2), 5-15. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>

Savin-Baden, M. (2014). Using problem-based learning: New constellations for the 21st century. *The Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3&4), 197-219.

Schon, D. A. (1990). The design process. In V.A. Howard (Ed.), *Varieties of thinking: essays from Harvard's philosophy of education center* (pp. 110-141). New York: Routledge.

Sen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2018). STEM skills in the 21st century education. *Research highlights in STEM education*, 81-101.

Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2016). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211.

Shchyrbul, O., Babalich, V., Mishyn, S., Novikova, V., Zinchenko, L., Haidamashko, I., & Kuchai, O. (2022). Conceptual approaches to training specialists using multimedia technologies. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(9), 123-130. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.19>

Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of

integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>

Siew, N. M., & Ambo, N. (2018). Development and evaluation of an integrated project-based and STEM teaching and learning module on enhancing scientific creativity among fifth graders. *Journal of Baltic Science Education*, 17(6), 1017-1033.

Siew, N. M., Amir, N., & Chong, C. L. (2015). The perceptions of pre-service and in-service teachers regarding a project-based STEM approach to teaching science. *SpringerPlus*, 4(1), 1-20. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-4-8>

Silver, A., & Rushton, B. S. (2008). Primary-school children's attitudes towards science, engineering and technology and their images of scientists and engineers. *Education* 36(1), 3-13, 51-67. <https://doi.org/10.1080/03004270701576786>

Simeon, M. I., Samsudin, M. A., & Yakob, N. (2022). Effect of design thinking approach on students' achievement in some selected physics concepts in the context of STEM learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 32. 185-212. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09601-1>

Singh, M. (2021). Acquisition of 21st century skills through STEAM education. *Academia Letters*, Article 712. <https://doi.org/10.20935/AL712>.

Sithole, A., Chiyaka, E. T., McCarthy, P., Mupinga, D. M., Bucklein, B. K., & Kibirige, J. (2017). Student attraction, persistence and retention in STEM programs: Successes and continuing challenges. *Higher Education Studies*, 7(1), 46-59.

Slavich, G. & Zimbardo, P. (2012). Transformational teaching: theoretical underpinnings, basic principles, and core methods. *Educational Psychology Review*, 24(4), 569-608. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9199-6>

Slavit, D., Nelson, T. H., & Lesseig, K. (2016). The teachers' role in developing, opening, and nurturing an inclusive STEM-focused school. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0040-5>

Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., ... & Smith, T. (2022). Principles of problem-based learning (PBL) in STEM education: Using expert wisdom and research to frame educational practice. *Education Sciences*, 12(10), 728.

Spiller, J. A. (2022). American Science During the Cold War. In *The Routledge History of American Science* (pp. 110-124). Routledge.

Stepien, W. & Gallagher, S. (1993). Problem-based learning: as authentic as it gets. *Educational Leadership*, 50(7), 25-28.

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), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>

Strimel, G., & Grubbs, M. E. (2016). Positioning technology and engineering education as a key force in STEM education. *Journal of Technology Education*, 27(2), 21-36.

Suebsing, S., & Nuangchalerm, P. (2021). Understanding and satisfaction towards STEM education of primary school teachers through professional

development program. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(2), 171-177. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i2.25369>

Sumarni, W. (2015). The strengths and weaknesses of the implementation of project based learning: A review. *International Journal of Science and Research*, 4(3), 478-484.

Sutton, P. S., & Knuth, R. (2017). A schoolwide investment in problem-based learning. *Phi Delta Kappan*, 99(2), 65–70. <https://doi.org/10.1177/0031721717734193>

Sümen, Ö. Ö., & Çalisici, H. (2016). Pre-Service teachers' mind maps and opinions on STEM education implemented in an environmental literacy course. *Educational sciences: Theory and practice*, 16(2), 459-476. <https://doi.org/10.12738/estp.2016.2.0166>

Şahin, A., Ayar, M. C. & Adıgüzel, T. (2014). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik içerikli okul sonrası etkinlikler ve öğrenciler üzerindeki etkileri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*. 14(1), 1-26.

Şirin, E., & Çelikkıran, A. T. (2021). Investigation of the Effects of Entrepreneurship-oriented STEM Activities on 7th Grade Students' Entrepreneurship Skills and Perceptions. *Cukurova University Faculty of Education Journal*, 50(2), 1263-1304. <https://doi.org/10.14812/cuefd.858527>

Tabarés, R., & Boni, A. (2023). Maker culture and its potential for STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(1), 241-260. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09725-y>

Tan, O. S. (2021). *Problem-based learning innovation: Using problems to power learning in the 21st century*. Gale Cengage Learning.

Tang, K. S., & Williams, P. J. (2019). STEM literacy or literacies? Examining the empirical basis of these constructs. *Review of Education*, 7(3), 675-697.

Tarkin-Çelikkıran, A. & Aydın-Günbatır, S. (2017). Kimya Öğretmen Adaylarının FeTeMM Uygulamaları Hakkındaki Görüşlerinin İncelenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14 (1), 1624-1656.

Tarmizi, R. A. & Bayat, S. (2010). Effects of problem-based learning approach in learning of statistics among university students. *Social and Behavioral Sciences*, 8, 384–392. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.054>

Taş, I. (2010). *Etnografik bakış açısıyla kırsal kesimde okulöncesi fen eğitime yönelik bir durum çalışması*. [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Taşkın, Ö. (2012). Fen ve teknoloji öğretiminde yeni yaklaşımlar. (2. basım). Ankara: Pegem Akademi Yayınları.

Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2009). *Foundations of mixed methods research: Integrating quantitative and qualitative approaches in the social and behavioral sciences*. Sage.

Teeple, J. E. (2018). *A Philosophical Analysis of STEM Education* [Doctoral dissertation], The Ohio State University.

Tekbıyık, A. & Çakmakçı, G. (2018). Fen bilimleri öğretimi ve STEM etkinlikleri. (1. basım). Ankara: Nobel Yayınları.

Tezcan Şirin, G., Tüysüz, M., & Kaval Oğuz, E. (2022). Ortaokul fen bilimleri ders kitaplarında yer alan etkinliklerin STEM etkinliklerine uygunluğuna dair öğretmen görüşleri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(Özel Sayı), 354-386. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.1068624>

Tezer, M. (2020). The role of mathematical modeling in stem integration and education. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88615>

Thahir, A., Anwar, C., Saregar, A., Choiriah, L., Susanti, F., & Pricilia, A. (2020). The Effectiveness of STEM learning: scientific attitudes and 'students' conceptual understanding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012008>

The Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (KOFAC). (2016). *Introduction to STEAM education*. Seoul, South Korea: KOFAC.

The Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *Innovating Education and Educating for Innovation: The Power of Digital Technologies and Skills*, OECD Publishing, Paris. <https://dx.doi.org/10.1787/9789264265097-en>

Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepe, F. (2019). Teachers' attitudes toward teaching integrated STEM: The impact of personal background characteristics and school context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(5), 987-1007. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9898-7>

Thomas, E. & Magilvy, J. K. (2011). Qualitative rigor or research validity in qualitative research. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*, 16(2), 151-155. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6155.2011.00283.x>

Thorndike, E. L. (1913). *Educational psychology, Vol. 1. The original nature of man*. Teachers College. <https://doi.org/10.1037/13763-000>

Timur, B., ve Belek, F. (2020). FeTeMM etkinliklerinin öğretmen adaylarının öz-yeterlik inançlarına ve FETEMM eğitimi yönelimlerine etkisinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 50, 315-332. <https://doi.org/10.9779/pauefd.465824>

Topsakal, İ., Yalçın, S. A., & Çakır, Z. (2022). The effect of problem-based STEM education on the students' critical thinking tendencies and their perceptions for problem solving skills. *Science Education International*, 33(2), 136-145.

Toraman, S., & Alcı, B. (2013). Views of science and technology teachers about the renewed science curriculum. *Journal of EKEV Academy*, 17(56), 11-22.

Torp, L., & Sage, S. (2002). *Problem as possibilities: Problem-based learning for K-16 education*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Trevallion, D., & Trevallion, T. (2020). STEM: Design, implement and evaluate. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 14(8), 1-19.

Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning

(PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102

Turgutalp, E. (2021). *8. sınıf basınç konusunda STEM öğretme - öğrenme modelinin uygulanmasının öğrenci başarısına ve girişimcilik becerisine etkisinin araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Turhan, M., & Kırındı, T. (2022). Fen bilimleri öğretmenlerinin STEM uygulamaları öz-yeterliklerinin incelenmesi. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(3), 470-489. <https://doi.org/10.30855/gjes.2022.08.03.005>

Türk, N., Kalayci, N., & Yamak, H. (2018). New trends in higher education in the globalizing world: STEM in teacher education. *Universal journal of educational research*, 6(6), 1286-1304. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.060620>

Tytler, R., Prain, V., & Hobbs, L. (2019). Rethinking disciplinary links in interdisciplinary STEM learning: a temporal model. *Research in Science Education*, 51, 269-287. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09872-2>

Tytler, R., Prain, V., & Hobbs, L. (2021). Rethinking disciplinary links in interdisciplinary STEM learning: A temporal model. *Research in Science Education*, 51, 269-287.

Ullman, D. G., Wood, S., & Craig, D. (1990). The importance of drawing in the mechanical design process. *Computers & Graphics*, 14(2), 263-274. [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(90\)90037-x](https://doi.org/10.1016/0097-8493(90)90037-x)

Uzun, S. & Şen, N. (2023). The effects of a STEM-based intervention on middle school students' science achievement and learning motivation. *Journal of Pedagogical Research*, 7(1), 228-242. <https://doi.org/10.33902/JPR.202319315>

Ünal, G., & Ergin, Ö. (2006). Fen eğitimi ve modeller. *Milli Eğitim Dergisi*, 171, 188-196.

Wahyuni, S., Rahayu, Y. S., & Indana, S. (2020). Development of problem-based learning student worksheets to facilitate students' problem solving skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 6(2), 162-165. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i2.427>

Waite, A. M., & McDonald, K. S. (2019). Exploring challenges and solutions facing STEM careers in the 21st century: A human resource development perspective. *Advances in Developing Human Resources*, 21(1), 3-15. <https://doi.org/10.1177/1523422318814482>

Wang, H. (2012). *A New era of science education: science teachers perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration*. [Doctoral Dissertation]. University of Minnesota.

Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.

Wendell, K. B. (2008). The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children. Unpublished Qualifying Paper, Tufts Üniversitesi, Boston.

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. Retrieved January 20, 2019, from <https://peer.asee.org/poster-incorporating-engineering-design-into-elementary-schoolscience-curricula.pdf>.

Weng, X., Chiu, T. K. F., & Jong, M. S. (2022). Applying relatedness to explain learning outcomes of STEM maker activities. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.800569>

White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.

Williams, J., Roth, W. M., Swanson, D., Doig, B., Groves, S., Omuvwie, M., ... & Mousoulides, N. (2016). *Interdisciplinary mathematics education*. Springer Nature.

Wong, K. K. H., & Day, J. R. (2009). A comparative study of problem-based and lecture-based learning in junior secondary school science. *Research in Science Education*, 39, 625-642. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9096-7>

Wood-Robinson, C. (1991). Young people's ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19(1), 119-135. <https://doi.org/10.1080/03057269108559995>

Wu, Y. T. & Anderson, O. R. (2015). Technology-enhanced STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 245-249. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0041-2>

Xiaoqing, Z., & Rauf, R. A. A. (2023). The survey on STEM literacy of science teachers in CHINA. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 11(3), 1-14.

Yalçın, V., & Erden, Ş. (2021). The effect of STEM activities prepared according to the design thinking model on preschool children's creativity and problem-solving skills. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100864.

Yamak, H., Bulut, N. & Dündar, S. (2014). 5. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerileri ile Fene Karşı Tutumlarına FETEMM Etkinliklerinin Etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 249-265.

Yapıcıoğlu, A. E. & Kaptan, F. (2017). A mixed method research study on the effectiveness of socioscientific issue-based instruction. *Education and Science* 42(192), 113-137. <https://doi.org/10.15390/eb.2017.6600>

Yenilmez, K., & Kakmacı, Ö. (2008). The level of the readiness of seventh grade students in mathematics. *Kastamonu Education Journal*, 16(2), 529-542.

Yew, E. H., & Schmidt, H. G. (2012). What students learn in problem-based learning: A process analysis. *Instructional Science*, 40, 371-395. <https://doi.org/10.1007/s11251-011-9181-6>

Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2016). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (10th ed.). Seçkin Sosyal Bilimler.

Yıldırım, B. & Altun, Y. (2015). STEM Eğitim ve Mühendislik Uygulamalarının Fen Bilgisi Laboratuvar Dersindeki Etkilerinin İncelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28-40.

Yıldırım, B. (2020). Öğretmen yetiştirme üzerine bir model önerisi: STEM öğretmen enstitüleri eğitim modeli. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 50(49), 70-98.

Yıldırım, B., & Selvi, M. (2016). Examination of the effects of STEM education integrated as a part of science technology society and environment courses. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3684-3695. <https://doi.org/10.14687/jhs.v13i3.3876>

Yılmaz-Baltacı, D. & Duru, M. K. (2021). STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin kavramsal anlama ve bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *Araştırma ve Deneyim Dergisi*, 6(1), 22-33.

Yildirim, B., & Selvi, M. (2017). An experimental research on effects of STEM applications and mastery learning. *Journal of Theory and Practice in Education*, 13(2), 183-210.

Yin, R. K. (2009). Case study research: Design and methods (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Zhang, F., Markopoulos, P., & Bekker, T. (2018, January). The role of children's emotions during design-based learning activity: a case study at a Dutch high school. In *10th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2018)* (pp. 198-205). SciTePress Digital Library.

Zhang, F., Markopoulos, P., Bekker, T., Schüll, M., & Paule-Ruiz, M. (2019). EmoForm: capturing children's emotions during design based learning. In *Proceedings of FabLearn* (pp. 18-25).

Zhang, X., Ma, Y., Jiang, Z., Chandrasekaran, S., Wang, Y., & Fonkoua Fofou, R. (2021). Application of design-based learning and outcome-based education in basic industrial engineering teaching: A new teaching method. *Sustainability*, 13(5), 2632. <https://doi.org/10.3390/su13052632>

Zhou, C., Kolmos, A., & Dalsgaard Nielsen, J. (2012). A problem and project-based learning (PBL) approach to motivate group creativity in engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 28(1), 3.

Zhou, D., Gomez, R., Davis, J. P., & Rittenbruch, M. (2022a). Engaging solution-based design process for integrated STEM program development: an exploratory study through autoethnographic design practice. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(2), 717-748. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09745-2>

Zhou, D., Gomez, R., Wright, N., Rittenbruch, M., & Davis, J. (2022b). A design-led conceptual framework for developing school integrated STEM programs: the Australian context. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 383-411.

Ziaeeffard, S., Miller, M. H., Rastgaar, M., & Mahmoudian, N. (2017). Co-robotics hands-on activities: A gateway to engineering design and STEM learning. *Robotics and Autonomous Systems*, 97, 40-50.

Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.

9. EKLER

EK 1. ÖZGEÇMİŞ

Eğitim Durumu	Mezuniyet Yılı
Lisans (Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği)	2012
Yüksek Lisans (Uşak Üniversitesi Fen Bilgisi Eğitimi)	2016
Doktora (Uşak Üniversitesi Fen Bilgisi Eğitimi)	2024

İş Deneyimi	Yer
2013-	Uşak Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Eğitimi ABD Araştırma Görevlisi

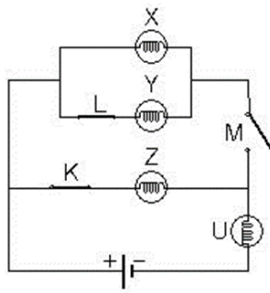
Makaleler

- Altunışık, S., Uzun, S., & İnel Ekici, D. (2023). The effect of problem-based STEM practices on pre-service science teachers' conceptual understanding. *Journal of Pedagogical Research*, 7(5), 344-358. <https://doi.org/10.33902/JPR.202323628>
- Altunışık, S., & Uzun, S. (2023). The effect of problem-based STEM implementations on pre-service science teachers' views on STEM education. *Ege Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 58-81. <https://doi.org/10.58637/egebad.1392248>
- Altunışık, S., & İnel Ekici, D. (2022). Probleme Dayalı STEM Etkinliklerinin Öğretmen adaylarının STEM Kavramlarına Yönelik Bilişsel Yapılarının Gelişimine Etkisinin İncelenmesi. *Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 1-15. <https://doi.org/10.29065/usakead.1116360>
- Ekici, M., İnel Ekici., & Altunışık, S. (2015). Öğretmen adaylarının web pedagojik içerik bilgisi öz-yeterlik algı düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(41), 960-967.

EK 2. ‘AYDINLATILMALI MI?’ ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ

1. Teknoloji geliştikçe aydınlatma sistemlerinde kullanılan aydınlatma araçları da değişmektedir. Günümüzde birçok aydınlatma sistemlerinde LED ürünler tercih edilmektedir. Bu durumun nedeni sizce nedir? Açıklayınız.

2. Devredeki anahtarlardan K ve L kapalı, M açık ise hangi lambalar ışık verebilir? Lütfen açıklayınız.



3. Dünyadaki enerji tüketimi giderek artmaktadır. Çevreye ve ekonomiye zararı olan bu durum konusunda, enerjinin verimli kullanılması için verimli aydınlatma sistemleri tasarlayınız. Tasarımınızı ayrıntılı olarak çiziniz. Tasarımınız açıklayınız.

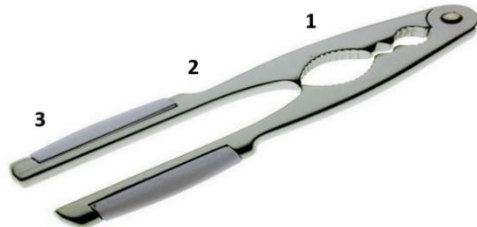
4. Evinize girer girmez tek buton ile koridor, salon ve mutfağın ışıklarının açılmasını sağlayacak bir elektrik devresi çiziniz. Çizdiğiniz devrenin özelliğini (seri-paralel) belirtiniz. Seçiminizi açıklayınız.

EK 3. ‘DONAN YOLLAR’ ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ

1. Öğrenci evlerinin vazgeçilmezi makarna yemeği yapılırken ‘su kaynamadan tuz atmayın’ denir. Sizce neden böyle denir? Bilimsel olarak açıklayınız.
2. Kar üzerinde rahatça hareket edebilecek bir araç tasarlayacak olsaydınız, bu aracın yere temas eden aksamalarını nasıl tasarlardınız? Bilimsel olarak açıklayınız.
3. Kış aylarında kar yağarken veya yağmadan önce yetkililer tuzlama çalışması yaparlar. Bunun ne amaçla yapıldığını, bilimsel olarak ayrıntılı bir şekilde açıklayınız.
4. Soğuk bir kış gününde sabah aracınızın ön camının buzla kaplı olduğunu gördünüz. Bu buzu **en etkili ve kısa yoldan** eritebilmek için ne tür bir yol izlersiniz? Seçeceğiniz yöntemin nasıl işleyeceğini bilimsel olarak açıklayınız.
5. Düz ve buzlu bir zeminde rahat hareket edebilen bir araç, aynı şekilde buzlu fakat yokuş yukarı olan yolu tırmanamamaktadır. Bu durumu bilimsel olarak açıklayınız. Bu durumda aracın yokuşu çıkabilmesi için nasıl bir yol izlenmelidir?

EK 4. 'ÜRETELİM' ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ

1. Yeni yapılan bir çocuk parkında çocuklar tahterevalliye binmektedirler. Kütleleri aynı iki çocuk tahterevalliye karşılıklı oturduklarında sol taraf her zaman aşağıda kalmaktadır. Denge oluşturmak için sağ tarafa aynı kütleli bir çocuk daha yardıma gelir. Fakat sonuç değişmez ve yine sol taraf aşağıda kalır. Bu durumun nedenini bir görsel ile bilimsel olarak açıklayınız.
2. Mehmet rüyasında gezegenler arası yolculuk yapmaktadır. Rüyasında yerçekimi dünyanın 1/5'i kadar olan bir gezegende dünyadaki haline göre ağırlığının daha az olduğunu görür. Dünyadaki kütlesi 50 kg olan Mehmet'in rüyasında gördüğü gezegende kütlesi nedir? Mehmet'in rüyasında seyahat ettiği gezegende ağırlığının daha az olmasının nedenini bilimsel kavramlarla nasıl açıklarsınız?
3. Mehmet bir berberde çırak olarak işe başlamıştır. Bir gün, kısa boylu fakat 150 kg kütleli birisi tıraş olmak için berber koltuğuna oturmuştur. Mehmet adamın yüksekliğini ayarlamak için hemen koltuğa minder koymak istemiş fakat ustası buna gerek olmadığını söylemiş, koltuğun altındaki bir pedala basa basa adamı daha yukarı bir seviyeye yükseltmiştir. Mehmet bu olay karşısında şaşkınlığa uğramıştır. Ustası ise koltukta kullanılan sistemi açıklamıştır. Siz ustanın yerine buradaki olayı bilimsel olarak açıklayınız.
4. Aşağıdaki ceviz kırma aletinde 1 ve 2 numaralı noktalardan bastırdığınızda fazla kuvvet uygulamanız gerekirken 3 numaralı noktadan bastırırsanız daha az kuvvet ile cevizi kırabilirsiniz. Bunun nedenini bilimsel olarak açıklayınız.

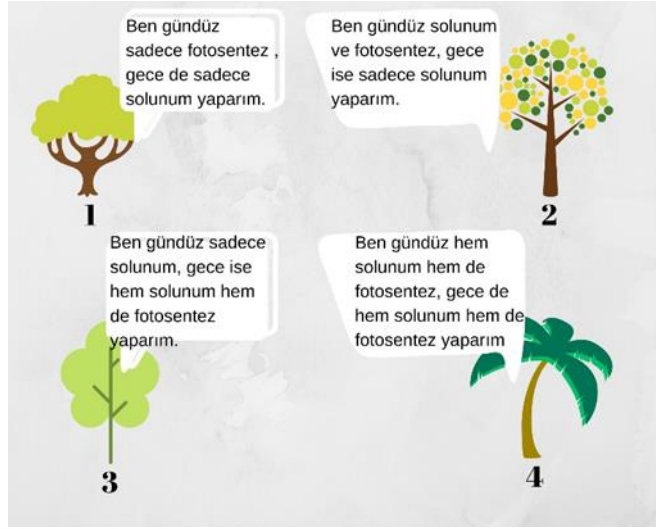


Sizler de daha az kuvvet uygulayarak daha fazla kuvvet gerektiren işler yapabileceğiniz bir basit makine tasarlayınız. Görsel ile beraber yapmış olduğunuz tasarımı bilimsel olarak açıklayınız.

5. Aşağıdaki fotoğrafta hidrolik kriko ile tek kol kullanılarak arabanın önünün kaldırıldığı görülmektedir. Tek bir kol kuvveti ile yüzlerce kilogramlık yüklerin nasıl kaldırıldığını bilimsel olarak açıklayınız.



EK 5. 'GELECEĞİN TARIMI' ETKİNLİĞİ KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ



1. Aşağıdaki yeşil bitkiler arasında geçen diyaloglardan hangisi bilimsel olarak doğru bilgiler vermektedir. Cevabınızı lütfen bilimsel olarak **açıklayınız.**

2. Mehmet bir deney kapsamında 3 kaba eşit miktarda pamuk ve içerisine fasulye koymuştur. Belirli miktarda su ekledikten sonra birinci kabı sürekli ışık alan bir yere ikinci kabı ışık almayan bir odaya, üçüncü kabı ise hava almayan bir kutuya koymuştur. 1 hafta sonra çimlenme durumlarını kontrol etmiştir. Bu deneye göre kaplardaki çimlenme durumlarını nedenleriyle **açıklayınız.**
3. Theodore Engelmann 1883 yılında yaptığı deneyde bir kaba iplik şeklinde yeşil alg ve üzerine oksijenli solunum yapan bakteriler koymuştur. Yeşil algin üzerine prizmadan geçirdiği beyaz ışığı yansıtmıştır. Algin üzerine yansıyan kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor ışık bölgelerinde en çok bakteri yoğunluğu olan bölgeler kırmızı ve mor bölgeler olmuştur. Burada gerçekleşen olayı bilimsel olarak **açıklayınız.**
4. Bitkiler konusunda araştırmalar yapan İpek, bitkilerin ışık olan ortamlarda karbondioksit alıp oksijen verdiklerini, canlı olduklarını öğrenmiş ve canlılıklarını devam ettirmek için gerekli olan **besini ve enerjiyi** nasıl edindiklerini merak ederek öğretmenine sormuştur. Öğretmenin yerinde olsaydınız bu olguyu bilimsel olarak nasıl açıklardınız?

EK 6. KELİME İLİŞKİLENDİRME TESTİ

Değerli öğretmen adayı,

Bu çalışmanın amacı FeTeMM yaklaşımı ile ilgili bazı temel anahtar kavramların zihninizde çağrıştırdığı kelimeleri tespit etmektir.

Aşağıda verilen örneği inceleyerek sonraki sayfalarda verilen anahtar kavramın aklınıza getirdiği kelimeleri mümkün olduğu kadar hızlı olarak karşısına yazınız. Bir sonraki sayfaya geçmeniz söylenene kadar yazmaya devam edebilirsiniz. Bu çalışmada kesin bir doğru cevap olmadığı için istediğiniz kadar kelime yazabilirsiniz. Her anahtar kavram için 45 saniye süreniz vardır.

Örnek:

Fotosentez.....ışık

Fotosentez.....güneş enerjisi

Fotosentez.....solunum

Fotosentez.....besin

Fen.....

Matematik.....

Mühendislik.....

Tasarım.....

Girişimcilik.....

Fen eğitimi.....

EK 7. STEM EĞİTİMİ YAKLAŞIMI GÖRÜŞME SORULARI

STEM Eğitimi Yaklaşımı Görüşme Soruları

1. FeTeMM ile ilgili bir ders aldınız mı? FeTeMM yaklaşımı hakkında neler biliyorsunuz?
 - a. Tanım, içerik, ne şekilde (tarihçesi, teorik temelleri) nerelerde kullanılıyor?
 - b. FeteMM yaklaşımı ile işlenen derslerin öğrencilere sağlayacağı katkılar sence nelerdir?
 - c. FeTeMM yaklaşımının uygulandığı öğrenme ortamlarının sınırlılıkları (dezavantajları) nelerdir?
 - d. FeTeMM yaklaşımında öğretmen ve öğrencilerin rolleri nasıl olmalıdır?
 - e. FeTeMM yaklaşımının kullanıldığı öğrenme ortamlarında değerlendirme süreci nasıl olmalıdır?
2. Fen ile teknoloji arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.
 - a. Benzerlikler, farklar, birbirlerini etkilerler mi?
3. Fen, teknoloji ve mühendislik arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.
 - a. Benzerlikler, farklar, birbirlerini etkilerler mi?
4. Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.
 - a. Benzerlikler, farklar, birbirlerini etkilerler mi?
5. FeTeMM yaklaşımıyla işlenen dersler için
 - a. Hangi konular için uygun olur ya da olmaz?
 - b. Hangi sınıf düzeyi için uygun olur?
 - c. Öğrenciler bu süreçte nerelerde zorlanabilirler?

EK 8. ETKİNLİK GÖRÜŞ FORMU**Etkinlik Görüş Formu**

1. Bu etkinlikte zorlandığınız yönler nelerdir (Ürün tasarımı, Ürün yapımı, Ürün reklamı)? Açıklayınız.
2. Somut ürünler oluşturmaya yönelik etkinlikler yaparken, hoşunuza giden şeyler nelerdir? Neden bu etkinliklerden hoşlandığınızı düşünüyorsunuz?
3. Bu etkinlikte kullandığınız Mühendislik tasarım sürecinin sizin üzerindeki etkileri nelerdi?
4. Bu etkinlikleri yaparken hangi becerilerinizi kullandınız? Etkinliklerin bu becerileriniz üzerinde nasıl bir etkisi oldu?
5. Kullandığınız çözüm için öğrenmeniz gereken (öğrendiğiniz) fen, mühendislik, teknoloji, matematik kavramları nelerdir?
6. Bu etkinlik sürecinde yapmış olduğunuz ürünü (tasarımı) fen, teknoloji, mühendislik ve matematik açısından değerlendiriniz.
7. Bu etkinlik sürecinde öğrendiklerinizi (Bilgi ve beceriler açısından) nerelerde, ne şekilde kullanabilirsiniz?
8. Bu etkinlikteki ürünü yeniden tasarlasaydınız neleri değiştirirdiniz?

EK 19. AYDINLATILMALI MI? ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI

Aydınlatılmalı mı?

Günümüzde enerjinin verimli kullanılması çok önemlidir. Nüfus yoğunluğunun artması ve enerji kaynaklarının giderek tükenmesi enerji kaynaklarının verimli kullanılmasının önemini arttırmıştır. Şehirlerdeki cadde ve sokak aydınlatmaları gereklidir fakat çok fazla enerji sarfıyatı oluşturmaktadırlar. Türkiye, sokak aydınlatmalarına her yıl ortalama 650 milyon TL fatura ödemektedir. Elektrik enerjisinin kullanımının azaltılması çevreye de olumlu katkıları olmaktadır. Buna karşın can ve mal güvenliği için bazı yolların mutlaka aydınlatılması gerekmektedir. Örneğin çok az aracın kullandığı fakat tehlikeli virajların yer aldığı yollar bulunmaktadır.



1. Problem ya da problemleri tanımlayınız.
2. Problem ya da problemlere yönelik çözüm önerilerinizi ifade ediniz.
3. Bu problem ya da problemler hakkında neler biliyorsunuz?
4. Bu problem ya da problemlerin çözümleri için neleri bilmeniz (araştırmanız) gerekmektedir?
5. Karar verdiğiniz çözümü ayrıntılı bir şekilde çiziniz (açıklayınız).

EK 10. DONAN YOLLAR ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI

Donan Yollar

Ülkemizde en fazla kullanılan ulaşım yolu karayollarıdır. Buna bağlı olarak kaza oranının en fazla olduğu ulaşım türü de karayollarıdır. Kazalarda insanlardan kaynaklanan nedenler çoğunlukta olmakla beraber insan kontrolünde olmadan gelişen durumlar da vardır. Yağmur sonrası veya kar erirken oluşan su birikintilerinin, sıcaklık düşüşüne bağlı olarak donması neticesinde gizli buzlanma oluşmaktadır. Çoğu zaman haberlerde, yollardaki buzlanmalardan kaynaklanan kazaları görmüşüzdür. Bu kazalar insanları maddi olarak zor durumda bıraktığı gibi maalesef ölümlerle de sonuçlanabilmektedir. Bu konuda yetkililer çoğu zaman buzlanma olayından sonra müdahale etmektedirler ve kazaların önüne geçememektedirler.



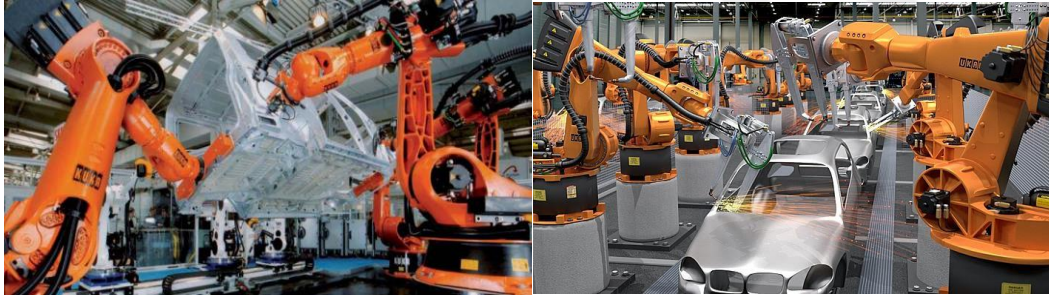
1. Problem ya da problemleri tanımlayınız.
2. Problem ya da problemlere yönelik çözüm önerilerinizi ifade ediniz.
3. Bu problem ya da problemler hakkında neler biliyorsunuz?
4. Bu problem ya da problemlerin çözümleri için neleri bilmeniz (araştırmanız) gerekmektedir?
5. Karar verdiğiniz çözümü ayrıntılı bir şekilde çizin (açıklayınız).

EK 11. ÜRETELİM ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI

Üretelim

Zaman ve enerji kaynaklarının kullanımında verimlilik en önemli faktörlerden bir tanesidir. Özellikle üretim sürecinde verimliliğin önemi daha da artmaktadır. 21. Yüzyılda fabrikalarda üretim bantlarında artık insanlardan çok robotlar yer almaktadır. Günümüzde robotların en yoğun kullanıldığı alan endüstriyel kısımdır. En büyük payı da otomotiv sektörü almıştır. Robotlar bu alanlarda çoğunlukla kollar halinde kullanılmaktadır. Robotik kollar, üretimde insan gücünü en aza indirerek, hata payı oranını azaltıp üretim miktarını üst seviyelere getirerek, günümüz teknolojisine önemli derecede katkı sağlamaktadır. Sizlerden özel amaçlı robotik kol tasarlamanız ve hayata geçirmeniz beklenmektedir. Beklenen özellikler:

- 100 gr düzgün şekilli yükü taşıyabilmeli (Yükü tutup kaldıracak)
- Yükü 10 cm yükseğe kaldıracabilmeli
- Yükü 20 cm yer değiştirebilmeli



1. Problem ya da problemleri tanımlayınız.
2. Problem ya da problemlere yönelik çözüm önerilerinizi ifade ediniz.
3. Bu problem ya da problemler hakkında neler biliyorsunuz?
4. Bu problem ya da problemlerin çözümleri için neleri bilmeniz (araştırmanız) gerekmektedir?
5. Karar verdiğiniz çözümü ayrıntılı bir şekilde çiziniz (açıklayınız).

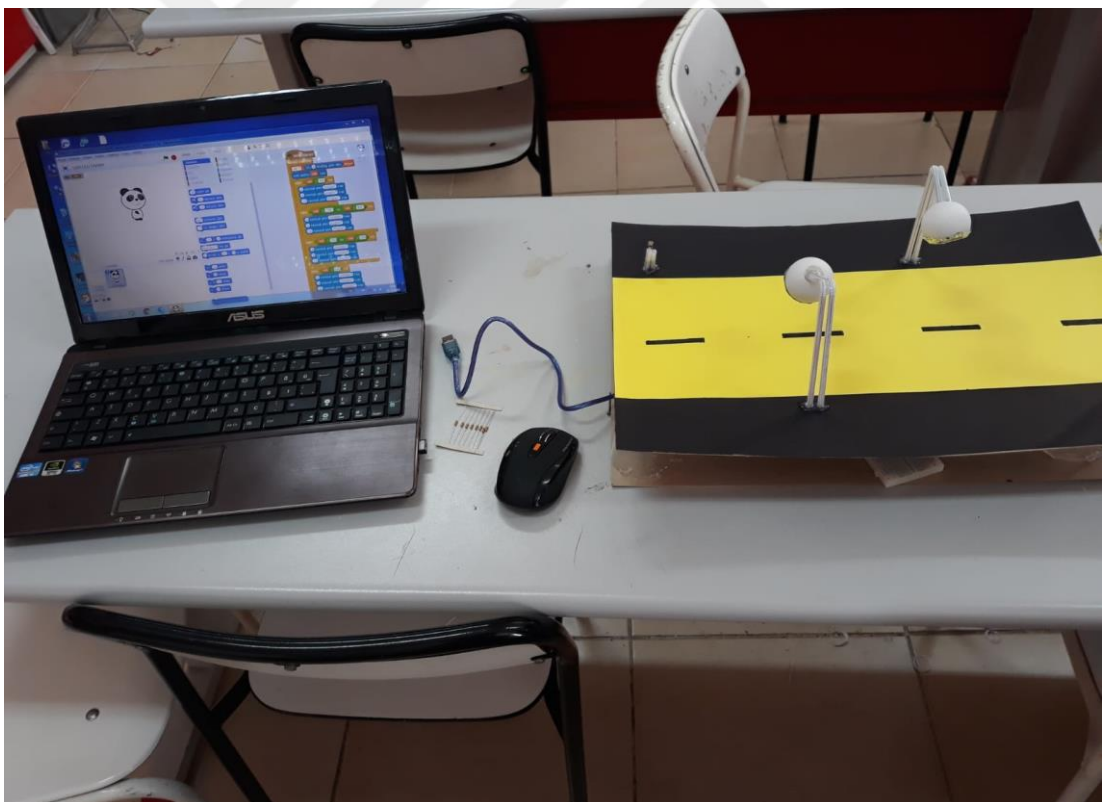
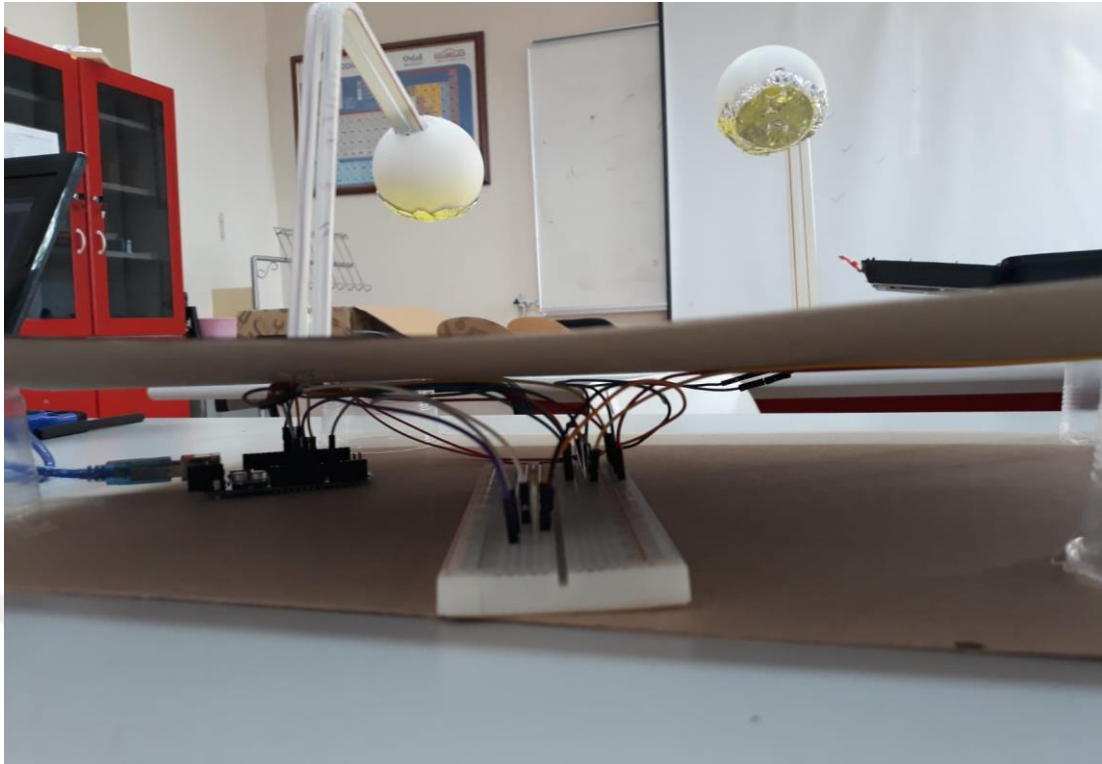
EK 12. GELECEĞİN TARIMI ETKİNLİĞİ ÇALIŞMA KAĞIDI**Geleceğin Tarımı**

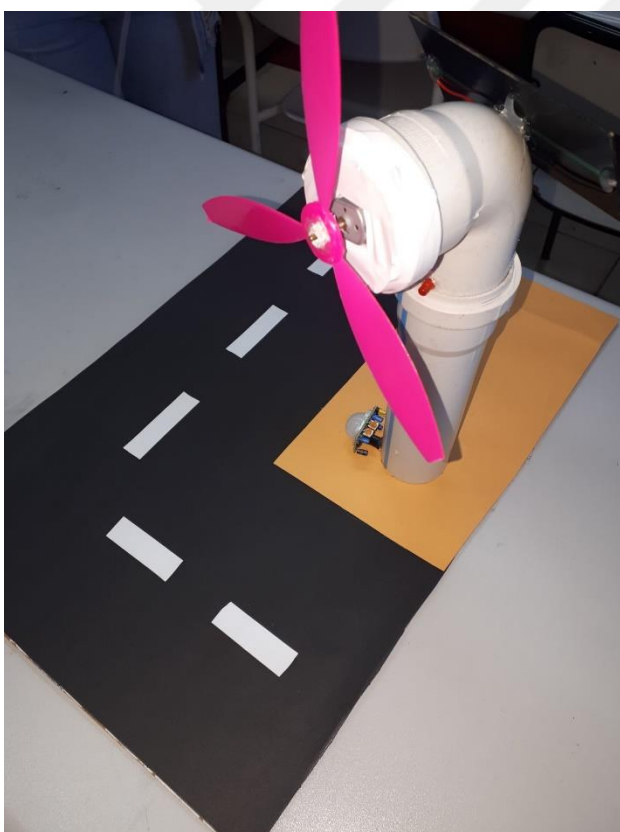
Dünya dışı gezegenlerde koloni kurma araştırmalarının yapıldığı günümüzde tarıma elverişli olmayan gezegenlerde tarımın nasıl yapılacağı da merak konusu olmuştur. Bunun yanında dünyamızda doğal kaynakların aşırı ve yanlış kullanılması, tahrip edilmesi sonucunda çevrede dengenin olumsuz yönde bozulması ile beraber toprak kirliliği oluşmaktadır. Toprak kirliliği sonucunda toprak verimsizleşir ve tarım yapılamaz hale gelir. Yapılan araştırmalara göre her yıl dünya genelinde 12 milyon hektar tarım alanı verimsizleşmektedir. Hem tarıma elverişli olmayan bölgelerde hem de toprağın verimsizleştiği bölgelerde tarım yapılabilmesi için bilim insanları alternatif tarım yöntemleri araştırmaktadır.

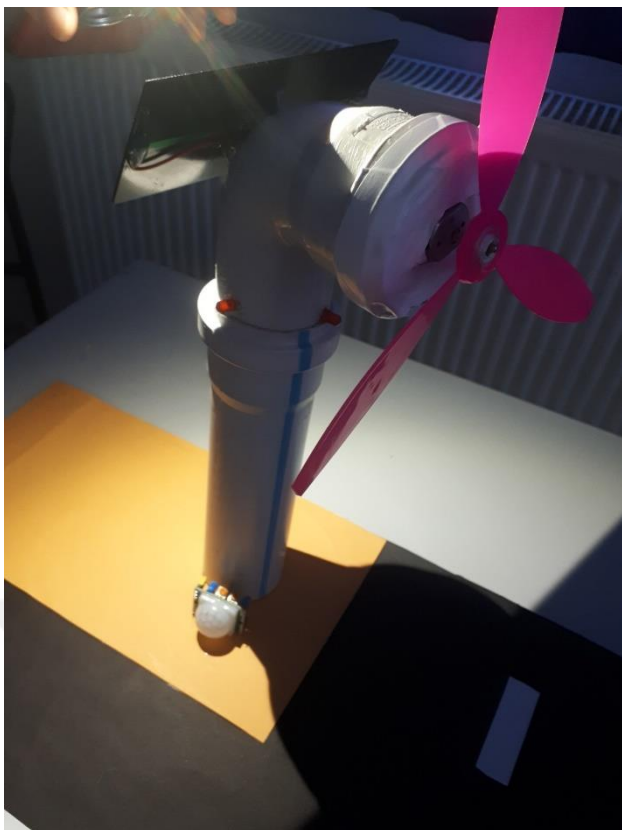


1. Problem ya da problemleri tanımlayınız.
2. Problem ya da problemlere yönelik çözüm önerilerinizi ifade ediniz.
3. Bu problem ya da problemler hakkında neler biliyorsunuz?
4. Bu problem ya da problemlerin çözümleri için neleri bilmeniz (araştırmanız) gerekmektedir?
5. Karar verdiğiniz çözümü ayrıntılı bir şekilde çiziniz (açıklayınız).

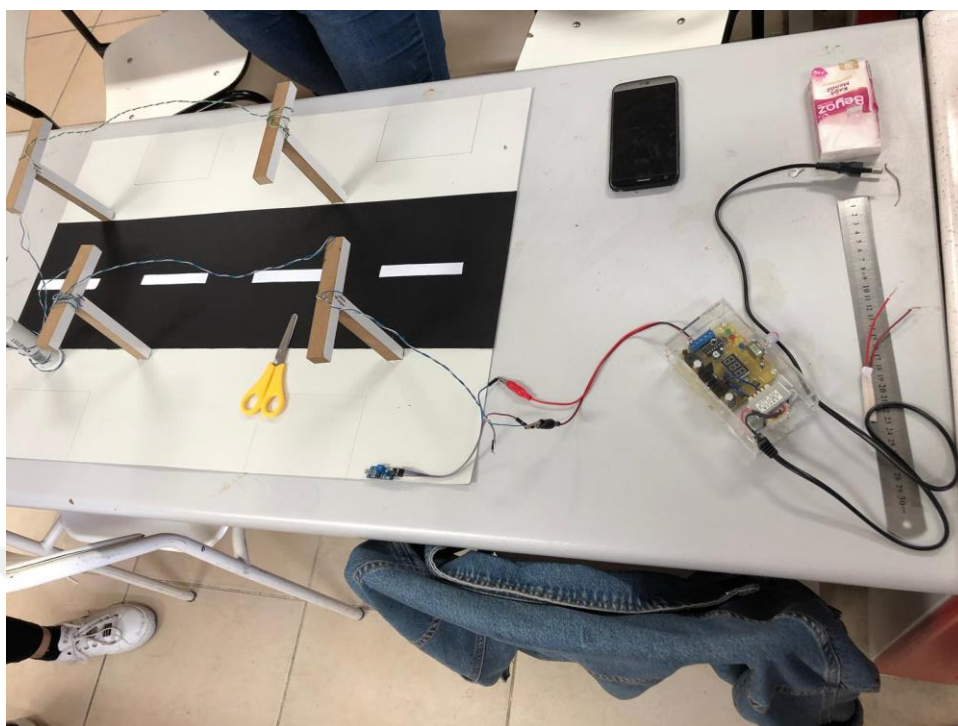
EK 13. ÖRNEK PROTOTİPLER (AYDINLATILMALI MI? ETKİNLİĞİ)

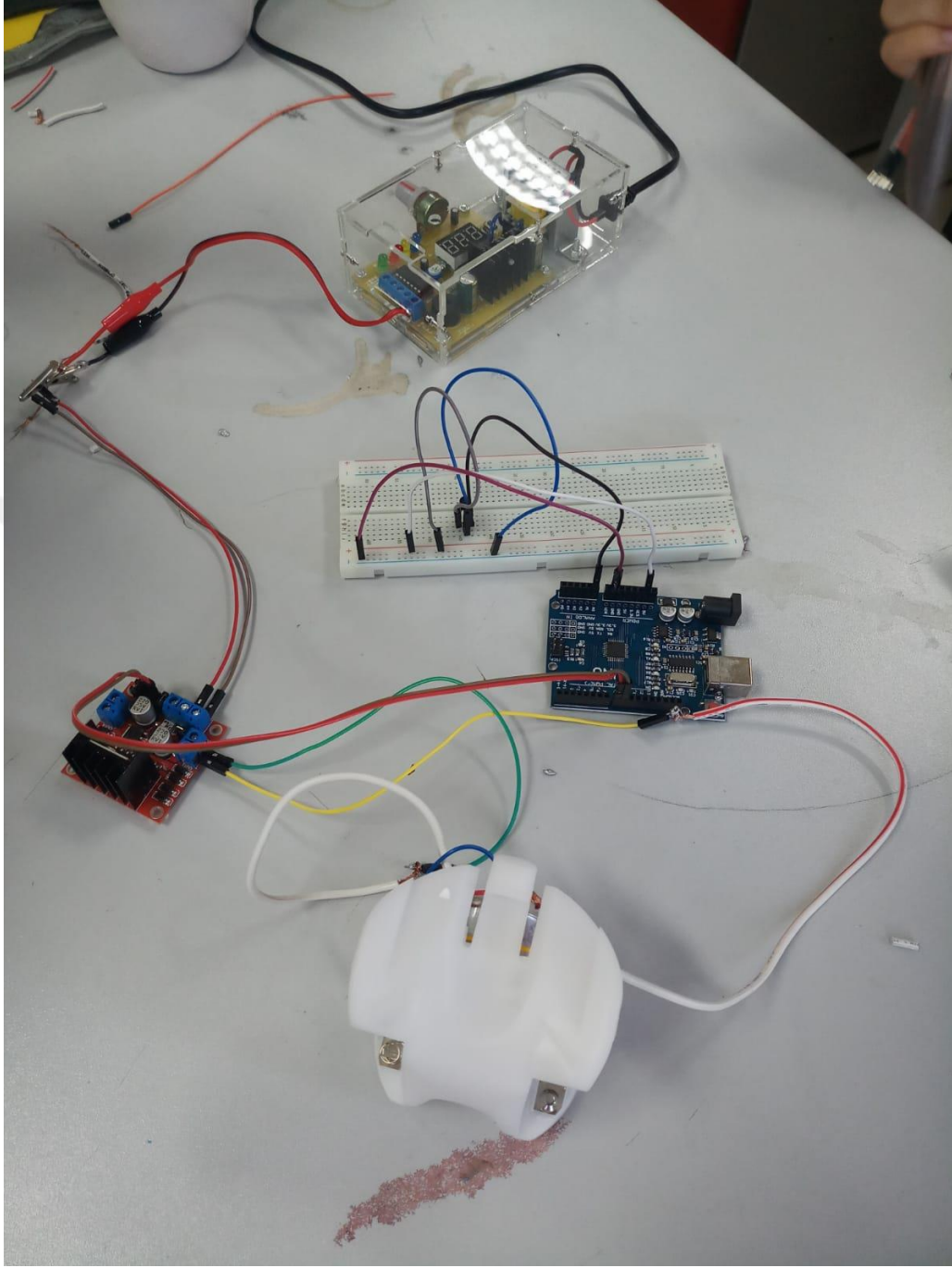


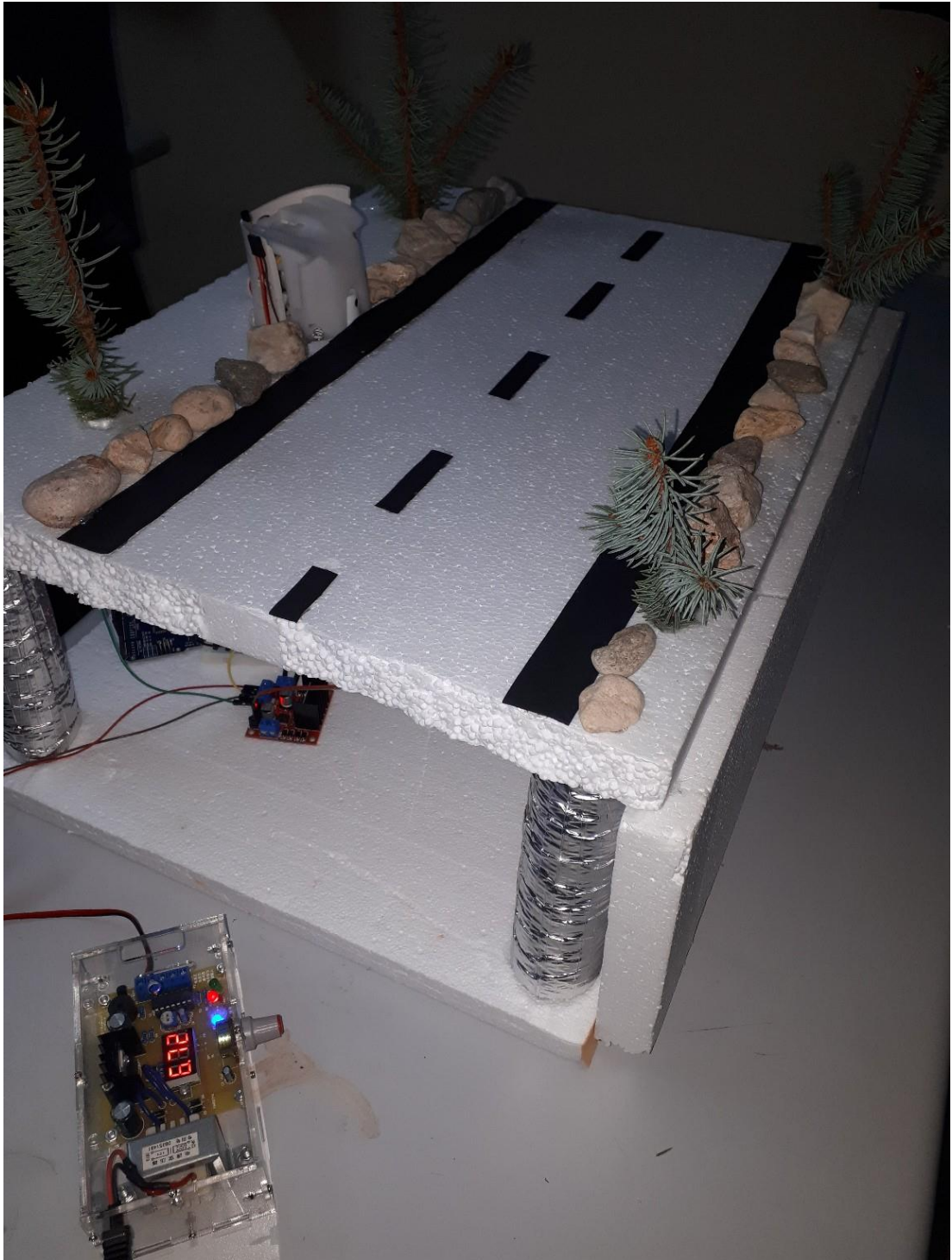


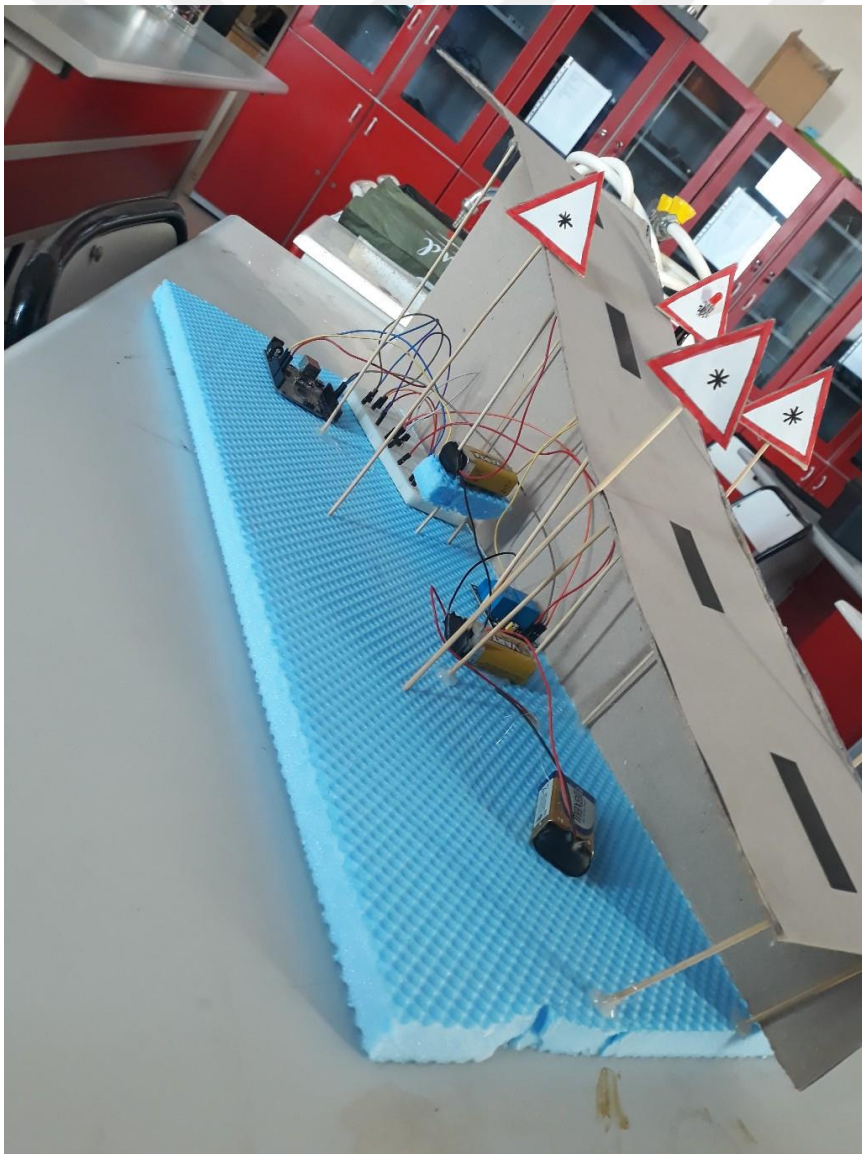
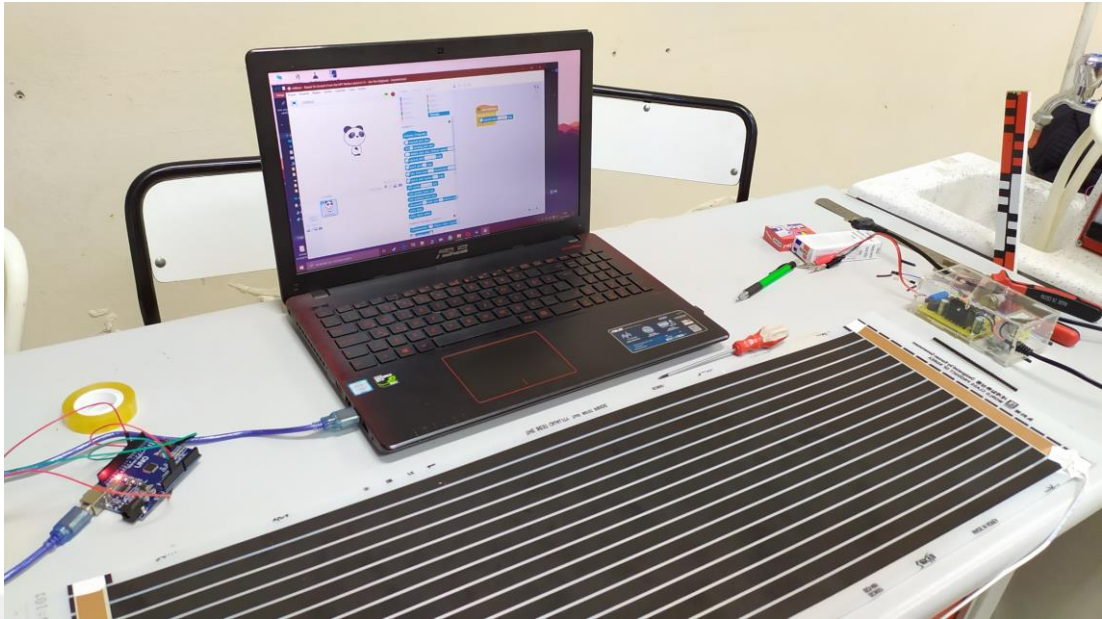


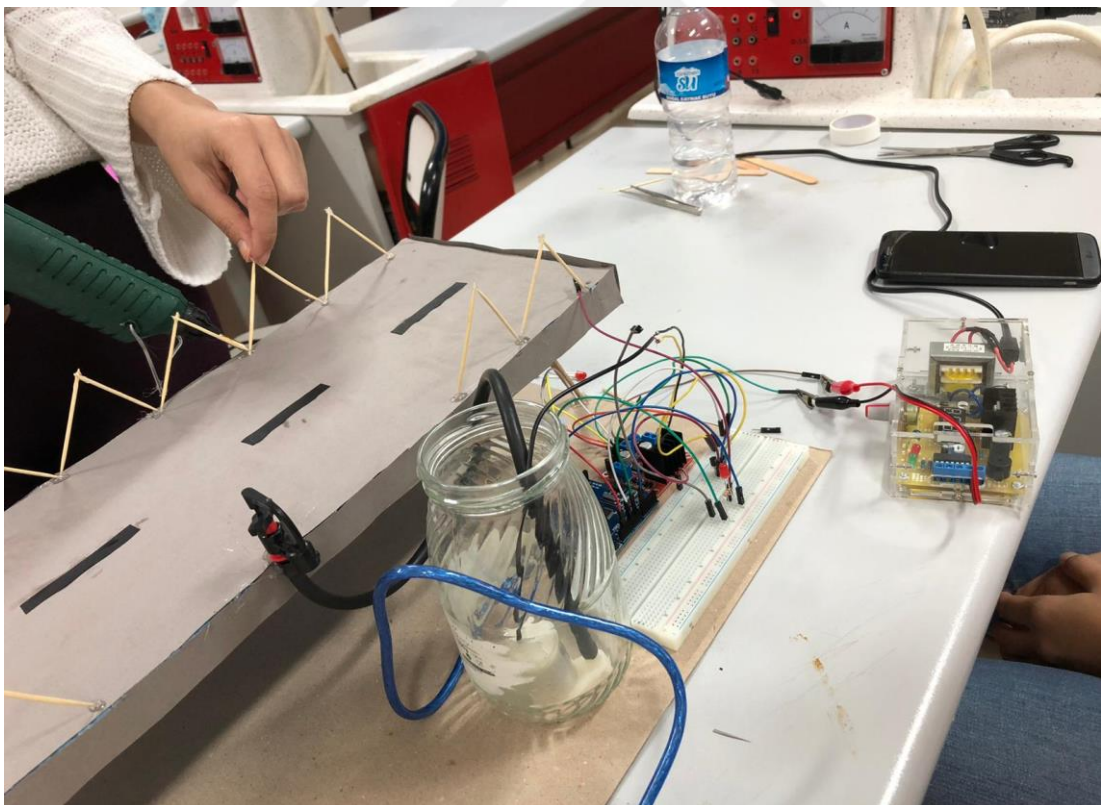
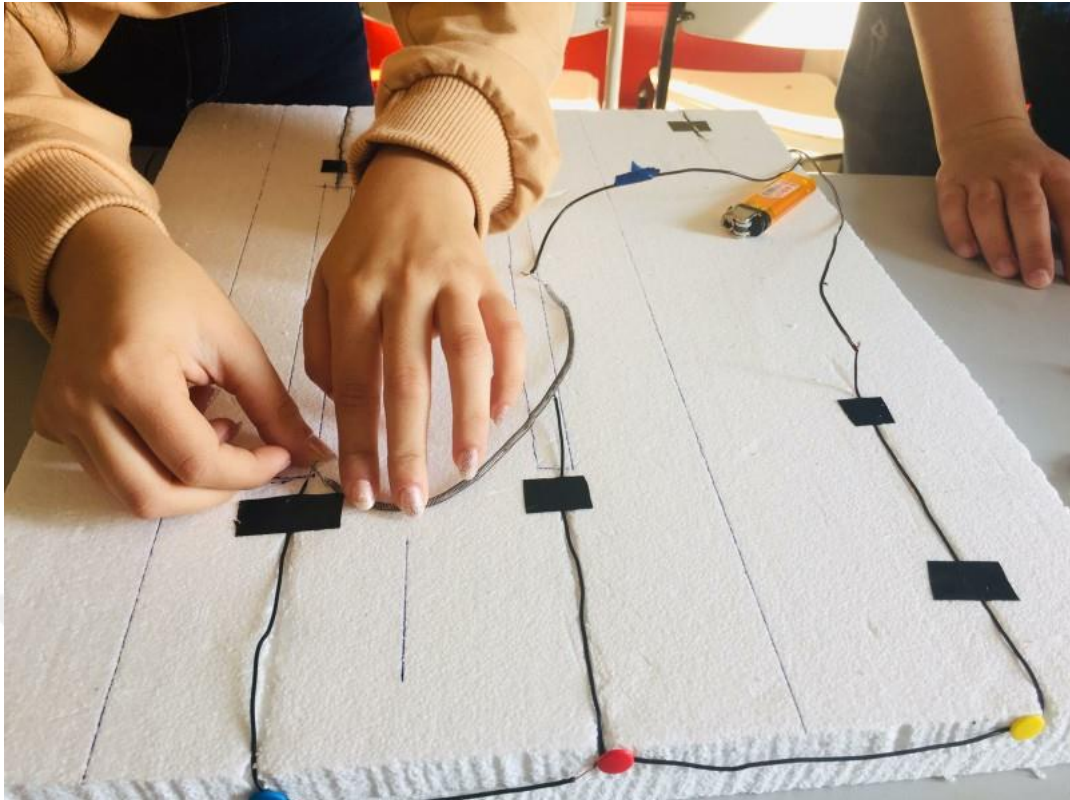




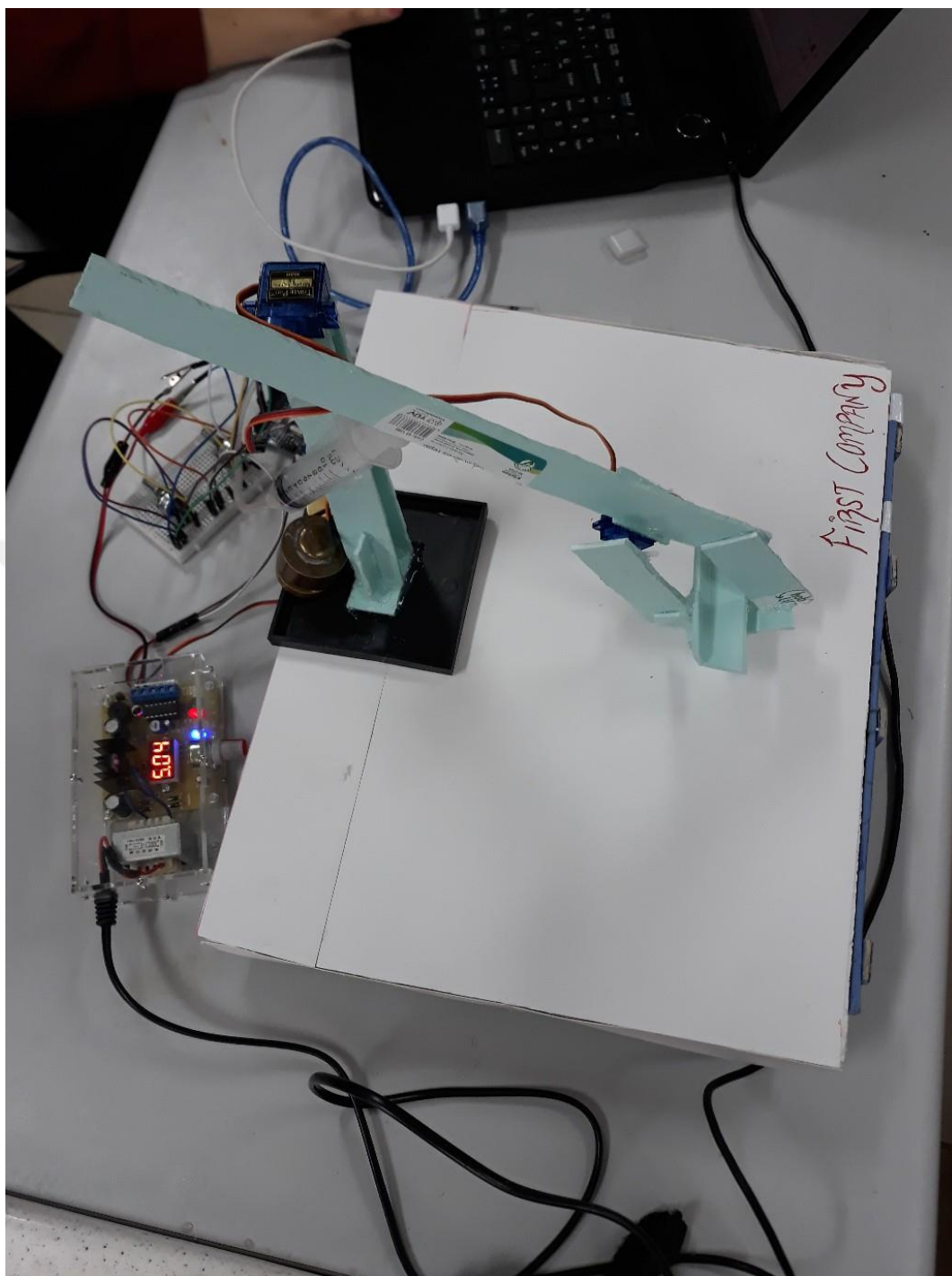
Ek 14. Örnek Prototip (Donan Yollar Etkinliği)

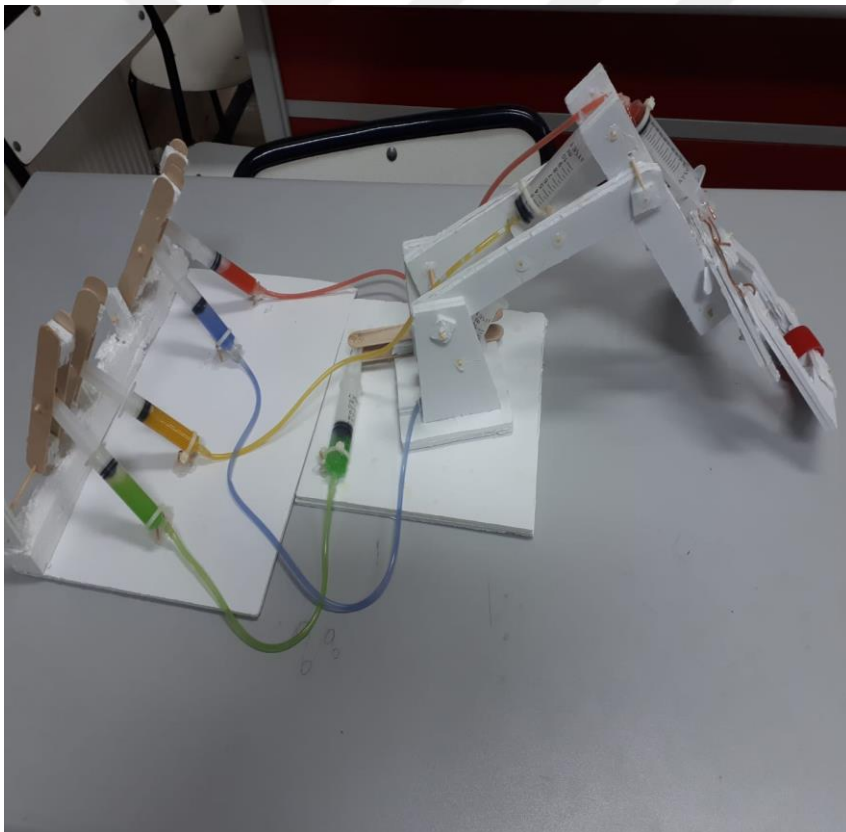


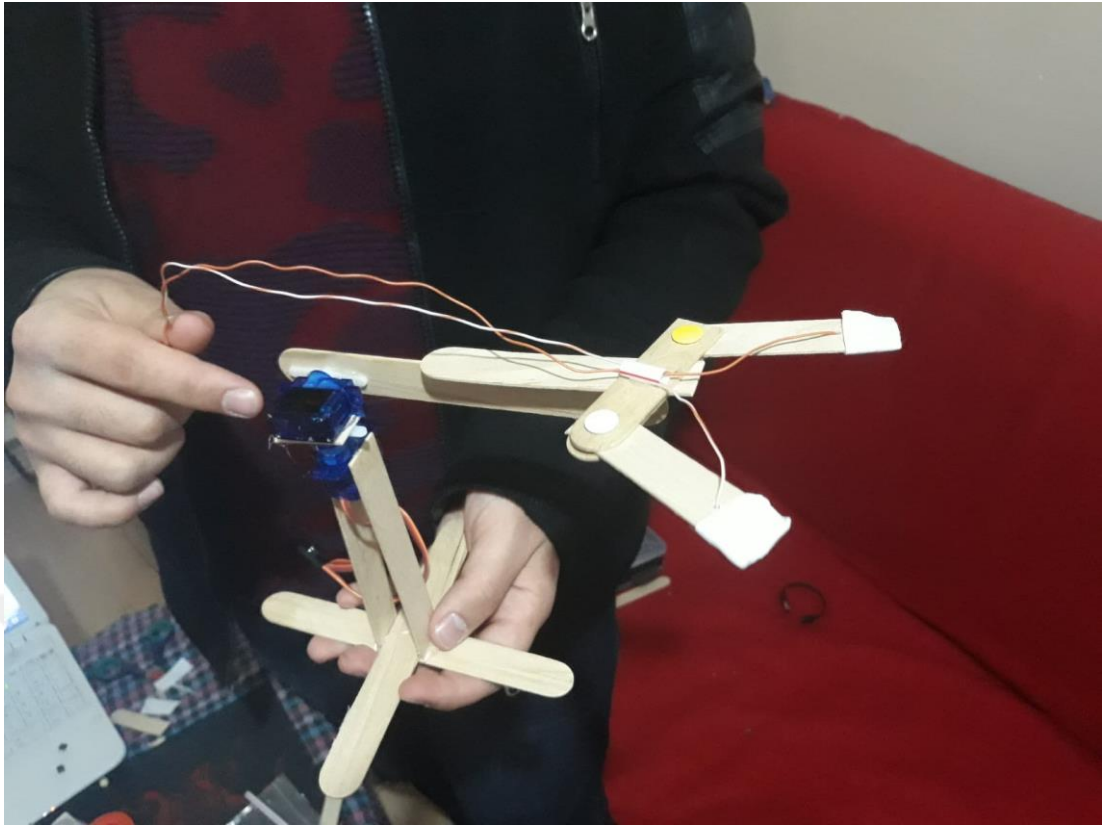




EK 15. ÖRNEK PROTOTİPLER (ÜRETELİM ETKİNLİĞİ)







EK 16. ÖRNEK PROTOTİPLER (GELECEĞİN TARIMI)



