



**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI  
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARI İÇİN STEM  
YAKLAŞIMI İLE OLUŞTURULMUŞ YENİLENEBİLİR  
ENERJİ TEMALİ ETKİNLİKLER MODÜLÜ GELİŞTİRME**

**NEFİSE AYHAN GÜNDÜZ**

**DENİZLİ - 2024**

T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI  
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARI İÇİN STEM YAKLAŞIMI İLE  
OLUŞTURULMUŞ YENİLENEBİLİR ENERJİ TEMALİ  
ETKİNLİKLER MODÜLÜ GELİŞTİRME

NEFİSE AYHAN GÜNDÜZ

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi İSMAİL UYSAL

## JÜRİ ÜYELERİ ONAY SAYFASI

Bu çalışma, Matematik ve Fen Bilimleri Anabilim Dalı, Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı'nda jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan: Prof. Dr. Serkan SEVİM

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İsmail UYSAL

Üye: Prof. Dr. Memduh Sami TANER

Üye: Prof. Dr. Kadir BİLEN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aytaç KARAKAŞ

Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../.....  
tarih ve ...../..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ahu ARICIOĞLU

Enstitü Müdürü

## ETİK BEYANNAMESİ

Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nün yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu; atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi; kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı; bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

İmza

Nefise AYHAN GÜNDÜZ

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez danıőmanım Dr. Öğr. Üyesi İsmail UYSAL'a sonsuz teşekkürlerimi ve őükranlarımı sunarım.

Doktora tez ęalıőmamın her aşamasında katkılarını esirgemeyen, eleőtiri ve önerileriyle bu ęalıőmayı değerli kılan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Serkan SEVİM'e, Dr. Öğr. Üyesi Aytaç KARAKAŞ'a, Prof. Dr. Memduh Sami TANER'e ve Prof. Dr. Kadir BİLEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Akademik ęalıőmalarımda her zaman desteğini yanımda hissettiğim sevgili eőim, canım oğlum, son olarak koőulsuz sevgileriyle her an yanımda hissettiğim kıymetli anneme ve babama ithaf edilmiştir.

Nefise AYHAN GÜNDÜZ

## ÖZET

### Fen Bilgisi Öğretmen Adayları İçin STEM Yaklaşımı ile Oluşturulmuş Yenilenebilir Enerji Temalı Etkinlikler Modülü Geliştirme

AYHAN GÜNDÜZ, Nefise

Doktora Tezi, Matematik ve Fen Bilimleri ABD,

Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi İsmail UYSAL

Mart 2024, 240 sayfa

Enerji her eğitim kademesinde rast geldiğimiz bir kavram olmasına rağmen fizik, kimya ve biyoloji disiplinlerinde özel tanımlar içermektedir. Bu bakımdan her ne kadar ayrı ayrı ele alınmış olsa da bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışmanın amacı, fen bilgisi öğretmen adayları için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı etkinlikler modülünün geliştirilmesi ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesidir. Bu modülde; Güneş Panelleri, Parabolik Güneş Kolektörleri, Rüzgar Türbinleri, Biyokütle Enerjisi, Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması, Evaporatif Soğutucular ve Atık Yönetimi alt etkinlikleri bulunmaktadır. Çalışmanın örneklemini 2022-2023 eğitim-öğretim yılında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı'nın 3. sınıfında öğrenim gören öğretmen adayları oluşturmuştur. Uygulamalar, Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları kapsamında bahar ve güz olmak üzere iki dönem olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın örneklemini; pilot uygulama için 25, gerçek uygulama için 25 ve toplamda 50 öğrenciden oluşmaktadır. Bu çalışma eylem araştırması çalışmasıdır. Veriler; öğrencilerin dijital platformlara yükledikleri sınıf dışı çalışmaları, sınıf içi çalışmaları ve bunun yanı sıra araştırmacının gözlemleri yoluyla toplanmıştır. Bu veriler, STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) ve STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, fen bilgisi öğretmen adayları için geliştirilen STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı etkinlikler modülü üniversite seviyesindeki öğretim süreçleri için uygulanabilir hale geldiği düşünülebilir. Modül, öğretmen adaylarının STEM becerilerini geliştirmelerine ve öğrenmeyi daha etkileşimli hale getirmelerine yardımcı olabilir. Bu çalışmanın sonucunda, öğretmen adaylarının

yenilenebilir enerji konusunda daha bilinçli ve yetkin bir şekilde öğretmenlik yapabileceklerini ve gelecekteki öğrencilerine de benzer süreçleri tasarlayarak yararlı olacakları tahmin edilebilir. Yapılan düzenlemelerle son halini alan ders modülünün literatürdeki kriterlere dayanarak uygulanabilir hale geldiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Fen bilgisi öğretmen adayları, yenilenebilir enerji, STEM yaklaşımı, etkinlikler modülü.

## **ABSTRACT**

### **Developing Renewable Energy Themed Activities Module Based on STEM Approach for Science Teacher Candidates**

AYHAN GÜNDÜZ, Nefise

Ph.D. Dissertation in Department of Mathematics and Science Education,  
Science Education,

Supervisor: Dr. İsmail UYSAL

March 2024, 240 pages

Although energy is a concept we come across at every level of education, it includes specific definitions in the disciplines of physics, chemistry, and biology. Although it is treated separately, it should be evaluated as a whole in this respect. The aim of this study is to develop a module of activities themed on renewable energy based on the STEM approach for science teacher candidates and to evaluate its applicability. In this module, there are subactivities of Solar Panels, Parabolic Solar Collectors, Wind Turbines, Biomass Energy, Use of Rainwater as Irrigation Water, Evaporative Coolers and Waste Management. The study sample consisted of teacher candidates studying in the third grade of the Department of Science Education at Pamukkale University in the academic year 2022-2023. The implementations were carried out in two semesters, spring and fall, within the scope of Science Teaching Laboratory Practices course. The sample of the study; It consists of 25 students for the pilot implementation, 25 for the real implementation and 50 students in total. This study is an action research study. The data were collected through out-of-class student work uploaded to digital platforms, in-class work and researcher observations. These data were analysed using the STEM Integration Curriculum Assessment (STEM-ICA) and the High School Rubric for Engineering Design Logs. As a result, the renewable energy-themed activities module based on the STEM approach for science teacher candidates can be thought to be applicable for teaching processes at the university level. The module can help teacher candidates to improve their STEM skills and make learning more interactive. In consequence of this study, it can be predicted that teacher candidates will be able to teach in a more conscious and competent way about renewable energy and also will be helpful to their future



students by designing similar processes. It can be said that the course module, which took its final form with the arrangements, has become applicable based on the criteria in the literature.

Keywords: Science teacher candidates, renewable energy, STEM approach, activities module.

## İÇİNDEKİLER

JÜRİ ÜYELERİ ONAY SAYFASI.....	iii
ETİK BEYANNAMESİ.....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xviii
BİRİNCİ BÖLÜM: GİRİŞ .....	1
1.1. Problem Durumu .....	2
1.1.1. Problem Cümlesi.....	3
1.1.2. Alt Problemler.....	3
1.2. Araştırmanın Amacı.....	3
1.3. Araştırmanın Önemi .....	4
1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları .....	5
İKİNCİ BÖLÜM: KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR .....	6
2.1. Kuramsal Çerçeve .....	6
2.1.1. Yenilenebilir Enerji .....	6
2.1.1.1. Yenilenebilir enerjinin önemi.....	7
2.1.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları.....	8
2.1.1.3. Yenilenebilir enerjinin avantajları ve dezavantajları.....	16
2.1.2. STEM Yaklaşımı ve Mühendislik Tasarım Süreci.....	17
2.1.2.1. STEM yaklaşımının tanımı ve önemi. ....	17
2.1.2.2. STEM yaklaşımının temel bileşenleri.....	19
2.1.2.2. Mühendislik tasarım süreci.....	21
2.1.3. Enerji ve STEM .....	27
2.1.3.1. STEM yaklaşımının enerji sektöründe kullanımı. ....	27
2.1.3.2. Mühendislik tasarım sürecinin yenilenebilir enerji teknolojileriyle ilişkisi ...	29
2.1.3.3. STEM yaklaşımının yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimine katkısı..	30
2.1.3.4. STEM yaklaşımının yenilenebilir enerji konusunda öğrenci motivasyonunu artırma potansiyeli. ....	31

2.2. İlgili Araştırmalar .....	33
2.2.1. Yurt İçinde Yapılan Araştırmalar.....	33
2.2.2. Yurt Dışında Yapılan Araştırmalar .....	38
3.1. Araştırma Deseni .....	43
3.1.1. Etkinlikler Modülünün Amaçları ve Hedefleri .....	48
3.1.2. Etkinliklerin Tasarımı ve İçeriği .....	49
3.2. Evren ve Örneklem/Çalışma Grubu .....	53
3.3. Veri Toplama Araç ve Teknikleri .....	53
3.4. Veri Toplama Süreci .....	59
3.4.1. Pilot Uygulama .....	59
3.4.2. Gerçek Uygulama .....	65
3.4.2.1. Güneş panelleri. ....	65
3.4.2.2. Parabolik güneş kolektörleri. ....	70
3.4.2.3. Rüzgar türbinleri. ....	74
3.4.2.4. Yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması.....	80
3.4.2.5. Biyokütle ve biyokütle enerjisi. ....	85
3.4.2.6. Evaporatif soğutucular.....	89
3.4.2.7. Atık yönetimi.. ....	91
3.5. Verilerin Analizi.....	94
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: BULGULAR VE YORUM .....</b>	<b>99</b>
4.1. STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriğinden (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) Elde Edilen Bulgular .....	101
4.2. STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriğinden Elde Edilen Bulgular .....	103
4.2.1. Güneş Panelleri Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular .....	104
4.2.2. Parabolik Güneş Kolektörleri Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular.....	113
4.2.3. Rüzgar Türbini Yapma Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular .....	121
4.2.4. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular .....	128
4.2.5. Biyokütle Enerjisi Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular.....	136
4.2.6. Evaporatif Soğutucular Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular.....	144
4.2.7. Atık Yönetimi Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular .....	152
4.3. Tüm Grupların Alt Etkinlikler Boyunca Ortalama Rubrik Puanlarının Değerlendirilmesi .....	160

BEŞİNCİ BÖLÜM: TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	164
5.1. Tartışma .....	164
5.1.1. Güneş Paneli Etkinliğine İlişkin Tartışma .....	164
5.1.2. Parabolik Güneş Kolektörleri Etkinliğine İlişkin Tartışma .....	167
5.1.3. Rüzgar Türbinleri Etkinliğine İlişkin Tartışma .....	170
5.1.4. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Etkinliğine İlişkin Tartışma .....	172
5.1.5. Biyokütle Enerjisi Etkinliğine İlişkin Tartışma .....	174
5.1.6. Evaporatif Soğutucular Etkinliğine İlişkin Tartışma .....	176
5.1.7. Atık Yönetimi Etkinliğine İlişkin Tartışma.....	179
5.2. Öneriler.....	182
KAYNAKÇA.....	184
EKLER .....	194
Ek 1: Parabolik Güneş Kolektörü Alt Etkinliği Örnek Şablon.....	194
EK 2: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) İzni .....	198
EK 3: STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği İzni.....	199
EK 4: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) .....	200
EK 5: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) Örnek Uzman İncelemesi (Pilot Uygulama) .....	204
EK 6: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) Örnek Uzman İncelemesi (Gerçek Uygulama) .....	208
EK 7: STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği.....	212
EK 8: Etkinlik Puanlama Çizelgesi .....	219
EK 9: Güneş Panelleri Etkinliği için Etkinlik Puanlama Çizelgesi (Pilot Uygulama)....	220
Ek 10: Güneş Panelleri Etkinliği için Etkinlik Puanlama Çizelgesi (Gerçek Uygulama) .....	221
ÖZGEÇMİŞ.....	222

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Türkiye'nin Bölgeler Bazında Yıllık Güneş Enerji Potansiyeli.....	11
Tablo 2.2. Yenilenebilir Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları.....	17
Tablo 3.1. Etkinliklerin Uygulama Dönem ve Süreleri.....	59
Tablo 3.2. Pilot Uygulama İçin Planlanan Etkinlikler ve Süreleri.....	60
Tablo 3.3. Öğrencilerin Ulaştığı Deney Sonuçları.....	85
Tablo 4.1. STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) Uzman Değerlendirme Çizelgesi.....	102
Tablo 4.2. Güneş Panelleri Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi.....	104
Tablo 4.3. Güneş Panelleri Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi.....	108
Tablo 4.4. Parabolik Güneş Kolektörleri Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi.....	113
Tablo 4.5. Parabolik Güneş Kolektörleri Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi.....	116
Tablo 4.6. Rüzgar Türbini Yapma Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi.....	121
Tablo 4.7. Rüzgar Türbini Yapma Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi.....	124
Tablo 4.8. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi .....	129
Tablo 4.9. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi.....	132

Tablo 4.10. <i>Biyokütle Enerjisi Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi</i> .....	137
Tablo 4.11. <i>Biyokütle Enerjisi Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi</i> .....	140
Tablo 4.12. <i>Evaporatif Soğutucular Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi</i> .....	145
Tablo 4.13. <i>Evaporatif Soğutucular Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi</i> .....	148
Tablo 4.14. <i>Atık Yönetimi Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi</i> .....	153
Tablo 4.15. <i>Atık Yönetimi Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi</i> .....	156
Tablo 4.16. <i>Tüm Grupların Alt Etkinlikler İçin Rubrik Değerlendirmesi Ortalamaları (Pilot Uygulama)</i> .....	160
Tablo 4.17. <i>Tüm Grupların Alt Etkinlikler İçin Rubrik Değerlendirmesi Ortalamaları (Gerçek Uygulama)</i> .....	160

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yenilebilir enerji kaynakları .....	8
Şekil 3.1. Eylem araştırması döngüsü .....	46
Şekil 3.2. Eylem araştırması spiral model .....	47
Şekil 3.3. Mühendislik tasarım süreci .....	52
Şekil 3.4. Google classroomda öğrencilere ödev atama.....	55
Şekil 3.5. Öğrencilerin classrooma yükledikleri belgeler .....	56
Şekil 3.6. 1957-2021 tarihleri baz alınarak öğrenciler tarafından oluşturulmuş Denizli ili için güneşlenme süreleri ve ortalama sıcaklıklar .....	66
Şekil 3.7. Seri ve paralel bağlama öğrenci çizimi .....	67
Şekil 3.8. Güneş panelleri öğrenci çalışması.....	67
Şekil 3.9. Güneş panellerinin birleştirilmesiyle oluşturulan sistemin ölçülmesi .....	68
Şekil 3.10. Led ampul sayısı artırılarak oluşturulan devre çalışması.....	68
Şekil 3.11. Hazır panellerin seri bağlanması .....	68
Şekil 3.12. Hazır güneş panellerinin paralel bağlanması .....	69
Şekil 3.13. Diğer grup çalışmaları.....	69
Şekil 3.14. Parabol denklemi hesaplamaları ve bu hesaplamalar doğrultusunda çizilerek çıkarılan kalıplar .....	71
Şekil 3.15. Parabolik güneş kolektörü prototipi öğrenci çizimi .....	71
Şekil 3.16. Verilen denklemlere uygun çizilen parabol.....	72
Şekil 3.17. Parabolik güneş kolektörü prototipi yapım fotoğrafları.....	72
Şekil 3.18. Parabolik güneş kolektörü prototipine termometrenin yerleştirilmesi.....	72
Şekil 3.19. Öğrencilerin parabolik güneş kolektörü odaklama çalışmaları.....	73
Şekil 3. 20. Rotor yapımı için kullanılan malzemeler .....	75
Şekil 3.21. Rotor yapımı öğrenci çalışması.....	75
Şekil 3.22. Öğrencilerin yaptıkları rotorların tel kalınlığı ve sarım sayısına göre sahip oldukları akımın ölçülmesi .....	76
Şekil 3.23. Rotor için ince tel ile yapılan öğrenci çalışması .....	77
Şekil 3.24. Rotor için kalın tel ile yapılan öğrenci çalışması .....	77
Şekil 3.25. Rüzgar türbini prototipi için öğrenci çizimi.....	78
Şekil 3.26. Rüzgar türbini prototipi için kanat gövdesi yapım aşamaları .....	78
Şekil 3.27. Rüzgar türbini prototip yapım aşamaları .....	79
Şekil 3.28. Rüzgar türbini prototip öğrenci çalışmaları .....	79

Şekil 3.29. Rüzgar türbini prototipinin 4, 3, 2 ve 1 kanatlı olarak ölçümlerinin yapılması .....	80
Şekil 3.30. Yağmur suyunun pH metre ve pH kağıtlarıyla ölçümü.....	82
Şekil 3.31. Öğrencilerin pH metre ile yaptıkları asit baz çözeltileri ölçümleri.....	82
Şekil 3.32. Denizli Su ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı'na bağlı Denizli Çevre Kalite Laboratuvarı ziyareti.....	83
Şekil 3.33. Öğrencinin yapmayı planladığı yağmur suyu fiziksel arıtıcısının prototip çizimi .....	83
Şekil 3.34. Yağmur suyu fiziksel arıtım prototipi örnekleri (öğrenci çalışmaları).....	84
Şekil 3.35. Fiziksel arıtım için hazırlanan çamurlu su .....	84
Şekil 3.36. Türbidimetre bulanıklık cihazı ile ölçümlerin yapılması .....	85
Şekil 3.37. Biyogaz üretim prototipi için öğrenci tasarım çizimi .....	87
Şekil 3.38. Biyogaz üretim prototipi için öğrenci cevapları .....	87
Şekil 3.39. Meyve ve sebzelerin biyokütle kaynağı olarak kullanıldığı bir sistemde bir hafta sonunda balonun şişmesi .....	88
Şekil 3.40. Güvercin gübresi biyokütle kaynağı kullanılarak oluşturulan sistemde balonun beş gün içindeki değişimi .....	89
Şekil 3.41. Hayvan gübresi biyokütle kaynağı kullanılarak oluşturulan farklı bir sistemin bir hafta sonraki değişimi .....	89
Şekil 3.42. Evaporatif soğutucu prototipi için öğrenci çizimi.....	90
Şekil 3.43. Evaporatif soğutucu prototipi için termometre yardımıyla başlangıç ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın ölçülmesi .....	91
Şekil 3.44. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 1) ..	92
Şekil 3.45. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 2 ve 3) .....	93
Şekil 3.46. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 4) ..	93
Şekil 3.47. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 5) ..	94
Şekil 4.1. Ders planları değerlendirmesinin uzman ortalama puanları bazında dağılımının gösterimi .....	103
Şekil 4.2. Güneş panelleri alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi.....	112



<i>Şekil 4.3.</i> Parabolik güneş kolektörü alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi .....	120
<i>Şekil 4.4.</i> Rüzgar türbini alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalardan grup ortalama puanlarının gösterimi .....	128
<i>Şekil 4.5.</i> Yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi .....	136
<i>Şekil 4.6.</i> Biyokütle enerjisi alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi .....	144
<i>Şekil 4.7.</i> Evaporatif soğutucular alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi .....	152
<i>Şekil 4.8.</i> Atık yönetimi alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi .....	159
<i>Şekil 4.9.</i> Grupların etkinlik bazında ortalama puanlarının dağılımı .....	161
<i>Şekil 4.10.</i> Tüm etkinliklerden alınan ortalama puanın grup bazında dağılımı .....	162

## SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

BİLSEM	: Bilim ve Sanat Merkezi
CFC	: Kloroflorokarbonlar
CH <sub>4</sub>	: Metan
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
GW	: Gigawatt
H <sub>2</sub> O	: Su
HES	: Hidroelektrik Santrali
HFC	: Hidroflorokarbonlar
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
kWh	: Kilowatt-saat
LED	: Işık Yayan Diyot
mA	: Miliamper
MW	: Megawatt
N <sub>2</sub> O	: Azot Oksit
NTU	: Bulanıklık Birimi
O <sub>3</sub>	: Ozon
PV	: Fotovoltaik
STEM	: Science, Technology, Engineering, Mathematics
STEM-ICA	: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği
TWh	: Terawatt-saat
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.

## BİRİNCİ BÖLÜM: GİRİŞ

Enerji, modern toplumların sürdürülebilirlik ve kalkınma açısından en temel ihtiyaçlarından biridir. Ancak, geleneksel enerji kaynaklarının sınırlı ve çevresel olarak zararlı olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmıştır (Shinn, 2018). Yenilenebilir enerji, doğal kaynaklarımızın sınırsız potansiyelini kullanarak enerji üretiminde çevre dostu ve sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır.

Enerji, STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) yaklaşımıyla sıkı bir ilişkiye sahiptir ve STEM yaklaşımı, enerji sektöründe çeşitli uygulamalar ve yeniliklerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. STEM yaklaşımı, bilimsel düşünce, teknoloji kullanımı, mühendislik becerileri ve matematiksel analizleri birleştirerek sorunlara çözüm bulmayı hedeflemektedir (Bybee, 2013).

Bu bağlamda, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yaklaşımı, öğrenme süreçlerinde bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini entegre ederek öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, iletişim ve işbirliği gibi becerilerini geliştirmeyi hedeflemektedir (Yıldırım ve Gelmez-Burakgazi, 2020). STEM yaklaşımının yenilikçi ve uygulamaya dayalı doğası, enerji konusunda farkındalık yaratma ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi gibi alanlarda büyük potansiyele sahiptir.

STEM yaklaşımı, enerji sektöründe yenilikçi ve sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu yaklaşım, enerji sektöründe karşılaşılan karmaşık sorunlara analitik ve sistematik bir şekilde yaklaşmayı sağlamaktadır. Örneğin, enerji talebinin artmasıyla birlikte güç şebekelerinin güvenilirliği ve kapasitesi ile ilgili sorunlar ortaya çıkmaktadır. STEM yaklaşımı, bu tür sorunlara verimli çözümler sunan akıllı şebeke sistemlerinin tasarlanması ve optimize edilmesi için kullanılmaktadır. STEM yaklaşımı, enerji sektöründe ayrıca geleceğe yönelik stratejik planlamaların yapılmasında da etkilidir (Altunel, 2018). Örneğin, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik konuları, enerji sektöründe önemli bir rol oynamaktadır. STEM becerileri ve analitik yetenekler, enerji talebini ve tüketim desenlerini analiz etmek, yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre etmek ve karbon emisyonlarını azaltmak için stratejik kararların alınmasına yardımcı olmaktadır.

STEM yaklaşımı, öğrencilerin gelecekteki kariyerlerine hazırlanmalarına yardımcı olması, öğrencilerin teknolojiye olan ilgisini artırması, yenilikçi çözümler bulma konusunda öğrencilere ilham vermesi ve toplumsal problemlere çözüm bulma konusunda öğrencilerin katkı sağlamalarına olanak tanınmasıdır. STEM eğitimi, öğrencilerin sadece okulda değil, hayatlarının her alanında karşılaştıkları problemleri çözmelerine yardımcı

olur. Bu nedenle, STEM eğitimi, modern dünyada giderek daha fazla önem kazanmaktadır ve ülkeler arasındaki rekabet gücünü belirleyen faktörlerden biri haline gelmiştir. STEM eğitimi, öğrencilerin gelecekteki iş fırsatlarına hazırlanmaları, ülke ekonomilerine katkı sağlamaları ve toplumsal problemlere yenilikçi çözümler bulmaları açısından önemlidir (Brown, Brown, Reardon ve Merrill, 2011).

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) yaklaşımı, yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişiminde önemli bir role sahiptir. Bu yaklaşım, bilimsel araştırmalar, teknolojik yenilikler, mühendislik tasarımları ve matematiksel analizleri birleştirerek enerji sektöründe yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bilimsel araştırmalar, güneş enerjisi teknolojilerinin temelinde yatan fiziksel prensipleri anlamamızı sağlamaktadır. STEM yaklaşımıyla yapılan araştırmalar, güneş ışığının fotovoltaik hücrelerde nasıl elektrik enerjisine dönüştürüldüğünü, hücrelerin malzeme özelliklerini ve performanslarını inceleyerek daha verimli ve etkili hücrelerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Felix, 2010).

Fen bilgisi öğretmen adayları, gelecekteki öğretmenler olarak önemli bir rol üstlenmektedir. Yenilenebilir enerji konusunda bilgili ve yetkin bir şekilde donatılmış olmaları, öğrencilerine doğru ve güncel bilgiler sunabilme becerisi kazanmaları açısından büyük önem taşımaktadır (Madden, Beyers ve O'brien, 2016). Bu nedenle, fen bilgisi öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji konusundaki bilgi düzeylerinin artırılması ve STEM becerilerinin geliştirilmesi için uygun pedagojik araçların tasarlanması gerekmektedir.

### 1.1. Problem Durumu

Yapılan araştırmalarda; fizikteki enerji kavramının, pek çok bilim dalında kullanıldığı ve disiplinler arası bir kavram olduğu bu amaçla da kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak bütünsel olarak ele alınması gerektiği görülmüştür (Akpınar ve Ergin, 2004; Aydın ve Balım, 2005; Gürdal, Şahin ve Bayram, 1999; Lancor, 2014). Bu bağlamda disiplinlerarası bir ifade olan enerji kavramının öğretilmesinde STEM gibi gerçek yaşam problemlerini temel alarak öğrencilerin yaratıcılıklarını, problem çözme becerilerini, sosyal becerilerini geliştirebilecekleri ve STEM'i bir bütün olarak ele alan bir yaklaşıma ihtiyaç vardır.

STEM eğitimi öğrencilere disiplinler arası düşünme becerisi kazandırarak gerçek yaşam problemlerini çözmek için iş birliği içinde çalışma konusunda deneyimler sunarken, yaşama dair çözümler geliştirmelerine de zemin hazırlayacak yaşantılar sağlamaktır

(Dugger, 2010). STEM öğrencilere çağın gerektirdiği tüm bu becerileri kazandıracak etkili bir yaklaşımdır. STEM yaklaşımı ile öğrenciler hayal ettikleri tüm tasarımları ortaya koyarken var olan bilgi birikimlerini işe koşabileceklerdir. Ayrıca iş birliği, fikirlere saygı ve iletişim gibi sosyal becerileri de geliştirebilecektir.

### 1.1.1. Problem Cümlesi

Fen bilgisi öğretmen adayları için STEM yaklaşımı ile yenilenebilir enerji temalı etkinlikler oluşturulabilir mi?

### 1.1.2. Alt Problemler

1. Yenilenebilir enerji temalı STEM etkinliklerinin tasarım açısından uygulanabilirlikleri nedir?
2. Yenilenebilir enerji temalı STEM etkinliklerinin mühendislik tasarım döngüsü ile uygulanabilirliği nedir?

## 1.2. Araştırmanın Amacı

Disiplinler arası bir kavram olan enerji, ilkokuldan liseye kadar hemen hemen tüm öğretim programlarının her kademesinde bulunmakta ve farklı disiplinler arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Ancak yapılan çalışmalara bakıldığında kendi disiplini içinde her ne kadar anlaşılrsa da olay disiplinler arası bağlantı kurmaya geldiğinde öğrencilerin aynı enerji kavramını birleştirmede ve zihinlerinde yapılandırmada zorlandıkları görülmüştür (Lancor, 2014). Burada öğrenciler fizik, kimya, biyoloji gibi derslerde enerji kavramını farklı birer olgu gibi görmeleri ve anlamlandırmaları söz konusudur. Ancak bu çalışmada amaçlanan, öğrencilerin her ne kadar farklı disiplinlerde farklı tanımlarda öğrenseler de zihinlerinde ortak ve bağlantılı bir kavramı anlamlandırma ve geliştirmelerine yardımcı olmaktır.

Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı enerji ile ilişkili ana içeriklerin (enerji formu, enerji kaynağı, enerji aktarımı ve enerji dönüşümü) özellikleri arasında bir bütünlüğün sağlandığı, öğretmen adaylarının fizik, matematik, kimya ve biyoloji ön bilgilerinin harekete geçirilerek deneysel etkinliklerde kullanılmasının sağlanacağı STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinlikleri geliştirmek ve bu etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarında uygulanabilirliğini test etmektir.

Bu çalışmanın amacı, fen bilgisi öğretmen adayları için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı etkinlikler modülünü geliştirmek ve etkisini

değerlendirmektir. Modül, öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji konusundaki bilgi düzeylerini artırmayı, STEM becerilerini geliştirmeyi ve öğrenmeyi daha etkileşimli hale getirmeyi hedeflemektedir. Ayrıca geliştirilen bu modül sayesinde disiplinler arası bir kavram olan enerji kavramına STEM yaklaşımıyla bakabilmeyi ve lisans düzeyinde STEM uygulamaları geliştirerek güncel çevre sorunlarına çözümler üreten tasarımların oluşturulmasını sağlamaktır.

Bu amacın gerçekleştirilmesi doğrultusunda öğrencilerin fizik, kimya, biyoloji ve matematik disiplinlerindeki enerji kavramı anlayışlarında daha tümleşik bir algı oluşturacağı düşünülen STEM uygulamaları ile geliştirilmiş etkinlikler oluşturulmuştur.

### 1.3. Araştırmanın Önemi

Aristo'ya göre enerji sadece canlıların hareket ve faaliyetlerini içeren durumlarda var olmaktadır. Canlılar ve nesnelere yok olduğunda veya faaliyetler durduğunda enerji kaybolmaktadır (Hussey, 1983). Buradan hareketle enerji kavramı farklı disiplinlerde çeşitli tanımlamalar altında toplanmaktadır. Örneğin, fizik alanında enerji kavramı, iş yapabilme yeteneği olarak (Taber, 1989), hareket ederken, ısınırken ve aydınlanma için kullanılan; ses, ısı ve ışık gibi etkileriyle hissedilen ve hesaplanabilen; kinetik, potansiyel, elektrik, ısı ve nükleer enerji gibi çeşitleri bulunan bir büyüklük olarak (Şahan ve Tekin, 2007) tanımlanmaktadır. Biyoloji alanında, canlıların yaşaması için gerekli olan ve temel kaynağının ışık enerjisi olduğu bir kavram olarak (Sağdıç, Bulut, Korkmaz, Börü, Öztürk ve Cavak, 2007), kimya alanında ise kimyasal tepkime sırasında atomlar arasındaki bağların kırılması için gereken ve yeni bağların oluşması sırasında çevreye verilen ısı olarak (Karaca ve Gökten, 2007) tanımlanmaktadır. Bu bağlamda enerji kavramını daha iyi anlayabilmek ve derinleştirebilmek için disiplinler arası olarak ele alınmasının gerekliliği düşünülmektedir.

Enerji kavramı literatürde de sıklıkla belirtildiği gibi, farklı disiplinlere özgü farklı kavramlar olarak öğrencilerin zihinlerinde yer etmiş, çoğunlukla birbirinden kopuk bilgi yapılarıdır ve bu hali ile gerçek yaşam problemlerine çözüm geliştirme becerisini kısıtlayan bir durum yaratır. Enerji kavramının STEM uygulamaları içinde gömülü olarak ele alınması öğrencilerin zihnindeki bu bölünmüşlüğü ve kopukluğun giderilmesinde yardımcı olacak ve dolayısı ile en temel ve kesişen bir kavram olarak tümleşeceği düşünülmektedir.

Ayrıca alanyazın incelemelerine bakıldığında; yapılan çalışmaların çoğunlukla etkinlik bazında okul öncesi, ilkökul, ortaokul ve daha az da lise seviyelerinde olduğu görülmektedir. Lisans öğrencileri için STEM yaklaşımli etkinlikler tasarlanması konusunda

yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. Bu çalışmada özellikle lisans seviyesindeki ve temel dersleri almış 3. Sınıf öğretmen adayları hedef çalışma gurubu olarak seçilmiştir. Öğretmen adayı olmaları nedeni ile geliştirilen etkinliklerle kazanılacak bilgi ve deneyimin gelecekteki öğretim faaliyetlerinde kendi öğrencilerine de yararlı olacağı aşıkardır.

Seçilen çalışma konusunun yenilenebilir enerji kapsamında olması da son zamanların en büyük problemi olan iklim krizlerine ve çevre sorunlarına farkındalık oluşturması açısından ayrı bir öneme sahiptir; geleceğin insanının yetiştirilmesinde temel işleve sahip olacak olan öğretmen adayları aracılığı ile bu farkındalığın kartopunun yuvarlanarak bir çığa dönüşmesi gibi yayılıp büyüyeceği düşünülebilir.

#### **1.4.Araştırmanın Sınırlılıkları**

Bu araştırma;

1. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalının 3. Sınıfında öğrenim gören öğrencilerden elde edilen verilerle sınırlıdır.
2. Yapılan etkinlikler, yenilenebilir enerji temalı olup belli yenilenebilir enerji türleriyle sınırlandırılmıştır.
3. Yapılan etkinlikler, pilot ve gerçek uygulama olarak etkin bir süre ile sınırlanmıştır (Yaşanan Covid-19 sürecinde uzaktan eğitime geçilmesi sebebiyle uygulamalar yapılamamış tekrar eğitime başlanmasıyla uygulamalara devam edilmiştir).
4. Etkinliklerde öğrencilerden, verilen senaryo içindeki kriter ve sınırlılıklara uyarak bir ürün ortaya koymaları istenmiştir. Etkinlik ürünlerinin malzemeleri ulaşılabilir olması ve ekonomik olması (maliyet) ile sınırlandırılmıştır.

## İKİNCİ BÖLÜM: KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

### 2.1. Kuramsal Çerçeve

#### 2.1.1. Yenilenebilir Enerji

Günümüzde enerji, insanlık için en önemli yaşam kaynaklarından biridir. Artan nüfusla birlikte enerji ihtiyacı da artmaktadır. Enerji kaynakları, yenilenebilir ve yenilemez enerji kaynakları olarak ayrılmaktadır. Yenilemez enerji kaynaklarından olan fosil yakıtlar, dünya enerji kaynaklarının temelini oluşturmakta ve endüstrinin ekonomik olarak büyümesinde önemli rol oynamaktadır. Ancak, fosil yakıtlar hem tükenmekte hem de çevreye ve insanlara verdikleri zararlar azımsanmayacak kadar çoktur. Öte yandan, antropojenik karbon emisyonlarına neden olan fosil yakıtlar yüzünden dünyanın ortalama sıcaklığı da artmaktadır. Küresel ısınma, en önemli çevre sorunlarından biridir. Dünya atmosferinde sera etkisine neden olan gazlar su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O), kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve hidroflorokarbonlardır (HFC'ler) (Shinn, 2018).

Artan enerji tüketimi ve fosil yakıtların tükenmesi nedeniyle araştırmacılar yeni enerji kaynaklarını incelemeye almışlardır. Kullanılacak enerji kaynağının hem yenilenebilir hem de çevreye duyarlı olması araştırmaları alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Genellikle temiz enerji olarak adlandırılan yenilenebilir enerji, güneş ışığı, rüzgar, yağmur, gelgitler, dalgalar ve jeotermal ısı gibi karbon nötr kaynaklar da dahil olmak üzere insan zaman ölçeğinde sürekli olarak doğal bir şekilde yenilenen kaynaklardan veya süreçlerden gelen faydalı enerjidir. Yenilenebilir enerji kavramının literatürde çok sayıda tanımlamaları bulunmaktadır. Pek çok araştırmacı konuyu farklı açılardan ele alarak tanımlamışlardır. Genel olarak yenilenebilir enerji; doğadan alınan kaynaklar kullanılarak üretilen enerji türüdür ve sınırsız veya yenilenebilir kaynaklar sayesinde sonsuz bir kaynak potansiyeli sunar.

Yenilenebilir enerji, fosil yakıtlar gibi sınırlı ve tükenmekte olan kaynaklardan elde edilen enerji kaynaklarına alternatif olarak kullanılabilir (Kavcıoğlu, 2019). Bu kaynaklar arasında güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi gibi doğal kaynaklar yer almaktadır.



**2.1.1.1. Yenilenebilir enerjinin önemi.** Yenilenebilir enerjiler temiz, tükenmez ve giderek daha rekabetçi hale gelen enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıtlardan temel olarak çeşitlilikleri, bollukları ve gezegenin herhangi bir yerinde kullanım potansiyelleri ile ayrılırlar, ancak her şeyden önce, ne iklim değişikliğine neden olan sera gazı ne de kirletici emisyon üretmezler. Maliyetleri de düşmekle birlikte sürdürülebilir bir orandadır, oysa fosil yakıtların genel maliyet eğilimi mevcut oynaklığına rağmen ters yönde değişmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yıllık olarak üretilen istatistiklere de yansıtıldığı üzere, temiz enerjilerdeki büyüme durdurulamaz: IEA tahminlerine göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel elektrik arzındaki payı 2021'de %28,7'den 2030'da %43'e çıkacak ve onlar o dönemde kaydedilen elektrik talep artışının 2/3'ünü ağırlıklı olarak rüzgar ve fotovoltaik teknolojileri aracılığıyla sağlayacaktır (Acciona, 2021).

Günümüz dünyasında, yenilenebilir enerji kaynakları giderek artan bir önem kazanmaktadır (Külekçi, 2009). Çevre koruma, enerji güvenliği, fiyat kararlılığı, yoksullukla mücadele ve yenilikçi teknolojilerin gelişimi gibi birçok avantajı nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtların yerini alabilecek önemli bir alternatif haline gelmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, çevre koruma için önemli bir araçtır. Fosil yakıtların aksine, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji, çevreye zararlı gaz emisyonlarına neden olmaz. Bu, hava ve su kirliliğinin azaltılmasına ve küresel ısınmanın etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olur (Durukan ve Yılmaz, 2021). Yenilenebilir enerji kaynakları, aynı zamanda sürdürülebilir bir gelecek için de önemlidir. Fosil yakıtlar tükenirken, yenilenebilir enerji kaynakları sonsuz bir şekilde varlığını sürdürebilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji güvenliği için önemlidir. Fosil yakıtların aksine, yenilenebilir enerji kaynakları sınırsız ve yerel olarak bulunabilen kaynaklardır. Bu, bir ülkenin kendi enerji kaynaklarına sahip olması, enerji tedarikinde güvenlik sağlar ve dışarıya bağımlılığı azaltır. Yenilenebilir enerji kaynakları aynı zamanda fiyat kararlılığı da sağlamaktadır. Fosil yakıtların fiyatı, piyasadaki arz ve talebe bağlı olarak değişebilirken, yenilenebilir enerji kaynaklarının fiyatı ise nispeten sabittir. Bu da enerji maliyetlerinin tahmin edilebilir olmasına yardımcı olur ve enerji tüketiminde planlama yapmayı kolaylaştırmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, iş ve yatırım fırsatları yaratarak yerel ekonomileri destekler. Örneğin, rüzgar enerjisi projeleri birçok mühendislik, inşaat ve bakım işleri yaratabilir. Ayrıca, yerel olarak üretilen enerji, yerel işletmelerin ve evlerin ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir. Son olarak, yenilenebilir enerji kaynakları, dünya genelinde enerji fakirliği ile mücadelede oldukça önemlidir. Dünya genelinde birçok insan,

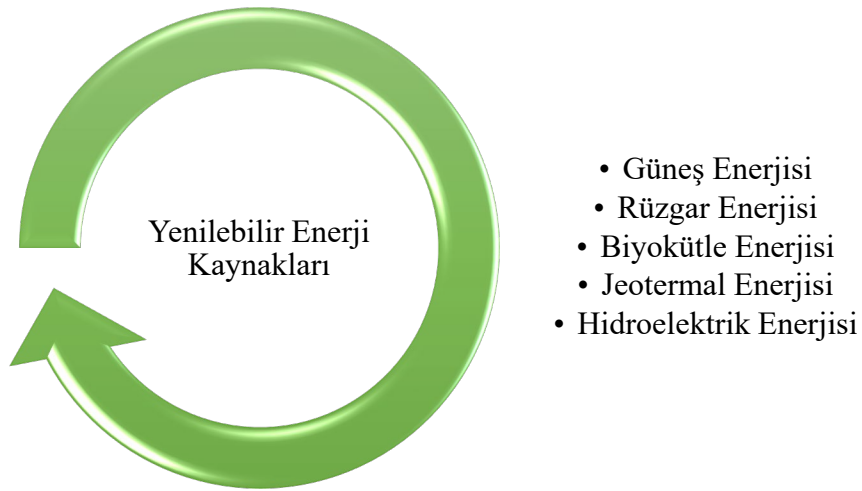
güvenli, sürdürülebilir ve ucuz enerjiye erişememektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, düşük maliyetli enerji üretimi sağlayarak, yoksul bölgelerde enerji erişimini arttırmak için kullanılabilir. Bu da yoksullukla mücadele ve kalkınma için önemlidir.

Yukarıda belirtilen avantajlar nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları giderek daha fazla kullanılmaktadır. Örneğin, 2020 yılında, dünya genelinde yenilenebilir enerjinin toplam kapasitesi, 2600 GW'a ulaşmıştır. Bu kapasite, dünya elektrik üretiminin yaklaşık %36'sını oluşturmaktadır.

Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hala zorluklarla karşı karşıyadır. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynaklarının arzı, her zaman istikrarlı olmayabilir ve enerji depolama teknolojileri yeterince gelişmemiştir (Gizlenci Acar ve Şahin, 2012). Ancak, bu zorluklara rağmen, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması beklenmektedir (Kumbur, Özer, Özsoy ve Avcı, 2005).

Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kaynakları, çevre koruma, yerel ekonomiyi destekleme, enerji güvenliği, fiyat kararlılığı, yoksullukla mücadele ve yenilikçi teknolojilerin gelişimi gibi birçok avantajı nedeniyle giderek daha fazla benimsenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, dünya genelinde enerji fakirliği ile mücadele, sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliği ile mücadele gibi konularda önemli bir rol oynamaktadır.

**2.1.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları.** Şekil 2.1.'de yenilenebilir enerji kaynakları gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Yenilenebilir enerji kaynakları

*1. Güneş enerjisi:* Güneş enerjisi, güneşten ısı üretebilen, kimyasal reaksiyonlara neden olan veya elektrik üretilebilen bir enerjidir. Dünya üzerindeki toplam güneş enerjisi miktarı, dünyanın mevcut ve beklenen enerji gereksinimlerinden büyük ölçüde fazladır (Ürün ve Soyu, 2016). 21. yüzyılda, sınırlı fosil yakıtlar olan kömür, petrol ve doğal gazın aksine, tükenmez kaynağı ve çevreyi kirletmeyen karakteri nedeniyle güneş enerjisinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak önemi giderek daha da artmaktadır.

Güneş son derece güçlü bir enerji kaynağıdır ve güneş ışığı da Dünya üzerinde en büyük enerji kaynağıdır. Ancak Dünya yüzeyindeki yoğunluğu düşüktür. Bunun temel nedeni, Güneş'ten gelen radyasyonun muazzam radyal yayılmasıdır. Nispeten küçük bir ek kayıp, gelen güneş ışığının yüzde 54'ünü emen veya dağıtan Dünya atmosferi ve bulutlardan kaynaklanmaktadır. Yere ulaşan güneş ışığının yaklaşık yüzde 50'si görünür ışık, yüzde 45'i kızılötesi radyasyon ve daha küçük miktarlarda ultraviyole ve diğer elektromanyetik radyasyon formlarından oluşmaktadır (Ashok, 2023).

Güneş enerjisi, güneş ışığından elde edilen bir enerji türüdür. Güneş enerjisi; ev-işyeri ısıtmasında, sıcak su ihtiyacının karşılanmasında, elektrik üretiminde ve hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilir. Elektrik enerjisi üretiminde yaygın olarak güneş enerjisi panelleri kullanılır. Güneş enerjisi panelleri, fotovoltaik hücrelerden oluşur ve her bir hücre, güneş ışığına maruz kaldığında elektrik üretir. Bu elektrik, daha sonra evler, işletmeler ve hatta araçlar gibi farklı amaçlar için kullanılabilir. Güneş enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, güneş enerjisi çevre dostudur. Güneş enerjisi panelleri, atmosfere zararlı gaz emisyonlarına neden olmamaktadır (Kapluhan, 2015). Bu, hava ve su kirliliğinin azaltılmasına ve küresel ısınmanın etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olmaktadır. Güneş enerjisi ayrıca, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, güneş ışığından elde edilen bir enerji türü olduğu için sınırsız bir kaynağa sahiptir. Güneş enerjisi, sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir. Fosil yakıtlar tükenirken, güneş enerjisi sonsuz bir şekilde varlığını sürdürebilmektedir.

Ayrıca, güneş ışınlarının gün boyunca çeşitli tip ve boyutlardaki kolektörler yardımıyla yansıtılması ve bir doğru ya da nokta üzerine odaklanmasıyla yüksek sıcaklıklarda ısı elde edilir. Bu ısı aynı zamanda bir güç çeviricisi kullanılarak elektrik üretiminde kullanıldığı gibi, aynı ısının bir akışkana transfer edilmesiyle de yoğunlaştırılmış güneş enerjisi olarak tanımlanan bir teknoloji elde edilmiş olur. Üç temel yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojisi vardır ( Quoilin, Van Den Broek, Declaye, Dewallef ve Lemort, 2013). Bunlar; parabolik çanak kolektör, merkezi kule alıcı ve parabolik oluk kolektördür. Parabolik çanak kolektör ve merkezi kule alıcı teknolojilerinde güneş ışınımı noktasal olarak

yoğunlaştırılmaktadır. Yüksek yoğunlaştırma oranına sahip olmalarından dolayı daha yüksek sıcaklıklara ulaşılmaktadır. Parabolik oluk kolektörler ise güneş ışınımının doğrusal olmasından daha düşük sıcaklıklar için uygundur ( $<400$  °C). Gerek verim gerekse maliyet olarak bakıldığında da en çok tercih edilen yoğunlaştırılmış güneş enerjisi kolektörü parabolik oluk kolektörleridir (Acar, 2014).

Güneş enerjisi ayrıca, enerji güvenliği için önemlidir. Güneş enerjisi panelleri ve yoğunlaştırılmış güneş teknolojileri, güneş ışığından elektrik ürettiği için güneş ışığına maruz kaldığı sürece elektrik ve ısı üretebilirler. Bu, bir ülkenin kendi enerji kaynaklarına sahip olması, enerji tedarikinde güvenlik sağlar ve dışarıya bağımlılığı azaltır. Güneş enerjisi, maliyetleri öngörülebilir hale getirir. Güneş enerjisi panelleri ve yoğunlaştırılmış güneş teknolojilerinin kurulum maliyeti yüksek olsa da işletme maliyetleri düşüktür. Güneş enerjisi panelleri ve yoğunlaştırılmış güneş teknolojilerinin işletme maliyeti ise ücretsiz bir yakıt kaynağına dayandığı için düşüktür (Akova, 2008). Bu, enerji maliyetlerinin tahmin edilebilir olmasına yardımcı olur ve enerji tüketiminde planlama yapmayı kolaylaştırır. Güneş enerjisi, dünya genelinde birçok ülkede kullanılmaktadır. Örneğin, Çin, güneş enerjisi kapasitesinde lider bir ülkedir ve 2020 yılında dünya genelindeki güneş enerjisi kurulumunun yaklaşık yarısını gerçekleştirmiştir. Ayrıca, Almanya, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan gibi diğer ülkeler de güneş enerjisini benimsemektedir. Güneş enerjisi, evlerde ve işletmelerde kullanıldığı gibi, araçlar için de kullanılabilir. Örneğin, güneş enerjisi panelleri, elektrikli araçların şarj edilmesinde kullanılabilir. Bu, sürdürülebilir bir ulaşım sistemi için önemlidir.

Güneş alma süreleri bakımından karşılaştırıldığında ülkemiz pek çok Avrupa ülkesinden çok daha fazla avantajlıdır. Ancak bu avantajlı durumu henüz tam olarak kullanabilmiş değildir. Türkiye’de metrekareye düşen güneş enerjisi bakımından verimli bölgelerin başında Güneydoğu Anadolu, Orta Anadolu ve Akdeniz Bölgesi gelmektedir. Güneş enerji verimliliğinde metrekareye düşen güneş enerjisi miktarı önemlidir. Tablo 2.1.’de Türkiye’nin bölgeler bazında yıllık güneş enerji potansiyeli verilmiştir.

Tablo 2.1. *Türkiye'nin Bölgeler Bazında Yıllık Güneş Enerji Potansiyeli*

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi	Güneşlenme Süresi
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

*Not:* Tablo örneği “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022). Türkiye'nin bölgeler bazında yıllık güneş enerji potansiyeli. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> sayfasından erişilmiştir.

Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesinde son 20 yılda yoğunlaşmıştır. Türkiye'deki en büyük güneş enerjisi santrali 756 MW kurulu güç ile Konya'nın Karapınar ilçesinde yer alan Karapınar Güneş Enerjisi Santrali'dir. Bu enerji kaynağının yaygın olarak kullanılabilmesi için düşük maliyetli üretilmesi konusunda çalışmalar devam etmektedir (Cihan, 2019).

Sonuç olarak bakıldığında güneş enerjisi, yenilenebilir, çevre dostu ve sınırsız bir enerji kaynağıdır. Güneşten enerji üretmek için kurulan sistemlerde kurulum maliyetleri yüksek olsa da işletme maliyetleri düşük olmasından dolayı son zamanlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Güneş enerjisi sistemleri temiz ve yenilenebilir olması sebebiyle günümüzde enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği konusunda önemli bir rol oynamaktadır.

*2. Rüzgar enerjisi:* Rüzgar enerjisi, rüzgarın gücünden elde edilen bir enerji türüdür. Rüzgar türbinleri, rüzgarın dönme kanatlarını hareket ettirerek mekanik enerji üretmek için kullanılır. Bu mekanik enerji daha sonra elektrik enerjisine dönüştürülür ve evler, işletmeler ve endüstriyel tesisler gibi farklı amaçlar için kullanılabilir.

Rüzgar enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, rüzgar enerjisi çevre dostudur. Rüzgar türbinleri, atmosfere zararlı gaz emisyonlarına neden olmaz (Elibüyük ve Üçgül, 2014). Bu, hava ve su kirliliğinin azaltılmasına ve küresel ısınmanın etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olmaktadır.

Rüzgar enerjisi ayrıca, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Rüzgar, her zaman mevcut bir kaynaktır ve rüzgar türbinleri, güneş enerjisi gibi sınırsız bir kaynaktan elde edilen enerjiyi yenileyebilir. Rüzgar enerjisi, sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir (Haas, 2002). Fosil yakıtlar tükenirken, yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi sonsuz bir şekilde varlığını sürdürebilmektedir.

Rüzgar enerjisi ayrıca, enerji güvenliği için önemlidir. Rüzgar enerjisi türbinleri, rüzgarın gücünden enerji ürettiği için bu kaynakların kullanımı, bir ülkenin kendi enerji kaynaklarına sahip olması, enerji tedarikinde güvenlik sağlar ve dışarıya bağımlılığı azaltır.

Rüzgar enerjisi, iş ve yatırım fırsatları yaratarak yerel ekonomileri destekler. Örneğin, rüzgar enerjisi projeleri birçok mühendislik, inşaat ve bakım işleri yaratabilir. Ayrıca, yerel olarak üretilen enerji, yerel işletmelerin ve evlerin ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir.

Son olarak, rüzgar enerjisi, dünya genelinde enerji fakirliği ile mücadelede önemlidir. Dünya genelinde birçok insan, güvenli, sürdürülebilir ve ucuz enerjiye erişememektedir. Rüzgar enerjisi, düşük maliyetli enerji üretimi sağlayarak, yoksul bölgelerde enerji erişimini arttırmak için kullanılabilir. Bu da yoksullukla mücadele ve kalkınma için önemlidir.

Bununla birlikte, rüzgar enerjisi kaynaklarının kullanımı hala zorluklarla karşı karşıyadır. Örneğin, rüzgar enerjisi kaynakları her zaman istikrarlı olmayabilir ve enerji depolama teknolojileri yeterince gelişmemiştir. Ayrıca, rüzgar türbinleri, rüzgarın farklı hızlarda esmesi durumunda enerji üretiminde değişiklik gösterir. Ancak, bu zorluklara rağmen, rüzgar enerjisi kaynaklarının kullanımının artması beklenmektedir (İlkılıç ve Aydın, 2015).

Rüzgar enerjisi, dünya genelinde birçok ülkede kullanılmaktadır. Örneğin, Çin, dünyanın en büyük rüzgar enerjisi üreticisidir ve 2020 yılında dünya genelindeki rüzgar enerjisi kurulumunun yaklaşık üçte birini gerçekleştirmiştir. Ayrıca, Almanya, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan gibi diğer ülkeler de rüzgar enerjisini benimsemektedir (Kaplan, 2015).

Avrupa ülkeleri ile Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli açısından karşılaştırıldığında, en büyük potansiyelin 166 TWh ile Türkiye’de bulunduğu görülmektedir (Akova, (2008). YEGM tarafından yapılan çalışmalarda, rüzgâr enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, Bandırma, Bozcaada, Çeşme, Gökçeada, Çanakkale, Karadeniz Ereğlisi, Florya ve Siverek gibi yöresel rüzgâr potansiyeli belirleme çalışmaları da yapılmıştır ( Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2021). *Türkiye rüzgar atlası*. <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/yenilenebilirenerji.aspx?sruzgaratlası> sayfasından erişilmiştir).

*3. Hidroelektrik enerjisi:* Hidroelektrik enerjisi, suyun gücünden elde edilen bir enerji türüdür. Bu enerji türü, barajlar veya akışkan türbinleri gibi suyun hareketini kontrol eden yapılarla elde edilir. Su, barajlarda biriktirilir ve daha sonra, türbinlerde suyun gücü mekanik enerjiye dönüştürülür (Özbay ve Gençoğlu, 2019). Bu mekanik enerji daha sonra elektrik enerjisine dönüştürülür ve evler, işletmeler ve endüstriyel tesisler gibi farklı amaçlar için kullanılabilir.

Hidroelektrik enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, hidroelektrik enerjisi, çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik tesisleri, atmosfere zararlı gaz emisyonlarına neden olmaz. Bu, hava ve su kirliliğinin azaltılmasına ve küresel ısınmanın etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olur.

Hidroelektrik enerjisi ayrıca, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Su, her zaman mevcut bir kaynaktır ve hidroelektrik tesisleri, güneş enerjisi gibi sınırsız bir kaynaktan elde edilen enerjiyi yenileyebilir. Hidroelektrik enerjisi, sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir. Fosil yakıtlar tükenirken, hidroelektrik enerjisi sonsuz bir şekilde varlığını sürdürebilir. Hidroelektrik enerjisi ayrıca, enerji güvenliği için önemlidir. Hidroelektrik tesisleri, suyun gücünden enerji ürettiği için bu kaynakların kullanımı, bir ülkenin kendi enerji kaynaklarına sahip olması, enerji tedarikinde güvenlik sağlar ve dışarıya bağımlılığı azaltır (Paish, 2002).

Hidroelektrik enerjisi, elektrik üretimi için maliyetleri düşürür. Hidroelektrik tesislerinin kurulum maliyeti yüksek olsa da işletme maliyetleri düşüktür. Su, hidroelektrik tesislerinde kullanıldığı için işletme maliyeti düşüktür ve hidroelektrik enerjisi, elektrik üretimi için en ekonomik seçeneklerden biridir. Hidroelektrik enerjisi, dünya genelinde birçok ülkede kullanılmaktadır. Örneğin, Çin, hidroelektrik enerjisi kapasitesinde lider bir ülkedir ve dünya genelindeki hidroelektrik kurulumunun yaklaşık yarısını gerçekleştirmiştir.

Hidroelektrik enerjisi, elektrik üretiminde önemli bir rol oynar. Örneğin, dünya genelindeki elektrik üretiminin yaklaşık %17'si hidroelektrik enerjisinden elde edilir. Bazı ülkelerde, hidroelektrik enerjisi, elektrik üretiminin büyük bir bölümünü oluşturur. Örneğin, Norveç'te hidroelektrik enerjisi, ülkenin tüm elektrik üretiminin yaklaşık %98'ini oluşturur. Hidroelektrik enerjisi kaynakları, çevresel etkileri nedeniyle de eleştirilebilir. Örneğin, barajlar, sucul yaşamı etkileyebilir ve yüzey altı suyu kaynaklarını azaltabilir. Ayrıca, baraj inşaatı, çevresel tahribat ve toprak erozyonu gibi etkilere de neden olabilir. Ancak, bu sorunlar, hidroelektrik enerjisi kaynaklarının genel avantajlarını azaltmaz.

Türkiye'de hidroelektrik santrallerin gelişimi 1902 yılında Tarsus'ta kurulan KHES ile başlamıştır. Bu tarihten itibaren, pek çok bölgede hükümet birimleri, özel sektör ve yerel belediyeler tarafından çok sayıda KHES yapılmıştır. Fakat günümüze kadar öncelik büyük HES'lere verilmiştir. Çevresel faktörler, uluslararası antlaşmalar ve enerji sıkıntısı yaşanırken boşa akan dereler ve ırmakların değerlendirilmesi gibi nedenlerle KHES'lere yapılan yatırımlar yasal düzenlemelerle birlikte son yıllarda artmıştır (Aksungur, Ak ve Özdemir, 2011).

4. *Jeotermal enerjisi:* Jeotermal enerji, yerin iç kısımlarından yüzeye doğru yayılan ısıyı kullanarak elektrik enerjisi üreten bir enerji türüdür. Jeotermal enerji kaynakları, sıcak su ve buharın yeryüzüne yükselmesiyle oluşur (Erkul, 2012). Bu enerji kaynakları, jeotermal santrallerde kullanılarak elektrik enerjisi üretilmektedir.

Jeotermal enerji kaynakları, çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Jeotermal santraller, fosil yakıtların yakılması sırasında açığa çıkan zararlı gazların yayılmasını önler. Bu nedenle, jeotermal enerji, hava ve su kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olur. Jeotermal enerji ayrıca, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Jeotermal kaynaklar, yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir, çünkü yer altından kaynaklanır ve sınırsız bir şekilde varlığını sürdürebilir. Bu nedenle, jeotermal enerji, sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir. Jeotermal enerji, birçok avantaja sahiptir. Örneğin, jeotermal enerji, enerji güvenliği için önemlidir. Jeotermal enerji kaynakları, ülkenin kendi enerji kaynaklarına sahip olmasını sağlar ve enerji tedarikinde güvenlik sağlar. Jeotermal enerji, işletme maliyetleri açısından da ekonomiktir (Kagel, Bates ve Gawell, 2005). Jeotermal santrallerin işletme maliyetleri düşüktür, çünkü enerji kaynağı olarak kullanılan su ve buhar doğal olarak mevcuttur. Bu da jeotermal enerjinin elektrik üretimi için maliyetini düşük hale getirmektedir.

Jeotermal enerji, dünya genelinde birçok ülkede kullanılmaktadır. Örneğin, İzlanda, jeotermal enerjinin en büyük kullanıcısıdır ve ülkenin elektrik üretiminin yaklaşık %30'unu karşılar. Ayrıca, Türkiye, Japonya, ABD ve Filipinler gibi diğer ülkeler de jeotermal enerjiyi benimsemektedir. Türkiye'de bilinen 1000 dolayında sıcak su ve mineralli su kaynağı ile jeotermal kuyu mevcuttur. Sıcaklığı 40°C'nin üzerinde olan jeotermal sahaların sayısı ise 170'tir. Bunların 11 tanesi yüksek sıcaklık saha olup elektrik üretimine uygundur. Bunlardan; Aydın-Germencik 232 ° C, Manisa-Salihli-Göbekli 182 °C, Çanakkale-Tuzla 174 ° C, Aydın-Salavatlı 171 °C, Kütahya-Simav 162 °C, İzmir-Seferihisar 153 °C, Manisa-Salihli-Caferbey 150 °C, Aydın-Yılmazköy 142 °C, İzmir-Balçova 136 °C, İzmir-Dikili 130 °C'dir. Türkiye'de elektrik üretimine uygun jeotermal alanlardan Denizli-Kızıldere Sahasında 20 MW gücünde santral kurulmuş olup 12 MW elektrik üretimi yapılmaktadır (Türkiye Çevre Vakfı, 2006).

Ancak, jeotermal enerji kaynakları kullanımında bazı zorluklar da vardır. Örneğin, jeotermal enerji kaynakları, sadece belirli bölgelerde bulunabilir ve bu kaynakların yeterli olup olmadığı konusunda belirsizlikler olabilir. Ayrıca, bazı jeotermal kaynaklarının kullanımı çevresel etkilere neden olabilir ve bu nedenle, jeotermal santrallerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi önemlidir.



5. *Biyokütle enerjisi*: Biyokütle enerjisi, biyolojik kaynaklardan elde edilen bir enerji türüdür. Bu enerji türü, organik madde içeren bitki malzemeleri, atık ürünleri ve biyolojik malzemeler gibi biyolojik kaynaklardan elde edilir (Acaroğlu, 2008). Bu malzemeler, biyokütleyle dönüştürülerek elektrik ve ısı üretmek için kullanılabilir. Biyokütle enerjisi, çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisi, fosil yakıtların kullanımı sırasında ortaya çıkan zararlı gazların yayılmasını önler. Bu nedenle, biyokütle enerjisi, hava ve su kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Biyokütle enerjisi, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Bitki ve organik atık malzemeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu nedenle, biyokütle enerjisi, sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir.

Biyokütle enerjisi, birçok avantaja sahiptir. Örneğin, biyokütle enerjisi, işletme maliyetleri açısından ekonomiktir. Biyokütle enerjisi kaynaklarının kullanımı, yakıt maliyetlerini düşürür ve biyokütle enerjisi, elektrik üretimi için maliyeti düşük hale getirir. Biyokütle enerjisi, enerji güvenliği için de önemlidir. Biyokütle enerjisi, ülkenin kendi enerji kaynaklarına sahip olmasını sağlar ve enerji tedarikinde güvenlik sağlar (Boztepe ve Karaca, 2009) . Ayrıca, biyokütle enerjisi kaynakları, yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak, enerji güvenliği açısından önemlidir.

Biyokütle enerjisi, dünya genelinde birçok ülkede kullanılmaktadır. Örneğin, Brezilya, biyokütle enerjisi üretiminde lider bir ülkedir ve şeker kamışı biyokütlesinden biyokütle enerjisi üretmektedir. Ayrıca, diğer ülkeler de biyokütle enerjisini benimsemektedir.

Ancak, biyokütle enerjisi kullanımında bazı zorluklar da vardır. Örneğin, biyokütle enerjisi kaynakları, yeterli miktarda olmayabilir ve bu nedenle, biyokütle enerjisi üretimi sınırlı olabilir. Ayrıca, biyokütle enerjisi kaynaklarının kullanımı, çevresel etkilere neden olabilir ve bu nedenle, biyokütle enerjisi üretiminin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi önemlidir (Türe, 2001). Biyokütle enerjisi, farklı kaynaklardan elde edilebilir. Örneğin, orman malzemeleri, tarımsal atıklar, atık kağıt ve atık odun, biyokütle enerjisi kaynakları arasındadır. Ayrıca, biyokütle enerjisi, çeşitli biyolojik süreçlerden elde edilebilir. Örneğin, biyogaz, biyokütle enerjisi kaynaklarından biridir ve biyolojik olarak ayrışan organik malzemelerin fermantasyonuyla oluşmaktadır.

Biyokütle enerjisi, çevre dostu, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisi, fosil yakıtların kullanımı sırasında ortaya çıkan zararlı gazların yayılmasını önler ve hava ve su kirliliğini azaltır. Biyokütle enerjisi, düşük işletme maliyetleri, enerji güvenliği sağlama ve dünya genelinde birçok ülkede kullanılma gibi

avantajlara sahiptir. Ancak, biyokütle enerjisi kaynaklarının sınırlı olması, çevresel etkileri ve kaynakların değerlendirilmesi konusundaki zorluklar, biyokütle enerjisi kaynaklarının kullanımını kısıtlayabilir.

Biyokütle kaynakları için Türkiye yeterli ve uygun alt yapıya sahiptir. Türkiye’de kanola, ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden olan biyokütle kaynaklarının ekimi ve tarımı geniş çapta yapılmaktadır. Türkiye’de devlet tarafından kanola ve soya ekimine destek verilmektedir. Tarımı sorunsuz ve maliyeti diğer yağlı tohum bitkilerine oranla az olan kanola, GAP Bölgesi’nde 10 milyon dekar alanda pamuğun yanı sıra dönüşümlü olarak ekilmektedir. Soya ekimi de alternatif olarak yapılabilmektedir. GAP Bölgesi’nde kanola veya soya ekimi ile yılda 1,5 milyon ton biyodizel üretilbileceği söylenebilir (Uğurlu, 2006). Türkiye’de biyodizel üretimi ilk olarak 2000’li yılların başında Bursa’da gerçekleşmiştir (Türkiye Çevre Vakfı, 2006). Biyokütle enerjisi üretiminde son zamanlarda kamuda ve özel sektörde de yatırımların artmaya başladığı görülmektedir. Özellikle Büyükşehir Belediyeleri çöplerden enerji üretmek amacıyla yola çıkarak kompost ve enerji üretim tesisleri kurmaya başlamışlardır. Bu kapsamda çalışma yapan belediyelerin bazıları: Ankara, İstanbul, Bursa, Kocaeli ve Denizli Büyükşehir Belediyeleri’dir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Tuzla'daki biyolojik atık su tesisinden çıkan çamurdan biyogaz ve elektrik elde etmektedir. Enerji üretim sisteminin devreye girmesiyle bir yandan çamur miktarında azalma sağlanmakta, öte yandan da tesiste tüketilen elektriğin yüzde 70'i biyogazla elde edilmektedir (Ataman, 2007). Ayrıca Samsun’da bulunan Toros Tarım Samsun Atık Isı Santrali de en büyük biyokütle santrallerindedir.

**2.1.1.3. Yenilenebilir enerjinin avantajları ve dezavantajları.** Yenilenebilir enerji, sürdürülebilir bir geleceğe doğru atılan önemli bir adımdır. Yenilenebilir enerjinin birçok avantajı vardır. İlk olarak, yenilenebilir enerji, fosil yakıtların kullanımını sırasında ortaya çıkan zararlı gazların yayılmasını önler ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır (Kuo ve Yeh, 2016). Bu nedenle, yenilenebilir enerji, hava ve su kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Yenilenebilir enerji, sınırsız bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları, doğal kaynaklar olarak varlıklarını sürdürebilirler. Bu nedenle, yenilenebilir enerji, enerji kaynaklarının sınırlılığı konusunda endişelenmeye gerek kalmadan, sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak hizmet edebilir. Yenilenebilir enerji, işletme maliyetleri açısından da avantajlıdır (Akova, 2008). Bazı yenilenebilir enerji kaynakları, işletme maliyetlerinin düşük olması nedeniyle, fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında daha ekonomik hale gelir. Örneğin, güneş enerjisi, güneş

panellerinin kurulumu dışında herhangi bir yakıt tedariki veya işletme maliyeti gerektirmemektedir.

Ancak, yenilenebilir enerjinin bazı dezavantajları da vardır. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliği, geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla daha düşüktür. Bu, yenilenebilir enerjinin bazen daha fazla alan ve kaynak gerektirmesi anlamına gelebilir. Yenilenebilir enerjinin bir diğer dezavantajı, enerji depolama sorunudur. Bazı yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretmek için doğrudan kullanılmalıdır. Ancak, güneş enerjisi veya rüzgar enerjisi gibi diğer kaynaklar, enerji üretiminde dalgalanmalar yaşayabilir. Bu nedenle, enerji depolama teknolojileri, yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir (Kavcıoğlu, 2019).

Yenilenebilir enerjinin avantajlarına örnekler olarak, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi gibi kaynaklar verilebilir. Bu kaynaklar, çevre dostu, sürdürülebilir ve işletme maliyetleri açısından avantajlıdır. Yenilenebilir enerjinin dezavantajlarına örnek olarak, verimlilik, enerji depolama sorunları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırlılığı verilebilir. Bu zorluklar, yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi için teknolojik inovasyonlar ve yatırımlar gerektirir. Yenilenebilir enerjinin zorluklarına rağmen, yenilenebilir enerji geleceğin enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji, çevre dostu, sürdürülebilir ve işletme maliyetleri açısından avantajlıdır. Bu nedenle, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, geleceğin enerji gereksinimlerini karşılamak için kritik öneme sahiptir. Yenilenebilir enerjinin avantaj ve dezavantajları Tablo 2.2.'de verilmiştir.

*Tablo 2.2. Yenilenebilir Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları*

Avantajları	Dezavantajları
1. Fosil yakıtların kullanımı sırasında ortaya çıkan zararlı gazların yayılmasını önler.	1. Verimlilik
2. Çevre dostu bir enerji kaynağıdır.	2. Enerji depolama sorunları
3. Hava ve su kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.	3. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırlılığı
4. Sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.	
5. İşletme maliyetleri açısından avantajlıdır.	

## 2.1.2. STEM Yaklaşımı ve Mühendislik Tasarım Süreci

**2.1.2.1. STEM yaklaşımının tanımı ve önemi.** STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yaklaşımı, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi disiplinleri birleştiren ve öğrenme sürecinde öğrencilerin bu disiplinler arasındaki

bağlantıları keşfetmelerine ve uygulamalı deneyimler kazanmalarına olanak tanıyan bir eğitim modelidir. STEM eğitimi, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık, iletişim ve takım çalışması becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Ayrıca, STEM eğitimi, öğrencilere iş hayatında ve günlük yaşamlarında ihtiyaç duyacakları becerileri öğretmektedir (Adams, Miller, Saul ve Pegg, 2014).

STEM yaklaşımı, günümüzde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. İleri teknolojik gelişmeler, küresel ekonomik rekabet ve iş dünyasının ihtiyaçları, STEM eğitime olan talebi artırmaktadır. STEM eğitimi, öğrencilerin gelecekteki iş fırsatlarına hazırlanmalarını sağlar. Ayrıca, STEM eğitimi, toplumsal problemleri çözme (Chen, 2013), enerji tasarrufu, çevre koruma, sağlık bilimleri, tarım ve gıda üretimi gibi alanlarda yenilikçi çözümler bulma konusunda öğrencilere ilham vermektedir.

STEM eğitimi, birçok farklı alanda uygulanabilir. Örneğin, öğrencilere bilim derslerinde araştırma projesi yapma fırsatı vererek, öğrencilerin bilimsel yöntemi öğrenmelerine yardımcı olunabilir (Altan, 2017). Ayrıca, robotik veya kodlama dersleri verilerek, öğrencilerin teknolojiye olan ilgileri artırılabilir. Mühendislik tasarım dersleri, öğrencilere ürün tasarlama ve geliştirme konusunda deneyim kazandırabilir. Matematik dersleri ise öğrencilerin analitik düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Hwang ve Taylor, 2016).

STEM yaklaşımının önemi, öğrencilerin gelecekteki kariyerlerine hazırlanmalarına yardımcı olması, öğrencilerin teknolojiye olan ilgisini artırması, yenilikçi çözümler bulma konusunda öğrencilere ilham vermesi ve toplumsal problemlere çözüm bulma konusunda öğrencilerin katkı sağlamalarına olanak tanınmasıdır. STEM eğitimi, öğrencilerin sadece okulda değil, hayatlarının her alanında karşılaşacakları problemleri çözmelerine yardımcı olur. Bu nedenle, STEM eğitimi, modern dünyada giderek daha fazla önem kazanmaktadır ve ülkeler arasındaki rekabet gücünü belirleyen faktörlerden biri haline gelmiştir. STEM eğitimi, öğrencilerin gelecekteki iş fırsatlarına hazırlanmaları, ülke ekonomilerine katkı sağlamaları ve toplumsal problemlere yenilikçi çözümler bulmaları açısından önemlidir (Brown, Brown, Reardon ve Merrill, 2011).

STEM eğitimi, dünya genelinde birçok ülkede uygulanmaktadır. Örneğin, Finlandiya, Singapur ve Estonya gibi ülkeler, STEM eğitiminde lider konumdadır. Bu ülkeler, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık becerilerini geliştirmelerine odaklanan STEM eğitim modellerini benimsemişlerdir. Ayrıca, ABD, Çin ve Japonya gibi ülkeler de STEM eğitime büyük yatırımlar yapmaktadırlar.

Sonuç olarak, STEM yaklaşımı, öğrencilerin bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi disiplinler arasındaki bağlantıları keşfetmelerine ve uygulamalı deneyimler kazanmalarına olanak tanıyan bir eğitim modelidir. STEM eğitimi, öğrencilerin gelecekteki iş fırsatlarına hazırlanmaları, teknolojiye olan ilgilerini artırmaları, yenilikçi çözümler bulma konusunda ilham almaları ve toplumsal problemlere çözüm bulmaları açısından önemlidir.

**2.1.2.2. STEM yaklaşımının temel bileşenleri.** STEM yaklaşımının temeli olan Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik bileşenleri sırasıyla aşağıda tanımlanmıştır.

*1. Fen:* STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yaklaşımının bir bileşeni olan FEN (Fen Bilimleri) disiplinleri, doğa ve doğal olaylarla ilgilenen birçok farklı bilim dalını içerir. FEN dersleri, öğrencilere bilim alanında bilgi edinmelerine ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel yöntemi öğrenmelerini sağlayarak, problem çözme, gözlem yapma, veri analizi ve sentezleme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Chung, Cartwright ve Derose, 2017).

Fen bilimleri, birçok farklı disiplini içerir. Örneğin, fizik, madde ve enerji, hareket, güç, akışkanlar, elektrik ve manyetizma gibi konuları içerir. Kimya, elementler, bileşikler, asitler, bazlar, reaksiyonlar, moleküller ve gazlar gibi konuları içerir. Biyoloji ise canlılar, bitkiler, hayvanlar, insan vücudu, genetik, hücreler ve organ sistemleri gibi konuları içerir. Fen eğitimi, öğrencilerin doğal dünya ile ilgili olguları keşfetmelerine ve anlamalarına olanak tanır (Çakır ve Ozan, 2018). Öğrencilerin laboratuvar deneyleri yapması, veri toplaması, analiz etmesi ve yorumlaması, hipotezler oluşturması ve sonuçlarını sunması, fen eğitiminin temel bileşenleridir. Fen dersleri, öğrencilere hem bireysel hem de grup çalışması becerilerini geliştirme fırsatı sunmaktadır.

Fen eğitimi, öğrencilerin günlük hayatlarında karşılaştıkları sorunlara çözüm bulmalarına yardımcı olur. Örneğin, küresel iklim değişikliği, gıda güvenliği, enerji sorunları, sağlık sorunları ve çevre kirliliği gibi konularda Fen bilimleri, öğrencilere çözümler sunar (Eroğlu ve Bektaş, 2016). Tüm bunların yanında fen eğitimi, öğrencilerin gelecekteki iş fırsatlarına hazırlanmalarına da yardımcı olmaktadır.

*2. Teknoloji:* STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yaklaşımının bir bileşeni olan teknoloji, hayatın birçok farklı alanında kullanılan araç, cihaz ve sistemlerin tasarımı, üretimi ve kullanımı ile ilgilidir. Teknoloji, insanların hayatlarını kolaylaştıran, daha verimli hale getiren ve sorunları çözmelerine yardımcı olan araç ve cihazların yanı sıra, iş ve üretim süreçlerinde de önemli bir role sahiptir.

Teknolojinin kullanımı, birçok farklı sektörde görülmektedir. Örneğin, sağlık sektöründe, tıbbi cihazlar ve sistemler hastaların teşhis ve tedavilerinde kullanılır. İnşaat sektöründe, yapıların tasarımı ve inşası için teknolojik araçlar kullanılır. Tarım sektöründe, traktörler, hasat makineleri ve sulama sistemleri gibi teknolojik araçlar kullanılarak üretim süreçleri verimli hale getirilmektedir (Gao, Li, Shen ve Sun, 2020).

Teknolojinin kullanımı, özellikle son yıllarda dijital teknolojilerin yaygınlaşması ile daha da artmıştır. İnternet, mobil cihazlar, sosyal medya, yapay zeka, robotik, sanal gerçeklik gibi teknolojiler, birçok sektörde kullanılmaktadır. Örneğin, e-ticaret, online ödeme sistemleri, bulut bilişim, dijital pazarlama gibi dijital teknolojiler, işletmelerin iş süreçlerini daha verimli hale getirmelerine yardımcı olur.

Teknolojinin kullanımı, sadece iş dünyasında değil, eğitim, iletişim, eğlence ve kültür gibi alanlarda da önemlidir. Örneğin, online eğitim, uzaktan eğitim, dijital kütüphaneler gibi teknolojik araçlar, eğitim sürecini daha erişilebilir hale getirir. İletişim teknolojileri, insanların birbirleriyle bağlantıda kalmalarına ve bilgiye erişmelerine olanak tanır (Han, Capraro ve Capraro, 2015). Tüm bunların yanı sıra dijital eğlence sektörü, video oyunları, dijital film ve müzik gibi alanlarda teknolojik araçların kullanımı ile büyük bir gelişme göstermiştir.

Sonuç olarak, teknoloji hayatın birçok farklı alanında kullanılan araç, cihaz ve sistemlerin tasarımı, üretimi ve kullanımı ile ilgilidir. Teknolojinin kullanımı, işletmelerin iş süreçlerini daha verimli hale getirmelerine, insanların hayatını kolaylaştırmalarına ve sorunları çözmelerine yardımcı olur. Dijital teknolojilerin yaygınlaşması ile teknolojinin kullanımı daha da artmıştır ve birçok farklı sektörde kullanılmaktadır. Teknoloji, işletmelerin üretim süreçlerini daha verimli hale getirmelerine, eğitim ve iletişim gibi alanlarda erişilebilirliği arttırarak insanların hayatını kolaylaştırmalarına olanak tanır.

*3. Mühendislik:* Mühendislik, birçok farklı sektörde uygulanabilir ve birçok farklı alt dalı vardır. Mühendislik uygulamaları, insanların yaşam kalitesini artırmak için gerekli olan çözümleri sağlar. Mühendislik, birçok farklı alanda uygulanır. Örneğin, inşaat mühendisliği, binaların, köprülerin, yolların, havaalanları gibi yapıların tasarımı ve inşası ile ilgilidir. Elektrik mühendisliği, elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımını gibi konuları ele alırken, makine mühendisliği, makine ve araçların tasarımı, üretimi ve bakımı ile ilgilidir.

Mühendislik, diğer STEM bileşenleri ile çalışarak çeşitli problemlerin çözülmesine yardımcı olur. Örneğin, bir çevre sorunu olan atık yönetimi, mühendislik, matematik ve bilim ilkelerinin birleştirilmesi ile çözülebilir. Atık yönetiminde mühendisler, atıkların

azaltılması, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi için yeni çözümler tasarlayabilmektedir (Han, Rosli, Capraro ve Capraro, 2016).

Mühendislik, STEM yaklaşımının öğrencilere fayda sağlaması açısından da önemlidir. Mühendislik dersleri, öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerine, problemlere yaratıcı çözümler üretmelerine ve takım çalışması yapmalarına yardımcı olur. Öğrenciler, mühendislik derslerinde tasarım ve üretim süreçlerini öğrenirler ve bu süreçleri uygulayarak, kendi projelerini tasarlayabilir ve üretebilirler.

Sonuç olarak, mühendislik STEM yaklaşımının temel bileşenlerinden biridir ve birçok farklı sektörde uygulanabilir. Mühendislik uygulamaları, insanların yaşam kalitesini artırmak için gerekli olan çözümleri sağlar.

*4. Matematik:* Matematik, sayılar, şekiller, yapılar, oranlar ve ilişkiler gibi kavramlar kullanarak dünyayı tanımlama ve anlama sürecidir. Matematik, birçok farklı alanda uygulanabilir ve birçok farklı matematiksel yöntem vardır. Matematik, bilim ve teknoloji alanında birçok uygulama alanına sahiptir. Örneğin, matematiksel modeller kullanarak ekonomik ve finansal riskleri öngörebiliriz. Matematiksel algoritmalar, yapay zeka teknolojilerinde kullanılarak insanların karmaşık problemleri çözmelerine yardımcı olur (Bodner ve Elmas, 2020). Tüm bunların yanında matematik, tıp alanında hastalıkların teşhisinde ve tedavisinde kullanılmaktadır.

STEM yaklaşımı, matematik eğitime büyük önem verir. Matematik dersleri, öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmelerine, analitik düşünmelerine ve soyut kavramları anlamalarına yardımcı olur. Matematik, STEM yaklaşımının diğer bileşenleriyle birlikte çalışarak öğrencilerin pratikte karşılaşacakları sorunları çözmelerine olanak tanır. Matematik, STEM yaklaşımının öğrencilere fayda sağlaması açısından da önemlidir. Matematik dersleri, öğrencilerin düşünme ve çözümleme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur (Chiu ve diğ., 2013). Matematik öğrenmek, öğrencilere günlük yaşamda karşılaştıkları problemlere çözümler üretmelerinde ve daha iyi kararlar almalarında yardımcı olmaktadır.

**2.1.2.2. Mühendislik tasarım süreci.** Mühendislik tasarım sürecinin basamakları sırasıyla aşağıda tanımlanmıştır.

*1. Problemin tanımlaması:* Problemin tanımlanması, mühendislik tasarım sürecinin önemli bir aşamasıdır ve bir projenin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu süreç, tasarım ekibinin belirli bir probleme odaklanması, sorunu

anlaması ve çözüm önerileri geliştirmesi için gerekli olan ön araştırmaları yapmasını sağlamaktadır.

Örneğin, bir otomobil üreticisi, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularında pazarda rekabetçi olmak için yeni bir elektrikli araç tasarlamayı hedeflemektedir. Sorun tanımlama süreci başlamadan önce, tasarım ekibi pazardaki elektrikli araçları incelemek ve bu araçların mevcut sorunlarını anlamak için kapsamlı bir araştırma yapmaktadır. Araştırma sonucunda, mevcut elektrikli araçların bazı yaygın sorunlara sahip olduğu belirlenmektedir (Moore ve Smith, 2014). Örneğin, şarj süreleri uzun olabilir, menzil sınırlamalarıyla karşılaşılabılır veya şarj istasyonlarının yaygın olmayan bir şekilde dağılımı nedeniyle kullanıcılar arasında endişeler oluşabilir. Tasarım ekibi, bu sorunların, elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesinin önündeki engeller olduğunu ve bu sorunların çözülmesi gerektiğini fark etmektedir.

Problemin tanımlanması aşamasında, tasarım ekibi bu sorunları daha da analiz eder ve önceliklerini belirlemektedir. Örneğin, şarj süreleri konusundaki sorun, kullanıcıların araçlarını şarj etmek için uzun süre beklemek zorunda kalmalarına ve araç kullanılabilirliğinin azalmasına neden olabilir. Bu sorunun çözülmesi, elektrikli araçların daha kullanıcı dostu hale getirilmesini sağlayabilmektedir.

Problemin tanımlanması sürecinin sonucunda, tasarım ekibi belirli bir hedef sorunu tanımlar: “Elektrikli araçların şarj sürelerini azaltmak ve kullanıcıların araçlarını daha hızlı bir şekilde şarj etmelerini sağlamak”. Bu hedef sorun, tasarım sürecinin ilerleyen aşamalarında çözülecek olan bir hedef haline gelmektedir (Karakaya, Avgın ve Yılmaz, 2018). Bu örnekte görüldüğü gibi, problemin tanımlanması süreci, tasarım ekibinin projenin amaçlarına odaklanmasını ve hangi sorunların çözülmesi gerektiğini belirlemesini sağlar. Araştırma yapma, mevcut sorunları anlama ve sorunların önceliklendirilmesi gibi adımlar, sorun tanımlama sürecinin bir parçasıdır. Bu adımların tamamlanmasıyla, tasarım ekibi gerçekçi ve odaklanmış çözüm önerileri geliştirebilmektedir.

Bir inşaat firması, büyük bir köprü projesi için tasarım sürecine başlamıştır. Sorun tanımlama aşaması, proje ekibinin köprü inşasıyla ilgili potansiyel sorunları anlaması ve bu sorunlara çözüm önerileri geliştirmesi için önemli bir adımdır. Ekip, köprü inşasıyla ilgili mevcut literatürü ve geçmiş projeleri incelemekte ve potansiyel sorunları belirlemektedir. Araştırma sonucunda, köprü inşasıyla ilgili bazı yaygın sorunlar tanımlanır. Örneğin, yetersiz zemin stabilitesi, aşırı yük taşıma gereksinimleri, doğal afetlere dayanıklılık ve bakım maliyetleri gibi sorunlar, köprü tasarımını etkileyebilmektedir. Problemin tanımlanması sürecinde, proje ekibi bu sorunları daha da analiz eder ve önceliklerini belirler. Örneğin,



yetersiz zemin stabilitesi sorunu, köprünün uzun ömürlü ve güvenli olmasını engelleyebilir. Bu sorunun çözülmesi, köprünün dayanıklılığını artırabilir ve dolayısıyla güvenlik risklerini azaltabilmektedir. Sorun tanımlama sürecinin sonucunda, proje ekibi belirli bir hedef sorunu tanımlar: “Köprü tasarımında zemin stabilitesi sorununu ele almak ve köprünün dayanıklılığını artırmak”. Bu hedef sorun, tasarım sürecinde çözüme yönelik çalışmaların odak noktası haline gelmektedir.

Problemin tanımlanması süreci, projenin başarısı için kritik bir adımdır çünkü tasarım ekibine doğru sorunlara odaklanma ve çözüm önerileri geliştirme fırsatı sunmaktadır (Silk ve Schunn, 2008). Bu süreç, tasarım ekibinin problemleri daha derinlemesine anlamasını sağlar ve daha etkili ve yenilikçi çözümler üretmelerine yardımcı olmaktadır.

2. *Tasarım:* Tasarım, mühendislik disiplinlerinde bir ürünün veya sistemin geliştirilmesi sürecinde kritik bir adımdır. Tasarım süreci, bir sorunun çözümü için yaratıcı ve sistematik bir yaklaşımı içerir ve ürünün veya sistemin işlevsel, kullanılabilir, güvenli, dayanıklı ve estetik olarak gereksinimleri karşılamaını sağlar (Kınık Topalsan, 2018). Tasarım aşaması, tasarım ekibi tarafından gerçekleştirilir ve genellikle iyi tanımlanmış bir problem ve tasarım kısıtlamaları üzerine odaklanmaktadır. Örnek olarak, bir telekomünikasyon şirketi, yüksek kapasiteli ve hızlı veri iletimi sağlayan bir fiber optik iletişim sistemi tasarlamayı hedeflemektedir. Tasarım süreci, telekomünikasyon ihtiyaçlarını ve müşteri beklentilerini karşılamak üzere sistem gereksinimlerinin belirlenmesiyle başlamaktadır. Tasarım ekibi, bu gereksinimleri anlamak için pazardaki fiber optik iletişim sistemlerini araştırır ve endüstri standartlarına göre belirlenen performans ve güvenilirlik kriterlerini analiz etmektedir. Araştırma ve gereksinim analizi sonucunda, tasarım ekibi, fiber optik kabloların veri hızını artırmak ve sinyal kaybını minimize etmek için yüksek kalitede malzemelerin kullanılması gerektiğini belirler. Ayrıca, sistemde güç kaynaklarının yedekli olarak sağlanması ve yüksek güvenlik önlemlerinin alınması gibi kısıtlamalar da dikkate alınmaktadır.

Tasarım sürecinin bir sonraki adımında, tasarım ekibi, belirlenen gereksinimleri karşılamak üzere farklı tasarım seçeneklerini değerlendirir. Örneğin, farklı fiber optik kablo tipleri, veri hızı ve sinyal bütünlüğü açısından karşılaştırılır. Ayrıca, sistem mimarisi, optik cihazlar, veri yönlendirme protokolleri ve güvenlik önlemleri gibi diğer tasarım bileşenleri üzerinde de çalışılmaktadır. Tasarım süreci ilerledikçe, tasarım ekibi seçilen tasarım seçeneklerini daha ayrıntılı olarak inceler, prototipler geliştirir ve çeşitli performans testlerinden geçirir. Bu süreçte, tasarım ekibi, potansiyel sorunları tespit eder, tasarımı optimize eder ve hedeflenen gereksinimleri karşılamak için iyileştirmeler yapmaktadır.

Tasarımın işlevselliği, güvenilirliği ve performansı üzerinde çalışılır ve gerektiğinde tasarım değişiklikleri yapılmaktadır.

Tasarım sürecinin son aşamalarında, tasarım ekibi, tasarımın üretilebilirliğini ve maliyet etkinliğini değerlendirir. Üretim süreçleri, malzeme seçimi, montaj yöntemleri ve maliyet tahminleri gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Tasarımın seri üretime geçmesi için gerekli olan aşamalar belirlenir ve üretim sürecine entegrasyon planlanmaktadır (Harman ve Yenikalaycı, 2021). Son olarak, tasarım ekibi, tamamlanan tasarımın doğrulama ve onay süreçlerini yürütür. Bu süreç, prototiplerin test edilmesini, performansın değerlendirilmesini ve tasarımın belirlenen kriterlere uygunluğunun doğrulanmasını içerir. Müşteri geri bildirimleri dikkate alınır ve gerekli düzeltmeler yapılmaktadır. Bu örnek, tasarım sürecinin genel adımlarını ve yaklaşımını göstermektedir. Tasarım, mühendislik projelerinin başarısı için temel bir unsurdur ve ürün veya sistemin istenen özellikleri, performansı ve işlevselliği sağlamasını hedefler. Tasarım süreci, yaratıcılığı, analitik düşünmeyi ve disiplinli bir yaklaşımı birleştirerek mühendislik problemlerine çözümler üretmeyi amaçlamaktadır.

*3. Yapım:* Yapım, mühendislik tasarım sürecinin kritik bir aşamasıdır ve bir ürünün veya sistemin fiziksel olarak inşa edilmesini içermektedir. Bu aşama, tasarımın hayata geçirilmesi için gerekli olan malzeme seçimi, üretim süreçleri, montaj işlemleri ve testlerin gerçekleştirilmesini kapsamaktadır. Yapım aşaması, tasarım ekibi tarafından yürütülür ve ürünün veya sistemin tasarım gereksinimlerini karşılayacak şekilde inşa edilmesini sağlamaktadır. Örnek olarak, bir otomotiv şirketi, yeni bir araç modeli için yapım sürecine başlamıştır. Yapım aşaması, tasarım ekibinin geliştirdiği tasarımın fiziksel olarak gerçeğe dönüştürülmesini amaçlamaktadır. Bu süreç, bir dizi adımdan oluşur ve birçok farklı uzmanlık alanını içermektedir.

Yapım aşamasının ilk adımı, malzeme seçimidir. Tasarım gereksinimlerine uygun malzemelerin belirlenmesi, ürünün dayanıklılığı, performansı ve estetiği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Ercan, 2014). Örneğin, otomobilin gövdesi için hafif ancak sağlam bir malzeme seçimi, yakıt verimliliğini artırabilir ve güvenlik düzeyini yükseltebilmektedir. Malzeme seçiminden sonra, üretim süreçleri planlanır ve gereken kaynaklar temin edilir. Bu aşamada, parçaların üretimi, bileşenlerin montajı, lehimleme, kaynak yapma ve işleme gibi işlemler gerçekleştirilir. Otomobil üretimi için, tedarik zinciri yönetimi, montaj hatları, kalite kontrol süreçleri ve otomasyon sistemleri gibi unsurlar dikkate alınmaktadır. Yapım sürecinin bir sonraki adımı, testlerin yapılmasıdır. Bu aşamada, inşa edilen aracın performansı, güvenilirliği ve uyumluluğu test edilir. Örneğin, aracın motorunun performansı,

fren sistemi, elektrik sistemleri ve emniyet özellikleri test edilir. Test sonuçları, tasarımın gereksinimleri karşıladığını doğrular ve gerekli düzeltmelerin yapılmasını sağlamaktadır. Yapım süreci, kalite yönetimi ve sürekli iyileştirme prensipleriyle desteklenir. İşçilik, süreç izleme ve kalite kontrol yöntemleri kullanılarak ürünün kalitesi sürekli olarak değerlendirilir ve iyileştirme fırsatları belirlenir. Kalite standartlarına uygunluğun sağlanması ve ürünün güvenliği için sıkı denetimler yapılmaktadır. Ayrıca, üretim süreçlerinde verimlilik artırıcı önlemler alınır ve atık yönetimiyle çevresel etkiler minimize edilmektedir.

Yapım sürecinde, proje yönetimi ve takım çalışması önemli bir rol oynamaktadır. İş planlaması, kaynak tahsisi, zaman çizelgeleri ve bütçe yönetimi gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Ekip üyeleri arasında etkili iletişim sağlanır ve iş birliğiyle sorunsuz bir yapım süreci hedeflenmektedir. Son olarak, yapım sürecinin tamamlanmasından sonra ürün teslim edilir ve müşteriye sunulmaktadır. Bu aşamada, müşteri geri bildirimleri değerlendirilir ve ürünün performansı ve kullanılabilirliği doğrulanmaktadır. Müşteri memnuniyeti ve ürünün amacına uygunluğu göz önünde bulundurularak gerekli iyileştirmeler yapılmaktadır.

Yapım süreci, mühendislik tasarım sürecinin hayati bir aşamasıdır ve başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğinde, tasarlanan ürün veya sistem fiziksel olarak var olur. Yapım süreci, tasarımın gerçek dünyadaki uygulamasını sağlar ve ürünün gereksinimleri karşılamasını, kalite standartlarını sağlamasını ve müşteri beklentilerini karşılamasını amaçlamaktadır (Gökbayrak ve Karışan, 2017).

*4. Test etme:* Test etme, mühendislik tasarım sürecinin kritik bir adımıdır ve bir ürünün veya sistemin performansının, güvenilirliğinin ve uyumluluğunun doğrulanması için yapılan bir dizi deney ve analizleri içermektedir (Asghar, Ellington, Rice, Johnson ve Prime, 2012). Bu süreç, tasarımın gereksinimlere uygunluğunu doğrulamak, potansiyel hataları tespit etmek, performansı optimize etmek ve kullanıcı beklentilerini karşılamak için önemlidir. Örnek olarak, bir elektronik şirketi, yeni bir cep telefonu modeli geliştirmektedir. Test etme süreci, telefonun donanımı, yazılımı ve performansı üzerinde kapsamlı bir inceleme ve değerlendirme yapmayı amaçlamaktadır. İlk adım olarak, tasarım ekibi, telefonun işlevsel gereksinimlerini belirler. Bu gereksinimler, kullanıcı deneyimi, performans özellikleri, bağlantı seçenekleri, güvenlik önlemleri ve enerji verimliliği gibi faktörleri kapsamaktadır. Gereksinimlerin belirlenmesi, test planının oluşturulmasında temel bir kılavuz sağlamaktadır.

Test planının oluşturulmasının ardından, tasarım ekibi, donanım bileşenlerini ve yazılımı test etmek için uygun test yöntemlerini belirlemektedir (Gökbayrak ve Karışan, 2017). Örneğin, telefonun ekranının dokunmatik hassasiyeti, pil ömrü, kameraların

performansı ve kablosuz iletişim özellikleri gibi özellikler, laboratuvar ortamında ve saha testlerinde değerlendirilmektedir. Testler sırasında, telefonun performansını değerlendirmek için ölçüm ve analiz araçları kullanılır. Bu araçlar, telefonun işlemci hızı, bellek kapasitesi, veri aktarım hızı ve batarya ömrü gibi kritik parametrelerini ölçer. Ayrıca, telefonun dayanıklılığını ve güvenilirliğini test etmek için çeşitli stres testleri ve ortam simülasyonları yapılmaktadır. Testlerin sonuçları, tasarımın gereksinimleri karşılayıp karşılamadığını belirlemek için değerlendirilmektedir. Eğer bir hata veya performans sorunu tespit edilirse, tasarım ekibi gerekli düzeltmeleri yapar ve testleri tekrar gerçekleştirilmektedir. Bu iteratif süreç, tasarımın sürekli olarak iyileştirilmesini ve hataların giderilmesini sağlamaktadır.

Ayrıca, test süreci, endüstri standartlarına ve yönetmeliklere uyumun sağlanması için önemlidir. Telefonun güvenlik ve emniyet gereksinimlerini karşıladığını doğrulamak için uygun testler yapılmaktadır. Elektromanyetik uyumluluk testleri, radyo frekansı emisyonları, batarya güvenliği ve veri güvenliği gibi konular da değerlendirilmektedir. Test etme süreci, raporlama ve dokümantasyon aşamalarıyla tamamlanmaktadır. Test sonuçları, tasarımın gereksinimleri karşıladığını veya karşılamadığını gösteren ayrıntılı bir rapor halinde sunulmaktadır. Bu rapor, tasarım ekibi ve ilgili paydaşlar tarafından incelenir ve karar alma süreçlerinde rehberlik eder. Ayrıca, test sürecine ilişkin dokümantasyon, gelecekteki referanslar için arşivlenir ve tasarımın revizyonları veya iyileştirmeleri için kullanılmaktadır.

Test etme süreci, ürün veya sistemin güvenilirliği, performansı ve kullanılabilirliği hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu bilgiler, tasarımın doğrulanması ve gerektiğinde iyileştirme yapılması için önemlidir. Test etme aşaması, mühendislik tasarım sürecinin bir parçası olarak, ürünün kalitesini ve güvenilirliğini sağlamak için kritik bir adımdır (Harman ve Yenikalaycı, 2021).

5. *Değerlendirme*: Değerlendirme, mühendislik tasarım sürecinin önemli bir aşamasıdır ve tasarlanan ürünün veya sistemin performansını, kalitesini ve uygunluğunu objektif bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu süreç, tasarımın gereksinimlere uygunluğunu kontrol etmek, maliyet etkinliğini değerlendirmek, iyileştirme fırsatlarını belirlemek ve kullanıcı geri bildirimlerini dikkate almak için önemlidir (Bozkurt, 2014).

Bir örnekte ilk adım olarak, tasarım ekibi, güneş enerjisi sistemi için belirlenen gereksinimleri gözden geçirir ve uygunluk kriterlerini belirlemektedir. Bu gereksinimler arasında enerji verimliliği, güneş paneli kapasitesi, batarya ömrü, güç çıkışı ve sistem güvenilirliği gibi faktörler yer alabilir. Bu kriterler, değerlendirme sürecinin temelini oluşturmaktadır. Değerlendirme sürecinin ikinci adımı, tasarlanan sistem için performans testlerinin yapılmasıdır (Çavaş, Bulut, Holbrook ve Rannikmae, 2013). Örneğin, güneş

panellerinin güneş ışığından ne kadar enerji topladığını ölçmek için testler gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, bataryaların kapasite ve şarj/boşaltma özellikleri, invertörün enerji dönüşüm verimliliği ve sistem çıkışının sürekli ve istikrarlı olup olmadığı da test edilmektedir. Değerlendirme süreci ayrıca, tasarlanan sistemin güvenilirlik ve dayanıklılık açısından test edilmesini de içermektedir. Örneğin, sistem, farklı hava koşullarında (sıcaklık, nem, rüzgar) nasıl performans gösterdiği ve uzun süreli kullanımın etkileri değerlendirilmektedir.

Değerlendirme sürecinde, tasarım ekibi maliyet-etkinlik analizi yapar. Bu analiz, tasarlanan sistemin üretim maliyetlerini, bakım ve işletme maliyetlerini ve enerji tasarrufu potansiyelini göz önünde bulundurarak yapılmaktadır. Maliyet-etkinlik analizi, tasarımın ekonomik açıdan sürdürülebilirliğini ve karlılığını değerlendirmek için önemlidir (Capobianco, 2013). Değerlendirme sürecinin bir diğer önemli aşaması, kullanıcı geri bildirimlerini ve taleplerini dikkate almaktır. Kullanıcılar, tasarlanan sistemin kullanılabilirliği, kullanım kolaylığı, estetik özellikleri ve işlevselliği gibi faktörler hakkında geri bildirimde bulunmaktadır. Bu geri bildirimler, tasarımın iyileştirilmesi ve kullanıcı beklentilerinin karşılanması için değerli bilgiler sağlamaktadır.

Değerlendirme sürecinin sonucunda, tasarım ekibi bir değerlendirme raporu hazırlar. Bu rapor, tasarlanan sistemin performansını, uygunluğunu ve maliyet-etkinliğini objektif bir şekilde ortaya koyar. Rapor, tasarım ekibi ve ilgili paydaşlar arasında bilgi paylaşımını sağlar ve tasarımın revizyonları veya iyileştirmeleri için yol gösterici bir belge olarak kullanılmaktadır. Değerlendirme süreci, mühendislik tasarım sürecinde kritik bir aşamadır. Tasarlanan sistemin gereksinimlere uygunluğunu, performansını, maliyet-etkinliğini ve kullanıcı taleplerini değerlendirerek tasarımın kalitesini artırır. Ayrıca, iyileştirme fırsatlarının belirlenmesine ve tasarımın sürekli olarak geliştirilmesine olanak sağlar. Değerlendirme süreci, mühendislik disiplinlerinde başarılı ve sürdürülebilir projelerin hayata geçirilmesinde önemli bir adımdır.

### 2.1.3. Enerji ve STEM

**2.1.3.1. STEM yaklaşımının enerji sektöründe kullanımı.** Enerji, STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) yaklaşımıyla sıkı bir ilişkiye sahiptir ve STEM yaklaşımı, enerji sektöründe çeşitli uygulamalar ve yeniliklerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. STEM yaklaşımı, bilimsel düşünce, teknoloji kullanımı, mühendislik becerileri ve matematiksel analizleri birleştirerek sorunlara çözüm bulmayı hedeflemektedir

(Bybee, 2013). Enerji sektöründe STEM yaklaşımının kullanımı, aşağıda belirtilen örneklerle açıklanabilmektedir;

*Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Geliştirme:* STEM yaklaşımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden teknolojilerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Örneğin, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliğini artırmak ve maliyetlerini düşürmek için STEM becerilerine dayalı araştırma ve geliştirme çalışmaları yürütülür.

*Enerji Verimliliği İyileştirmeleri:* STEM yaklaşımı, enerji verimliliğini artırmak için inovatif teknolojilerin geliştirilmesine katkıda bulunur. Örneğin, binalarda enerji tüketimini azaltmak amacıyla geliştirilen akıllı bina sistemleri, sensörler, otomasyon teknolojileri ve veri analitiği gibi STEM tabanlı çözümler kullanılır.

*Akıllı Şebeke Yönetimi:* STEM yaklaşımı, enerji sektöründe akıllı şebeke yönetimi için kullanılan teknolojilerin geliştirilmesine katkıda bulunur. Akıllı sayaçlar, dağıtık enerji kaynaklarının entegrasyonu, otomatik ayarlama ve kontrol sistemleri gibi STEM temelli çözümler, enerji şebekelerinin daha verimli, esnek ve sürdürülebilir olmasını sağlar.

*Enerji Depolama Teknolojileri:* STEM yaklaşımı, enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Yüksek kapasiteli bataryalar, hidrojen depolama sistemleri ve termal enerji depolama gibi enerji depolama çözümleri, STEM becerileri ve teknolojileriyle geliştirilir.

STEM yaklaşımı, enerji sektöründe yenilikçi ve sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu yaklaşım, enerji sektöründe karşılaşılan karmaşık sorunlara analitik ve sistematik bir şekilde yaklaşmayı sağlamaktadır. Örneğin, enerji talebinin artmasıyla birlikte güç şebekelerinin güvenilirliği ve kapasitesi ile ilgili sorunlar ortaya çıkmaktadır. STEM yaklaşımı, bu tür sorunlara verimli çözümler sunan akıllı şebeke sistemlerinin tasarlanması ve optimize edilmesi için kullanılmaktadır. STEM yaklaşımı, enerji sektöründe ayrıca geleceğe yönelik stratejik planlamaların yapılmasında da etkilidir (Altunel, 2018). Örneğin, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik konuları, enerji sektöründe önemli bir rol oynamaktadır. STEM becerileri ve analitik yetenekler, enerji talebini ve tüketim desenlerini analiz etmek, yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre etmek ve karbon emisyonlarını azaltmak için stratejik kararların alınmasına yardımcı olmaktadır.

Sonuç olarak, enerji sektöründe STEM yaklaşımının kullanımı, yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi, enerji verimliliğinin artırılması, akıllı şebeke yönetimi ve enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi gibi birçok alanda fayda sağlamaktadır. Bu yaklaşım, enerji sektörünün gelecekteki ihtiyaçlarını karşılamak, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak

ve enerji alanında yenilikçi çözümler üretmek için önemli bir araçtır. STEM becerilerine sahip mühendisler ve araştırmacılar, enerji sektöründeki dönüşüm ve ilerleme için kritik bir rol oynamaktadır.

**2.1.3.2. Mühendislik tasarım sürecinin yenilenebilir enerji teknolojileriyle ilişkisi.** Mühendislik tasarım süreci, yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu süreç, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için bilimsel, teknolojik, mühendislik ve matematiksel prensipleri birleştirir. Örneğin, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla ilgili tasarım süreci aşağıdaki örneklerle açıklanması mümkündür.

İlk aşama, sistem gereksinimlerinin belirlenmesidir. Tasarım ekibi, güneş enerjisi veya rüzgar enerjisi sistemlerinin belirli bir alanda veya bina üzerinde nasıl kullanılacağına dair gereksinimleri analiz eder. Bu gereksinimler, enerji verimliliği, enerji talebi, güç ihtiyacı, alan kullanımı ve çevresel etkiler gibi faktörleri içermektedir. Sonra, tasarım ekibi, yenilenebilir enerji kaynaklarını en etkin şekilde kullanmak için uygun teknolojilerin seçimiyle ilgili kararlar alır. Örneğin, güneş enerjisi sistemleri için fotovoltaik (PV) panellerin veya rüzgar enerjisi sistemleri için rüzgar türbinlerinin doğru boyutlandırılması ve konumlandırılması gerekmektedir. Bu aşamada, mühendisler matematiksel modeller, veri analizi ve simülasyon araçları kullanarak sistem performansını optimize etmektedir. Daha sonra, tasarım aşamasında, seçilen teknolojilerin donanım ve yazılım bileşenleri tasarlanır (Gülhan ve Şahin, 2016). Örneğin, güneş enerjisi sistemi için PV panellerin ve invertörlerin tasarımı ve entegrasyonu gerçekleştirilir. Bu aşamada, mühendisler elektriksel, mekanik ve malzeme bilgilerini kullanarak sistem bileşenlerini optimize eder ve enerji üretimini maksimize etmek için sistem performansını analiz etmektedir. Son aşama, prototipin üretimi ve test edilmesidir. Tasarım ekibi, prototipin gerçek dünya koşullarında nasıl performans gösterdiğini değerlendirmek için laboratuvar testleri veya saha deneyleri gerçekleştirir. Bu testler, sistem verimliliği, güç çıkışı, dayanıklılık ve güvenilirlik gibi faktörleri değerlendirir ve tasarımın iyileştirmeleri için geri bildirim sağlamaktadır. Örneğin, bir güneş enerjisi sistemi tasarımı üzerinde çalışan bir mühendislik ekibi, tasarım sürecinin her aşamasında yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımını dikkate alır. İlk aşamada, sistem gereksinimlerini analiz ederler ve belirli bir bina veya alanda güneş enerjisinden en yüksek verimi elde etmek için enerji talebi, güç ihtiyacı ve alan kullanımı gibi faktörleri göz önünde bulundurmaktadır. Daha sonra, güneş enerjisi panellerinin seçimi ve

boyutlandırılması gibi tasarım kararları alınmaktadır. Mühendisler, fotovoltaik panellerin doğru sayıda ve doğru açıda konumlandırılması için matematiksel modeller ve simülasyonlar kullanarak sistem performansını optimize ederler. Ayrıca, invertörlerin ve diğer elektrik bileşenlerinin tasarımı ve entegrasyonu da gerçekleştirilmektedir.

Tasarım aşamasında, mühendisler donanım ve yazılım bileşenlerinin tasarımını yapmaktadır. Örneğin, güneş enerjisi sistemi için güneş takip sistemi tasarlanabilmektedir. Bu, güneş panellerinin güneşin hareketine göre optimize edilmesini sağlar ve enerji üretimini maksimize eder. Mühendisler aynı zamanda güç dönüştürme, enerji depolama ve güç yönetimi gibi konular üzerinde de çalışır ve sistemin verimliliğini artırmak için geliştirmeler yapmaktadır (Yıldırım ve Altun, 2015).

Son olarak, tasarımın gerçek dünya koşullarında performansını değerlendirmek için prototip üretilir ve test edilmektedir. Mühendisler, laboratuvar ortamında veya saha deneylerinde prototipi test eder ve sistemin enerji verimliliği, güç çıkışı, dayanıklılık ve güvenilirlik gibi faktörleri üzerinde çalışmaktadır. Bu testler, tasarımın iyileştirilmesi için geri bildirim sağlar ve son ürünün gerçek dünya kullanımına uygun olduğunu doğrulamaktadır.

**2.1.3.3. STEM yaklaşımının yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimine katkısı.** STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) yaklaşımı, yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişiminde önemli bir role sahiptir. Bu yaklaşım, bilimsel araştırmalar, teknolojik yenilikler, mühendislik tasarımları ve matematiksel analizleri birleştirerek enerji sektöründe yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bilimsel araştırmalar, güneş enerjisi teknolojilerinin temelinde yatan fiziksel prensipleri anlamamızı sağlamaktadır. STEM yaklaşımıyla yapılan araştırmalar, güneş ışığının fotovoltaik hücrelerde nasıl elektrik enerjisine dönüştürüldüğünü, hücrelerin malzeme özelliklerini ve performanslarını inceleyerek daha verimli ve etkili hücrelerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Felix, 2010).

Teknolojik yenilikler, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak ve maliyetlerini düşürmek için önemli bir faktördür. STEM yaklaşımı, yenilikçi malzemelerin ve teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Örneğin, güneş panellerinde kullanılan fotovoltaik hücrelerin verimliliğini artırmak için farklı malzemelerin kullanımı veya nano-teknoloji tabanlı gelişmeler gibi teknolojik yenilikler, güneş enerjisi sistemlerinin daha yaygın ve ekonomik olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Mühendislik tasarımları, güneş enerjisi sistemlerinin optimal şekilde tasarlanması ve entegrasyonu için önemli bir aşamadır.



STEM yaklaşımı, güneş enerjisi sistemlerinin boyutlandırılması, konumlandırılması ve optimize edilmesi için mühendislik prensiplerini kullanmaktadır (Baran, Canbazoglu-Bilici, Mesutoglu ve Ocak, 2016). Örneğin, güneş panellerinin optimum açıda konumlandırılması ve güneş takip sistemlerinin kullanımı gibi tasarım kararları, enerji verimliliğini artırır ve güneş enerjisi sistemlerinin performansını optimize etmektedir.

Matematiksel analizler, güneş enerjisi sistemlerinin performansını değerlendirmek ve iyileştirmek için kullanılmaktadır. STEM yaklaşımı, matematiksel modeller ve simülasyonlar aracılığıyla güneş enerjisi sistemlerinin performansını analiz eder. Bu analizler, güneş panellerinin güç çıkışını tahmin etmek, enerji üretimini optimize etmek ve sistem verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır (Gökbayrak ve Karışan, 2017). Örneğin, matematiksel modeller ve simülasyonlar kullanılarak güneş panellerinin belirli bir coğrafi konumda ne kadar enerji üreteceği tahmin edilebilmektedir. Böylece, güneş enerjisi sistemlerinin verimli bir şekilde tasarlanması ve kullanılması sağlanabilmektedir.

STEM yaklaşımı ayrıca yenilenebilir enerji teknolojilerinin toplumun ihtiyaçlarına nasıl uyum sağlayabileceğini de ele alır. Örneğin, güneş enerjisi sistemlerinin kentsel alanlarda kullanımıyla ilgili tasarım kararları alınırken, sosyal ve ekonomik faktörler de dikkate alınır (Çiftçi ve Aydın, 2020). STEM yaklaşımı, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaştırılması için politikalar ve düzenlemeler oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, STEM yaklaşımı, yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimi ve uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bilimsel araştırmalar, teknolojik yenilikler, mühendislik tasarımları ve matematiksel analizler, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak, maliyetlerini düşürmek ve toplumun enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılır. Bu yaklaşım, enerji sektöründe sürdürülebilirlik ve çevresel koruma hedeflerine ulaşmak için kritik bir araçtır ve gelecekte daha fazla yenilenebilir enerji teknolojisi gelişimine katkı sağlaması beklenmektedir.

**2.1.3.4. STEM yaklaşımının yenilenebilir enerji konusunda öğrenci motivasyonunu artırma potansiyeli.** STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) yaklaşımı, yenilenebilir enerji konusunda öğrenci motivasyonunu artırmada büyük bir potansiyele sahiptir. Bu yaklaşım, öğrencilerin enerji konusundaki anlayışlarını derinleştirmelerine ve aktif öğrenme deneyimleri yaşamalarına olanak tanımaktadır. Örneğin, STEM eğitimi çerçevesinde gerçekleştirilen projeler ve etkileşimli aktiviteler, öğrencilerin yenilenebilir enerji teknolojilerini keşfetmelerini, analiz etmelerini ve tasarımlarını sağlamaktadır.

Bilimsel yöntem, öğrencilerin enerji kaynakları ve dönüşüm süreçleri hakkında temel bilgilere sahip olmalarını sağlar (Kocakaya ve Ensari, 2018). Öğrenciler, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi veya hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının nasıl çalıştığını ve enerji dönüşümünün nasıl gerçekleştiğini araştırabilirler. Bu süreç, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirir ve fen bilimleri konularına olan ilgilerini artırır.

Teknolojik uygulamalar, öğrencilerin yenilenebilir enerji teknolojilerini deneyimlemelerine ve gerçek hayatta kullanılan araçları keşfetmelerine olanak tanır. Öğrenciler, güneş panelleri, rüzgar türbinleri veya hidroelektrik santralleri gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin nasıl çalıştığını gözlemleyebilir ve bu teknolojileri nasıl kullanacaklarını öğrenebilirler. Bu tür etkileşimli deneyimler, öğrencilerin teknolojiye olan ilgilerini artırır ve onları yenilikçi çözümler geliştirmeye teşvik etmektedir. Mühendislik tasarımı, öğrencilere yenilenebilir enerji sistemlerini tasarlama ve problem çözme becerilerini geliştirme fırsatı sunar. Öğrenciler, güneş enerjisi sistemleri veya rüzgar enerjisi sistemleri gibi projeler üzerinde çalışarak, gerçek dünya problemlerine yönelik çözümler üretirler. Bu süreç, öğrencilerin yaratıcılıklarını ve mühendislik yeteneklerini kullanmalarını teşvik eder. Aynı zamanda, ekip çalışması ve iletişim becerilerinin gelişmesine de katkı sağlar. Matematiksel analiz, öğrencilerin yenilenebilir enerji teknolojilerinin performansını değerlendirmelerine ve optimize etmelerine olanak sağlamaktadır. Öğrenciler, enerji üretimi, verimlilik hesaplamaları, enerji depolama sistemleri gibi matematiksel konuları kullanarak yenilenebilir enerji sistemlerinin etkinliğini ölçebilirler. Bu analiz süreci, öğrencilerin matematik becerilerini geliştirirken aynı zamanda enerji konusunda derinlemesine düşüncelerini sağlar. STEM yaklaşımının yenilenebilir enerji konusunda öğrenci motivasyonunu artırma potansiyeli, interaktif ve uygulamalı öğrenme deneyimleri ile desteklenir. Öğrenciler, saha gezileri, laboratuvar çalışmaları, atölye çalışmaları ve projeler gibi etkinliklerle doğrudan yenilenebilir enerji teknolojileriyle etkileşim kurabilirler. Bu deneyimsel öğrenme yaklaşımı, öğrencilerin konuyu daha iyi anlamalarını sağlarken aynı zamanda onları enerji alanında kariyer fırsatlarına yönlendirebilmektedir (Kennedy ve Odell, 2014).

Sonuç olarak, STEM yaklaşımı, yenilenebilir enerji konusunda öğrenci motivasyonunu artırma potansiyeline sahiptir. Bilimsel araştırma, teknolojik uygulamalar, mühendislik tasarımı ve matematiksel analizlerin entegre edildiği bu yaklaşım, öğrencilerin enerji konusunda derinlemesine düşüncelerini, yaratıcılıklarını kullanmalarını ve problem çözme becerilerini geliştirmelerini sağlar. Bu sayede, gelecekteki enerji ihtiyaçlarını

karşılacak yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler üretmelerine katkıda bulunur ve öğrencileri enerji sektöründe kariyer fırsatlarına yönlendirmektedir.

## 2.2. İlgili Araştırmalar

### 2.2.1. Yurt İçinde Yapılan Araştırmalar

Dilaver Türe (2023) doktora tezinde, lise kimya dersi öğretim programı üniteleri içerisindeki enerji üretimi ve tasarrufu, kimyasal tepkimeler konuları kapsamında hazırlanan STEM etkinliklerinde biyomimikri ve tersine mühendislik uygulamalarının tasarım süreçleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. STEM etkinlikleri içerisinde uygulanan mühendislik tasarım döngüsünün araştırma/analiz basamağında biyomimikri eğitimi kapsamında canlıları inceleme ve tersine mühendislik eğitimi kapsamında materyalleri inceleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmaların süreç üzerindeki etkileri çok yönlü ve derinlemesine incelenmiş sonuçta mühendislik tasarım döngüsüne entegreli alternatif bir model önerilmeye çalışılmıştır. Araştırma nitel araştırma yöntemlerinden eylem araştırması desenindedir. Araştırmada, araştırma öncesi tespit edilen problemlere paralel olarak STEM etkinliklerinde tasarım öncesi mevcut modelleri tanıma, analiz etme ve uyarlayarak kullanma ya ilişkin sorunların yaşandığına, tasarım sürecini planlama, malzemeleri tanıma, uygun olanlarını seçerek kullanma ve prototipi hazır hale getirmekte zorlukların görüldüğüne dair bulgular elde edilmiştir. Araştırmanın bulguları, biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM etkinliklerinde uygulanan canlıları ve ürünleri inceleme aşamalarının tasarım geliştirme süreçlerinde öğrencilerin derslerde öğrendikleri bilgileri tasarımlarında kullanabilmeleri, tasarım geliştirme sürecini planlayabilmeleri, malzemeleri tanımaları, yeni bakış açıları geliştirmeleri, inovatif ve uygulanabilir tasarımlar yapabilmeleri, uygun malzemeler ve hesaplamalarla tasarımlarını modelleyebilmeleri, prototip oluşturabilmeleri, tasarımlarını sunabilmeleri ve geliştirebilmeleri açılarından olumlu katkılarının olduğunu göstermektedir. Araştırma kapsamında geliştirilen alternatif tasarım süreci modelinin entegre edildiği benzer planların farklı branşlarda ve kademelerde uygulanması ve değerlendirilmesine yönelik araştırmaların yapılması önerilmektedir.

Hacıoğlu (2020) yayımlanan çalışmasında, beşinci sınıf fen bilimleri dersi sürtünme kuvveti konusunda, Türkiye, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaşanan gerçek yaşam problem durumu ile başlayan, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecini ve bilimsel araştırma sürecini kapsayan tematik STEM etkinliğinin tasarlanması, uygulaması ve

değerlendirilmesinin sunulmasını amaçlamıştır. Çalışma kapsamında tasarlanan etkinlik için öncelikle uzman görüşüne başvurulmuş ve geri dönütler doğrultusunda düzenlenerek, bir fen bilimleri öğretmeni tarafından ve araştırmacı rehberliğinde, 2018-2019 eğitim öğretim yılında 24 beşinci sınıf öğrencisi ile uygulanmıştır. Uygulama sürecine ilişkin uzman, araştırmacı ve öğretmen görüşleri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda etkinliğin uygulanabilir olduğu fakat süre, mühendislik tasarım süreci, öğrencileri hazırlama ve süreci yürütme açısından uygulama sürecinde dikkat edilmesi gereken durumlar olduğu sonucuna varılmıştır. Farklı öğrenci grubu, konu ve kazanımlara uyarlanabileceği konusunda öneriler sunulmuştur.

Doğan, Gencer ve Bilen (2017) çalışmalarında, bir STEM etkinliği olan Yenilebilir ve Yenilenebilir Araba Yarışması etkinliğini ortaokul 7. Sınıf öğrencilerine uygulamışlardır. Burada nitel araştırma desenlerinden durum çalışmasını kullanmışlardır. Araştırmada, yarı yapılandırılmış görüşmeler ve yansıtıcı açık uçlu sorular ile elde edilen veriler betimsel analiz yöntemi ile çözümlenmiştir. Öğrencilerin performansları Yenilebilir ve Yenilenebilir Araba Yarışması Dereceli Puanlama Anahtarı ve Akran Değerlendirme Dereceli Puanlama Anahtarı ile ölçülmüştür. Araştırma sonucunda öğrenciler malzeme temini ve takım çalışmasındaki güçlükleri belirtse de etkinliğin eğlenceli olduğunu, bilim ve mühendislik uygulamaları arasındaki benzerlik ve farklılıklara ilişkin fikir edindiklerini, mühendislik tasarım döngüsünü uygulamaktan hoşlandıklarını ifade etmişlerdir.

Karakaş (2017) yayımlanan doktora tezinde öğretmenlerin STEM entegrasyonuna ilişkin algılarını, sınıf içi STEM entegrasyon uygulamalarını, STEM entegrasyonu sağlama noktasında özyeterlik algılarını ve bu öğretmenlerin STEM entegrasyonu sağladıkları sınıflarda öğrenim görmekte olan öğrencilerin STEM tutumlarını araştırmıştır. Bu çalışmada karma yöntem araştırması kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen bulgular, fen bilgisi öğretmenlerinin STEM entegrasyonu algılarının gerçek yaşam problemlerini çözmeye, uygulama ve mühendislik tasarım süreci üzerine odaklandıklarını göstermektedir.

Uyar, Canpolat ve Şan (2021) çalışmasında, Hatay Payas'da bulunan PayaSTEM merkezindeki öğretmenlerin ve öğrencilerin STEM eğitimi hakkındaki görüşlerini incelemiştir. Çalışma nitel araştırma desenlerinden durum çalışmasıdır. Öğretmenler; 21. yüzyıl becerileri, bilişsel ve duyuşsal alanlarına katkı sağladığını, okulda teknolojik araç-gereç, öğrencide ilgi ve hazırbulunuşluk, öğretmende ilgi ve yeniliğe açık olma gibi özelliklerin bulunması gerektiğini savunmuşlardır. Öğrenciler de STEM eğitiminin uygulama ağırlıklı, işbirliğine dayalı ve kalıcı öğrenme sağlayan bir eğitim yaklaşımı olduğunu belirtirlerken, yeni fikirler üretmede zihinlerini açtığını, kendilerini daha net ifade

edebildiklerini ve dolayısıyla başarılarını arttırdığını bildirmişlerdir. Ek olarak bu tarz STEM uygulamalarının artırılması için buldukları bina kapasitesinin ve bu gibi uygulama merkezlerinin sayısının artırılması gerektiğini savunmuşlardır. Ayrıca STEM yaklaşımının eğitim programlarına dahil edilmesi gerektiği, öğretmenlere hizmet içi eğitimlerle bu konuda desteklenmelerinin gerektiği ve daha detaylı veriler elde edebilmek için STEM merkezlerindeki uygulamalara yönelik gözlemlerin yapılması önerilerinde bulunmuşlardır.

Altaş (2018) yayımlanan yüksek lisans tezinde, sınıf öğretmeni adaylarıyla çalışmış ve karma desen kullandığı çalışma için bir mühendislik algı ölçeği geliştirmiştir. Karma araştırma yönteminin nitel boyutunda öğretmen adayları STEM uygulamalarında mühendislik tasarım süreci döngüsü çerçevesinde çalışırken gözlemlenmiş, öğretmen adaylarından bu süreçte dokümanlar toplanmış ve ses kayıt cihazı ile süreç kayıt altına alınmıştır. Nicel boyutunda ise mühendislik ve teknoloji algı ölçekleri kullanılmıştır. Bu süreçte öğretmen adaylarına dönem boyunca STEM etkinlikleri yaptırılmış fakat öğretmen adayları dönemin başındaki iki, ortasındaki iki ve sonundaki iki etkinlik göz önünde bulundurularak toplamda altı STEM etkinliği ile değerlendirilmişlerdir. Yapılan çalışmada neticesinde elde edilen verilerden sınıf öğretmeni adaylarının süreç içerisinde mühendislik tasarım süreci basamaklarını kullanma becerilerinde gelişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının bu süreçte 21.yy. becerileri olarak adlandırılan yaşam becerilerinin çoğunda da gelişim gösterdikleri görülmüştür. Nicel kısımdan elde edilen bulgular ise sınıf öğretmeni adaylarının STEM uygulamalarının ve mühendislik tasarım süreci ile geçirdikleri zamanın onların mühendislik ve teknoloji algılarını pozitif yönde geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Topalsan (2018) çalışması, İstanbul Aydın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Sınıf Öğretmenliği programında verilen Fen ve Teknoloji Öğretimi-II dersi kapsamında, verilen eğitimler sonrasında, öğretmen adaylarının Mühendislik Tasarım Süreci temel alınarak geliştirdikleri ve yürütmeye çalıştıkları öğretim etkinliklerinin değerlendirilmesi ve yaşanabilecek aksaklıkların ortaya çıkarılması doğrultusundadır. Çalışma 45 öğretmen adayı ile yürütülmüştür. Bulgular öğretmen adaylarının geliştirdiği ve ürün haline getirmeye çalıştığı 45 etkinliğin araştırmacılar tarafından belirlenen inceleme kriterlerine göre değerlendirilmesi ile elde edilmiştir. Geliştirilen ve ürün haline getirilmeye çalışılan etkinliklerde, ilk ve en önemli basamak olan problem tanımlama ve tanımlanan problemin anlaşılabilirliği kısmında düşük nitelikte bir performans ile karşılaşmıştır. Aynı şekilde problem belirleme basamağında yaşanan sıkıntılar nedeni ile yaratıcı çözüm üretme ve model haline getirme basamaklarında elde edilen performans düşük niteliktedir. Öğretmen adaylarının

geliştirerek uygulamaya çalıştığı mühendislik tasarım temelli etkinliklerde, bireysel olarak yaşadıkları sıkıntılar göz önüne alındığında, gelişmelerin uygulayıcısı olacak öğretmen adaylarının yeni yöntem ve tekniklerden haberdar olarak yetiştirilmesi ve öğretmen yetiştirme programlarına mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin dahil edilmesi önerilmektedir.

Barış (2019) yayımladığı yüksek lisans tezinde, Bilim ve Sanat Merkezi (BİLSEM)'de özel yetenekli öğrencilerle okul dışı zamanlarda eğitim gören fen bilimleri ve matematik öğretmenlerinin STEM eğitimi uygulamalarını incelemiştir. Bu çalışmada durum çalışması kullanılmış olup verilerin toplanmasında ise araştırmacı tarafından hazırlanan ve uzman görüşüyle son halini alan yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. STEM eğitiminin özel yetenekli öğrencilerde disiplinler arası ilişkilendirme, günlük hayatla ilişkilendirme, öğrencilere 21. yüzyıl becerilerinin ve bilimsel süreç becerilerinin kazandırılması, üst düzey düşünme becerilerinin geliştirilmesi, öğrencilerin kişisel, duygusal ve sanatsal gelişimlerini desteklemek, ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınması, öğrencilerin STEM alanlarında kariyer yapması için gerekli görüldüğü sonucu ortaya çıkmaktadır.

Ünlü (2021) yayınladığı yüksek lisans tezinde okul öncesi öğrencilerine ekolojik ayak izi farkındalığının kazandırılmasında STEM eğitiminin etkililiği üzerine çalışmıştır. Araştırma verileri yarı deneysel desende nicel veriler toplanarak yapılandırılmıştır. Çocukların erken yaşlarda çevreye duyarlı, koruyucu ve çevre sorunlarına çözümler üreten bireyler olmalarında STEM eğitiminin oldukça etkili olduğu görülmüştür. Çocuklarda problem çözme, yaratıcılık, eleştirel düşünme, girişimcilik gibi 21. Yüzyıl becerilerine sahip olmalarını sağlayan STEM eğitiminin çocuklar için gelecekte de uygun programlar geliştirilmesi gerektiği ve öğretmenlerin de bu programlara dahil edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Doğan (2020) doktora çalışmasında, ortaokul beşinci sınıf fen bilimleri dersi ünitelerini bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımıyla tasarlamış, uygulamış ve değerlendirmiştir. Tasarım tabanlı araştırma yöntemiyle desenlediği bu çalışmada, nitel ve nicel yöntemleri birlikte kullanmıştır. Araştırma, öğrenme modüllerinin geliştirilmesi için yol gösterici olacak bütünleşik STEM eğitimi tasarım ilkelerinin belirlenmesi amacıyla alanyazın taraması yapılarak uzman görüşlerinin alındığı hazırlık aşaması, hazırlık aşamasında geliştirilen öğrenme modüllerinin uygulanmasını kapsayan prototip oluşturma aşaması ve tüm sürecin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesini kapsayan değerlendirme ve yansıtma aşaması olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Araştırmacının aynı zamanda uygulayıcı olduğu bu çalışmada nitel veriler öğrenci yansımaları, yarı yapılandırılmış

görüşmeler, alan notları, bilimsel sorgulamaya yönelik görüş anketi ve araştırmacı tarafından geliştirilen mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile toplanmıştır. Çalışmanın nicel verilerinin toplanması araştırmacı tarafından fen bilimleri dersi içeriği kullanılarak geliştirilen iki aşamalı çoktan seçmeli eleştirel düşünme becerileri başarı testleri, STEM mesleklerine yönelik ilgi ölçeği ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular bütünlük STEM eğitimi yaklaşımı ile tasarlanan modüller ile uygulanan derslerin, öğrencilerin içerik bilgisini ve eleştirel düşünme becerilerini arttırdığı, bilimsel sorgulamaya ilişkin görüşlerini ve öğrencilerin STEM mesleklerine ilişkin ilgilerini pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Bununla birlikte çalışmada bütünlük STEM eğitimi yaklaşımıyla ilgili olarak geliştirilen tasarım ilkelerinin ve çerçevesinin mevcut fen bilimleri dersi ünitelerinin bütünlük STEM ünitelerine dönüştürmede etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Elmas ve Gül (2020) çalışmalarında, 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programını STEM eğitimi yaklaşımı kapsamında incelemişlerdir. Doküman analizi yöntemiyle güncel fen bilimleri programını beş farklı boyutta incelemişlerdir. STEM eğitim yaklaşımının uygulanabilirliği açısından programın amaçları, öğretim yaklaşımı, kazanımları, öğretmenin ve öğrencinin rolleri değerlendirilmiştir. Ayrıca 2017 yılında yayınlanan programın yapısı ile 2018 yılında yapılan güncelleme de bu kapsamda ele alınmıştır. Yapılan doküman analizi sonucunda amaçları, desteklediği öğretim (öğrenme) yaklaşımları, öğretmenin ve öğrencinin rolleri açısından program değerlendirildiğinde; STEM eğitim yaklaşımı bu program kapsamında uygulanabilir bulunmuştur. Kazanımlar boyutuyla bakıldığında fen bilimleri öğretim programının, STEM eğitim yaklaşımının özellikle mühendislik tasarım sürecini belirli kazanımlar aracılığıyla ve özellikle “tasarlama” eylemi kullanılarak sunmaya çalıştığı sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda; 2017 programındaki kazanımların mühendislik tasarım süreçlerinin bütün basamaklarını içerdiği, 2018’de güncellenen programda yer alan kazanımların ise mühendislik tasarım sürecinin bir basamağı olan “tasarım” boyutuna yönelik olduğu saptanmıştır. STEM eğitim yaklaşımı açısından ele alındığında, güncel programın mühendislik tasarım sürecindeki bütün aşamalara yönelik kazanımları içermemesi ve değinilen kazanımları uygun sırada sunmaması bir eksiklik olarak değerlendirilmiştir.

Eroğlu ve Bektaş (2022), 5E tabanlı STEM öğrenme stratejilerinin, atom sistemleri ve periyodik tablo dersinde 9. sınıf öğrencilerinin akademik başarı, bilimsel yaratıcılık ve bilim doğası görüşleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada yarı deneysel bir desen kullanılmaktadır. Araştırmada, 2016 Sonbahar Dönemi'nde Türkiye'deki büyük bir şehirdeki 133 9. sınıf öğrencisi ile çalışılmıştır. Eğitim etkinlikleri, deney grubu için 5E tabanlı STEM

öğrenme stratejileri kullanılarak, kontrol grubu için ise geleneksel öğretim yöntemi kullanılarak uygulama öncesi ve sonrası testler uygulanmıştır. Veriler, tanımlayıcı ve çıkarımsal istatistikler kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma sorusunu yanıtlamak için tek değişkenli varyans analizi (ANCOVA) yöntemi kullanılmıştır. Bulgular sonucunda, deneysel ve kontrol grupları arasında akademik başarı, bilimsel yaratıcılık ve bilim doğası görüşleri açısından deneysel grup lehine anlamlı fark bulunmuştur. Sonuç olarak, öğretmenlerin bilimin değişen doğası ve yaratıcılığa dayalı bir öğrenme stratejisi uyguladıklarında öğrencilerin akademik başarıları, yaratıcılıkları ve bilim doğası görüşleri geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma bulgularına dayalı öneriler sunmakta ve sınırlamalara dikkat çekmektedir.

### 2.2.2. Yurt Dışında Yapılan Araştırmalar

Guzey, Moore ve Harwell (2016) yaptıkları çalışmada 48 öğretmen STEM entegrasyonu üzerine bir yıl süren mesleki gelişim programına katılmış ve 20 yeni mühendislik tasarımı temelli STEM müfredat birimi tasarlamıştır. Bunun sonunda 20 yeni mühendislik tasarımı odaklı STEM müfredat birimi tasarlanmıştır. Bu birimler, geliştirdikleri STEM Entegrasyon Müfredat Değerlendirme (STEM-ICA) aracı kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda, STEM entegrasyon çerçevesi ve STEM-ICA, etkili STEM birimleri geliştirmek için bir rehber olarak ve bir araştırma aracı olarak kullanılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Gelecek üç yıl boyunca projenin devamında geliştirilecek STEM birimlerinin kalitesini değerlendirmek için STEM-ICA'yı kullanmaya devam edeceklerini belirtmişlerdir.

Seage ve Türegün (2020) yaptıkları çalışmalarında, düşük sosyoekonomik bölgelerden gelen öğrenciler ile çalışmışlardır. Bu çalışmada, düşük sosyoekonomik bölgelerinden gelen ilkökul üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıf öğrencileri (N = 129) ile geleneksel fen öğretimi ve STEM öğretimi ile karşılaştırılarak çalışılmıştır. Sonuçlar, öğretim yönteminin bilim, teknoloji, matematik ve mühendislik puanlarının doğrusal kombinasyonu üzerinde harmanlanmış öğrenme yaklaşımı (STEM) lehine istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Gao, Li, Shen ve Sun (2020) son yirmi yıldaki disiplinlerarası STEM çalışmalarının değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Disiplinlerarası STEM eğitimini ele alan 635 makaleden oluşan bir kütüphaneden yararlanarak 49 ampirik araştırma makalesi üzerine çalışmışlardır. İki boyutlu literatür incelemesi içeren bu çalışmada, ilk boyut disiplinlerin doğasıyla alakalıyken ikinci boyut ise öğrenme hedefleriyle ilgilidir. Sonuçlar, çoğu



değerlendirmenin monodisipliner bilgi, monodisipliner duygusal alanlar ve transdisipliner duygusal alanlar üzerine odaklandığını göstermektedir. Öğrencilerin disiplinler arası anlayışını veya becerilerini geliştirmeyi hedefleyen birçok programın, değerlendirmeleri bu hedeflerle uyumlu olmadığı görülmüştür. Araştırmanın sonucunda, disiplinler arası STEM eğitim programları için daha uygun değerlendirme yöntemleri geliştirme konusunda gelecek yönelimler önerilmektedir.

Kertil ve Gürel (2016) çalışmalarında, matematiksel modelleme ile entegre STEM eğitimi arasındaki ilişki üzerine teorik bir tartışma yapmışlardır. İlk olarak, STEM eğitimi perspektifi ve matematik eğitiminde matematiksel modelleme kavramı tanıtılmaktadır. Matematiksel modelleme literatürünün, özellikle öğretmenlerin ihtiyaç duyduğu mesleki yeterlilikleri ele alarak STEM eğitiminin teorik kavramsallaştırmasına nasıl katkıda bulunabileceği konusunda bir literatür incelemesi sunulmaktadır. Ardından, matematiksel modelleme etkinliklerinin ve proje tabanlı öğrenme bağlamlarının, entegre STEM eğitime nasıl katkıda bulunduğu üzerine bir tartışma yapılmaktadır. Bu tartışmada, öncelikli olarak fizik öğretmen adayları tarafından gerçekleştirilen model roket projesi ve ikincil olarak matematik öğretmen adayları tarafından çözülen bir matematiksel modelleme etkinliği olmak üzere, iki araştırmaya dayalı deneyim sunulmaktadır.

Stains ve diğerleri (2018) çalışmalarında, lisans düzeyindeki aktif öğrenmeyi desteklemek için altyapısı tasarlanmış sınıflarda bile STEM müfredatında ders anlatma yönteminin yaygın olduğunu bulmuşlardır. Buradan da STEM eğitiminin reform edilmesi için daha fazla çalışmanın gerekliliğini savunmuşlardır. Ayrıca, STEM yaklaşımını anlatan öğretim üyelerinin ders anlatma uygulamalarının bir ders içinde önemli ölçüde farklılık gösterebileceğini belirlemişlerdir. Bu da tek bir gözlem temelli öğretim değerlendirmelerinin geçerliliğini zayıflatmaktadır.

Shahzad 2012'deki çalışmasında, fosil yakıt ikilemi bağlamında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini kısaca sunmaktadır. Alternatif enerji teknolojilerinin kullanımına büyük vurgu yapılmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının bazı uygulamaları ve enerji geleceği de tartışılmaktadır.

Sastra, Putri, Pratama ve Desnita (2022) lise öğrencilerinin fizik öğrenirken yaratıcı ve eleştirel düşünme becerileri üzerinde STEM yaklaşımının etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, ilk olarak, STEM yaklaşımının entegre öğrenme modeline dayanarak, entegre model olmadan STEM yaklaşımının en yüksek ortalama etki değerini 2.93 ortalama etki ile elde ettiği görülmüştür. İkinci olarak, öğrenme materyaline dayalı olarak, en yüksek ortalama etki değeri dinamik elektrik materyalinde ve

Newton'un yerçekimi yasasıdır. Üçüncü olarak, STEM yaklaşımının yaratıcı ve eleştirel düşünme becerilerine uygulanması, eleştirel düşünme becerileri için ortalama etki 2.66, yaratıcı düşünme becerileri için ise ortalama etki 1.47'dir. Bu nedenle, STEM yaklaşımı, lise fizik öğrenme modelleri ve materyalleri ile entegrasyon yoluyla öğrencilerin yaratıcı ve eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde etkili olmaktadır sonucuna varılmıştır.

Somwaeng (2021) yaptığı yarı deneysel araştırmasında, STEM yaklaşımına göre öğrenme öncesi ve sonrası 2. sınıf öğrencilerinin yaratıcı düşünme becerilerinin gelişimini karşılaştırmayı amaçlamaktadır. STEM eğitimi uygulamaları ile 2. sınıf öğrencilerinin deneyimlerine bağlı olarak STEM bilgisini uygulayabilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Uygulama, mutlu mevsim, harika gezi, renkli küçük kelebekler ve yaşam için gereken kaynaklar olan toprak-kaya-kum olmak üzere 4 birimden oluşmaktadır. STEM eğitimi uygulamaları 4 hafta boyunca düzenlenmiştir. Sonuçlar, öğrencilerin uygulama sonrası yaratıcı düşünme puanı ortalamasının (yaklaşık %70) uygulama öncesi puan ortalamasından (yaklaşık %50) daha yüksek olduğunu ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu durum 2. sınıf için STEM eğitimi uygulamasının öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirebileceğini göstermektedir.

Madden ve diğerleri (2013) çalışmalarında, New York Eyalet Üniversitesi Potsdam, Lockheed Martin'in desteğiyle, sanat, beşeri bilimler ve STEM alanlarında çalışmaları birleştirerek yaratıcı düşünmeyi teşvik etmeyi amaçlayan multidisipliner bir program geliştirmişlerdir. Bu program, öğrencilerin enteraktif problem çözümü üzerinde çalışacakları öğrenci grubu ile ilerleyeceği şekilde değiştirilmiştir. İlk dönemde öğrenciler, 21. yüzyılda problem çözme konusunda bir ders almışlardır. Bu programın geliştirilmesi için STEAM yaklaşımını öğreten öğretim üyelerinden oluşan bir ekip, yaratıcılığın gelişimi ve endüstri, iş dünyası ve eğitimdeki multidisipliner modeller konusundaki literatürü incelemişlerdir. Geleneksel eğitim modellerinin akademik olarak yeniden yapılandırılması yoluyla, bu müfredat, öğrencileri mentorluk, öğrenme toplulukları, araştırma projeleri ve dış kuruluşlarla ortaklıklar yoluyla takım tabanlı multidisipliner problem çözme konusunda öncü olacağı düşünülmektedir. Bu program, insan toplumunun karşı karşıya olduğu karmaşık sorunları ele almak için modern bilim ve teknolojide yenilikler yaratabilecek bilim insanlarının eğitimi için bir model olarak hizmet vermektedir. Bu STEAM müfredatı, ciddi küresel problemlere yenilikçi çözümler geliştirebilen yaratıcı bilim insanlarını eğitmek için bir model olacağı düşünülmektedir. Sunulduktan ve kapsamlı bir şekilde değerlendirildikten sonra, yüksek öğrenim topluluğu genelinde yaygınlaştırılacaktır.

Wahono, Lin ve Chang (2020) çalışmalarında, STEM uygulamalarının Asya'da öğrencilerin öğrenme sonuçlarını etkili bir şekilde artırıp artırmadığını araştırmak için sistemik bir inceleme ve meta-analiz yöntemini kullanmışlardır. 54 çalışmadan 4768 öğrenciyi içeren bu çalışma, STEM uygulamalarının Asya'da öğrencilerin öğrenme sonuçlarını orta düzeyde artırdığını göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçları, Asya'da STEM eğitiminin öğrencilerin öğrenme sonuçları üzerinde olumlu bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Bu etki öğrencilerin öğrenme başarıları, yüksek düşünme becerileri ve motivasyonunda daha belirgindir. Ayrıca, STEM eğitiminin Asya'da öğrencilerin yüksek düşünme becerileri, öğrenme başarıları ve nihayetinde motivasyonu üzerinde daha yüksek bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dahası, STEM eğitimi özellikle öğrencilerin yüksek düşünme becerilerini geliştirmeye ve öğrenmeye ilgi duymalarını sağlamaya yönelik en umut verici öğretim ve öğrenme yeniliği olarak kabul edilmektedir, ki bu rekabetçi döneme uyum sağlamak açısından hayati önem taşımaktadır. Çalışma, öğrencilerin yüksek düşünme becerilerinde, akademik başarıda ve motivasyonda iyileşme olduğunu bulmuştur. STEM eğitiminde sonuçları maksimize etmek için öğrenme yaklaşımlarının, yönelimlerinin ve öğretim süresinin kombinasyonunu önermektedir. Ayrıca, STEM uygulamalarının öğretmenlerin merkezi rolünü vurgulamaktadır.

Baran, Bilici, Mesutoglu ve Ocak (2019), okul dışı bir STEM eğitim programının öğrencilerin STEM disiplinlerine ve kariyerlerine yönelik tutumları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Program, gerçekçi öğrenme bağlamları, mühendislik tasarım süreçleri ve içerik bütünleştirmeyi içeren tasarım özelliklerine sahiptir. Veri kaynakları arasında tutum anketleri ve 40 kişiden oluşan altıncı sınıf ortaokul öğrencisiyle yapılan görüşmeler bulunmaktadır. Analiz, öğrencilerin STEM ile ilgili tutumlarındaki önemli farklılıkları ortaya koymuştur ve programın öğrencilerin STEM alanlarına ilgi duymalarına katkı sağladığını göstermiştir.

Lai (2018) yaptığı çalışmasında, sorgulamaya dayalı yöntemin STEM eğitiminde öğrencilerin öğrenimini geliştirmede etkili olup olmadığını araştırmıştır. 73 bilgi teknolojisi öğrencisi ile hem nicel hem de nitel yöntem kullanmıştır. Bu çalışmada sorgulamaya dayalı öğretim stratejisi kullanılmıştır. Katılımcılardan, 5 puanlık likert tipi bir ölçek kullanılarak kurs memnuniyet anketine cevap vermeleri istenmiştir. Elde edilen veriler ortalama analizine tabi tutulmuştur. Ayrıca, öğrencilerin öğrenme geri bildirimleri ve öğretmenlerin öğretme geri bildirimleri de dahil olmak üzere nitel veriler toplanmış ve analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sonunda; öğrenciler, bu çalışmada kullanılan STEM eğitim programından oldukça memnundur; öğrencilerin öğrenme geri bildirimleri de sorgulamaya dayalı öğrenimi

onayladıklarını göstermiş ve öğretmenlerin öğretim geri bildirimleri, sorgulamaya dayalı öğretimi bir öğretim yöntemi olarak tercih ettiklerini göstermiştir. Sorgulamaya dayalı öğretimin, üniversite öğrencilerinin STEM eğitim öğrenimini geliştirebileceği sonucuna varılabilir.

Yurt içi ve yurtdışı yapılan literatür çalışmalarına bakıldığında STEM yaklaşımının eğitim uygulamalarında etkin bir şekilde uygulanabilir olduğu görülmüştür. Mühendislik tasarım döngüsünde geliştirilen etkinlik uygulamalarının STEM yaklaşımıyla uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda geliştireceğimiz modül için STEM yaklaşımının mühendislik tasarım döngüsünde yenilenebilir enerji temalı etkinlikler oluşturmada uygun olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: YÖNTEM

### 3.1. Araştırma Deseni

Fen bilgisi öğretmen adayları için STEM yaklaşımı ile oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı etkinlikler modülü geliştirmeyi amaçlayan bu çalışmada, eylem araştırması deseni kullanılmıştır. Fen bilgisi öğretmen adayları için ders modülü oluşturulması sürecinde yapılan pilot ve gerçek uygulama sonuçlarından elde edilen öğrenci çalışmaları süreç içinde değerlendirilerek verilerle desteklenmiştir.

Sosyal bilim araştırmaları incelendiğinde eylem araştırması deseninin pek çok tanıma sahip olduğu görülmektedir. Whitehead ve McNiff (2006) eylem araştırmasını, uygulayıcıların uygulamalarını geliştirmek için yeni fikirler geliştirdikleri ve bu fikirleri kendi uygulama teorileri olarak sundukları bir yöntem olarak tanımlamaktadır. Eylem araştırması, uygulayıcıların çalışmalarını incelemelerine ve değerlendirmelerine olanak tanıyan değerli bir yaklaşımdır. "Ne yapıyorum?", "Nasıl geliştirmeliyim?" gibi soruları sorarak kendi öğrenmelerini iyileştirmeye çalışırken, diğerlerinin öğrenmelerini de etkilerler. Bu belgelenmiş deneyimler, diğerlerinin öğrenmek istedikleri için bir kaynak haline gelir ve uygulayıcıların kendi pratik teorilerini oluştururlar (McNiff ve Whitehead, 2002).

Lewin (1951), eylem araştırmasını savaştaki bombardıman filolarının çalışmasına benzetmiştir: İlk olarak, katılımcıların başlangıç verilerini toplamak üzere dışarı çıktıkları bir keşif aşaması olacak, ardından bir plan oluşturulacak, plan uygulamaya konacak, ardından eylemin etkilerini görmek için daha fazla veri toplanacak ve bu veriler istenilen etkilerin elde edilip edilmediğini görmek için analiz edilecektir. Eğer istenilen etkiler elde edilmemişse, yeni bir plan oluşturulacak ve uygulanacak, daha fazla veri toplanacak ve analiz edilecektir. Bu süreç, istenilen etkiler elde edilene kadar tekrarlanacaktır. (Kemmis ve McTaggart, 2014).

Johnson, Johansson ve Andersson (2014), eylem araştırmalarının bir eğitim ortamında, öğretim sürecinin ya da uygulamalarının niteliğini tespit etmek ve geliştirmek amacıyla yürütülen bir süreç olduğuna ve teori ve pratik arasında bir köprü kurma misyonuna sahip olduğuna dikkat çekmektedir. Kemmis (2009), eylem araştırmasını "bir uygulama değiştirme uygulaması" olarak tanımlamıştır. Eylem araştırmalarında teori ve pratik arasındaki ilişkiyi ve "teorisyenler" ile "uygulayıcılar" arasındaki ilişkiyi yeniden düşünmek vardır. Somekh (2005) ise eylem araştırmalarının tek bir yöntem yerine farklı aşamaları içeren esnek bir dizi araştırma ve eylemi bütünleştirdiğini belirtmektedir.

Paulo Freire (1982) tarafından öne sürülen görüşe göre, eylem araştırması konusunda “yaparak öğrenmeyi öğrenmek” gerektiği savunulmaktadır. Eylem araştırmasında, eleştirel teori ve pratikte geliştirilen kavramların, katılımcıları sosyal ve eğitimsel pratiklerin daha derin anlayışlarına ve nasıl değiştirileceğine yönlendireceği düşünülmektedir. Eylem araştırmasının kendisinin bir sosyal pratik, bir pratik değiştirme pratiği olduğu görüşü benimsenmektedir. Bu bağlamda, teorik alanın göz ardı edilmemesi gerektiği ve katılımcıların sosyal yaşama eleştirel bir bakış açısından çalışmalarına yardımcı olabilecek teorik zeminin önemli olduğu vurgulanmaktadır. Kurt Lewin'in, İngiltere’de “eylem araştırması” teriminin yaratıcısı olarak kabul edildiği düşünceye göre, “iyi bir teoriden daha pratik bir şey yoktur” (Lewin 1951) ifadesi benimsenmektedir. Bununla birlikte, Lewin'den farklı olarak, teorinin sadece metinler olarak değil, dinamik ve değişken olarak düşünülmesinin daha faydalı olduğu ve teorinin, bizi dünyaya özgün yollarla yönlendiren teorileştirme pratiklerinde oluşturduğu düşünülmektedir (Kemmis ve McTaggart, 2014).

Eylem araştırması, uygulayıcıların kendi pratiklerini araştırdığı ve eğitimsel değerlerine tam anlamıyla uygun bir şekilde yaşamının yollarını buldukları için güçlü ve özgürleştirici profesyonel bir araştırma biçimidir. Eylem araştırmasında uygulayıcılara ne yapacakları söylenmez. Ne yapacaklarına, diğerleriyle müzakere yoluyla karar verirler. Bu da eylem araştırmasını özgün kılan şeydir. Eylem araştırmasında uygulayıcının kendisi kendini inceleyerek durumun bir parçası olur ve kolektif olarak "Çalışmamız istediğimiz gibi ilerliyor mu? Gerekli olduğunda nasıl iyileştiririz?" sorularını sorarlar. Eğer çalışmalarının zaten oldukça tatmin edici olduğunu düşünüyorlarsa, bunun neden böyle olduğunu göstermek için değerlendirme yaparlar. Eğer bir şeyin geliştirilmesi gerektiğini düşünüyorlarsa, o yön üzerinde çalışırlar, kayıtlar tutar ve yaptıkları iş hakkında düzenli olarak sözlü ve yazılı ilerleme raporları üretirler (Whitehead ve McNiff, 2006).

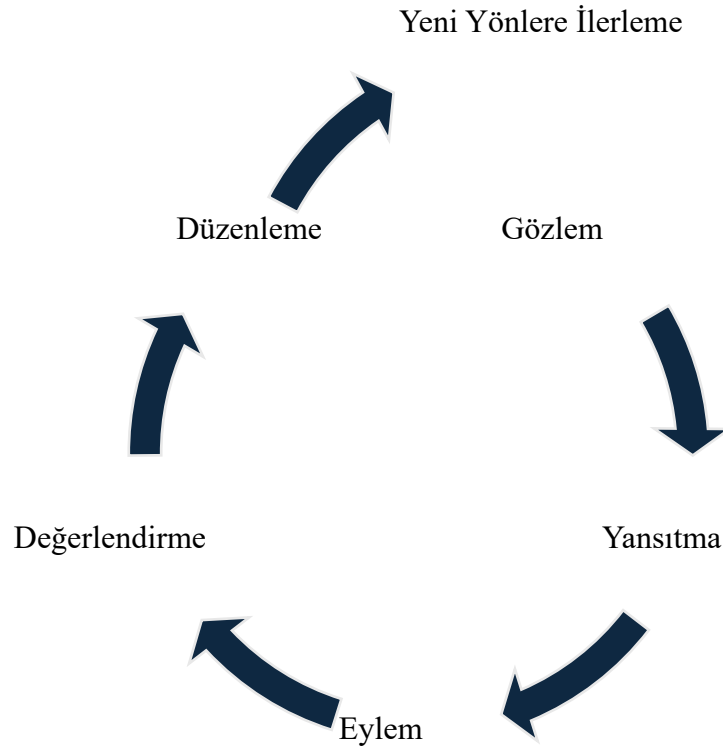
Yıldırım ve Şimşek (2005) eylem araştırmalarında uygulamanın bizzat uygulayıcısı olan araştırmacı tarafından var olan sorunu anlamaya ve çözmeye yahut uygulama sürecinde ortaya çıkan problemlere yönelik sistematik veri toplamayı ve veri analizi süreçlerini kapsayan bir araştırma yaklaşımı olarak değerlendirmektedir. Bu tür tanımların sayısı ve çeşitleri daha da arttırılabilirken genel olarak bakıldığında eylem araştırmaları çalışmaların değişimi ve gelişimi noktasında katkı sağlamaktadır. Eylem araştırmaları bir durumun nasıl olduğunu çözümlenmekten çok nasıl iyileştirilebileceği ve daha iyiye gidebileceği ve geliştirilebileceği üzerine yapılan çalışmalardır.

Sınıf içi eylem araştırması genellikle öğretmenlerin (çoğu kez akademik ortakların yardımıyla) nitel, yorumlayıcı sorgulama ve veri toplama yöntemlerini kullanarak kendi

uygulamalarını nasıl geliştirecekleri konusunda değerlendirmelerde bulunduğu bir süreci ifade eder. Sınıf içi eylem araştırmasının uygulaması uzun bir geçmişe sahiptir, ancak özellikle onu canlandıran ilerici eğitim hareketlerinin önünde gelen teorik çalışmaların gerisinde kalması nedeniyle zaman zaman popülerlik kazanıp kaybetmiştir (McTaggart 1991; Noffke, 1990). Eğitim alanındaki eylem araştırmaları, eğitimcilerin eğitim uygulamalarını iyileştirmek ve geliştirmek için yürütülen araştırmalardır.

Genel olarak bakıldığında eylem araştırmaları yapısı itibarıyla gözlem, plan, eylem ve değerlendirme aşamalarından oluşmuş olsa da kendi içinde pek çok modeli de barındırmaktadır. Bu aşamaların sarmal ya da döngüsel olarak ilerlemesinin yer aldığı bazı modeller aşağıda verilmiştir.

Whitehead ve McNiff (2006), yayımladıkları kitapta “Eylem-Yansıtma” modeli yer almaktadır. Bu model de “gözlem, yansıtma, eylem, değerlendirme, düzenleme ve yeni yönler ilerleme” basamakları bulunmaktadır. Eylem araştırması süreci döngüseldir ve süreç hiçbir zaman tamamlanmaz. “Çünkü süreç devam ederken her şeyin tatmin edici olduğunun hissedildiği geçici bir noktaya ulaşıldığı anda, bu noktanın kendisi yeni soruları gündeme getirmektedir ve bu nokta yeniden başlama zamanıdır. Literatürdeki pek çok eylem araştırması modeli de bu fikre dayanmaktadır” (Whitehead ve McNiff, 2006, s. 9). “Bu modelin diğer modellerden en belirgin farkı döngülerin istendiği kadar devam ettirilmesi ve genel sürecin yanı sıra döngünün basamaklarıyla ilgili de daha net bilgi vermesi olarak açıklanabilir. Eylem ve yansıtma döngüsel tüm modellerde farklı isimlerle de olsa mevcuttur. Ancak döngüyü detaylı şekilde basamaklandırması ve döngülerin birbirine eklemlenebilmesiyle” (Whitehead ve McNiff, 2006, s. 37) bu model ön plana çıkmaktadır. McNiff, Lomax ve Whitehead’ın (2003) geliştirdikleri eylem araştırması döngüsünün değiştirilmiş bir versiyonu Whitehead ve McNiff (2006) alınarak Şekil 3.1.’de verilmiştir.



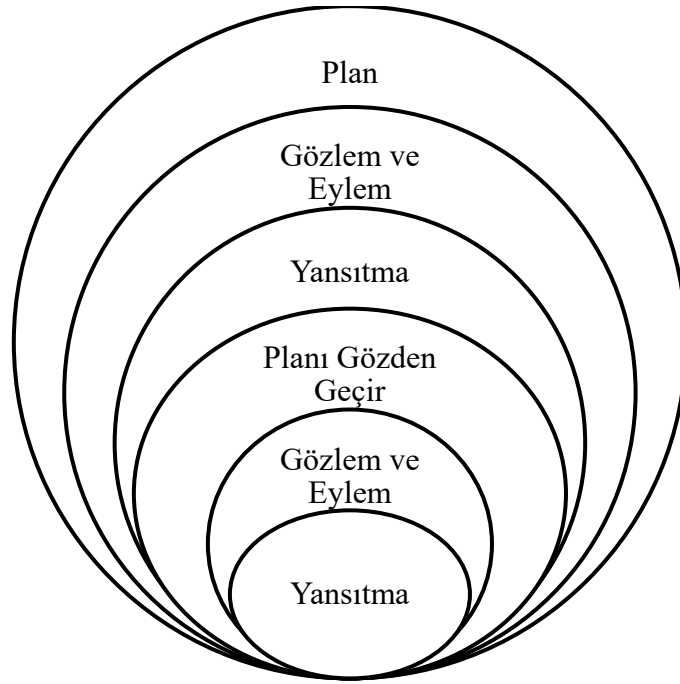
Şekil 3.1. Eylem araştırması döngüsü

Not: Şekil örneği "Whitehead, J., & McNiff, J. (2006). Action research: Living theory. Sage" künyeli çalışmadan alınmıştır.

Lewin'e ait eylem araştırması görüşü "öz-yansıtıcı spiral" olarak adlandırdığımız ve planlama, harekete geçme, gözlemlene, yansıtma, yeniden planlama (ve benzeri) adımlarının ve tekrarlarının bireysel adımlardan oluşmaktadır.

Kemmis, McTaggart ve Nixon'ın 2014'te oluşturdukları model de spiral model olarak yer almaktadır. Planlama, harekete geçme, gözlemlene, yansıtma ve tekrar planlama, harekete geçme ve yansıtma gibi sürekli bir döngüdür (Şekil 3.2.). Bu tekrarlayan süreç, deneyimlerimiz aracılığıyla öğrenmemize ve gelişmemize yardımcı olur.





Şekil 3.2. Eylem araştırması spiral model

*Not: Şekil örneği "Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). The action research planner: Doing critical participatory action research." künyeli çalışmadan alınmıştır.*

Fen bilgisi öğretmen adayları için lisans düzeyinde STEM yaklaşımının mühendislik tasarım döngüsünde hazırlanan etkinliklerle uygulanabilirliğini test etmeyi hedefleyen bu çalışmada uygulayıcıların STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinlikleri geliştirmelerini, bunları gerçek bir sınıf ortamında uygulamaları, ortaya çıkan aksaklıklara kendi tecrübelerinden yola çıkarak çözüm üretmeleri ve uygulayıcılara bireysel öğretim süreçlerine ilişkin yansıtıcı ve eleştirel bir bakış açısı kazandırması bakımından eylem araştırması desenindedir. Ayrıca araştırma ve uygulama sürecinin eş zamanlı yürütülmesi bakımından da çalışmamızda eylem araştırması tercih edilmiştir. Çalışmamız için en uygun eylem araştırması modeli Kemmis ve diğ. (2014) tarafından geliştirilen spiral model eylem araştırması desendir. Bu model doğrultusunda;

1. *Plan:* Planlama spiral model eylem araştırmasının ilk döngüsü olup yapılan bu çalışmada, Mühendislik tasarım süreci kullanılarak, teması yenilenebilir enerji olan pilot çalışma süreci için ders planları ve şablonlarının oluşturulması planlanmıştır.

2. *Gözlem ve Eylem:* Bu aşamada pilot çalışma için oluşturulan ders planları ve şablonlar 2021-2022 eğitim öğretim dönemini kapsayan iki dönem boyunca uygulanmış ve süreç gözlemlenmiştir.

3. *Yansıtma:* Pilot uygulama esnasında öğrenci çalışmalarında veriler elde edilmiş ve elde edilen bu veriler ders planları ve şablonların yorumlanmasını sağlamıştır.

4. *Planı Gözden Geçir:* Bu aşama pilot çalışma sürecinde toplanan verilerin yorumlanması sonucunda ders planı ve şablonların yeniden gözden geçirilmesi sürecidir. Bu kapsamda pilot uygulama esnasında karşılaşılan aksaklıklar not edilmiş ve gerçek uygulama için plan yeniden gözden geçirilmiştir.

5. *Gözlem ve Eylem:* Oluşturulan gerçek uygulama için ders plan ve şablonları 2022-2023 eğitim öğretim yılları içinde uygulanmış ve süreç gözlemlenmiştir.

6. *Yansıtma:* Gerçek uygulama esnasında öğrencilerden veriler elde edilmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda öğrenci çalışmaları yorumlanmıştır.

### 3.1.1. Etkinlikler Modülünün Amaçları ve Hedefleri

Yenilenebilir enerji temalı etkinlikler modülünün geliştirilmesi, öğrencilerin yenilenebilir enerji konusunda bilgi ve farkındalık düzeylerini artırmayı amaçlamaktadır. Bu modülün temel amacı, öğrencilerin yenilenebilir enerji teknolojilerini anlamalarını sağlamak, enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının önemini vurgulamak ve onları yenilenebilir enerji konusunda aktif bir rol almaya teşvik etmektir. Aynı zamanda çevre bilinci, insana ve çevreye daha duyarlı olma gibi yan kazanımlar da sağlanması beklenmektedir. Modülün birincil hedefi, öğrencilere yenilenebilir enerji kaynaklarının türlerini ve çalışma prensiplerini anlatmaktır. Öğrenciler, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve biyokütle gibi farklı yenilenebilir enerji kaynaklarını keşfeder ve bu kaynakların nasıl enerjiye dönüştürüldüğünü öğrenir. Ayrıca, modül öğrencilere enerji verimliliği, enerji depolama teknolojileri ve enerji dönüşüm süreçleri gibi konuları da kapsayarak geniş bir bilgi yelpazesi sunmaktadır. Diğer bir hedef ise öğrencilerin yenilenebilir enerji teknolojilerini bu süreçte bizzat uygulayarak psikomotor becerilerini ve deneyimlerini geliştirmelerini sağlamaktır. Modül, öğrencilere laboratuvar deneyleri, saha gezileri ve interaktif simülasyonlar gibi çeşitli etkinlikler sunar. Madden ve diğerlerinin (2016) belirttiği üzere; öğrenciler, güneş panelleri kurma, rüzgar türbinleri yapma veya biyokütle santrallerinin çalışma prensiplerini inceleme gibi pratik deneyimler yaşayarak yenilenebilir enerji teknolojilerini gerçek dünya senaryolarında keşfetmiş olacaklardır.

Aynı zamanda, modülün sayesinde öğrencilerin mühendislik tasarımı becerilerinin de gelişmesi beklenmektedir. Planlanan şekliyle modül, öğrencilere yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarımını ve optimize edilmesini içeren projeler sunar. Öğrenciler, belirli bir senaryoya dayalı olarak enerji üretimi ve tüketimi arasındaki dengeyi sağlayacak yenilikçi çözümler üretmeyi denerler. Kocakaya ve Ensari'ye (2018) göre bu süreçte, öğrenciler

mühendislik prensiplerini uygulayarak teknik çizimler yapar, malzemeleri seçer, enerji verimliliğini hesaplar ve sistem performansını değerlendirirler.

Modülün bir diğer hedefi de öğrencilerin yenilenebilir enerji konusunda farkındalık ve sorumluluk duygusu geliştirmelerini sağlamaktır. Etkinlikler, öğrencilerin enerji kaynaklarının sınırlı olduğunu ve iklim değişikliği gibi önemli sorunlara çözüm bulmak için yenilenebilir enerjiye yönelmeleri gerektiğini anlamalarını desteklemektedir. Ayrıca, modül öğrencilere enerji tüketim alışkanlıklarını değerlendirme, enerji tasarrufu yöntemleri üzerinde çalışma ve enerji sürdürülebilirliği konusunda toplumsal bilinç oluşturma gibi konuları da kapsamaktadır.

Etkinlikler modülünde öğrenciler, grup projeleri, tartışmalar ve sunumlar gibi etkileşimli aktivitelerde yer alarak bu becerilerini uygulama fırsatı bulurlar. Aynı zamanda, modülde yer alan araştırma görevleri ve yazılı raporlar, öğrencilerin bilimsel ve akademik yazma becerilerini geliştirmelerini sağlamak üzere tasarlanmıştır.

### **3.1.2. Etkinliklerin Tasarımı ve İçeriği**

Etkinlikler modülünün tasarımı ve içeriği literatürden de yararlanılarak, öğrencilerin yenilenebilir enerji konusunu etkili bir şekilde öğrenmelerini sağlayacak ve onları yenilenebilir enerji teknolojilerine ilgi duymaya teşvik edecek ve güncel çevre sorunlarına çevreci çözümler geliştirmelerini sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Modül, çeşitli etkinlikler ve materyaller aracılığıyla yenilenebilir enerji alanında kapsamlı bir öğrenme deneyimi sunmasının yanında insana ve çevreye zarar vermeden bir yaşam alanı oluşturma deneyimi sunar. Modülde yer alan etkinlikler, öğrencilerin aktif bir şekilde katılımını teşvik etmek ve deneyimsel öğrenmeyi sağlamak için çeşitli yöntemler kullanır. Örneğin, öğrenciler güneş enerjisi panellerinin nasıl çalıştığını anlamak için güneş panelleri kurma ve çalıştırma gibi uygulamalı etkinliklerle karşılaşır. Ayrıca, rüzgar enerjisiyle ilgili bir etkinlikte öğrenciler, rüzgar türbinleri yapma ve rüzgar hızının enerji üretimine etkisini inceleme gibi deneyimsel çalışmalara katılırlar. Su kullanım bilincinin gelişmesi kapsamında yağmur suyunun iyileştirilerek çeşitli amaçlar için kullanılabilir hale getirilmesi yaklaşımları, asit yağmurları ve etkileri gibi konularda bilgi sahibi olurlar. Bu şekilde, öğrencilerin yenilenebilir enerji teknolojilerinin çalışma prensiplerini doğrudan deneyimleyerek konuyu daha iyi kavrayacakları aynı zamanda iklim değişikliğinden ve çevresel kirliliklerden kaynaklı çevre sorunlarına da çözümler geliştirmek için daha duyarlı olacakları düşünülmektedir.

Etkinliklerin içeriği, yenilenebilir enerji konusunun ve günümüz çevre sorunlarının ana unsurlarını kapsayan STEM senaryolarıyla desteklenir. Modül, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi gibi farklı yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanırken alternatif ısıtma-soğutma sistemleri, içme sularının verimli kullanımı ve atık yönetimi konularını da kapsar. Her bir enerji kaynağıyla ilgili ayrıntılı bilgi sunar ve öğrencilerin bu kaynakların avantajlarını, dezavantajlarını ve uygulama alanlarını anlamalarını sağlar. Ayrıca, enerji verimliliği, enerji depolama sistemleri ve enerji dönüşüm teknolojileri gibi yenilenebilir enerji sektörünün önemli konuları da etkinliklerin içeriğinde yer almaktadır. Öğrenciler bu modülde insana ve çevreye zarar vermeden bir yaşam alanı ve çözüm önerileri geliştirirler.

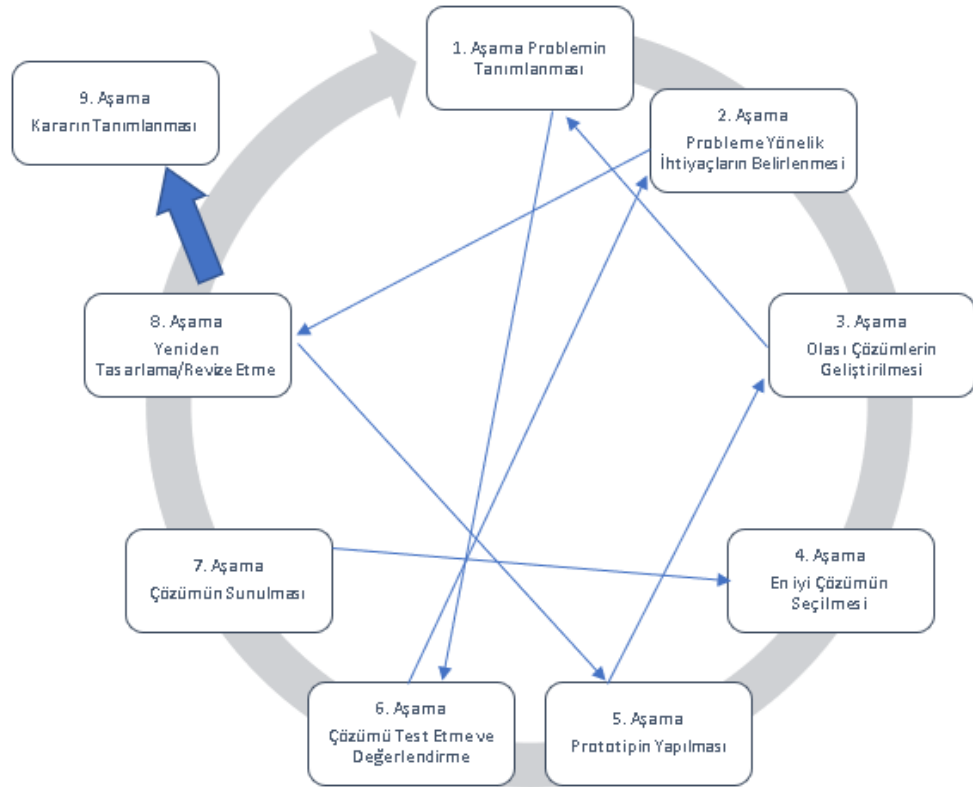
Etkinliklerin tasarımı, öğrencilerin aktif katılımını ve iş birliğini teşvik etmeye yöneliktir. Grup çalışmaları, tartışma oturumları ve projeler gibi etkinlikler, öğrencilerin birlikte çalışarak yenilenebilir enerji teknolojileri ve çevre sorunları üzerinde derinlemesine araştırmalar yapmalarını sağlar. Bu tür etkinliklerde, öğrenciler farklı bakış açılarından bir araya gelerek yenilenebilir enerji projeleri geliştirir, çevre sorunlarına çevreci çözümler üretir, tasarlar ve sunar. Bu süreç, öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirirken aynı zamanda iletişim ve işbirliği yeteneklerini de güçlendirmektedir. Etkinliklerin içeriği, çeşitli öğrenme materyalleri ve kaynaklarla desteklenir. Öğrencilere sunulan materyaller arasında interaktif simülasyonlar, video dersler, laboratuvar deneyleri ve saha gezileri gibi çeşitli öğrenme araçları bulunur. Bu materyaller, öğrencilerin yenilenebilir enerji konusunu daha derinlemesine anlamalarını ve çevre sorunlarına çözümler üretmelerini ve kavramları gerçek yaşam problemlerine bağlamalarını sağlar. Ayrıca, modülde yer alan değerlendirme rubrikleri modülün uygulanabilirliğini ve öğrencileri modül içinde sınıf dışı ve sınıf içi olarak değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Etkinliklerin tasarımında, öğrencilerin ilgi ve motivasyonlarını artırmak için gerçek yaşam bağlantılarına vurgu yapılır. Örneğin, öğrencilere Denizli bölgesindeki yenilenebilir enerji projeleri, başarı hikayeleri ve yaşanan çevre sorunlarının sonuçlarında meydana gelen olaylar sunulmaktadır. Ayrıca, etkinliklerdeki senaryolar öğrencilerin yenilenebilir enerji teknolojilerini ve çevre sorunlarını gerçek yaşam sorunlarına uygulama becerilerini geliştirmelerini sağlar. Bu şekilde, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif bir şekilde katılmaları ve yenilenebilir enerji ve çevre sorunlarına olan ilgilerinin sürdürülmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmamızda öğrencilere ilk olarak büyük projemiz ekolojik adanın senaryosu okutularak onların problem hakkında bilgi sahibi olması amaçlandı. Ardından alt etkinliklere geçilerek uygulanması düşünüldü. Tüm alt etkinlikler büyük projeye ulaşmada bir basamak

görevi görecek şekilde tasarlandı. Böylece öğrencilerin yaptıkları her alt etkinlikten sonra büyük projeye bir adım daha yaklaşmış olacakları düşünüldü. Yönlendirici sorular sayesinde de mühendislik tasarım süreci basamaklarına uyarak her alt etkinlik sonunda öğrenciler birer mühendis gibi STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerini tamamlamışlardır. Alt etkinlikleri başarıyla tamamlayan öğrenciler büyük proje için bir araya gelerek mühendislik tasarım sürecinin basamaklarını ve oluşturdukları ürünleri de kullanarak onlardan istenen çözüme ulaşmaları sağlanmıştır. Problemin çözümü boyunca öğrenciler ; iş birliği (Kylonen, 2012), eleştirel düşünme (Fadel ve Trilling, 2010) ve problem çözme, iletişim ve yaratıcılık gibi 21. Yüzyıl becerilerini (Yalçın, 2018) de ortaya koymuştur.

Fen bilgisi öğretmen adayları için hazırlanan bu çalışmada, belirlenen her bir alt etkinlik için uygulanabilecek Hynes ve diğ. tarafından 2011 yılında oluşturulmuş mühendislik tasarım döngüsünden yola çıkılarak bir etkinlik şablonu kullanılmıştır. Hynes ve diğ. (2011) oluşturduğu bu döngü (Şekil 3.3.) her ne kadar problemin belirlenmesiyle başlayıp kararın tanımlanmasıyla son buluyormuş gibi gözükse de aslında mühendislik süreci tek yönde ilerleyen bir süreç değildir. Bu yüzden de aşağıdaki yön bildiren oklardan da anlaşılacağı üzere aşamaların her birinde hangi aşamaya geri dönülebileceği ifade edilmiştir (Altan, Kırıkkaya ve Yamak, 2016). Örneğin; yeniden tasarlama aşaması olan sekizinci aşamadan prototipin yapılması olan beşinci aşamaya geri dönülebilir.



Şekil 3.3. Mühendislik tasarım süreci

Not: Şekil örneği “Hynes ve diğ. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses.” künyeli çalışmadan alınmıştır.

Bu döngüden yola çıkarak bütün alt etkinliklerde kullanılmak üzere araştırmacı tarafından sekiz adımdan oluşan bir etkinlik tasarım şablonunun aşamaları ve ilerleyişi aşağıdaki gibidir.

*1. Aşama Problemin Tanımlanması:* Öğretmen adaylarına sunulan STEM senaryosu çerçevesinde mevcut problem tanımlanması; problem durumu, müşteri, son kullanıcılar vb. mühendislik kavramları üzerinde durulması

*2. Aşama Probleme Yönelik İhtiyaçların Belirlenmesi:* Belirlenen problem durumu için ihtiyaçların belirlenmesi; problem durumunun önemi, kriter ve sınırlılıkların belirlenmesi

*3. Aşama Olası Çözümlerin Geliştirilmesi:* Yapılan araştırmalar ışığında problem durumuna uygun çözüm önerileri geliştirirken deneme ve kriterlere uygunluklarını da değerlendirme, çözüm önerileri geliştirme ve tasarlama

*4. Aşama En İyi Çözümün Seçilmesi:* Başlangıçta verilen kriter ve sınırlılıklara en uygun prototip tasarımı için en iyi çözüm önerisi seçme ve yapılacak prototipi tasarlama;

5. *Aşama Prototipin Yapılması*: Prototipi yapılacak tasarım için karşılaşılabilecek mevcut sorunların ve dikkat edilmesi gereken noktaların aşılması için sınıf içi tartışmalar ön hazırlık soruları yöneltme ve prototipi yapma

6. *Aşama Çözümü Test Etme ve Değerlendirme*: Tasarıma giden süreçte deneylerden, araştırılan verilerden ve kanıtların kullanılmasından yola çıkılarak prototipin çizim olarak yeniden gözden geçirip tasarıma son halinin verilmesiyle çözümün test edilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi

7. *Aşama Çözümün Sunulması*: Gerekli şartları sağlayan prototip için pazarlama ve tanıtma basamakları; öğrencilerin yaptıkları prototipleri diğer grup arkadaşlarına tüm süreçte yaşadıkları da dahil olarak çalışma prensibini anlatması ve tanıtması

8. *Aşama Yeniden Tasarlama/Revize Etme*: Eğer prototip en başta istenilen kriter ve sınırlılıkları sağlamıyor ya da aksayan noktaları var ise bir önceki adıma geri dönülerek gerekli yerlerde düzeltmelerin yapılması

9. *Aşama Kararın Tanımlanması*: Bu son aşamada son halini alan prototip için sürecin tamamlanması ve son nihai kararın tanımlanması süreçlerini kapsamaktadır.

Tüm bu aşamaların yer aldığı örnek ders planı şablonu ise Ek 1’de verilmiştir.

### 3.2. Evren ve Örneklem/Çalışma Grubu

Araştırmanın örneklemini 2022-2023 eğitim-öğretim yılında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı’nın 3. sınıfında öğrenim gören öğretmen adayları oluşturmuştur. Uygulamalar “Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları” dersi kapsamında 2 dönem olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın pilot çalışması 2021-2022 eğitim-öğretim yılını kapsamaktadır. Çalışmanın örneklemini; pilot uygulama için 25, gerçek uygulama için 25 ve toplamda 50 öğrenciden oluşmaktadır.

### 3.3. Veri Toplama Araç ve Teknikleri

Etkinliklerin değerlendirilmesi, öğrencilerin öğrenme ilerlemesini ve başarılarını değerlendirmek için kullanılan çeşitli araçları içerir. Modülün değerlendirme süreci, alternatif ölçme ve değerlendirme stratejileri kullanılarak gerçekleştirilir. Öğretmenler, etkinliklerin tamamlanmasını, öğrenci performansını ve öğrenme çıktılarını değerlendirmek için çeşitli araçları kullanır. Bu araçlar arasında performans görevleri, proje sunumları, sınavlar, yazılı raporlar, öz değerlendirme araçları ve rubrikler yer alır. Ayrıca, öğrencilerin işbirliği becerileri, iletişim yetenekleri ve yaratıcılık gibi diğer yetenekleri de

değerlendirilmek amacıyla gözlem ve geri bildirimlerle rubrikte değerlendirilmektedir.

Değerlendirme süreci, öğrencilerin güçlü yönlerini belirlemek, gelişim alanlarını tanımlamak ve ilerleme elde etmek için önemlidir. Değerlendirme sonuçları, öğrencilerin yenilenebilir enerji ve çevre sorunlarına alternatif çözümler sunma konusundaki problem çözme becerilerini ve alternatif çözümler üretme düzeylerini ölçer. Bu bilgiler, öğrencilerin ortaya koydukları ürünleri izlemek, alternatif çözüm önerileri geliştirmek ve öğretim stratejilerini ayarlamak için kullanılmaktadır. Etkinliklerin değerlendirilmesi ayrıca öğrencilerin geri bildirim alma ve kendilerini geliştirme fırsatı buldukları bir süreci kapsamaktadır. Öğretmenler, öğrencilere etkinliklerin sonuçlarıyla ilgili ayrıntılı geri bildirimler sunarlar. Bu geri bildirimler, öğrencilerin güçlü yönlerini ve gelişim alanlarını anlamalarını sağlar. Aynı zamanda, öğrencilere ilerlemeleri için hedefler belirlemelerine yardımcı olur ve kendilerini sürekli olarak geliştirmelerini teşvik etmektedir.

Etkinliklerin uygulanması ve değerlendirilmesi, modülün etkisini ölçmek için kullanılan verilerin toplanması ve analiz edilmesini de içerir. Öğrencilerin performansı, katılım düzeyleri, kazanımları ve geri bildirimleri dikkate alınarak modülün etkinliği değerlendirilir (Yılmaz, Koyunkaya Yiğit, Güler ve Güzey, 2017). Bu değerlendirme süreci, modülün gelecekteki iyileştirmeleri için önemli bir geri besleme kaynağı oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, öğretmenlerin etkinliklerin uygulanması sürecinde aktif rehberlik etmeleri ve alternatif değerlendirme araçlarını kullanmaları, öğrencilerin öğrenme deneyimini zenginleştirir ve ilerlemelerini izlemeye yardımcı olur. Değerlendirme süreci, öğrencilere geri bildirim sağlar ve modülün etkinliğini ölçmek için verileri toplar, analiz eder ve modülün gelecekteki geliştirilmesi için önemli bir yol gösterici olarak kullanılmaktadır.

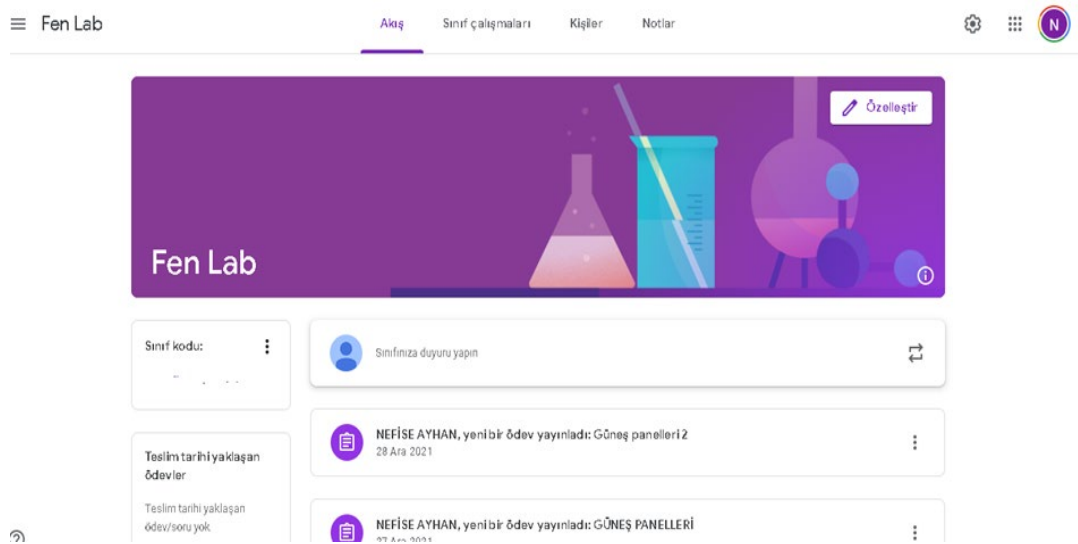
Bu çalışmada elde edilen veriler aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır:

- 1) Öğrencilerin sınıf dışı etkinlikler boyunca önceden tanımlanmış dijital platformlara yükledikleri çalışmalar.
- 2) Öğrencilerin sınıf içi etkinliklerde yaptıkları çalışmalar ve diyaloglar
- 3) Araştırmacının gözlemleri
- 4) STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) (Guzey ve diğ., 2016)
- 5) STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği (High School Rubric for Engineering Design Logs) ile toplanmıştır (Moore ve diğ., 2016).

Bu çalışmada etkinliklerin uygulanabilirliğini ölçmek amacı ile araştırmacının hazırladığı etkinlik planları yukarıda 4. maddede belirtilen rubrikle değerlendirilerek



iyileştirme verileri elde edilirken öğrenci uygulamalarının değerlendirilmesi de 5. Maddede belirtilen rubrikle yapılmıştır. Her hafta planlanan etkinlik ve alt uygulamaları sınıf dışı (ödev) ve sınıf içi uygulamalar olmak üzere tamamlanmıştır. Öğrencilerin uygulaması istenen sınıf dışı (ödev) etkinlikler en az 4- 5 gün öncesinde öğrencilere bildirilmiştir. Öğrencilerin gerçekleştirdikleri bu ödev etkinlikleri video ve fotoğraf paylaşımları ile destekleyerek Google Classroom'da açılmış olan bir platforma yüklemeleri sağlanmıştır. Ödev paylaşımı için Google Classroom'da açmış olduğumuz Laboratuvar Uygulamaları sınıfı kullanılmıştır. Öğrencilerle, ayrıca anlık iletişim ve haberleşme amacı ile de WhatsApp'ta açılan Fen Lab grubu kullanılmıştır. Öğrencilerle ödevler paylaşıldıktan sonra cevapların Google Classroom'daki Laboratuvar Uygulamaları sınıfı klasörünün içindeki ödev başlıkları ile tanımlanmış alt klasörlerin içine yüklenmesi istenmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Google classroomda öğrencilere ödev atama

Ödevler ve duyurular tüm öğrencilere atanarak bireysel olarak paylaşımlar yapmaları istenmiştir. Öğrenciler burada etkinlik öncesi ödevler yardımıyla o hafta yapılacak etkinlik hakkında önceden bilgi edinirken o hafta yapacakları etkinliğin malzeme listesi ve basamaklarını da görebilmektedirler. Etkinlik sırasında çektikleri etkinlik aşamaları fotoğraflarını da burada paylaşmaları sağlanmıştır (Şekil 3.5.). Ödev paylaşımları haftalık kontrol edilerek geribildirimler yapılmış ve böylece süreklilik sağlanmıştır.

Talimatlar Öğrenci çalışması

Güneş Kolektörleri

19 Teslim edenler 5 Öğrenciye çalışma atandı

Tümü

3 ek Teslim edildi

güneş kolektörü etkinli... Teslim edildi

Belge (6).docx Teslim edildi

CamScanner 11-29-20... Teslim edildi

Güneş Kolektörleri

Teslim edildi

Getir

Dosyalar

Teslim tarihi ve saati: 2 Ara 2021, 16:05

Değeri göster

güneş kolektörü etki...

Not

/100

Gizli yorumlar

Gizli yorum ekleyin...

Yayınla

PARABOLİK GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ ETKİNLİK SORULARI

1. Yapığımız etkinlikte yüzeye yapıştırılan malzeme alüminyum folyonun kırışksız ve düzgün bir şekilde yapıştırılması gerekmektedir. Bunun sebepleri nelerdir? Açıklayınız.

Alüminyum folyonun kırışksız ve düzgün bir şekilde yapıştırılması gerekir çünkü bu sayede güneş ısısunu daha iyi çeker ve boruya yansıtması daha kolay olur. Kırışmış folyo dağınık yansımaya yapar ve işimizi zorlaştırır ama kırışmamış olan folyo ise düzgün yansımaya yapar ve gelen ışınlar paralel yansır.

2. Parabolik güneş kolektörü etkinliğinde neden yüzeyi alüminyum folyo ile kapladık? Verilen tablo yardımıyla karşılaştırarak açıklayınız.

Alüminyum folyonun güneş ışınlarını çekmesi ve yansıtması daha kolaydır.

3. Etkinlikte suyun geçeceği boruların demir, bakır, alüminyum, gümüş ve altın borular olmasının etkisi nedir? Aynı malzemeyle yapılmış borularla karşılaştırarak açıklayınız.

Boruların farklı olması demek her borunun işi farklıdır demektir. Bu açıdan

Şekil 3.5. Öğrencilerin classrooma yükledikleri belgeler

Ayrıca haftalık sınıf içi uygulamalarda öğrencilere sorular yöneltilerek gözlemler yapılmıştır. Burada öğrencilerin uygulama esnasında yaptıkları işlem süreçlerinin özelliklerine ne kadar hakim olduklarıyla ilgili, bağımlı bağımsız değişkenler ve bunların sonuçları nasıl etkileyeceği ile ilgili vb. sorular yöneltilerek veriler toplanmıştır. Burada araştırmacı tarafından öğrencilerin geri bildirimleri kapsamında eksiklikler ve sorular da raporlanarak haftalık olarak değerlendirilmiştir.

Etkinliklerin değerlendirilmesinde Ek 4 ve Ek 7’de verilen rubrikler iki ana ekseni oluşturmaktadır. Bunlardan ilki; Guzey ve diğerleri tarafından 2016’da geliştirilen STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriğidir (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) (Ek 4). Bu rubriğin kullanılması için gerekli izinler (Ek 2) alınarak

araştırmacı tarafından yayın dili olan İngilizceden Türkçeye çevirmek için uzman (2 Öğretim Üyesi, 2 Türkçe, 2 İngilizce) görüşleri alınmıştır. Rubrik, I. Giriş İlgi Çekme, II. Mühendislik Tasarım Süreci, III. Fen Kavramlarının Birleştirilmesi (Entegrasyonu), IV. Matematik Kavramlarının Entegrasyonu, V. Öğretim Stratejileri, VI. Takım Çalışması, VII. İletişim, VIII. Performans ve Biçimlendirici Değerlendirme ve IX. Organizasyon ana başlıkları altında değerlendirici uzmana ekinlik planlarını 0-4 arasında puanlama imkanı vermektedir. Araştırmacının hazırladığı etkinlik planları hem pilot uygulamada hem de gerçek uygulamada, iki uzman tarafından bu rubrik kullanılarak değerlendirilmiştir.

STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği, hazırlanan ders planının değerlendirilmesinde iki temeli esas alır. Bunlardan ilki kapsamlı değerlendirme diğeri de özel değerlendirmedir. Değerlendirme basamakları özelde; giriş ilgi çekme, mühendislik tasarım süreci, fen kavramlarının birleştirilmesi, matematik kavramlarının birleştirilmesi, öğretim stratejisi, takım çalışması, iletişim, performans ve biçimlendirici değerlendirme ve organizasyon basamaklarının değerlendirilmesinden oluşmaktadır. Bu basamaklar değerlendirilirken hayır, kısmen ve evet seçenekleri kullanılarak ders planı değerlendirilmesi iki uzman tarafından pilot ve gerçek uygulama ders planı değerlendirmesi olarak yapılmıştır. Kapsamlı değerlendirmede ise tüm bu basamaklara uzmanlar 0-4 aralığında notlandırma yapmışlardır. Rubrikte; sıfır (0), soruda açıklanan özelliklerin hiçbirinin ders planı ünitesine yansıtılmadığı anlamına gelirken dört (4) ise soruda tanımlanan tüm özelliklerin malzemeye yansıdığını gösterir. NA uygulanamaz ve DK ise bilmiyorum anlamlarına gelmektedir.

Yapılan literatür araştırmalarında böyle bir ders modülünün değerlendirilmesine yönelik en uygun ders planı değerlendirme rubriği olarak Guzey ve diğerleri 2016'da geliştirdikleri STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriğinin (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) kullanılması uygun görülmüştür. Rubriğin ders planı değerlendirilmesinde mühendislik kavramlarını tam anlamıyla içinde barındıran bir değerlendirme sunması bizim için tercih sebebi olmuştur. Özel değerlendirme basamakları (giriş ilgi çekme, mühendislik tasarım süreci, fen kavramlarının birleştirilmesi, matematik kavramlarının birleştirilmesi, öğretim stratejisi, takım çalışması, iletişim, performans ve biçimlendirici değerlendirme ve organizasyon) STEM yaklaşımına uygun olarak tasarlanmış ve içerisindeki sorularla bizim de ders modülümüzün kavramları örtüşmektedir. Bu rubrik sayesinde, hazırlanan şablonlar öncelikli olarak pilot uygulama için uzmanlar tarafından incelenmiştir. Gerçek uygulama için de gerekli düzenlemeleri yapılan ders planı şablonları tekrar değerlendirilmiş ve verilerin analizi kısmında değerlendirilme sonuçları verilmiştir.

Diğer değerlendirme rubriği ise Moore ve diğerlerinin 2016'da geliştirdikleri STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriğidir (Ek 7). İsminden de anlaşılacağı gibi bu rubrik, öğrencilerin etkinliklerini mühendislik kriterleri açısından değerlendiren bir rubriktir. Bu rubrik için de gerekli izinler alınmış (Ek 3), yayın dili olan İngilizceden Türkçeye çevirmek için uzman (2 Öğretim Üyesi, 2 Türkçe, 2 İngilizce) görüşleri alınmıştır.

Rubrik, A: Problemin Tanımlanması, B:Anlama, C:Fikir Üretme, D:Değerlendirme, E:Prototip Oluşturma ve Test Etme, F:Yineleme, G:İlerleme ve H:Çözümün Sunulması ana başlıkları altında performans seviyelerini 0-5 puan aralığında puanlandırabilme imkanı vermektedir. Bu rubrik ile öğrencilerin sınıf dışı çalışmalarında, tanımlanan dijital platforma yükledikleri materyaller (ödev resim vb.), sınıf içi performanslarının araştırmacı tarafından gözlenmesi (diyalog, soru-cevap, tartışma vb.) ile ilgili veriler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler rubrikteki ana kategoriler kapsamında tüm bu verilere dayalı olarak sürecin puanlanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bir gruptaki öğrencilerin bireysel puanlarının toplamından grup ortalama puanı oluşturularak puanlama grup bazında da tanımlanmıştır. Puanlara karşılık gelen performans tanımlamaları ( 5:Örnek alınacak, 4:Gelişmiş, 3: Yetkin, 2: Gelişmekte, 1: Acemi, 0: Yetersiz) rubrikte yapılandırıldığı için grupların hangi kategori aralığında oldukları bu değerlendirmeler sonucunda ortaya çıkmıştır. Tezin ilerleyen bölümlerinde bunlar tablolar ve grafiklerle gösterilmiştir.

Bu rubrik ile öğrencilerin sınıf dışı dijital platforma yükledikleri çalışmalar, sınıf içi çalışmaların gözlenmesi ve diyaloglardan elde edilen verilerle öğrencilerin her etkinlik sonunda ortaya koydukları ürünler değerlendirilmiştir. Burada seçilen rubriğin aşamalarının mühendislik tasarım döngüsünün basamaklarından oluşması aynı zamanda çalışmada da mühendislik tasarım döngüsü kullanılmasından kaynaklı değerlendirilmesi kolaylık sağlamış ve bu amaçla da kullanılması uygun görülmüştür. STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin değerlendirilmesi rubriğinde problemin tanımlanması, anlama, fikir üretme, değerlendirme, prototip oluşturma ve test etme, yineleme, ilerleme ve çözümün sunulması basamaklarından oluşmaktadır. Tüm bu basamaklar 0-5 aralığında değerlendirilmektedir. 5; örnek alınacak en iyi rubrik puanının verildiği puandır. 4 gelişmiş, 3 yetkin, 2 gelişmekte, 1 acemi ve 0 ise en düşük puan olan yetersiz olarak tanımlanmaktadır. Burada öğrencilerin süreci ve sonucu araştırmacı tarafından birlikte değerlendirilmektedir. Rubrikte belirtilen noktalara cevap veren her bir öğrenci grup ortalaması puanı olarak değerlendirilmiştir. Mühendislik tasarım döngüsü kapsamında hazırlanan ders planı ve şablonlar sayesinde öğrencileri bu döngüde değerlendirmek de kolaylık sağlamıştır. Yapılan

bu rubrik değerlendirmesi ile gruplar için her bir alt etkinlik bazında sayısal veriler elde edilmiştir.

### 3.4. Veri Toplama Süreci

Fen Bilgisi Öğretmen Adayları İçin STEM Yaklaşımı ile Oluşturulmuş Yenilenebilir Enerji Temalı Etkinlikler Modülü Geliştirme doktora çalışması için oluşturulan şablonunun her alt etkinliğe uygulanması sürecini içerir. Bu amaçla her alt etkinlik için belirlenen süreler Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. *Etkinliklerin Uygulama Dönem ve Süreleri*

ETKİNLİK ADI	DÖNEM	SÜRE
1. Güneş Panelleri	Güz	3 Hafta
2. Parabolik Güneş Kolektörü	Güz	4 Hafta
3. Rüzgar Türbini Yapma	Güz	4 Hafta
4. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması	Bahar	4 Hafta
5. Biyokütle ve Biyokütle Enerjisi	Bahar	4 Hafta
6. Evaporatif Soğutucular	Bahar	2 Hafta
7. Atık Yönetimi	Bahar	2 Hafta

#### 3.4.1. Pilot Uygulama

Pilot uygulama kapsamında tüm alt etkinlikler için, 2021-2022 eğitim-öğretim yılı içinde Pamukkale Üniversitesi Fen bilgisi öğretmenliği alanında öğrenim gören 3. sınıf öğretmen adaylarıyla güz ve bahar dönemleri olmak üzere iki dönem boyunca çalışmalar yapılmıştır. Pilot uygulamadan elde edilen sonuçlar neticesinde gerçek uygulama için gerekli düzenlemeler ve değişiklikler yapılarak, etkinlikler yeniden düzenlenmiştir.

Pilot uygulama kapsamında ilk olarak STEM yaklaşımlı yenilenebilir enerji temalı alt etkinliklerin planlaması yapılmış ve ders planının değerlendirilmesi için gerekli izinler alınarak STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) (Guzey ve diğ., 2016) kullanılmıştır. Burada hazırlanan ders planı, etkinlik planları ve şablonları 2 uzman tarafından değerlendirilmiş ve eksiklikler belirtilmiştir. Bunun üzerine ders planı ve etkinlik şablonları yeniden gözden geçirilerek düzenlenmiştir.

Pilot uygulamada uygulanması planlanan etkinlikler ve süre planları Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. *Pilot Uygulama İçin Planlanan Etkinlikler ve Süreleri*

ETKİNLİK ADI	DÖNEM	SÜRE
1. Rüzgar Türbini Yapma	Güz	5 Hafta
2. Parabolik Güneş Kolektörü ve Alternatif Isıtma-Soğutma Sistemleri, Isı Yalıtımı	Güz	4 Hafta
3. Elektrik Enerjisi Kaynakları ve Güneş Panelleri	Güz	2 Hafta
4. Suyun Benzersizliği; Yaşam için Suyun Önemi ve Alternatif Su Temini ve Depolanması Yolları	Bahar	4 Hafta
5. Biyokütle ve Biyokütle Enerjisi	Bahar	4 Hafta
6. Atık Yönetimi	Bahar	2 Hafta

2021-2022 eğitim öğretim yılları içinde Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları I ve II derslerinde güz ve bahar dönemleri boyunca iki şubede gerçekleştirilmiş olan pilot çalışma sonucunda, Fen Bilgisi Öğretmen Adayları İçin STEM Yaklaşımı ile Oluşturulmuş Yenilenebilir Enerji Temalı Etkinlikler Modülünün alt etkinliklerinin uygulanabilirliği ve etkililiği test edilmiştir.

Pilot uygulama kapsamında çalışmanın alt etkinliklerinin uygulanmış ve yaşanan aksaklıklar belirlenmiştir. Haftalık planlanan etkinlikler sınıf dışı uygulamalar (ödevler) ve sınıf içi uygulamalar şeklinde iki bölüm halinde gerçekleştirilmiştir. Sınıf dışı (ödev) etkinlikler en az 4- 5 gün öncesinde öğrencilere bildirilmiştir. Öğrenciler gruplandırılarak her bir gruba tanımlanan klasöre ödevlerini ( video, fotoğraf, metin vb.) yükleyerek paylaşmışlardır. Bütün grupların klasörleri Google Classroom'da araştırmacı tarafından açılmış olan Fen Lab. Sınıfı isimli bir ana klasörde toplanmıştır. Buna ilave olarak ayrıca anlık haberleşmeler için aynı isimli bir iletişim grubu da oluşturularak öğrencilerle paylaşılmıştır. Öğrenciler, araştırmacının onlara önceden bildirdiği ödev etkinlikleri gerçekleştirerek veya soruları cevaplayarak ilgili ödev başlıklarının tanımlandığı klasörlere daha önce de gösterildiği gibi çalışmalarını yüklemişlerdir. Ödevler ve duyurular tüm öğrencilere atanarak bireysel ve grup olarak paylaşımlar yapmaları istenmiştir. Öğrenciler burada etkinlik öncesi ödevler yardımıyla o hafta yapılacak etkinlik hakkında önceden bilgi edinirken o hafta yapacakları etkinliğin malzeme listesi ve basamaklarını da görebilmektedirler. Etkinlik sırasında çektikleri etkinlik aşamaları fotoğraflarını da burada paylaşmaları sağlanmıştır. Ödev paylaşımları haftalık kontrol edilerek süreklilik sağlanmıştır.

Pilot uygulamadan yola çıkılarak değişikliğe gidilmesi uygun görülen bazı noktalar aşağıda verilmiştir:

1. Uygulanan etkinliklerde enerji kavramının daha çok fizik bilim dalı kapsamında ele alındığı görülmüş, diğer bilim dalları kapsamında (kimya, biyoloji vb.) kavramın ele alınışı yetersiz kalmıştır. Gerçek uygulama için, bu dengesizliğin farklı bilim dallarına ait net

ayrılar yapılmaksızın bütünleşik bir yaklaşımla kavramın ele alınarak giderilmesi yönünde bir kanaat oluşmuştur.

2. Dönem başındaki etkinliklerde, öğrencilere kendi bilgilerine ve bulgularına dayalı olarak çözümler getirmeleri yönünde telkinlerde bulunulmasına karşılık, tasarımlarını çeşitli açık kaynaklardan kopyalayarak yaptıkları, ayrıca bireysel olarak farklı uygulamalar yapmaktan ziyade aynı uygulamaları yapma eğiliminde oldukları gözlenmiştir. Bu nedenle özgün tasarımlar başlangıçta elde edilememiş, dönemin sonuna doğru uyarılarla bu kısmen çözülebilmıştır. Gerçek uygulamada öğrencilere daha net ve anlaşılır bir şekilde, malzeme ve sınırlılıklar verilerek, ayrıca bağımlı ve bağımsız değişken kavramlarının net ayrımını yapmalarını sağlayacak ilave etkinliklerle hazırlık yaptırmanın uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

3. Uygulamanın sınıf dışı ve sınıf içi etkinlikler olarak planlanmış olması öğrencilerin ders dışı zamanlarda da konuya olan ilgilerinin devam etmesini, kendilerinin bağımsız araştırmalar yapmalarını teşvik amaçlıdır. Fakat öğrencilerin bu araştırmalarını daha çok popüler medya kaynaklarından yapmış olmaları bir eksiklik olarak gözlenmiştir. Gerçek uygulamada bu eksikliğin giderilip öğrencilerin daha çok akademik kaynaklara dayalı olarak araştırma yapmalarının sağlanması gerekmektedir.

4. İlk hafta yapılan Rüzgar Türbini Etkinliği başlangıçta 4 hafta olarak planlanmış ama süre yeterli gelmeyerek 5 haftaya çekilmiştir. Buradan hareketle etkinliklerin yetişmesi ve öğrencilerin daha hazırlıklı gelmeleri adına sınıf dışı (ödev) etkinliklerine daha çok yer verilmesine karar verilmiştir. Hazır bulunuşlukları yüksek öğrencilerle çalışmak çok daha verimli olacağı düşünülmektedir. Ayrıca öğrencilerin yaptıkları araştırmaların ve tasarımlarının sınıfta daha fazla konuşulmasına ve tartışılmasına gerek olduğu görülerek bunun için argümantasyon tekniğinin de uygun bir şekilde esas uygulama etkinlik planlarına entegre edilmesine karar verilmiştir.

5. Öğrencilerin mühendislik kavramlarını anlamada zorlandıkları görülmüştür. Öğrencilerin pandemi döneminde Laboratuvar derslerini yüz yüze yapamamış olmaları eksikliği de düşünülürse mühendislik kavramlarını ve dersin işleyişini daha iyi anlamalarını sağlamak için bilgilendirme ve hazırlık aşamasının daha uzun tutularak 2 hafta yapılmasına karar verilmiştir.

6. Alt etkinliklerin sıralamalarının düzenlenmesine karar verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneşin kullanılması planlanan alt etkinlikler için (Güneş Panelleri ve Güneş Kolektörleri) güneşli günlerin bol olduğu Güz Döneminin ilk haftalarında yapılması gerektiği anlaşılmıştır (Pilot uygulamada bu alt etkinliklerin dönem sonunda yapılmış olması

bulutlu günlerin çokluğu ve güneş ışınlarının nispeten daha zayıf olması nedeni ile ürün testinde ve ölçümlerde istenilen verime ulaşamaması da etkenlerden birisi olmuştur.).

7. Bazı alt etkinliklerin isimlerinin değiştirilmesine ve bazılarının ise ayrılmasına karar verilmiştir. Burada öncelikle pilot uygulamada Parabolik Güneş Kolektörü ve Alternatif Isıtma-Soğutma Sistemleri, Isı Yalıtımı başlığıyla yer alan alt etkinlik için Parabolik Güneş Kolektörü ve Evaporatif Soğutucular olarak ayrılmasına isminin bu şekilde değiştirilmesine karar verilmiştir. Enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanılması konu başlığı altında güneş kolektörlerinin hem ısınma hem de enerji elde etmede kullanılması göz önüne alınmıştır. Evaporatif soğutucuların ise bahar dönemi içinde alternatif soğutma yöntemleri olarak ele alınmasına karar verilmiştir. Böylece öğrencilerin kavramları ve konuları anlamada kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir. Bir de Suyun Benzersizliği; Yaşam için Suyun Önemi ve Alternatif Su Temini ve Depolanması Yolları başlığıyla yer alan etkinlikte öğrencilerin problem durumuna daha net odaklanmalarını sağlamak adına Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması olarak değiştirilmiştir. Burada amaç yağmurda biriktirilen suların uygun bir depolama alanında toplanarak kimyasal, taş toprak gibi fiziksel, zararlı bakteriler gibi biyolojik kirleticilerden uzaklaştırılması ve sulama suyu olarak kullanılmasına odaklanılmasını sağlamaktır.

8. Prototiplerin test sonuçlarının öğrenciler tarafından tartışılarak raporlanan eksikliklerinin yanında araştırmacının gözlemlendiği bazı eksiklikler de aşağıda verilmiştir.

*Parabolik Güneş Kolektörleri için;*

a) Parabolik oluğun yansıtıcı yüzeyinin yeterince büyük olmaması: Bu amaçla daha fazla ışın toplayarak odaklama yapabilmesi için yüzeyi büyük tutacak malzeme ölçülerinin tanımlanması,

b) Yüzeyin büyütülmesine paralel olarak odak uzaklığının da artırılması (Pilot uygulamada odak uzaklığı bütün gruplarda 7,5 cm olarak alınmıştır.),

c) Bakır boru çapının daha büyük tutulması, (Uygulamadaki bakır borunun ince olması (çap 0,5 cm idi) odaklamanın hassas ve daha kırılğan olmasına neden olmuş hem güneşin hareketi nedeni ile hem de yönlendirmedeki en ufak bir kusur nedeni ile odaklama kayıpları yaşanmıştır.)

d) Boru içine su doldurulmasına gerek olmadığı sonucuna varılmıştır. Borunun iki ucundan tapalar ile kapatılması ve tapalardan birine borunun iç ortam sıcaklığını ölçecek şekilde bir termometre yerleştirilmesinin iç ortam sıcaklığının gerçek zamanlı olarak nasıl değiştiğini vermesi bakımından daha verimli olacağı düşünülmektedir (Mevcut uygulamada borunun içine musluk suyu doldurulmuş oluk güneşe yarım saat tutulduktan sonra bu su bir behere



boşaltılarak sıcaklığı ölçülmüştür. Bu da aktarım sırasında sıcaklığın daha da düşmesine neden olarak verimi düşürmüştür.).

e) Oluk içine alüminyum folyo yapıştırmak bazı zorluklara neden olmuştur. Gruplar yansıtıcı yüzey düzgünlüğü bakımından farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Kırıksık yansıtıcı yüzey odaklama verimini düşüren önemli bir kusur olmuştur. Folyo yapıştırmaktansa bir kırtasiye malzemesi olan ve aynalı karton olarak bilinen malzemenin kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür.

*Rüzgar Türbinleri için;*

a) Öğrencilerin, rüzgar türbininde dönmeyi sağlayan en önemli parçalardan biri olan rotorun çalışma prensibini daha iyi kavrayabilmeleri için bobin telleri ve mıknatıs kullanılarak bir indüksiyon akım oluşturmaları sağlanmıştır. Bu konunun daha iyi kavranması ve öğrencilerin araştırma yaparak gelmelerini sağlamak için bu tasarımın öğrencilere “bobin sarım sayısının indüksiyon akıma etkisi” adı altında ev ödevi olarak verilmesine karar verilmiştir. Böylece öğrencilerin bu konudaki hazır bulunuşluklarının artacağı düşünülmüştür.

b) Prototip olarak yapılan rüzgar türbinlerinde her grup istediği kanat sayısında rüzgar türbinleri yapmış ve oluşan indüksiyon akımını gözlemlemişlerdir. Bu durum bazı prototiplerin yapılış hatalarından kaynaklı farklı sonuçlar alınmasına sebep olmuştur. Gerçek uygulamada kanatların takıp çıkarmalı olarak farklı sayılarda yapılıp her grubun kendi prototipini hazırladığı farklı kanat sayılarına sahip parçalarını takıp çıkararak karşılaştırma imkanının verilmesine karar verilmiştir. Böylece öğrenciler kendi prototiplerinde kanat sayısının etkisini daha doğru şekilde gözlemleyebilme imkanına sahip olacakları düşünülmektedir.

c) Rüzgar türbini prototipi için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin daha net vurgulanmasının daha doğru olacağına karar verilmiştir. Verimi etkileyeceği düşünülen parametreler için (kule boyu, kanat yarıçapı, aylara göre rüzgar alma süresi ve rüzgar türbini sayıları, kanat sayısı, rüzgarın hızı, kanat uzunluğu, kanat şekli vb.) gerek simülasyon üzerinden gerekse prototip üzerinden deneme imkanı sunulmasının daha uygun olacağı görülmüştür.

*Güneş Panelleri için;*

a) Öğrencilerin paralel ve seri bağlı devreleri ayırt etmede bazı sıkıntılar yaşadıkları görülmüştür. Bunların giderilmesi adına etkinlikte seri ve paralel bağlı sistemlerin karşılaştırmalı olarak verilerek üzerinde daha fazla durulmasına karar verilmiştir.

b) Öğrencilerin grup olarak oluşturdukları daha küçük sistemleri bağlarken zorlanmadıkları fakat grupların oluşturdukları bu küçük sistemleri bağlayarak daha büyük sistem oluşturmada zorlandıkları görülmüştür. Bunun için daha büyük sistem üzerinde daha çok led lamba ile denemelerin yapılmasına olanak verilmesi uygun görülmüştür.

*Suyun Benzersizliği; Yaşam için Suyun Önemi ve Alternatif Su Temini ve Depolanması Yolları için;*

a) Yağmur sularının sulama suyu olarak kullanılmasından yola çıkılarak öğrencilerin farklı bölgelerden topladıkları yağmur sularının pH değerleri ölçülerek asit yağmurlarının konuşulmasına ve asit yağmurlarının etkilerinin konuşulmasına karar verilmiştir.

b) Yapılan fiziksel su arıtım prototipi ile içme sularının yaşam için öneminin kavratılması ve tasarruflu kullanılması üzerine farkındalık oluşturması hedeflenmiştir.

c) Etkinliğin isminin Yağmur Sularının Sulama Suyu Olarak Kullanılması olarak değiştirilmesiyle de problem durumuna daha net odaklanma sağlanması hedeflenmektedir.

*Biyokütle ve Biyokütle Enerjisi için;*

a) Bu etkinlikte öğrencilerin kendi biyokütle tesisi prototipini oluşturmaları istenirken kullanılan biyokütle kaynaklarında serbest bırakılarak en verimli olan biyokütle kaynağını oluşan gaz miktarından yola çıkarak tespit etmeleri istenmiştir. Bu amaçla öğrencilerin farklı biyokütle kaynakları kullanmalarının ya da aynı kaynak ile farklı değişkenleri karşılaştırma imkanı sağlanmasının uygun olacağına karar verilmiştir.

*Atık Yönetimi için;*

a) Atık yönetimi etkinliğinde öğrenciler oluşturacakları tasarımda tamamen özgür bırakılmıştır. Burada amaç, öğrencilerin belirli sürelerde topladıkları atıkların miktarından yola çıkarak atık toplama bilinci oluşturmak ve onlara aslında çöp olarak attıkları bu atıklardan kullanabilecekleri ürünler ortaya koymalarıdır. Bu etkinlikte öğrencilerin yapacakları tasarımlarda hayal güçlerini ortaya koymaları ve işe yarar tasarımlar yapmaları adına biriktirdikleri atıklar ve sürdürülebilir tasarımlar yapmalarıyla sınırlandırılarak serbest bırakılmasına karar verilmiştir. Böylece öğrencilerde, biriktirdiği atıklardan ortaya koyduğu tasarımı benimsemesi ve ilerisi adına da atıkları değerlendirme ve geri dönüştürme bilinci oluşması beklenmektedir.

Pilot uygulama araştırmacı açısından etkinlikleri daha uygulanabilir ve daha etkili yeniden düzenlenmeleri yönünde yukarıda bahsedilen değerli bilgilerin elde edilmesini sağlarken öğrenciler açısından da hem bireysel çalışmalar yapıp hem de kolektif çalışmalara katılarak takım çalışmalarını birlikte yapma imkanı sunmuştur. Bu etkinlikler boyunca öğrencilerde yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgar türbinlerinin nasıl çalıştığı, güneş

kolektörlerinin ne amaçla kullanıldığı, ısı yalıtımı, alternatif serinleme sistemleri olan evaporatörler ve güneş panellerinin çalışma mantığı, suyun önemi ve bilinçli tüketilmesi, biyokütle ve biyoyakıt konularında bilgi edinme, atıklarını ayrıştırma gibi konularda ve çevre bilinci konusunda daha da duyarlı hale geldikleri araştırmacı tarafından gözlenmiştir. Yeni ve temiz enerji kaynaklarına ihtiyaç duyduğumuz bu dönemde öğrencilerde bir farkındalık oluşmuş ve Dünyamızı kirleten enerji kaynaklarına ihtiyacın azalması ve alternatif enerji kaynakları hakkında bilgi sahibi olmuşlardır. Konuların, her ne kadar enerji genel teması altında toplandığını söylesek de çevre bilinci ve ekolojik dengeyi korumakla da oldukça fazla ilgisi bulunmaktadır. Bu da aslında alternatif enerji kavramının yan öğrenmesi olarak çevre bilinci oluşturulması konusunda da farkındalık yarattığı söylenebilir.

Öğrenciler genel olarak gerek ödevlerini yapmada gerekse malzemelerini getirip etkinlikleri uygulamada sıkıntı çıkarmamış, tüm grup üyeleriyle uyum içinde bir dönem geçirilmiştir. Öğrenciler çoğunlukla verilen ödevleri yapmış ve verilerini sisteme zamanında yüklemiş olmalarına rağmen aynı sorular sınıf içinde sorulduğunda cevap vermede başlarda daha çekingen davranmışlardır. Sonradan bu çekingenlikleri büyük oranda azalsa da sunum yapma ve yaptıklarını anlatma konusunda çekingenliklerinin devam ettiği görülmüştür.

Tüm bu etkinlikler uygulanabilir ve disiplinler arası bir kavram olan enerji kavramına öğrencilerin farklı açılardan bakarak ve mevcut bilgilerini kullanarak verimli bir dönem geçirdikleri düşünülmektedir.

### 3.4.2. Gerçek Uygulama

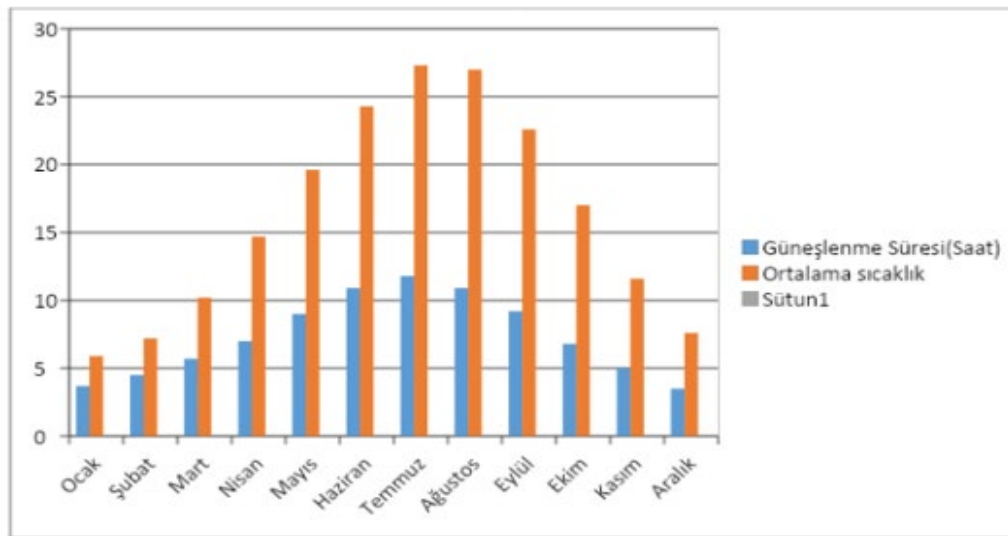
**3.4.2.1. Güneş panelleri.** İlk iki hafta boyunca mühendislik kavramları (müşteri, kriter, sınırlılık, problem durumu vb.) tanıtılan öğrenciler sonraki haftalarda karşılıklarına çıkacak bu kavramlara yabancılık çekmemişlerdir. İki haftanın sonunda öğrencilere büyük projemiz Ekolojik Ada senaryosu verilerek incelemeleri ve buradaki yaşam problemlerini belirlemeleri istenmiştir. Burada tümünden gelim ile yaşam problemlerine geniş çerçevede bakılmış ve ardından alt etkinliklerin tamamlanmasıyla tümevarım yöntemiyle yeniden problemlere çözümler üretme çalışmaları yapılmıştır.

İlk olarak öğrencilere güneş panelleri senaryosu ve ödev sorular verilerek problemi belirlemeleri ve ödev sorularla teorik araştırmalar yapmaları sağlanmıştır. Ödev sorularda her soru altına kaynakçaları belirtilerek tamamlanmıştır. Burada amaç öğrencilerin konu ile ilgili gerek makalelerden gerekse yazılı kaynaklardan okumalar yaparak araştırma yapma becerilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Dersin ilk yarısında argümantasyon tekniği

kullanılarak öğrencilerin yaptıkları araştırmalar doğrultusunda onlara sorular yöneltilmiştir. Böylece farklı kaynaklardan farklı buluşmalar sağlanmaya çalışılmıştır.

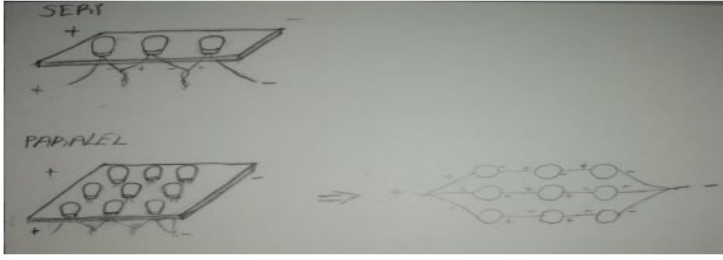
Dersin diğer yarısı içinde yapılacak olan Güneş Panelleri alt etkinliği için gerekli olacak olan Denizli ili için güneşlenme sürelerinin tespiti ve güneş ışınlarının geliş açılarının hesaplamaları ders içi etkinlik olarak yaptırılmıştır. Öğrenciler bu hesaplamaların sonucunu bir grafik olarak göstermişlerdir. Böylelikle güneşten yararlanabileceğimiz ideal güneş açımız bulunmuştur. Öğrenciler burada disiplinler arası çalışarak coğrafya, matematik ve fen kavramlarını teknolojik kaynaklardan yararlanarak grafikler oluşturmuşlardır.

Öğrenci cevaplarından oluşan grafik Şekil 3.6.'da verilmiştir.



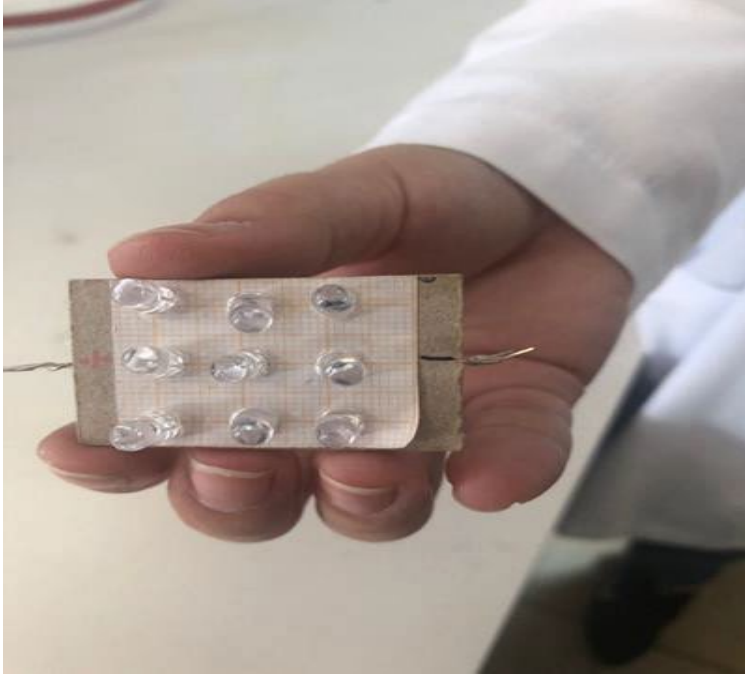
Şekil 3.6. 1957-2021 tarihleri baz alınarak öğrenciler tarafından oluşturulmuş Denizli ili için güneşlenme süreleri ve ortalama sıcaklıklar

Pilot uygulamanın değerlendirilmesinden yola çıkılarak öğrencilerin gerçekleştirecekleri alt deneylerle ilgili olarak deneyin amaç, hipotez, bağımlı bağımsız değişkenler, kullanılacak malzemeler ve özellikleri bağlamında olan deney öncesi tahmin soruları gerçek uygulamada eklenerek çalışma yürütülmüştür. Bu şekilde bir hipotez veya fikir geliştirerek etkinliklere katılmış olan öğrencilerin daha hevesli ve azimli davrandıkları da gözlenmiştir. Bu eklemelerden sonra öğrencilerin yapacakları etkinliklerle ilgili önceden daha fazla araştırma yaptıkları ve ders içi etkinliklere daha hazır olarak geldikleri görülmüştür.

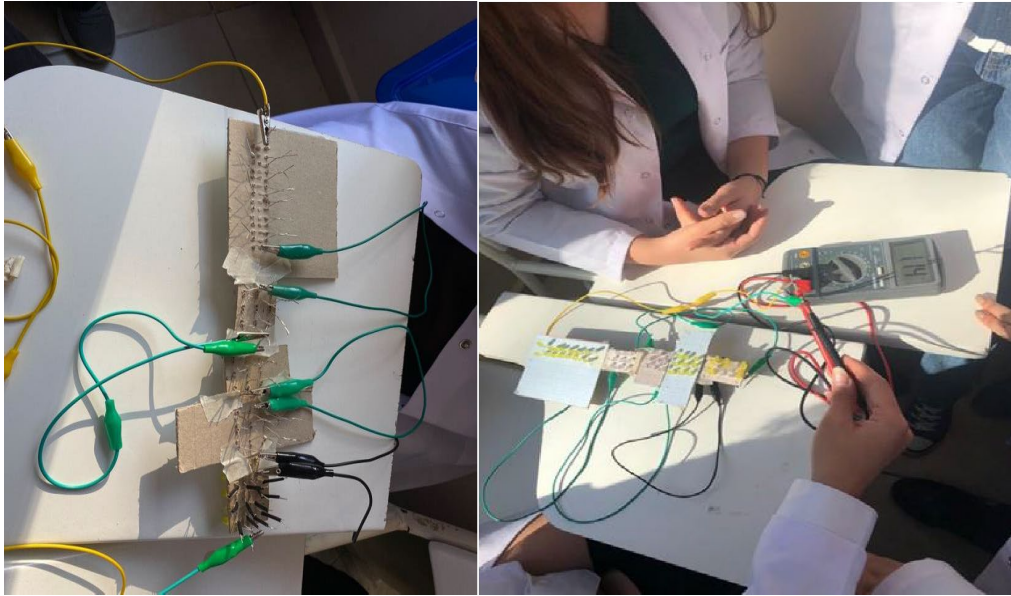


Şekil 3.7. Seri ve paralel bağlama öğrenci çizimi

Tahmin sorularıyla pekiştirilen etkinlik uygulama için hazır hale gelmiştir. Bunun için öğrencilere gerekli malzemeler verilerek öncelikle led lamba renklerinin (sarı, kırmızı, beyaz ve yeşil) multimetrede okunan voltaj değerlerini karşılaştırmaları istenmiştir. Tahminleri ve ölçülen değerler karşılaştırılmıştır. İkinci olarak seri ve paralel bağlamalarla ölçümlerin karşılaştırılması ve en sonunda da tüm grupların yaptığı sistemlerin birleştirilerek daha yüksek değere ulaşılması istenmiştir.



Şekil 3.8. Güneş panelleri öğrenci çalışması



Şekil 3.9. Güneş panellerinin birleştirilmesiyle oluşturulan sistemin ölçülmesi



Şekil 3.10. Led ampul sayısı artırılarak oluşturulan devre çalışması

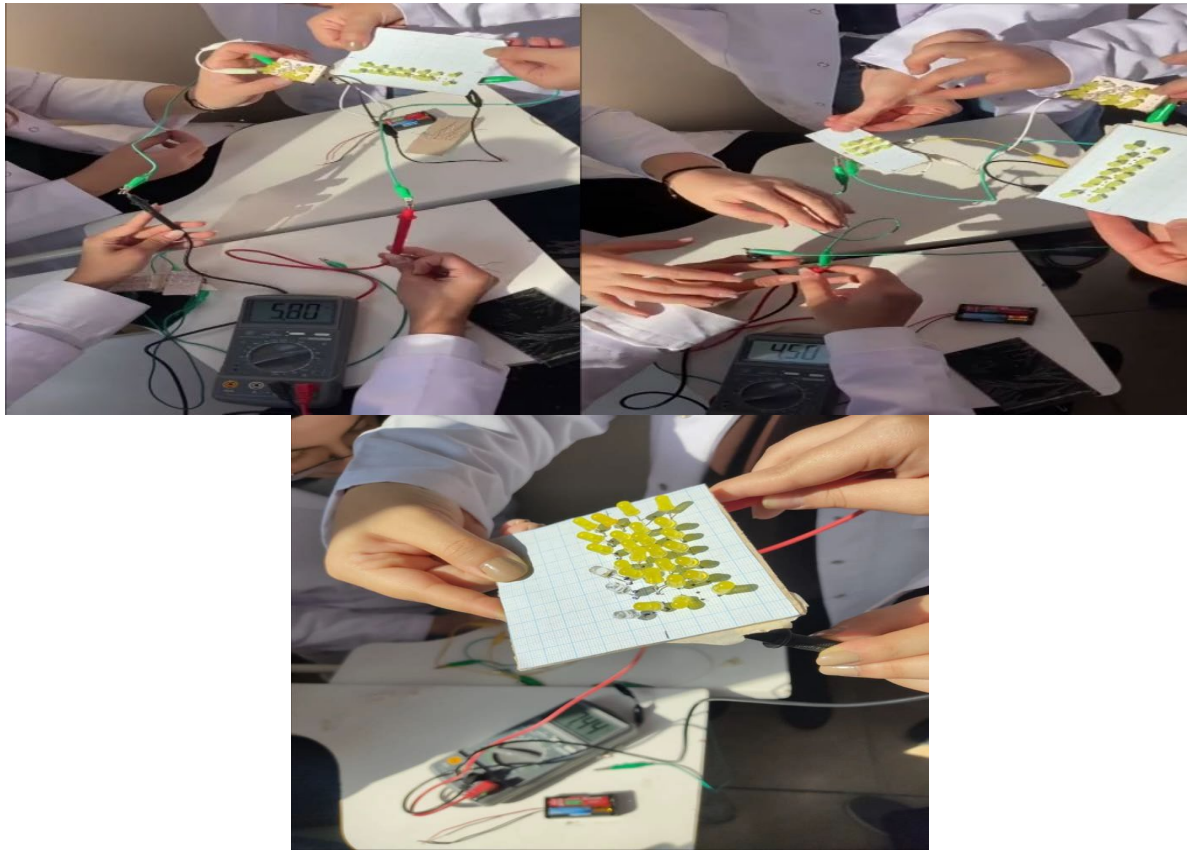


Şekil 3.11. Hazır panellerin seri bağlanması





Şekil 3.12. Hazır güneş panellerinin paralel bağlanması



Şekil 3.13. Diğer grup çalışmaları

Öğrenciler yaptıkları Güneş paneli etkinliği sonucunda led lamba renginin elde edilecek voltaj değerini etkilediğini, seri ve paralel bağlı devrelerin farklarını ve sisteme daha fazla led lamba eklenmesiyle daha fazla gerilim değeri ölçüleceği sonucuna

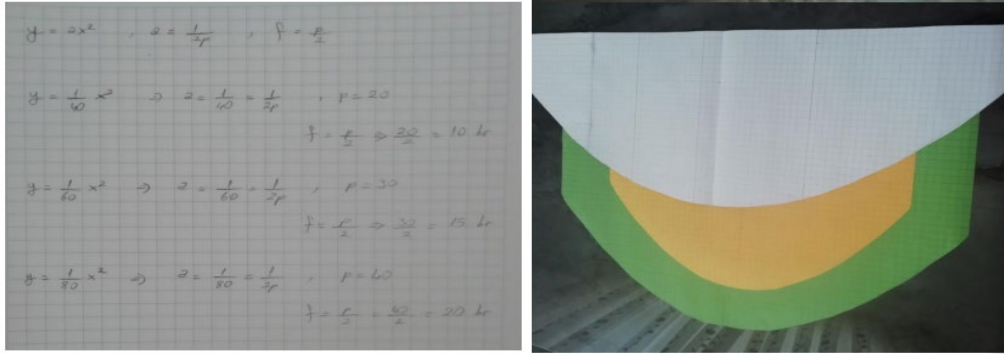
ulaşmışlardır. Böylece güneş panellerinin LED lamba benzeri yarı iletken güneş pillerinin seri ve paralel bağlamalar içeren bir şebeke olarak güneş bataryaları olduğu gerçeğinin öğrenciler açısından daha anlaşılır hale geldiğini düşünebiliriz. Öğrenciler yaptıkları deneyde sistemleri birleştirirken hatalar yapmış, seri ve paralel bağlamada başlarda yanlışlar yapsalar da onlara süre verilerek bunları düzeltmeleri ve üzerinde değişiklikler yapmaları için gerekli dönütler verilmiştir. Burada amaçlanan öğrencilerin yaptıkları hatalardan dersler çıkararak yeni sistemde bunları tekrarlamadan yeni üretimler gerçekleştirmeleridir.

**3.4.2.2. Parabolik güneş kolektörleri.** Burada öğrencilerin güneşi elektrik kaynağı olarak düşünmelerinin yanında ısınma, sıcak su eldesi ve buhar gücünden yararlanarak elektrik elde edebilecekleri bir sistem olan yoğunlaştırılmış güneş enerjisi konusuna değinilmiştir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri aynı zamanda elektrik eldesinde güneş panellerine de rakiptir. Bu etkinlik de en verimli ve en çok tercih edilen bir sistemi olan Parabolik Güneş Kolektörü prototipi yapılarak öğrencilerde bu konuda farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır. İlk olarak verilen senaryo ile problem durumu ve çözümler tartışılmıştır. Kriter ve sınırlılıklar kapsamında çözüm yolları konuşulmuştur. Ayrıca ödev sorular ile de öğrencilerin yoğunlaştırılmış güneş enerjisi ve güneş kolektörleri hakkında araştırmalar yapmaları sağlanmıştır.

Ödev sorular her soru altına öğrencilerin konu ile ilgili akademik kaynaklardan okumalar yapmalarını teşvik amacı ile kaynakçalar yazılarak öğrencilere verilmiştir. Dersin ilk yarısında öğrencilerle argümantasyon tekniği kullanılarak öğrencilerin yaptıkları araştırmalar doğrultusunda sorular yöneltmiştir. Burada amaç farklı kaynaklardan farklı okumalar yapan öğrencilerin ortak gerçeklik etrafında buluşmasını sağlamaktır.

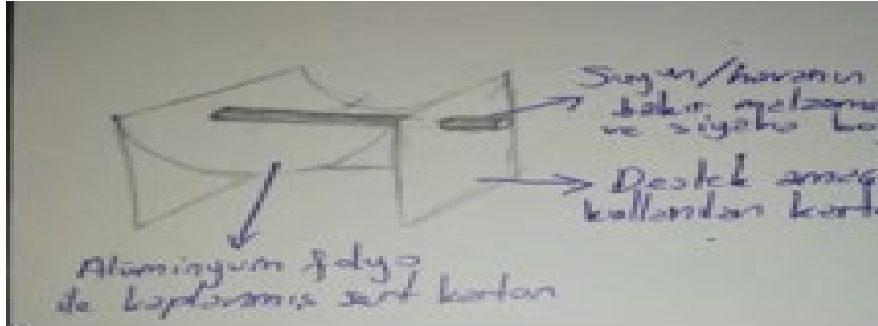
Dersin devamında Parabolik Güneş Kolektörü yapımında gerekli olan bazı matematik ve geometri bilgileri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla bir parabol denkleminde parabolün odak noktasının nasıl bulunacağı ile ilgili alıştırmalar yapılmıştır. Parabolik Güneş Kolektörü alt etkinliği için verimi etkileyeceği sonucuna ulaştığımız odak noktası için öğrencilere farklı odak noktalarına sahip parabol denklemleri ( $y=1/40x^2$ ,  $y=1/60x^2$  ve  $y=1/80x^2$ ) verilerek milimetrik kağıtlara çizmeleri ve matematiksel odak noktası hesaplamalarını yapmaları istenmiştir. Burada çizilen paraboller yapacağımız etkinlik için şablon görevi görecek ve asıl etkinlikte kullanacaklardır. Bazı öğrenci çizimlerine ve her bir parabol denklemi için odak noktası hesaplamalarına Şekil 3.14.'de yer verilmiştir.





Şekil 3.14. Parabol denklemleri hesaplamaları ve bu hesaplamalar doğrultusunda çizilerek çıkarılan kalıplar

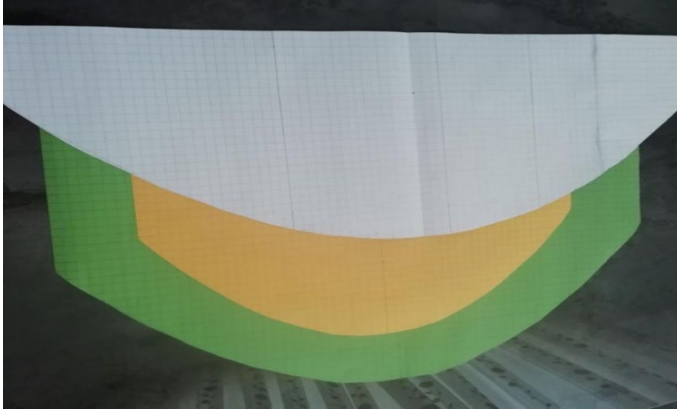
Problem durumu tablosu ile yapılacak olan Parabolik Güneş Kolektörü etkinliği için gerek yapılan araştırmalar gerekse yapılan çizimler doğrultusunda kanıtlar sunulurken fikirler değerlendirilmiştir.



Şekil 3.15. Parabolik güneş kolektörü prototipi öğrenci çizimi

Ardından deney öncesi tahmin soruları ile yapılacak deneyin amacı ve prensipleri pekiştirilmiştir.

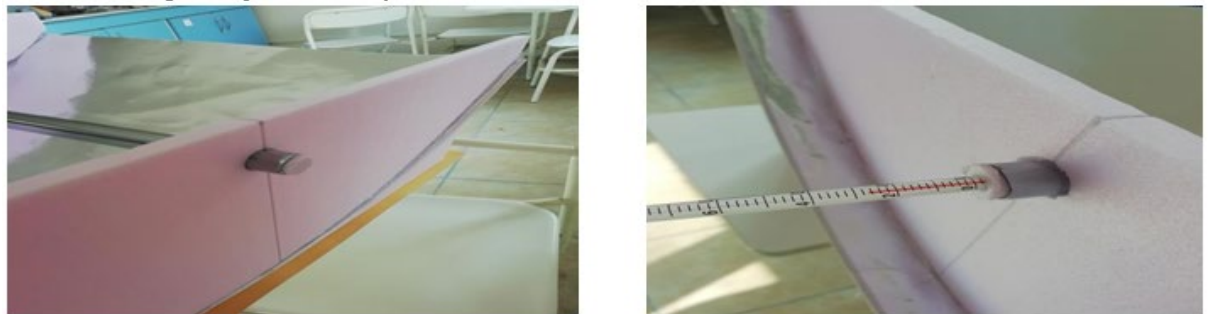
Bu çalışmada pilot uygulamadan farklı olarak sistem daha fazla büyütülmüş, bunun için farklı odak noktalarına sahip denklemler kullanılarak odak noktasının etkileri incelenmiştir. Ayrıca daha büyük çaplı borular kullanılmış ve böylece çok daha kısa bir sürede (5 dk) çok daha yüksek sıcaklıkların gözlenmesi sağlanmıştır. Ayrıca bir de pilot uygulamada boru içine su konularak ölçümler yapılmıştı. Bunun zorluğu ve kaba aktarılması sırasında sıcaklık kaybının yaşanmaması adına gerçek uygulamada termometre boru içine yerleştirilerek anlık ölçüm alınmıştır. Ayrıca bu sistemlerin sadece su ısıtma amaçlı kullanılmadığı da burada vurgulanmak istenmiştir.



Şekil 3.16. Verilen denklemlere uygun çizilen paraboller



Şekil 3.17. Parabolik güneş kolektörü prototipi yapım fotoğrafları



Şekil 3.18. Parabolik güneş kolektörü prototipine termometrenin yerleştirilmesi



Şekil 3.19. Öğrencilerin parabolik güneş kolektörü odaklama çalışmaları

09.11.2022 tarihinde elde edilen veriler:

$y=x^2/40$  denklemine göre çizilen parabol, boyasız demir çubuk → İlk sıcaklık: 25 °C  
Son sıcaklık: 35°C

$y=x^2/40$  denklemine göre çizilen parabol, siyah boyalı demir çubuk → İlk sıcaklık: 25°C  
Son sıcaklık: 45°C

$y=x^2/60$  denklemine göre çizilen parabol, boyasız demir çubuk → İlk sıcaklık: 26 °C  
Son sıcaklık: 46°C

$y=x^2/60$  denklemine göre çizilen parabol, siyah boyalı demir çubuk → İlk sıcaklık: 26°C  
Son sıcaklık: 54°C

$y=x^2/80$  denklemine göre çizilen parabol, boyasız demir çubuk → İlk sıcaklık: 26°C  
Son sıcaklık: 57°C

$y=x^2/80$  denklemine göre çizilen parabol, siyah boyalı demir çubuk → İlk sıcaklık: 26°C  
Son sıcaklık: 76°C

Buradan elde ettiğimiz sonuçlara göre de öğrenciler istenen sonuçlara ulaşmışlardır. Tahmin edilen sonuçlar kanıtlanmıştır. Yapılan etkinliğin değerlendirilmesi öğrenciler tarafından yapılmıştır. Burada bakır boyalı ve boyasız boru da deney için hazırlanmış ancak güneş ışınlarının yeterli gelmemesi durumundan sonraki hafta için tüm sistemler tekrar denenmiş ve öğrenciler tarafından karşılaştırması yapılmıştır. Burada süre sıkıntısından

dolayı da verimi etkileyeceği düşünölen boru çapı da öğrencilere ödev olarak verilmiştir. Gereklı kıyaslamayı öğrenciler yaptıkları araştırmalar ve kanıtlarla sunmuşlardır.

**3.4.2.3. Rüzgar türbinleri.** Büyük proje içinde yer alan enerji problemini temiz ve çevre dostu aynı zamanda yenilenebilir seçmek birincil kriterlerimizdendir. Bu sebeple güneş, rüzgar gibi doğal ve ucuz kaynakları kullanmak ve yapılan sistemlerin çalışma prensiplerinin incelenerek prototip geliştirmek alt etkinliklerimizin temel prensibidir. Rüzgardan enerji üretilmek adına günümüzde de pek çok yerde bulunan rüzgar türbinlerinin çalışma prensiplerini inceledik. Bunun için öncelikle öğrencilere verilen senaryo (Ek 9) ile problem durumu belirlenmiş, verilen ödev sorular (Ek 10) ile de konu ile ilgili gerekli araştırmalar yapılmıştır. İşin teorik kısmı ve problemin çözümü belirlendikten sonra sistemi bunun üzerine oturtmak aslında kilit noktası. Öğrencilerin senaryo içinden buldukları kriter ve sınırlılıklarla rüzgar türbininin çalışma prensibi bilgilerini uygun kriter ve sınırlılıklara oturtarak bir ürün (prototip) ortaya çıkarmaları kolaylaşmaktadır.

Öğrencilerle problemin çözümü üzerine argümantasyon tekniği ve beyin fırtınası yöntemleri kullanılarak konuşmalar yapılmıştır. Dersin ilk yarısı yapılan araştırmaların tartışılmasına ayrılmıştır. Rüzgar türbininin parçaları ve işlevleri, çalışma prensibi ve elde edilecek elektrik üretimini etkileyen faktörler konuşulmuştur. Diğer yarısında ise Wind Power simölasyonu ile

- a. Rüzgar Türbini Kule Boyu (100m-200m)
- b. Kanat Yarıçapı (40cm-60cm)
- c. Aylara Göre Rüzgar Alma Süresi (Ocak, Şubat...Aralık)
- d. Rüzgar Türbini Sayısı (1-3) gibi değişkenler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Burada verilen ödev ile önce öğrencilerin bu değişkenlerin nasıl etkileyeceğine dair tahminler yapmaları ardından yapılan simölasyon ile karşılaştırmaları istenmiştir.

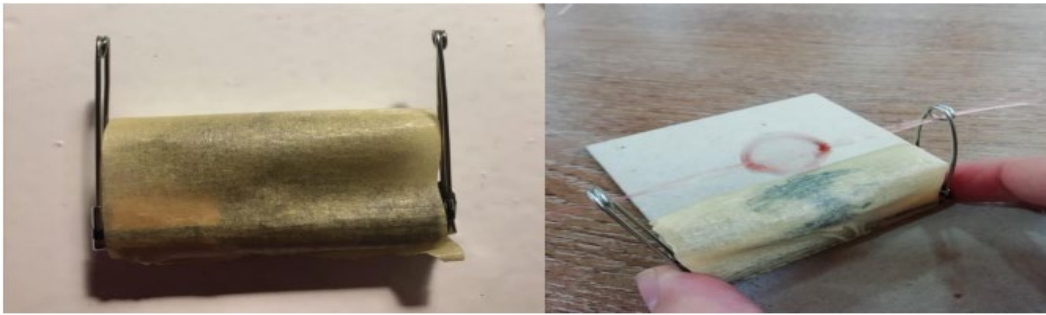
Öğrencilerin ön araştırmalarla oluşturdukları tahminleriyle simölasyon sonuçlarının uyuştuğu görölmüştür. Bunun sonunda öğrencilerle rüzgar türbinlerinin en önemli parçası olan ve dönmeyi sağlayan rotorun nasıl çalıştığına dair konuşmalar yapıldı. Onlarla bu sistemi yapmanın olabirirliği hakkında konuşuldu ve bobin teli ve mıknatısın kullanılmasıyla bir sistem tasarlanması ödevi verildi. Burada yapılacak sistem için tel kalınlığı ve sarım sayısının öneminin de kanıtlanması istendi. Öğrenciler bu ödevi yaparken başlarda biraz zorlansalar da çalışmayı bütün bir hafta boyunca sürdürmeleri bazı grupta başarılı sonuçlara ulaşmayı sağlamıştır. Öğrencilerin talimatlar olmadan tek başlarına kendilerinin oluştırmaları istenilen bir problem durumunu yönetmede zorlandıkları gözlenmiştir.



Öğrencilere bu süreçte sürekli dönütler ve yol gösterici açıklamalarla yardımcı olunmuştur. Bunun sonucunda bir hafta boyunca çalışan öğrencilerin sonuçları derste sunulularak değerlendirilmiştir.

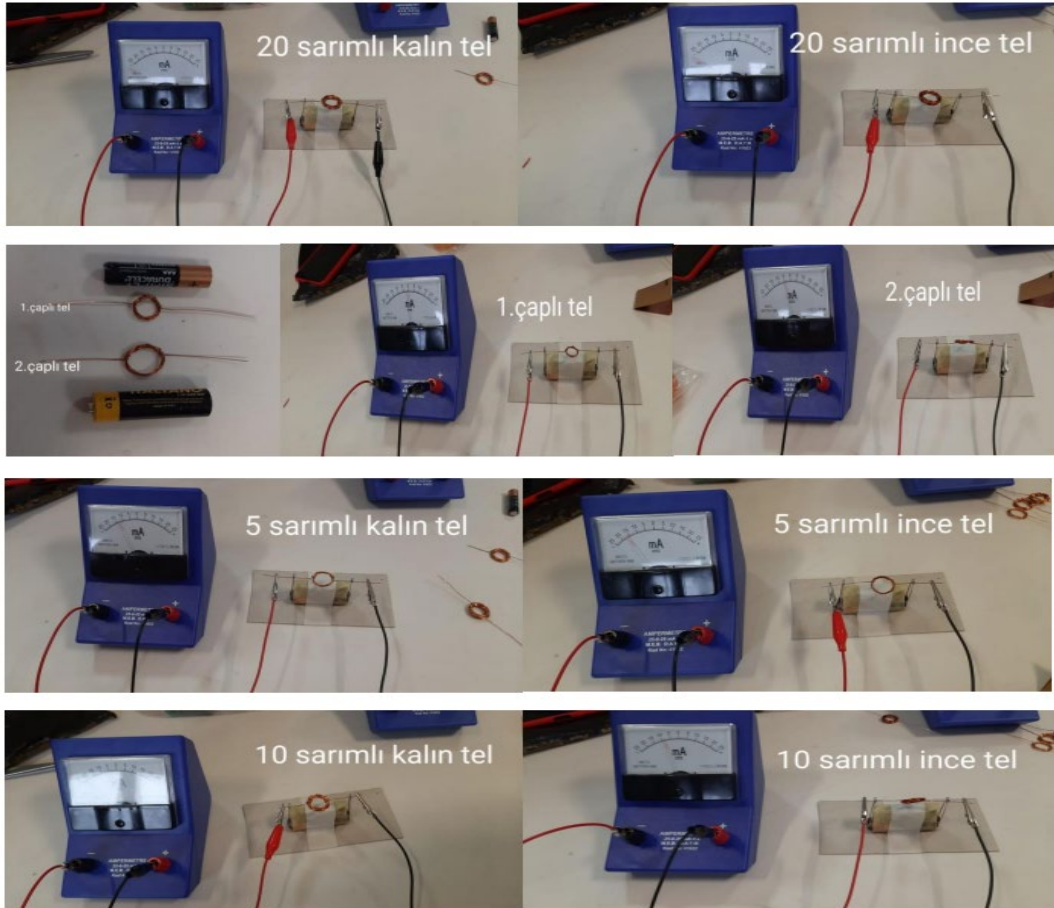


Şekil 3.20. Rotor yapımı için kullanılan malzemeler



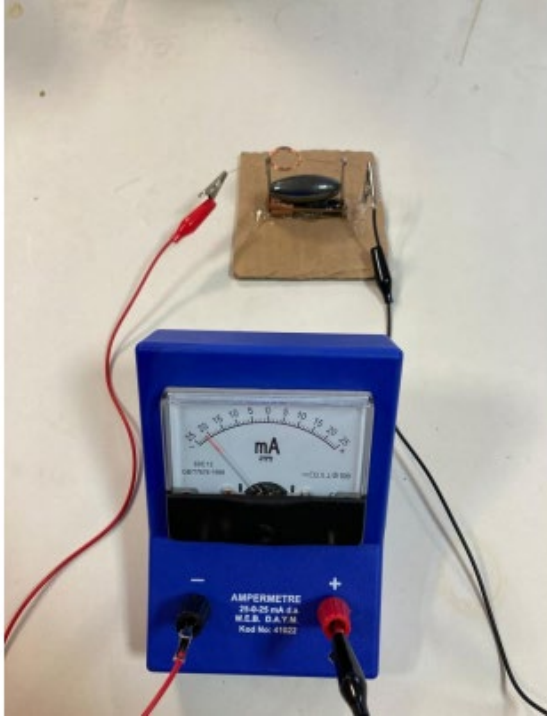
Şekil 3.21. Rotor yapımı öğrenci çalışması

Öğrenciler, rüzgar türbinlerinde elektrik üretmek için kullanılan jeneratör ile elektrikten mekanik enerji üretmek için kullanılan elektrik motorlarının ters yönde işleyen aynı mekanizmaya sahip olduklarını tartıştıktan sonra elektrik akımından mekanik enerjinin elde edilmesinin basit bir modeli üzerinde çalışma yaptılar. Bunun için bir miktar bobin telini halka şeklinde bir bobin haline getirdiler ve bunu bir neodyum mıknatısın manyetik alanına dönebilecek şekilde yerleştirdiler. Öğrenciler, bir rotor haline getirilen bobini bir kalem pilden alınan akıma maruz bırakılacak şekilde iki çengelli iğne arasına yerleştirdiler. Pilden akım verildiğinde sistem bir elektrik motoru gibi davranırken pil kaldırılıp elle döndürüldüğünde elektrik üreten bir jeneratör olarak davranmaktadır. Bobin elle döndürüldüğünde oluşan akımın ölçülmesi için bir galvanometre (çok küçük akımları ölçebilen akım ölçer) kullandılar. Deney düzeneği kurulduktan sonra tüm bobinlerin çalışıp çalışmadığı gözlemlendi. Önce bobinlerin yavaş ve hızlı döndürülmesi sırasında galvanometredeki sapma miktarları gözlemlendi. Dönme yönü değiştirildiğinde galvanometrenin sapma yönünün bundan nasıl etkilendiği gözlemlendi. Daha sonra sarım sayısı, tel kalınlığı gibi değişkenlere göre nicel ölçümler yaptılar (Şekil 3.22.).

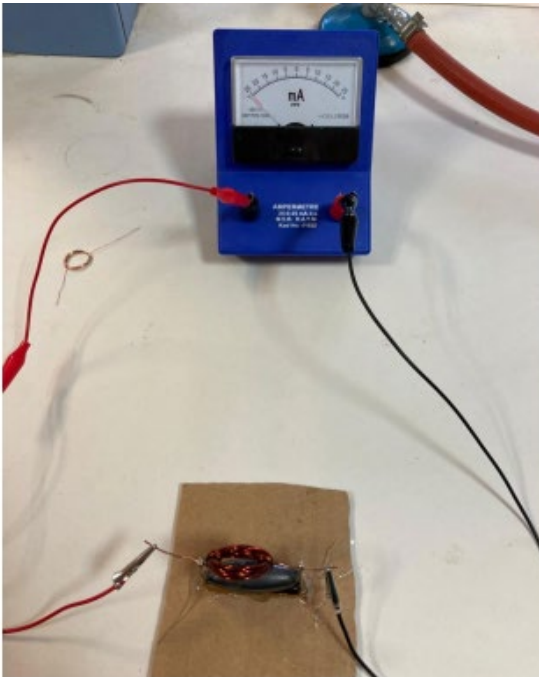


Şekil 3.22. Öğrencilerin yaptıkları rotorların tel kalınlığı ve sarım sayısına göre sahip oldukları akımın ölçülmesi

Öğrenciler yaptıkları bu araştırma ile sarım sayısının ( $N$ ) oluşan indüksiyon akımını doğrudan artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca burada sarım sayısı kadar sarımların düzgün ve aralıksız sarılmasının da önemli olduğunu belirtenler olmuştur. Bazı öğrenciler bobin teli kalınlığının indüksiyon akımında ihmal edilebilir bir değişken olduğunu belirtmişlerdir. Öğrenciler ön bilgilerinde mevcut olan fizik derslerinde öğrendikleri ve hazırlık aşamasındaki tartışmalarda da tekrar hatırlatılan manyetizma bilgilerine dayalı olarak da sonuçları yorumlamışlardır.



Şekil 3.23. Rotor için ince tel ile yapılan öğrenci çalışması

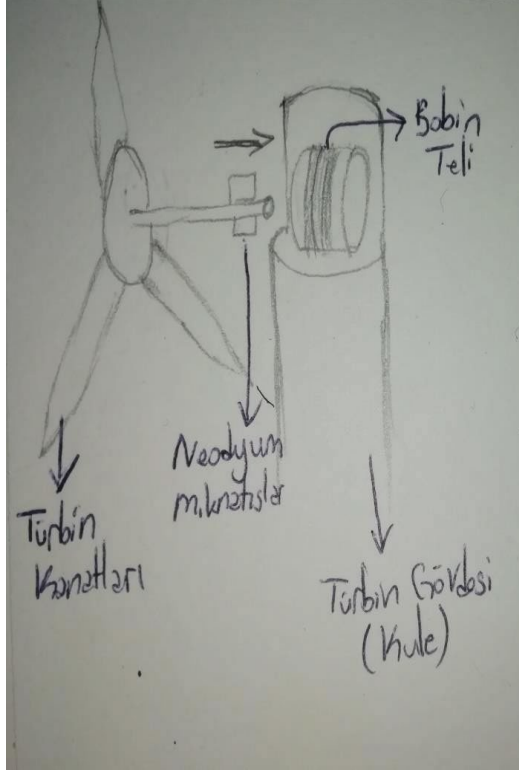


Şekil 3.24. Rotor için kalın tel ile yapılan öğrenci çalışması

Tüm bu alt deneylerden sonra problem durumunu elde ettikleri verilerle karşılaştırıp ellerindeki kanıt ve veri kullanarak kendi rüzgar türbinlerini kendi seçecekleri malzeme ve sistemde tasarımlarını istenmiştir. Ayrıca yapacakları rüzgar türbini için kanat sayısı değişkeninin etkisini kanıtlamaları istenmiştir. Bunun için öğrencilerden önce farklı kanat sayıları içeren ( 2, 3, 4, 5, 6, ..) ve rotora kolayca takılıp sökülebilen pervane göbekleri

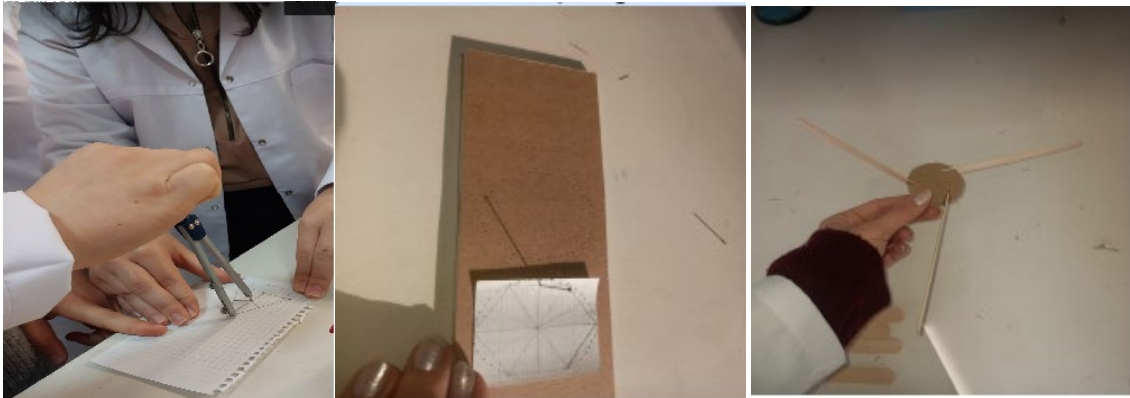
oluşturmaları istenmiştir. Problem durumu değerlendirmesi ve elde edilen kanıt ve verilerin düzenlenmesi aşağıda verilmiştir.

Deney tahmin soruları ile de yapılacak rüzgar türbini prototipinden elde edilecek sorular hakkında tahminler yapılması istenmiştir.



Şekil 3.25. Rüzgar türbini prototipi için öğrenci çizimi

Deney sonuçlarının tahmin edilmesi ve yorumlanması sonucunda öğrencilerin rüzgarın hızı ve kanat sayısını ve başka karşılaştırmak istedikleri değişkenleri değiştirerek kendi rüzgar türbinlerini oluşturmaları istenmiştir.

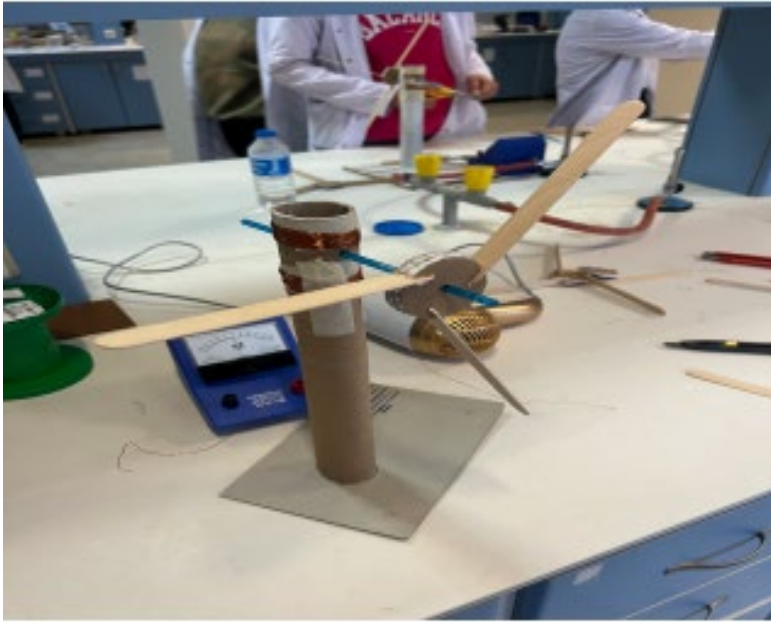


Şekil 3.26. Rüzgar türbini prototipi için kanat gövdesi yapım aşamaları

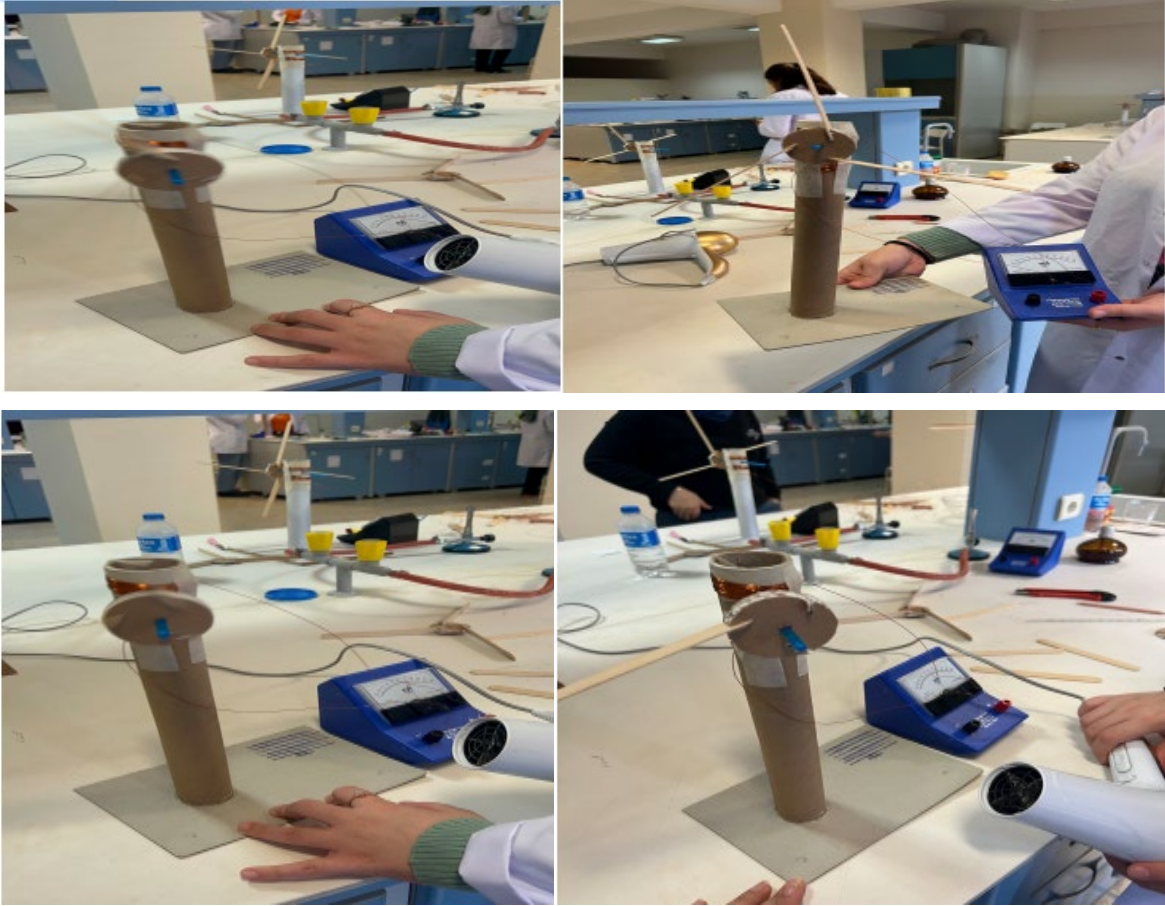




Şekil 3.27. Rüzgar türbini prototip yapım aşamaları



Şekil 3.28. Rüzgar türbini prototip öğrenci çalışmaları



Şekil 3.29. Rüzgar türbini prototipinin 4, 3, 2 ve 1 kanatlı olarak ölçümlerinin yapılması

Tüm grupların sonuçlarına bakıldığında ortak sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Kanat uzunluğunun rüzgar türbinlerinde elektrik üretimi verimini nasıl etkileyeceği konusu da araştırma ödevi olarak verilmiştir.

**3.4.2.4. Yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması.** Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliğin uygulaması 2022-2023 eğitim öğretim yılının Bahar döneminde üç hafta olarak planlanarak uygulanmıştır. Ders içi etkinlikler her hafta Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları II dersinde gerçekleştirilmiştir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarına ilk olarak Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması STEM Senaryosu verilmiştir. Burada amaç öğretmen adaylarının yağmur suyundan sulama suyu olarak kullanmada toprağın ekolojik dengesini bozmadan ve toprakta yaşayan canlılara ve bitkilere zarar vermeden bir mühendis gibi düşünerek çözüm önerileri geliştirmeleridir. Öğrenciler STEM senaryosunda müşteri, kriter ve sınırlılıklar gibi mühendislik kavramlarının cevaplarını bulurken aynı zamanda verilen problem durumu için üretecekleri çözüm önerilerinin ip uçlarına da ulaşacaklardır. Verilen kriter ve sınırlılıklara

uygun kendi çözüm önerilerini oluşturup deneme imkanı da sunulmuş olacaktır. Burada öğretmen adaylarından beklenen, önce problemin çözümünde gerekli olacak olan ön bilgilerini harekete geçirmeleri ve onları problemin çözümü yönünde disiplinler arası bir yaklaşımla organize edebilmeleri, ön bilgilerinin yeterli olmadığı noktalarda gerekli bilginin kazanılması yönünde bir bilim insanı gibi motive olmalarıdır. Sürecin devamında da bir mühendis davranışı sergileyerek problemin çözümünü bir ürünle gösterebilmeleridir.

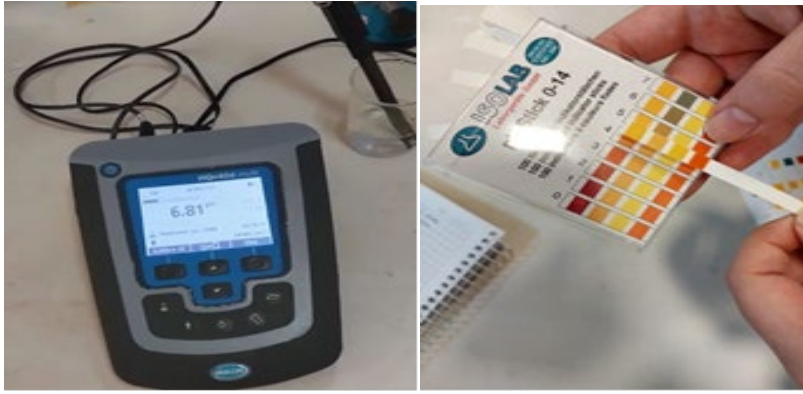
Bu amaçla öğretmen adayları senaryo içindeki sulama sorununa çözüm bulmaya itilmiş ve istenen kriter ve sınırlılıklarla yapılması beklenen yağmur suyunun kimyasal ve fiziksel arıtım özellikleri sunulmuştur. Öğrencilerle STEM senaryosu üzerinde çalışıldıktan sonra onlara bazı sorular yöneltilmiştir. Bu sorulara verdikleri cevaplardan öğrencilerin senaryoyu ne kadar anladıkları görülmeye çalışılmıştır.

Öğrencilerin mevcut bilgilerini ortaya çıkarmak ve konuyla ilgili araştırma yapmalarını sağlamak ve devamında çözüm geliştirmelerini sağlamak amacıyla verilen ödev sorulara verilmiş cevaplardan bazıları da aşağıda verilmiştir. Bu sorularla aynı zamanda zihinlerinde yapacakları modelin temel bilgilerinin şekillenmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Öğretmen adayları genel olarak bu soruların cevaplarına internet kaynaklarını, makaleleri vs. tarayarak ulaşmışlardır. Burada öğrencilerle küresel iklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları, sera etkisi nedenleri ve sonuçları, asit yağmurlarının etkileri, Kyoto protokolü, mevcut su kaynaklarının korunması ile ilgili çözüm önerileri ve yağmur sularının asit bazuğu konuları tartışılmıştır.

Fen bilgisi öğretmen adayları yaptıkları araştırmalar ışığında çözüm önerileri geliştirmişlerdir. Bu çözüm önerileri sınıf içinde tartışılarak geliştirilmiştir. Geliştirecekleri çözüm önerilerine yardımcı olmak amacı ile araştırmacı tarafından hazırlanan yönlendirici sorular öğrencilere sorulmuştur.

Öğrencilerin tasarlama ve planlama aşamalarında problem durumu için geliştirdikleri çözüm önerileri tartışıldıktan sonra en uygun tasarım seçilmiş, tasarımın prototipini yapmak için hazırlıklara başlanmıştır. Burada öğrenciler yağmur suyunun asidik mi, bazik mi ya da nötr mü olduğu sınıf ortamında tartışılmıştır.

Öğrenciler yaptıkları araştırmalar sonucunda yağmur suyunun pH' sının asidik olacağı ortak sonucuna ulaşmışlardır. Ardından topladıkları yağmur suyunu şişelerde laboratuvar ortamına getirerek hem pH kağıtlarıyla hem de pH metre ile ölçümlerini yapmışlardır.



Şekil 3.30. Yağmur suyunun pH metre ve pH kağıtlarıyla ölçümü

Yağmur sularının ölçümlerini gerçekleştiren gruplar ardından pH ayarlamaları için karbonatlı su ve sirke kullanarak pH değişimlerini gözlemlemiştir.



Şekil 3.31. Öğrencilerin pH metre ile yaptıkları asit baz çözeltileri ölçümleri

Ayrıca öğrencilere farklı pH aralıklarına sahip sıvılar verilerek bunların pH'larını pH metre ve pH kağıtlarını kullanarak ölçmeleri istenmiş ve burada asitliği ve bazikliği nelerin etkilemiş olacağı üzerine konuşulmuştur. Ayrıca yağmur sularının asitliğinin nelerden meydana gelebileceğini ve bunları sulama suyu olarak kullanabilmek için kullanabileceğimiz doğal yöntemlerden bahsedilmiştir.

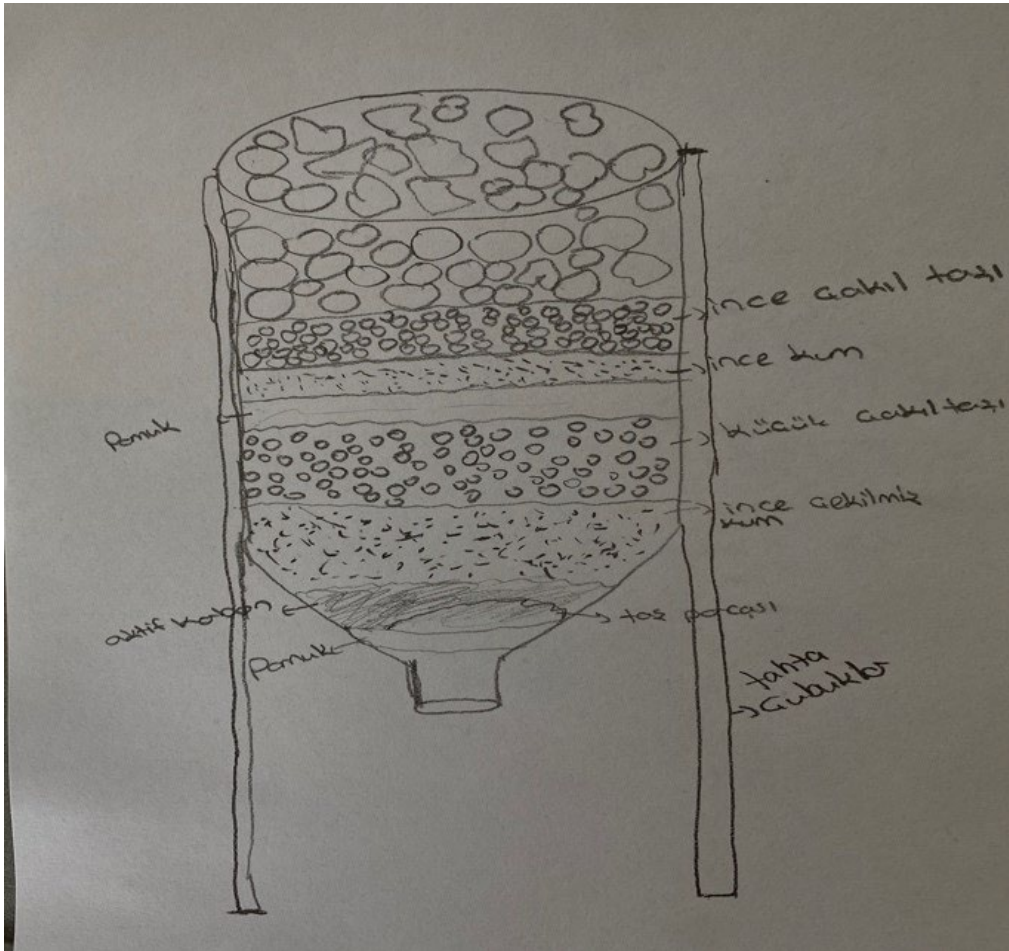
Aynı zamanda öğrencilerin kendi illerindeki içme suyu ve atık su analizlerinin nasıl yapıldığını, gerçek bir laboratuvarda gelen bir içme suyunun pH ölçümü, bulanıklık ölçümü ve klor ölçümlerinin nasıl yapıldığını görmeleri için Denizli Su ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı'na bağlı Denizli Çevre Kalite Laboratuvarı ziyaret edilmiştir. Öğrenciler bu gezi esnasında merak ettikleri soruları yönelterek laboratuvar gezisini tamamlamış ve cihazları da yerinde inceleme imkanı bulmuşlardır. Araştırmacı aynı zamanda kurum çalışanı olduğundan geziyi bizzat yönetmiş ve ayrıntılı açıklamalarla öğrencileri bilgilendirmiştir.





Şekil 3.32. Denizli su ve kanalizasyon dairesi başkanlığına bağlı Denizli çevre kalite laboratuvarı ziyareti

Kimyasal olarak pH'ı uygun hale getirilen yağmur suyunun fiziksel olarak arıtılması için bir prototip geliştirilmesini kapsamaktadır. Bunun için öğrencilere bazı sorular yöneltilerek prototip için gerekli hazırlıkları yapmaları sağlanır.



Şekil 3.33. Öğrencinin yapmayı planladığı yağmur suyu fiziksel arıtıcısının prototip çizimi



Şekil 3.34. Yağmur suyu fiziksel arıtım prototipi örnekleri (öğrenci çalışmaları)

Gruplar prototipin yapımını tamamladıktan sonra sıra ürünlerin test edilmesine gelmiştir. Prototipi tamamlayan her bir gruba eşit ölçülerde tartılarak hazırlanmış çamurlu (6 g çamur, 90 ml su) sular verilerek sistemden geçirmeleri istenmiştir.



Şekil 3.35. Fiziksel arıtım için hazırlanan çamurlu su

Öğrenciler yaptıkları prototipleri kullanarak hazırlanan çamurlu suları sistemlerinden geçirmişlerdir. Çıkan suyun bulanıklığının ölçülmesi için ölçüm yöntemi olarak bulanıklık

ölçme cihazı olan türbidimetre kullanılmıştır. Öğrenciler fiziksel arıtım prototiplerinden geçen suları şişelere koyarak cihazda ölçmek için hazırlamışlardır ve cihazın cam kaplarına tek tek doldurulan numunelerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.36. Türbidimetre bulanıklık cihazı ile ölçümlerin yapılması

Tablo 3.3. Öğrencilerin Ulaştığı Deney Sonuçları

Grup Numarası	Bulanıklık Miktarı (NTU)
1. Grup	28,5
2. Grup	23,5
3. Grup	7,40
4. Grup	9,97
5. Grup	40,1

Yapılan prototipin test edilmesinde her bir grup farklı yapılar yapmasından kaynaklı farklı ancak yakın ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Bu farklılıklar sistemin büyüklüğü, kullanılan malzemelerin miktarı vb. olabilmektedir.

**3.4.2.5. Biyokütle ve biyokütle enerjisi.** Enerji ve elektrik sorununa temiz ve çevre dostu çözümler bulmak adına biyokütle ve biyokütle enerjisine girilmiştir. Ekolojik adada yaşayacak insanlar için elektrik enerjisini, yenilenebilir kaynaklar olan güneşten ve rüzgardan üretirken aynı zamanda güneşin ve rüzgarın olmadığı zamanlarda da atıklardan ve biyokütle kaynaklarından üretme fikri ortaya atılmıştır. Bu amaçla da öğrencilerden biyokütle kaynaklarını incelemeleri ve biyokütle santrallerinin çalışma prensipleri üzerinde araştırma yaparak biyokütle kaynaklarından enerji üretimi esnasında gerçekleşen reaksiyonları ve oluşan metan gazını gözlemleyebileceğimiz bir sistem geliştirmeleri istenmiştir. Biyokütle kaynaklarından enerji üretmek amacıyla günümüzde de bir çok yerde

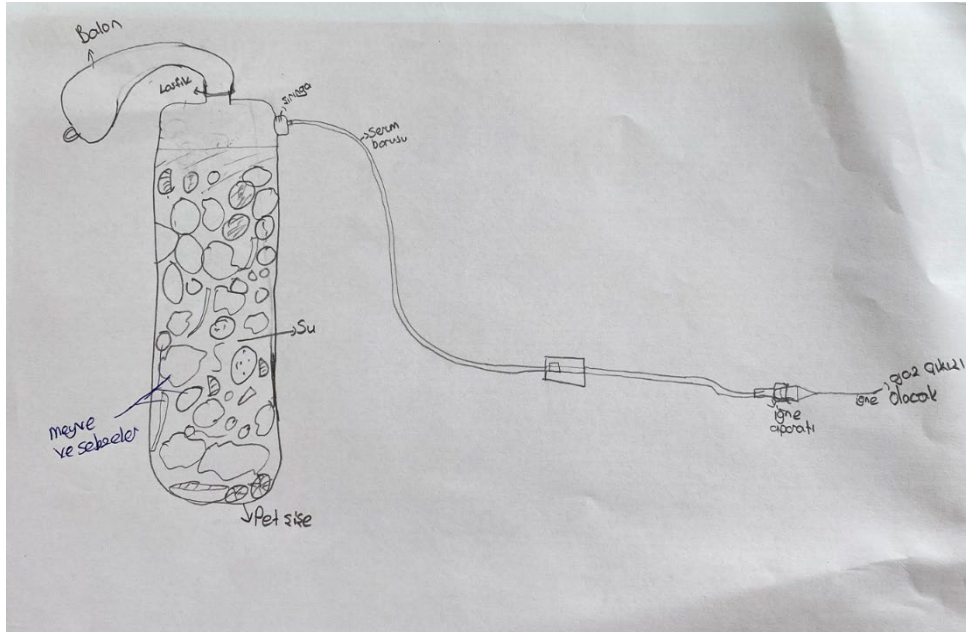
bulunmayan biyokütle santrallerinin çalışma prensipleri incelendi. Bunun için öncelikle öğrencilere verilen senaryo ile problem durumu belirlenmiş, verilen ödev sorular ile de konu ile ilgili gerekli araştırmalar yapılmıştır. Konunun teorik kısmı üzerinde yeterince inceleme ve hazırlık yapıldıktan ve problemin çözümü belirlendikten sonra sistemi bunun üzerine şekillendirmek için gerekli hazırlık aşamasına geçilmiştir. Öğrencilerin senaryo içinden buldukları kriter ve sınırlılıklarla biyokütle kaynaklarından enerji üretmenin çalışma prensibi bilgilerini uygun kriter ve sınırlılıklara uyarlayarak bir ürün (prototip) ortaya çıkarmaları aşamasına geçilmiştir.

Biyokütle kavramına yabancı olan öğrencilerin, etkinliğin hazırlık aşamalarında çevrelerindeki biyokütle kaynakları hakkında farkındalık kazandıkları gözlenmiştir. Öğrencilere gerek biyokütle kaynaklarını daha iyi tanımaları gerekse biyokütle kaynaklarından enerji üretilmesi sırasında gerçekleşen olayları daha iyi anlamaları için araştırma yapmalarını teşvik etmek amacı ile verilen ödev soruların ve öğrencilerin ödevleri yapma yönündeki performanslarının bu farkındalık artışında etkili olduğu araştırmacı tarafından gözlenmiştir. Verilen ödev soruların kapsamı olan yakıtlar, yakıt çeşitleri, çevre dostu yakıtlar, biyokütle kavramı, biyokütle enerjisi üretimi sırasında gerçekleşen olayları daha detaylandırmak için besinlerdeki enerji kaynakları (ATP'nin yapısı) oksijenli ve oksijensiz solunumda gerçekleşen enerji dönüşümleri gibi ilintili yan konular üzerinde de durulmuştur. Ek olarak, biyokütle santrallerinin avantaj ve dezavantajları konuşularak neden bu kadar yaygınlaşmadığı hakkında tartışmalar yapılmıştır.

Kavram bilgilerinin bu süreçte netleştirilmesinden ve pekiştirilmesinden sonra öğrenciler problem durumunu tanımlayarak çözüm önerilerine geçmişlerdir. Burada öğrenciler, ekolojik adada yaşayacak insanlar için Temiz Enerji Yapı Şirketinin onlardan istediği biyokütle enerji üretim santralının çalışma prensibinde uygun kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde çözüm önerilerini grup arkadaşlarıyla tartışmaya başlamışlardır.

Öğrenciler bireysel çözüm önerilerini grup içinde sunmuşlar ve en iyi çözüm önerisini seçerek gerekli planlamaları yapmaya başlamışlardır. Bunun için seçilen çözüm önerilerinde kullanılacak malzeme ve araç-gereçler listelenerek bir sonraki hafta için hazırlıklar yapılmış ve ortaya konulacak ürün için çizimler gerçekleştirilmiştir.





Şekil 3.37. Biyogaz üretim prototipi için öğrenci tasarım çizimi

Varsayımların Basitleştirilmesi	
Boyutu ve ağırlığı önemli değildir.	
Fikir	Kanıt/Veri
	<p>Hayvan gübresinden zamanla metan gazı açığa çıkar. Kurduğumuz sistemde suyun taşmasıyla gazın o bölgede yer kapladığını ve basınç oluşturduğunu anlayabiliriz. Oluşan metan gazı yanıcıdır.</p>
Açıklama, Gerekeççe, Muhakeme	
<p>Hayvan gübresinin kolay erişilebilir olması ve kısa sürede metan gazı açığa çıktığı için kaynak olarak hayvan gübresini seçtim. Kullandığım malzemeler ucuz ve çok yer kaplamayan ürünler. Metan gazının açığa çıktığı, yer kapladığı ve basınç oluşturduğu kurduğum sistemde anlaşılmaktadır.</p>	

Şekil 3.38. Biyogaz üretim prototipi için öğrenci cevapları

Tasarımlarını yaptıkları çözüm önerileri için öğrenciler diğer haftada gerekli malzemelerini getirerek ürünlerini ortaya koymaya başlamıştır. Bu süreçte araştırmacı

öğrencilere sürekli yönelterek neyi ne amaçla kullandıklarını bilip bilmediklerini anlamak amacı ile süreç içindeki farkındalıklarını anlık olarak kontrol etmiştir. Süreç boyunca öğrencilerle araştırmacının etkileşimleri (soru-cevap, gözlem vb.) STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriğinin değerlendirme kategorilerine dayalı olarak puanlandırılmıştır. Öğrenciler ortaya çıkardıkları biyogaz elde etme düzeneğini bir hafta boyunca her gün aynı sürede gözlemleyerek raporlaştırmışlardır ve bu raporları kendi aralarında paylaşmışlardır.

Şekil 3.39’da meyve ve sebze atıklarının biyokütle kaynağı olarak kullanılmasıyla oluşturulan bir prototipin bir hafta boyunca gözlenmesinden elde edilen bazı fotoğraflar görülmektedir. Şekil 3.40’ta güvercin gübresinin biyokütle kaynağı olarak kullanılmasıyla oluşturulan bir prototipin beş gün boyunca gözlenmesi ile elde edilen fotoğraflar görülmektedir. Şekil 3.38’de ise büyükbaş hayvan gübresi kullanılarak oluşturulmuş farklı bir sistem görülmektedir.



Şekil 3.39. Meyve ve sebzelerin biyokütle kaynağı olarak kullanıldığı bir sistemde bir hafta sonunda balonun şişmesi



Şekil 3.40. Güvercin gübresi biyokütle kaynağı kullanılarak oluşturulan sistemde balonun beş gün içindeki değişimi



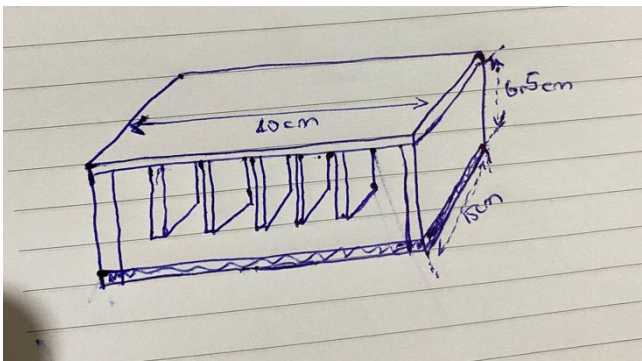
Şekil 3.41. Hayvan gübresi biyokütle kaynağı kullanılarak oluşturulan farklı bir sistemin bir hafta sonraki değişimi

Tüm grupların yaptığı sistemler ve amaçları üzerine konuşulmuş her grubun sistemini sunması ve pazarlaması (tanıtması) istenmiştir. Bunların sonunda da öğrenciler diğer grupların da çalışmaları hakkında bilgi sahibi olmuş ve biyokütle kaynağı olarak kullanılabilir en verimli kaynağın güvercin gübresi olduğu sonucuna varmışlardır. Etkinlik süreci en sonunda öğrencilerin oluşturdukları düzeneklerle sonuçlanmış ve öğrenciler kendi öz değerlendirmelerini yorumlarını yapmışlardır.

**3.4.2.6. Evaporatif soğutucular.** Ekolojik adada yaşayacak insanlar için elektrik, sıcak su ihtiyacı kadar önemli bir diğer konu ise serinlemedir. Çok sıcak günlerde serinleme ve havalandırma da bir ihtiyaçtır. Günümüzde bu ihtiyacı karşılamak için klimalar kullanılmaktadır. Klimalar ve çok yaygın kullanılan soğutma sistemleri çalışırken yoğun

elektrik enerjisi tüketirler. İçlerinde kullanılan gazların atmosfere ve çevreye olan zararlarına ilaveten gerekli elektriğin üretilmesi de güçlü karbon ayak izine sahiptir. Bu nedenlerden dolayı çevre dostu alternatif serinleme ve soğutma yöntemleri arayışı son yıllarda artmıştır. Etkinliğin ana temasını oluşturan bu alternatif serinleme yöntemleri kapsamında problem durumunu tanımlayan bazı sorular oluşturulmuş ve bu sorular öğrencilere yöneltilmiştir.

Öğrenciler alternatif soğutma sistemleri olan evaporatif soğutuculara yönlendirilmiştir. Bunun için öncelikle buharlaşma kavramı tartışılmıştır. Bu amaçla öğrencilere çok sıcak bir günde testiye konulan bir suyun nasıl buz gibi olduğu, dilimlenmiş bir karpuzun güneşe konularak soğutulması ve elimize dökülen bir kolonyanın bizi nasıl serinlettiği konuları tartışılmıştır. Daha sonra öğrencilerden alternatif serinletme sistemlerini daha detaylı araştırmaları istenmiştir. Ayrıca avantaj ve dezavantajları konuşularak başka alternatif sistemlerin varlığı da konuşulmuştur. Bu konuda araştırmalar yapan öğrenciler kendi alternatif serinleme sistemleri için ürün geliştirmede çözümler sunmaya başlamıştır. Problemin çözümünde bireysel çözümler üreten öğrencilerden, grup arkadaşlarıyla tartışarak da problem durumunun çözümü için, kriter ve sınırlılıklar kapsamına uyan bir ürün geliştirmeleri istenmiştir. Öğrencilerden geliştirdikleri ve sunumunu yaptıkları çözüm önerilerinden en uygun olanını seçmelerini ve bu öneriyi gerekçelendirerek çizimini oluşturmaları istenmiştir.



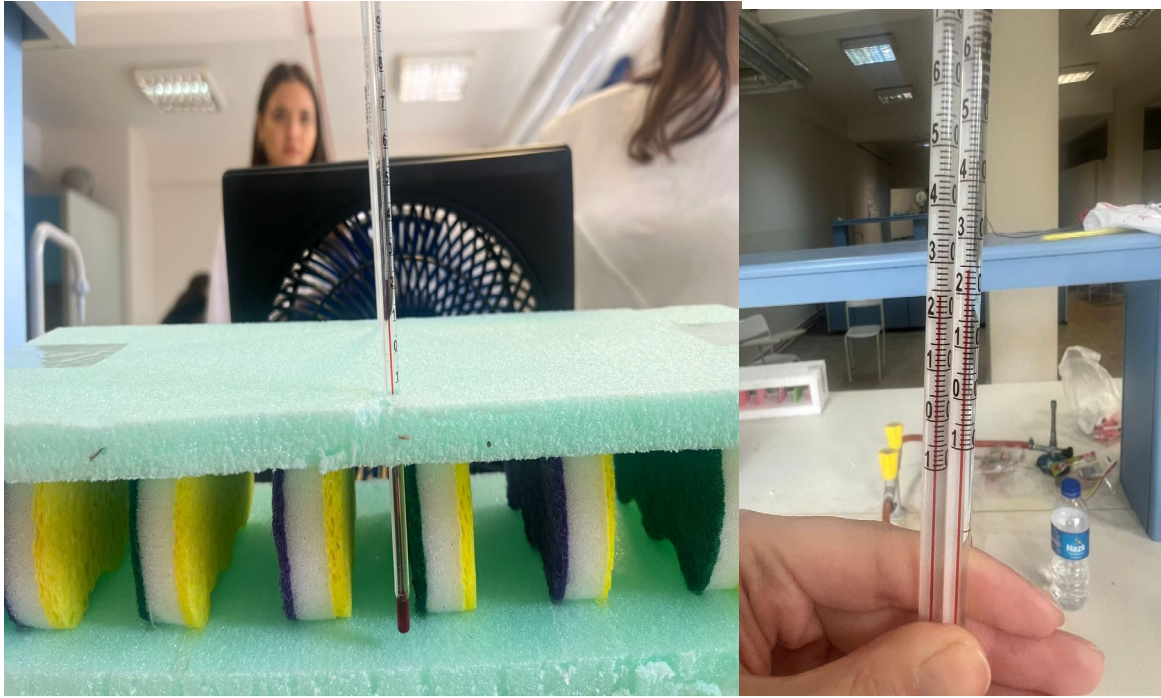
Şekil 3.42. Evaporatif soğutucu prototipi için öğrenci çizimi

Bu deneyde su tutucudan suyun buharlaştırılması sağlanacak ve girişteki sıcak havanın çıkışta soğuk hava ile yer değiştirmesi sağlanacaktır.

Ürünlerinin tasarımını ve planını hazırlayan öğrenciler diğer haftaya malzemeleriyle gelmişler ve ürünlerini ortaya koymaya başlamışlardır. Ürün tamamlandığında sisteme bir vantilatör yardımı ile hava gönderilmiştir. Öğrenciler, biri havanın sisteme giriş bölümünde diğeri de çıkış bölümünde olmak üzere iki termometre ile sıcaklık ölçümleri yapmışlardır. Sistem içindeki su ile ıslatılarak nemlendirilmiş bulaşık süngerlerinin arasından geçen hava akımının sıcaklığındaki düşmeyi kayda geçirmişlerdir. Öğrencilerin ürünlerini oluşturma ve



ölçümler alma sürecinde araştırmacı da onlara sorular yönelterek farkındalıklarını ve ne ölçüde bilinçli olduklarını belirlemeye çalışmıştır. Gözlemlerinden elde ettiği verileri ilgili rubriği kullanarak puanlandırmıştır. Bazı örnek öğrenci tasarımları Şekil 3.43.'de verilmiştir.



Şekil 3.43. Evaporatif soğutucu prototipi için termometre yardımıyla başlangıç ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın ölçülmesi

**3.4.2.7. Atık yönetimi.** Adada yaşayan insanların bir süre yaşamlarını sürdürdükten sonra ortaya çıkan atıklarını değerlendirebilecekleri ve bunları geri dönüştürebilecekleri sistemlerin olması da oldukça önemli bir ihtiyaçtır. Burada atıkların ayrıştırılması, oluşan atıklarla ilgili bir çevre bilincinin oluşturulması amacıyla öğrencilerin bir hafta boyunca yaşadıkları çevredeki atıklarını ayrıştırmaları ve sınıflandırmaları istenmiştir. Burada amaç, aslında bir hafta gibi kısa bir sürede bile ne kadar çok atık ortaya çıkardığımız ve bu atıklarının tamamının aynı poşetlere konularak çöp olarak adlandırılmasına bir farkındalık oluşturmaktır. Atıkların ayrıştırılmasında kolaylık ve tasarruf sağlaması bakımından herhangi bir çevrede kategorilenmiş çöp toplama kumbaraları olsa bile, atıkların ilgili kumbaralara atılması kullanıcıların farkındalıkları ve bilinçlilikleri ile sağlanabilecek bir durumdur. Bu etkinlikte bir hafta boyunca öğrenciler, yaşam alanlarında ortaya çıkan atıkların öncelikle geri dönüştürülebilir olanlar ve olmayanlar şeklinde ayrıştırılması ve geri dönüştürülebilir olanların da ait oldukları kumbaralara atılması gerektiği yönünde farkındalık çalışması yapmışlardır. Geri dönüştürülebilir atıklardan olan organik atıkların da kompost gübre yapım süreçlerine tabi tutulabilecekleri seçenekleri araştırmışlardır.

Öğrencilere sunulan senaryo içinden öğrenciler problem durumunu belirlemiş ve gerekli kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde geri dönüşüm ürünleri ortaya koymuşlardır. Bu etkinlik sonunda her grup atık malzemelerden eğlenceli ve etkili ürünler ortaya çıkarmış ve ürünleri için afişler tasarlayarak daha geniş kesimlere duyurmak ve farkındalık oluşturmak adına görünür hale getirmişlerdir.



Şekil 3.44. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 1)





Şekil 3.45. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 2 ve 3)



Şekil 3.46. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 4)



Şekil 3.47. Atık yönetimi etkinliği kapsamında yapılan ürünün afiş çalışması (Grup 5)

### 3.5. Verilerin Analizi

Fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yapılan bu doktora çalışması kapsamında geliştirilen etkinlikler modülü 2021-2022 eğitim öğretim yılında iki dönem boyunca pilot uygulama olarak uygulanmış, 2022-2023 eğitim öğretim yılları içinde de gerçek uygulaması yapılmıştır. Pilot uygulama için hazırlanan ders planı Guzey ve diğerleri 2016'da geliştirdikleri STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) ile 2 uzman tarafından pilot ve gerçek uygulama (Ek 5 ve Ek 6) olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

Ders planı değerlendirme rubriğinin kendi içinde ders planını değerlendiren özel değerlendirme bölümleri olduğu görülmektedir. Bunlardan ilki giriş ilgi çekme bölümüdür. Bu bölümde araştırmacı öğrencilerin derse motivasyonu sağlayacak ilgi çekici güncel olay ve konuları gerçek yaşam problemlerini senaryolaştırarak derse başlamakta. Uzmanlar tarafından da bu senaryoların iyi hazırlanması, öğrencilerin bu senaryolar içindeki durumları anlamlandırmada kendi kişisel bilgi ve deneyimlerine dayandırabilmeleri, farklı alt yapıdan öğrencilerin ilgisini çekmesi, merak uyandırması, küresel, ekonomik, çevre ve sosyal sorunları içermesi, günümüz olay ve konularını ele alması ve mühendislik ürünlerine



dönüştürülebilir olmasıyla ilgili durumları sağlamaları denetlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerden de görüldüğü üzere gerek pilot uygulamada gerekse gerçek uygulamada giriş ilgi çekme bölümü başarıyla ders planı içine yerleştirilmiştir. STEM senaryoları içine yerleştirilen güncel problem durumları öğrencilerin ilgilerini çekmiş bu doğrultuda mühendislik tasarım ürünlerine yönelik çözümler geliştirmelerine olanak sağlamıştır.

Diğer bir bölüm mühendislik tasarım süreci döngüsünde etkinliklerin tasarlanmasıdır. Uygulamada tasarlanan STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinlikler için mühendislik tasarım süreci uygulanmış ve etkinliklerin uygulama şablonları da bu basamaklar kullanılarak oluşturulmuştur. Uzman değerlendirmelerine bakıldığında, pilot uygulama ve gerçek uygulama değerlendirmesinde hemen hemen benzer sonuçlar görülmekle yapılan düzenlemelerle gerçek uygulamada öğrencilerin zihinlerindeki mühendislik düşünme becerilerine katkı sağlayacak, daha sistemsel ve yaratıcı fikirler ortaya koymalarını sağlayacak alanlar genişletilmiştir. Böylece öğrenciler mühendislik tasarım sürecinin bir parçası olan tasarımlarında yaratıcılık yönlerini geliştirerek daha orijinal fikirler sunmaları konusunda desteklenmiştir. Öğrenciler, mühendisliğin ne olduğu ve ne iş yaptıklarına dair teşvik edilerek ürün ortaya koyarken bir mühendis gibi düşüncelerini sağlamıştır. Bunun için gerçek uygulamada öğrencilerin ürünlerini çizmeleri, hayal etmeleri özellikle istenmiştir. Karşılaşılabilecekleri sorunların önceden belirlenebilmesi için ve neyi niçin yaptıklarının farkındalığını yükseltmek için tasarım öncesi sorular zenginleştirilmiş ve vurgusu artırılmıştır. Sürece, kullandıkları malzemelerin özelliklerini de kapsayacak şekilde hakim olmalarını sağlayacak önlemler alınmıştır.

Fen kavramlarının STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinlikler içinde birleştirilmesinde, ders planının uzmanlar tarafından incelenmesiyle pilot uygulamada bazı yönlerinin eksik kaldığı belirtilmiştir. Pilot uygulamada; etkinliklerde kullanılan fen kavramlarının özellikle birinci dönem için fizikle ilişkili olması nedeniyle biraz daha ağır kaldığı her ne kadar enerji ve enerji dönüşümleri konularına hakim olsalar da eksiklikleri olduğu görülmüştür. Bu amaçla gerçek uygulamada özellikle fizikle ilişkili fen kavramları daha basitleştirilmiş ve tasarımları istenen ürünlerin özellikleri kapsamı dışına fazla çıkılmadan öğrencilerin ön bilgileri derinleştirilmiştir. Etkinlik planları bu kapsamda yeniden düzenlenerek iyileştirilmiştir. Bu iyileştirmelerden sonra gerçek uygulamadaki ders planlarında fen kavramlarının anlaşılabilirliği artırılmıştır.

Matematik de STEM yaklaşımının önemli bir parçası olması sebebiyle etkinliklerde matematiksel hesaplamaların uygun seviyelerde yer alması önemlidir. Burada öğrencilerin

sınıf düzeyine uygun matematiksel hesaplamaların ve kavramların kullanılması ve matematiksel düşünmenin kolay bir şekilde anlaşılmasının sağlanması gerekmektedir. Pilot uygulamada özellikle fizik kavramlarının anlaşılmasının zorluğu gerekli matematiksel hesaplamasının da zorluğunu beraberinde getirmiştir. Öğrenciler rüzgar türbinleri, parabolik güneş kolektörleri gibi etkinliklerde sarım sayısı, parabolik odak noktası hesaplanması gibi daha yoğun matematiksel hesaplamalar yapmaları istenmiştir. Pilot uygulamalarda bu konularda öğrencilerin zorlandıkları görülmüş ve gerçek uygulama için bazı ağır hesaplamalar çıkarılarak yerine formüllerin ve örnek hesaplamaların verilmesiyle hesaplamalar daha basit sistemler matematiksel yapılara indirgenmiştir. Bu konulardaki hesaplamalar ve matematiksel çalışmalar öğrencilerin yaptıkları tasarımlar için matematiksel kavram entegrasyonunu sağlayan çalışmalar olarak öğrenci lehine iyileştirilmiştir.

Araştırma boyunca öğrenci profiline uygun öğretim stratejilerinin seçilmesi dersin işleyişini de kolaylaştıracaktır. Uygulamalarda araştırmacı, gözlemci öğretmen rolünü üstlenirken öğrencilerin çözüme ulaşmada süreçlerini izler ve takip eder. Amaçtan sapmalar görüldüğünde müdahalelerde bulunur. Öğrencinin merkeze alındığı, fikirlerini yürütmede ve uygulamada sorun yaşamadan süreci yönetebilecekleri ve sınıf içinde tartışma ortamlarının oluşturulmasıyla fikirlerin çarpıştırıldığı bir argümantasyon ortamı oluşturulması amaçlanmıştır. İlk uygulama deneyimi olması sebebi ile araştırmacının pilot uygulamada daha çekingen olması ve öğrencileri tanımaması başlarda bu istenilen ortamı oluşturmada kısır kalmıştır. Ancak süreç içinde öğrencilerin de dersin işleyişine uyum sağlaması ile bu yetersizlik aşılmıştır. Gerçek uygulamada araştırmacı öğrenci potansiyelinin daha dikkatli bir gözlemi ile işbirliğine dayalı ve tartışma gibi farklı öğrenme stratejileriyle ders ortamını oluşturmuştur.

STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin uygulanabilmesi sürecinde takım çalışması, işbirlikçi çalışmak ve grup halinde çalışmak oldukça önemlidir. Etkinlikler boyunca öğrenciler iki ana kategoride değerlendirilmiştir: Sınıf dışı etkinlikleri ( ödev, araştırma, soru-cevap vb.) yükleme yaptıkları klasörler üzerinden kişisel değerlendirmeye tabi tutulurken takım çalışmalarının ön planda olduğu sınıf içi etkinlikleri de gruplar şeklinde değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bireysel çözüm önerilerini grup arkadaşlarıyla tartışmaları ve en iyi çözüm önerisini bulmaları için süre verilmiştir. Grup içinde her bir öğrencinin eşit görev alması ve sürece katkı sağlaması performansları açısından değerlendirme rubriğindeki kriterlere göre puanlandırılmıştır. Öğrencilerin grup içinde olduğu kadar gruplar arası işbirliği yapması bunun için fırsatların sunulması da plan içinde

yeterli süre verilerek sağlanmaktadır. Özellikle etkinliklerde grup üyelerinin her birinin süreç içinde yer alması ve eşit düzeyde katılım sağlaması araştırmacı tarafından tasarımlar yapılırken grupların gezilmesi ve sorular yöneltilmesiyle sağlanmıştır. Daha çekingen kalan öğrenciler de sürece dahil edilmeye çalışılmıştır.

Öğrencilerle kurulan iyi bir iletişim dilinin oluşturulmasıyla sürece katkı sağladıkları ve fikirlerini ifade etmede zorlanmadıkları görülmüştür. Gerek pilot uygulama gerekse gerçek uygulama ders planları hazırlanırken iletişim diline dikkat edilmiş ve ürünlerini somut modellerle sunmaları sağlanmıştır.

Yapılan bu çalışmada sadece son nihai ürün değerlendirilmemektedir. İstenilen ürüne ulaşılan kadarki süreç de değerlendirilmektedir. Araştırmacı bu modülde öğrencilerin her adımını kullandığı rubrik ile en başından itibaren dijital ortama yüklenen çalışmalar, gözlemler ve dönütlerle denetlemektedir. Mühendislik tasarım süreci kapsamında mühendislik tasarım döngüsünde yer alan tüm adımlar ilgili rubrik ile adım adım kontrolleri sağlanarak değerlendirilmektedir. Öğrencilerin STEM'in çoklu disiplinlerinden öğrenme hedefleri içeriğiyle uyumlu değerlendirilmesi, performans ödevleri yoluyla farklı şekillerde anladıklarını ve yeteneklerini göstermeleri için kanıt üretme fırsatları sağlayan değerlendirmelerle değerlendirilmesi ve ders planının uygulanmasını iyileştirmek için kullanılacak, öğretmene rehberlik sağlayan değerlendirmeler içermektedir.

Etkinliklerin iyi organize edilmesi sürecin de işleyişini kolaylaştırmaktadır. Pilot uygulamada yaşanan aksaklıklar dikkat e alındığında gerçek uygulama için etkinlikler yeniden organize edilmiş görülen aksaklıklar giderilmiştir. Bu düzeltme ve iyileştirmelerden bazıları etkinlik sıralamasında değişiklik ( kapsam ve konu sıralaması açısından, mevsimsel etkiler bakımından uygun aylara göre yer değiştirme vb.), içerik iyileştirmeleri, süre ayarlamaları şeklinde özetlenebilir. Bu değişikliklerle gerçek uygulamaların etkinlik planları tekrar uzman değerlendirmesine sunulmuştur.

Uzmanlar iyileştirilmiş etkinlik planlarını tekrar değerlendirerek puanlandırmışlardır. Modülün uygunluğu bu şekilde denetlendikten sonra gerçek uygulama için hazır hale gelmiştir.

Modülün uygulanmasıyla; öncelikle öğrencilerin haftalık olarak kullanmış oldukları ve paylaşımlarını yükledikleri dijital platform olan Google Classroom içerisindeki öğrenci paylaşımları değerlendirilmiştir. Öğrencilerle bu dijital platform üzerinden süreklilik sağlanmış ve haftalık dönütler verilmiştir. Öğrenciler haftanın son dersinde sonraki haftanın görevlerini almış ve bir sonraki ders gününden iki gün önceye kadar gerekli paylaşımlarını

sistem üzerinde ilgili başlığa yüklemişlerdir. Böylece araştırmacı tarafından dersten önce ilgili paylaşımlar izlenmiş ve dönütleri verilmiştir.

Öğrenciler her ne kadar dijital platforma bireysel paylaşımlarda bulunsalar da ders içinde grup olarak işbirlikçi çalışmalar sürdürmüşlerdir. Öğrenciler tarafından yapılan bu ders öncesi paylaşımları aynı zamanda öğrencilerin grup olarak sınıf içinde yaptıkları etkileşimlerle ve araştırmacı gözlemleriyle birleştirilmiştir. Araştırmacı bu çalışmada modülün uygulanmasında gözlemci ve uygulayıcı olarak görev almıştır. Bu esnada notlar tutmuş ve dönütler vermiştir. Araştırmacı her ders için modülün uygulanması gereken alt etkinlikleri için materyalleri temin etmiş ve araştırmacı tarafından hazırlanması gereken uygulamaları ders öncesinde hazırlamıştır.

Öğrenciler etkinliklerini beşer kişilik beş grup halinde yürütmüşlerdir. Her bir grup etkinlik sürecinde araştırmacı tarafından izlenip denetlenmiştir. Grupların performansları süreç başlangıcından sürecin sonuna kadar STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği (Moore ve diğ., 2016) ile 0-5 arası puanlandırılmıştır. Puanlamanın düzenli ve takip edilebilir şekilde yapılabilmesi için hem bireysel puanların hem de grup puanlarının kaydedildiği bir çizelge oluşturulmuştur. Bu çizelge, her bir etkinlik için öğrenci listesini ve rubrikteki öğelerin bulunduğu satır ve sütunları içerecek şekilde oluşturulmuştur. Öncelikle öğrencilerin sınıf dışı ve sınıf içi çalışmaları bireysel olarak değerlendirilmiş ardından da ortalamaları alınarak grup ortalama puanları oluşturulmuştur. Bu çizelgenin yapısı Ek 8’de verilmiştir. Ayrıca Ek 9’da Güneş Panelleri etkinliğinin pilot uygulama çalışması için örnek değerlendirme çizelgesi, Ek 10’da da aynı etkinliğin gerçek uygulama çalışması için örnek değerlendirilmesi verilmiştir. Söz konusu çizelge, rubrikteki her bir öğeye göre bir öğrencinin sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarına ilişkin puanlarını yan yana not etmeye oldukça uygundur ve etkinlik bitiminde grup ortalamaları bazında puan hesaplaması yapmaya imkan vermektedir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: BULGULAR VE YORUM

2021- 2022 eğitim öğretim yılını kapsayan iki dönemlik süre boyunca STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Yenilenebilir Enerji Temalı Etkinlik Modülü Geliştirme doktora tezinin pilot uygulama çalışmalarından yola çıkılarak 2022- 2023 eğitim öğretim yılı içinde gerçek uygulama çalışması yapılmıştır. 2022- 2023 eğitim öğretim yılında iki dönem boyunca uygulamalar yapılmıştır. Pilot uygulamada yaşanan aksaklıklar ve öneriler göz önüne alınarak gözden geçirilmiş ve gerek içerikte gerekse etkinliklerin planlanmasında bazı değişikliklere gidilmiştir. Öncelikle ilk iki hafta boyunca öğrencilerin mühendislik kavramlarını ve dersin işleyişini daha iyi anlamaları için bazı ön bilgilendirmeler yapılmıştır.

2022-2023 eğitim öğretim yılları içinde fen öğretimi laboratuvar uygulamaları dersinde güz ve bahar dönemi boyunca gerçekleştirmiş olduğumuz çalışma sonucunda, ekolojik ada STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinlikler ve alt etkinliklerin planlanan kısmı gerçekleştirilmiştir. Daha önceki bölümlerde gerçekleştirilen pilot çalışmadan elde edilen verilerle gerçek uygulama için bazı düzenlemelerin ve iyileştirmelerin yapıldığı belirtilmişti. Bu değişikliklerle disiplinler arası bir kavram olan enerji kavramının kapsam genişliğinin fizik, kimya, biyoloji ve matematik alanlarının dışına genişletilerek teknolojik tasarım ve mühendislik becerileri ve muhtemel bütün alan disiplinlerine dokunuş yapması amaçlanmıştır. Etkinlikler, STEM yaklaşımıyla bu doğrultuda yeniden gözden geçirilmiştir. Güz dönemi için yapılan etkinliklerde ders planlaması yapılırken hiyerarşik bir düzen kapsamında ilk olarak yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları konusuna değinilmiştir. Bu amaçla enerji kaynağı olarak güneş ilk sıraya alınmış ve alt etkinlikler olarak da elektrik enerjisi ihtiyacı öncelik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla konu sıralaması planı;

1. Enerji Kaynağı Olarak Güneş

a. Güneş Panelleri

b. Parabolik Güneş Kolektörleri

2. Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar (Rüzgar Türbinleri) olarak belirlenmiştir.

Yapılan plan doğrultusunda belirlenen alt etkinliklerle ilgili yapılan değişiklikler:

1. Enerji ihtiyacının birincil öncelik olması ve güneşten daha verimli yararlanabilmek için Güneş Panelleri alt etkinliği birinci sıraya alınmıştır.

2. Güneş Panelleri etkinliğinde bağımlı bağımsız değişkenler net belirlenmiş ve karşılaştırmalar istenmiştir. Burada lamba rengi, lamba sayısı gibi değişkenlerle ölçülen voltaj değerindeki değişiklikler karşılaştırılmıştır.

3. İkincil ihtiyaç olarak da ısınma, elektrik üretme adına yoğunlaştırılmış güneş enerjisi konusu Parabolik Güneş Kolektörleri alt etkinliği içine yerleştirilerek güneşten elektrik üretme konusuna alternatif çözümler getirilmiştir.

4. Parabolik Güneş Kolektörleri alt etkinliği için de pilot çalışmada yalnızca su ısıtma için kullanılan kolektörler yerine yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinden ilham alınarak geliştirilen parabolik güneş kolektörü ile elektrik, ısınma gibi ihtiyaçlara da çözümler üretilmesi planlanmıştır. Bunun için boruların içine su konulmayarak boru içindeki hava direkt olarak ölçülmüş ve çok daha kısa sürede çok daha yüksek sıcaklık değerine ulaşılmıştır. Burada ayrıca borular da daha büyük çaplı seçilmiş ve sistem, odaklanma açısından daha iyi sonuç vermesi için büyütülmüştür. Ayrıca odak noktasının önemine daha iyi vurgu yapabilmek adına farklı odak noktalarına sahip parabol denklemleri verilerek öğrencilerin bu değişkeni de kıyaslamaları ve etkisini görmeleri sağlanmıştır.

5. Elektrik ihtiyacının giderilmesinde bir diğer yenilenebilir kaynak olan rüzgarı kullanmak için de Rüzgar Türbinleri alt etkinliği STEM yaklaşımıyla tasarlanmıştır. Burada pilot uygulamadan farklı olarak bağımlı bağımsız değişkenler daha net belirlenmiş ve daha kontrollü deneyler yaptırılmıştır. Öğrenciler rüzgar türbinleri içinde dönmeyi sağlayan “rotor” parçasını kendilerinin yapması sağlanmış ve bu etkinlikle mıknatıs ve bobin teli kullanarak bir manyetik dönme hareketi yapabilen bir düzenek oluşturmuşlardır. Burada öğrenciler oluşan indüksiyon akımını etkileyen sarım sayısının ve bobin teli uzunluğunun etkilerini araştırmış ve gözlemlemişlerdir. STEM Sims simülasyonu kullanılarak rüzgar türbini kule boyu, kanat yarıçapı, aylara göre rüzgar alma süresi (ocak, şubat...aralık) ve rüzgar türbini sayısı (1-3) gibi değişkenler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Ardından kendi tasarladıkları model rüzgar türbinleri ile kanat sayısı ve hava akımı hızı ( kullandıkları vantilatörle hava akımı hızı değiştirilebiliyor) değişkenlerine göre elde edilen elektrik akımı değerini karşılaştırmışlardır.

6. Tüm alt etkinlikler için deney öncesi tahmin soruları verilerek deneyin amacı, yapılışı, hipotezler, bağımlı bağımsız değişkenlerin belirlenmesi, kullanılan malzemeler ve amaçları, deneyin sonuçlarının tahmin edilmesi gibi sorularla daha hazırlıklı gelmeleri ve psikomotor becerilerin ön planda olduğu etkinlik aşamalarında yaptıkları her işi daha yüksek bir farkındalıkla ve daha bilinçli yapmaları sağlanmaya çalışılmıştır.

7. Deney sonuç raporları da daha ayrıntılı hazırlanması, sonuçların ve ödev takiplerinin kısa sürelerde yapılmasıyla dönütler verilmiştir.

Öğrenciler genel olarak gerek ödevlerini yapmada gerekse malzemelerini getirip etkinlikleri uygulamada bir zorluk yaşamamışlar, tüm grup üyeleriyle uyum içinde bir

dönem geçirdikleri yaparak sisteme süreleri içinde yüklemişlerdir. Başlarda platforma yükledikleri ödevler kapsamında derinleştirme ve irdeleme amaçlı sınıf içi tartışmalarda çekingen davranışlar da ilerleyen süreçte bu çekingenliklerinden kurtularak sınıf içi etkileşimlere katılımları artmıştır.

Etkinlikler ilerledikçe etkinliklerin kapsam alanında bulunan enerji dönüşümleri, enerji kaynakları, güneş panelleri, güneş kolektörleri, biyokütle enerjisi vb. bir çok bilgi alanına öğrencilerin ilgilerinin arttığı gözlenmiştir. Ana teması enerji olan bu etkinliklerin uygulanma sürecinde öğrencilerin merkezde bir odak kavram olarak enerji kavramını bir çok alanla zihinlerinde ilişkilendirerek daha tümleşik bir değere yükseltecekleri beklenmektedir.

Değerlendirmeler öncelikle STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) kullanılarak elde edilmiştir. Ardından STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile öğrencilerin her etkinlik sonrası grup olarak ortaya koydukları tasarımlar mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirilmiştir. Rubriklerden elde edilen bulgular aşağıda verilmektedir.

#### **4.1. STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriğinden (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) Elde Edilen Bulgular**

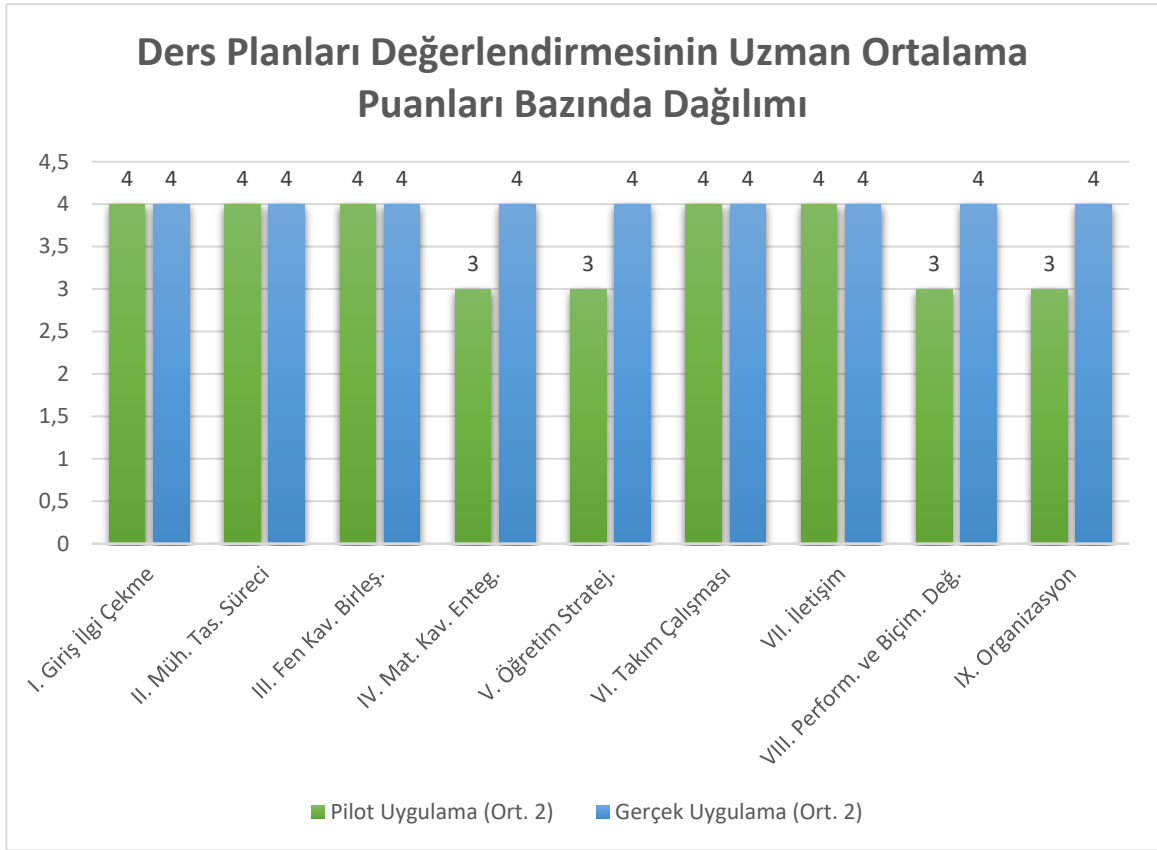
Ders planı değerlendirme rubriği, dersin işleyişinde bizzat bulunan ve süreci gözlemleyen iki uzman tarafından, pilot (Ek 5) ve gerçek uygulama (Ek 6) olarak ayrı ayrı puanlanarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Ders planı değerlendirme rubriği kendi içinde *Giriş İlgi Çekme, Mühendislik Tasarım Süreci, Fen Kavramlarının Birleştirilmesi (Entegrasyonu), Matematik Kavramlarının Entegrasyonu, Öğretim Stratejileri, Takım Çalışması, İletişim, Performans ve Biçimlendirici Değerlendirme ve Organizasyon* bölümlerinden oluşmaktadır. Her bir bölüm için öncelikle sorulara *Hayır, Kısmen ve Evet* olarak cevap verilmesi ardından da 0-4 aralığında değerlendirilmesi istenmiştir. Rubriğe göre; 0: Yok (Not present), 1: Zayıf (Weak), 2: Yeterli (Adequate), 3: İyi (Good) ve 4: Harika (Excellent) olarak değerlendirilmektedir. Sıfır, soruda açıklanan özelliklerin hiçbirinin ders planına yansıtılmadığı anlamına gelirken 4 ise soruda tanımlanan tüm özelliklerin plana yansıdığını göstermektedir. Ayrıca NA (Not Applicable) olarak verilen kısaltma *Uygulanamaz*, DK (Don't Know) olarak verilen kısaltma da *Bilmiyorum* olarak değerlendirilmektedir. Puanlaması yapılan ders planı için uzman değerlendirme çizelgesi Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. *STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment) Uzman Değerlendirme Çizelgesi*

	Giriş İlgili Çekme		Müh. Tas. Süreci		Fen Kav. Birleş. (Ent.)		Mat. Kav. Enteg.		Öğret. Stratej.		Takım Çalış.		İletiş.		Perfor. ve Biçim. Değ.		Organ.		Ort. 1	
	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek	Pilot	Gerçek
Uzm. 1	4	4	4	4	3	4	2	3	3	4	3	4	4	4	3	3	2	4	3	4
Uzm. 2	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4
Ort. 2	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4

Tablo 4.1. rubriğe göre iki uzman tarafından değerlendirilmesi yapılan ders planlarının puanlarını göstermektedir. Puanlama, rubriğin her bir bölümü için 0-4 arasında sırasıyla pilot ve gerçek uygulama için yapılmıştır. Ayrıca birinci uzmanın ve ikinci uzmanın pilot ve gerçek uygulama ortalama puanları alınarak Ortalama 1 (Ort. 1) puanları oluşturulmuş, bir de her bir bölüm için uzmanların ortalama puanlarından pilot ve gerçek uygulama ortalaması elde edilerek Ortalama 2 (Ort. 2) puanları oluşturulmuştur. Genel olarak tablodaki puanlara bakıldığında en düşük puanın 2 ile organizasyon ve matematik kavram entegrasyonundan alındığı görülmektedir. Bu da aslında *Yeterli* bir seviye olmasına rağmen pilot uygulama ders planının iyileştirilmesiyle gerçek uygulama ders planında bu puanın matematik entegrasyonu için 3 *İyi*, organizasyon için ise bu puanın 4 *Harika* olarak yükseltildiği görülmektedir.





Şekil 4.1. Ders planları değerlendirmesinin uzman ortalama puanları bazında dağılımının gösterimi

Şekil 4.1.de ders planlarının değerlendirilmesinden elde edilen puanların her bir bölüm için uzman ortalamaları alınmasıyla oluşturulan Ortalama 2 (Ort. 2) puanları kullanılarak oluşturulmuştur. Pilot ve gerçek uygulama ders planlarının değerlendirilmesinde uzman ortalama puanlarına göre matematik kavramlarının entegrasyonu, öğretim stratejileri, performans ve biçimlendirici değerlendirme ve organizasyon bölümleri 3 puan olarak değerlendirilmiştir. Rubriğe göre *İyi* olarak tanımlanan bu bölümler gerçek uygulamada ders planında yapılan değişikliklerle geliştirilerek 4 *Harika* olarak yükseltildiği görülmektedir.

Gerçek uygulama ders planı uzman değerlendirmesinde, tüm bölümlerden uzman ortalama puanlarına bakıldığında 4 *Harika* olarak değerlendirilmiştir. Bu da yapılan iyileştirmelerle son hali verilen ders modülü için uygulanabilir bir ders planı oluşturulduğunu göstermektedir.

#### **4.2. STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriğinden Elde Edilen Bulgular**

#### 4.2.1. Güneş Panelleri Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular

STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı güneş panelleri alt etkinliği için etkinlik sonunda oluşturulan güneş paneli prototipinin mühendislik tasarım döngüsünde oluşturulması istenmiştir. Grupların gerek sınıf dışı dijital platforma yükledikleri çalışmalar gerekse de sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirilmesiyle Tablo 4.2. ve Tablo 4.3.'de sırası ile pilot ve gerçek uygulamadaki değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.2. *Güneş Panelleri Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	3	4	2	3	3	3
B. Anlama	3	3	3	2	3	2,8
C. Fikir üretme	2	4	2	2	3	2,6
D. Değerlendirme	2	4	2	3	3	2,8
E. Prototip oluşturma ve test etme	3	3	3	2	3	2,8
F. Yineleme	3	4	2	2	2	2,6
G. İlerleme	3	4	2	2	2	2,6
H. Çözümün sunulması	2	4	2	2	2	2,4

Tablo 4.2.'de güneş panelleri etkinliği için pilot uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için grupların 3'ünün 3 puan, diğer grupların ise 2 ve 4 puan aldıkları görülmüştür. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Elektriğin olmaması bir problemdir. Buna çözüm olarak fosil yakıtları kullanmak çevreye zarar vermektedir. (Grup 3: 2 Puan)*

Burada 3. Grubun problemi tanımlarken problemi yalnızca bir ölçüde net ve nesnel olarak tanımlanmıştır. Ayrıca biraz yüzeysel ve belli ayrıntılarla asgari düzeyde detaylandırılmıştır. Problem durumunda yenilenebilir enerji kaynaklarından bahsedilmemiştir.

*Yaşanan elektrik problemine çevreye ve doğaya zarar veren fosil yakıtları kullanmak problem durumu olarak tanımlanabilir. Fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynağı olarak Güneşi kullanılabilir. (Grup 1: 3 Puan)*

*Elektik enerjisinin olamaması ve bunun fosil kaynaklardan eldesi bir problem durumudur. Yenilenebilir enerji kaynakları çevreye ve doğaya zarar vermeden enerji üretmede kullanılabilir. Güneş de bu kaynaklardan biridir. (Grup 4: 3 Puan)*

3 puan alan gruplar için problem durumunu tanımlamada bir ölçüde açık ve nesnel olarak tanımlarlarken, yeterince derinlemesine tanımlanmış ve bazen belirli ayrıntılarla ayrıntılandırılmıştır. Ancak ayrıntılandırma amaçlı bazı bilgiler kesin olmamakla geneldir. Net bir ihtiyaçtan veya net bir son kullanıcıdan veya müşteriden yoksundur.

*Adada yaşayan insanlar için elektrik enerjisinin doğaya ve çevreye zarar veren kaynaklardan elde edilmesi büyük problemdir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre ve doğa dostu olmalarıyla tercih edilmelidir. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak Güneşin kullanılmasıyla elektrik enerjisi üretilebilir. (Grup 2: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı belirtilmiştir. Özellikle pilot uygulamada öğrencilerin problemin tanımlanmasında zorlandıkları verdikleri sınırlı cevaplarla görülmektedir.

Anlama ögesinde pilot uygulama sonunda 1 grup 2 puan alırken diğer grupların tamamı 3 puan almıştır.

*Elektrik enerjisi ihtiyacına yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneşin kullanılmasıyla led lambalardan bir sistem oluşturulması ve sistemin ucuz olması. (Grup 4: 2 Puan)*

Burada verilen grup cevabında gereksinimlerin müşterinin ihtiyacını doğru ancak yeterli tanımlamadığı söylenebilir. İhtiyaca yönelik kriter ve sınırlılıklar sınırlı verilmiştir. Yeterince açık değildir.

*Elektrik enerjisi ihtiyacına çevre ve doğa dostu, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olması, temiz ve tükenmesi uzun yıllar alacak olan yenilenebilir enerji kaynağı olması sebebiyle güneş enerjisi ile çözüm bulunmalıdır. Bu amaçla üretilen güneş panellerinin çalışma prensibinden yola çıkılabilir. (Grup 1: 3 Puan)*

*Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre ve doğa dostu olması yaşanan elektrik enerjisi ihtiyacına çevreci çözümler bulmada fayda sağlayabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevreci ve doğa dostudur aynı zamanda ucuz ve ulaşılabilir. Güneş panellerinin çalışma prensibine uygun sistemler yapılabilir. (Grup 3: 3 Puan)*

Diğer grupların ihtiyacı tanımlamada genellikle açık ve biraz ayrıntı verdiği, tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirdiği görülmüştür. Gereksinimler müşterinin ihtiyacını temsil ettiğine dair bilgi içerir.

Fikir üretme ögesi için pilot uygulama sonuçlarında 3 grubun 2, 1 grubun 3 ve 1 grubun da 4 aldığı görülmüştür.

*Led lambaları kullanarak elektrik enerjisi üreten bir sistem oluşturabiliriz. (Grup 1: 2 Puan)*

*Elektrik enerjisi ihtiyacına çözüm olarak led lambaları kullanarak bir ürün tasarlayabiliriz. (Grup 4: 2 Puan)*

2 puan alan grup için muhtemel tasarımı üretme süreci kısmi veya aşırı derece geneldir. Yalnızca bir şekilde yinelemeli veya savunulabilir. Bu da seçilen tasarımın çözümünün uygulanabilirliği ile ilgili sorunları gündeme getirebilir.

*Led lambaları güneş panellerinin çalışma prensibinden yola çıkarak seri ve paralel bağlı olarak birbirine bağlayarak bir sistem oluşturabiliriz. (Grup 5: 3 Puan)*

5. Grubun çözüm üretme süreci yeterli, savunulabilir. Ancak verilen bilgilerin sınırlı olması bir prototip üretmek için yeterli değildir.

*Led lambaları güneş panelleri çalışma prensibinden yararlanarak oluşturacağımız devre üzerine seri ve paralel bağlayarak sayılarını arttırarak daha fazla elektrik enerjisi üretebileceğimiz güneş panelini tasarlamayı düşünüyoruz. (Grup 2: 4 Puan)*

2. Grup, tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır. Ancak hala fikir tam detaylandırılmamıştır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında

verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Pilot uygulamada 4. Grubun, fikir üretme ögesi için 2 olan puanını değerlendirme ögesi için 3'e yükselttiği görülmektedir. Burada grubun fikrini geliştirerek prototip hakkındaki çözümlerini detaylandırmıştır. Önceki çözüm önerisinde paralel ve seri bağlı çoklu sistemlerden bahsetmezlerken değerlendirme basamağında çözüm önerilerini geliştirmişlerdir.

*Grupça bulduğumuz çözüm önerisini geliştirerek Led lambalardan elektrik enerjisi üreten bir sistem oluştururken onları paralel ve seri olarak bağlayarak sistemdeki verimi artırmayı düşünüyoruz. Bunu yaparken de güneş panellerinin çalışma prensibine dayandıracağız. (Grup 4: 3 Puan)*

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Pilot uygulamada yalnızca 1 grubun 2 (Grup 4), diğer grupların ise 3 puan aldıkları görülmektedir.

*İlk olarak led ampullerimiz çalışıyor mu diye tek tek pilden enerji alarak kontrol ettik. Daha sonra ledleri tek tek multimetreye bağlayarak tek ledden elde ettiğimiz voltu ölçtük. Daha sonra 3 tane led ampulümüzü seri bağladık. Bu şekilde 3 parça elde ettik. 3 tane seri bağlantımızı birbirine paralel bağladık. İlk olarak yaptığımız prototipte sistemimizden enerji elde edemedik. Yaptığımız incelemeler sonunda led lambaların uzun ve kısa bacıklarını + ve - uçlar olarak yanlış bağladığımızın farkına vardık. (Grup 4: 2 Puan)*

Burada grubun prototipi tanımlarken birkaç tasarım gereksiniminin test edilmesinde yeterli ayrıntı verilmiştir. Ancak prototipin uygulanması esnasında öğrencilerin led lambaların kısa ve uzun bacıklarının farkını ayırt edememişlerdir. Gözden kaçırdıkları bu durumun yaşanmasından dolayı istenilen sonuca ulaşamamıştır.

*Prototipimizde kullanacağımız tüm ledleri pilin uçlarına değdirerek ampullerin sağlam olup olmadıklarının kontrolünü yaptık. Bu çalışma sonunda çalışan led ampullerimizden 3'ünü seri 3'ünü ise paralel olarak led ampullerin kısa ve uzun bacıklarına dikkat ederek bağlamaya çalıştık. Ledlerin uzun ve kısa bacıklarını doğru birleştirmemize rağmen sistemleri birbirine seri ve paralel bağlamada başta sorun yaşadık. Grup olarak tartıştıktan sonra sistemimizi oluşturduk. (Grup 1: 3 Puan)*

*Ledlerin kontrolü pil yardımıyla yapıldıktan sonra sağlam olan led lambalar seçilmiştir. Led lambaların kısa ve uzun bacakları + ve - uçları göstermektedir. Bunlara dikkat ederek 3 led lambayı seri, 3 led lambayı da paralel bağlamaya çalıştık. Burada başlarda biraz zorlandık. Grup olarak sistemimizi ölçüm için hazır hale getirdik. (Grup 5: 3 Puan)*

Burada ise öğrenciler prototiplerini oluştururken yeterli ve açıkça ayrıntılandırmışlardır. Prototipin yapım aşamasında zorlandıkları noktaları gerekçelendirerek yaşadıkları sorunları dile getirmişlerdir. Bireysel yetersizlikleri grup çalışmasının verdiği işbirliği ile çözümlenerek istenilen sonuca ulaşılmıştır. Burada öğrenciler diğer grupların yaptığı led lambaların uzun ve kısa bacıklarının işlevini daha önce farkına varmış ve birleştirme aşamasında hata yapmamışlardır. Ancak paralel ve seri bağlama konusunda yetersiz olmalarından zorluk yaşamışlardır.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Bu öğelerde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Aksayan yönler yinelenmiş ve sonuçların paylaşılmasıyla da ilerleme durumları belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde grupların

burada pilot uygulama için 3 grup (Grup 3, 4 ve 5) 2 puan alırken, Grup 1'in 3 ve Grup 2'nin 4 puan aldığı görülmüştür.

*Sistemi doğru bağlayamadık. Bunun sonucunda istediğimiz sonucu alamadık. Bunun sebebinin paralel bağlamayı yanlış yaptığımızdan olabileceğini düşünüyoruz. Bağlantılarımızı kontrol ederek süreci tekrarladık ve istenilen sonuca ulaştık. (Grup 3: 2 Puan)*

*Sistemimizde paralel ve seri bağlama noktasında bazı karışıklıklar yaşadığımızdan dolayı bazı aksaklıklar yaşadığımızı düşünüyoruz. Bunun için süreci baştan tekrarlayarak bağlantılarımızı yeniden gözden geçirdik. (Grup 5: 2 Puan)*

Burada gruplar yaşadıkları sorunları yineleme ve ilerleme basamağında açıkça dile getirirken yaptıkları aşamalar konusunda kısmen açık cevaplar vermişlerdir. Benzer projeyi yapacak olanlar için yaşanan aksaklıklar ve ilerleme basamakları detaylandırılmamıştır. Ne gibi bir sorun yaşadılar ve sonucunda ne elde ettiler, yineleme sonucunda ne sonuca vardıklarından bahsedilmemiştir.

*Sistemi bağlantılarında çok hassas çalışarak + ve - uçları doğru bağlamaya özen gösterdik. Bizim hatamız ölçüm yaparken yanlış ölçüm yaptığımızı fark ettik ve sistemimizi yeniden gözden geçirdik. Tekrar tekrar yaptığımız ölçümler sonucunda ölçüm aletini yanlış kullandığımızı fark ettik. Ölçüm aleti üzerindeki uçları sistemimizdeki + ve - uçlara uygun yerleştirdiğimizde ölçümlerimizi alabildik. (Grup 1: 3 Puan)*

*Sistemi doğru bağladığımızı görmemize rağmen sistemi tekrar kontrol ettik ve led lambaların ayaklarının birbirine değmemesi için ayakları birbirinden uzaklaştırdık. Ayakların birbirine değmesi kısa devre yaptıracağından bu kısma özellikle kontrol sağlayarak ölçümlerimizi yaptık. (Grup 2: 4 Puan)*

Burada 3 ve 4 puan alan gruplar, yineleme ve ilerleme basamaklarında dikkat edilmesi gereken noktalarda daha açık cevaplar vermişlerdir. Özellikle 4 puan alan grubun belirttiği kısa devre yapma durumu diğer gruplarda göz ardı edilmiştir. Burada sistemi ne kadar doğru bağlarsanız bağlayın özellikle ayakların birbirine değmemesi noktasına çok dikkat edilmelidir. Bu konuda doğru ve açık bir yorum yapan 2. Grubun 4 puan aldığı görülmektedir.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

1. Grup sunumunun içeriğinde çözüme yönelik bir tasarımın çözümünden bahsedilmektedir. Ancak verileri net değildir. Çözüm yeterince açık değildir. Sunucu süreye bağlı kalmış ancak oldukça çekinik oldukları gözlemlenmiştir. (2 Puan)

3. Grup: Burada grup üyeleri çözüm için uygun tasarım gerçekleştirmişler ancak ölçümden aldıkları veriler sınırlıdır. Sunucu sınıfın ilgisini çekememiş ve oldukça sessiz kalmıştır. (2 Puan)

Burada araştırmacının aldığı notlardan pilot uygulamada grupların daha çekinik oldukları, sunumda net bir tasarım çözümünü sunarken verilerini paylaşmada kısır kaldıkları

görülmüştür. Bu gruplar özellikle 2 puan alan gruplardır (Grup 1, 3, 4 ve 5). 2. Grup için ise çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgi sergileyerek konuyu açık ve ilgi çekici bir şekilde sunarak 4 puan aldığı görülmüştür.

Grup 2: Grup, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemiştir. Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. (4 Puan)

Tablo 4.3.'de güneş panelleri etkinliği için gerçek uygulamadan elde edilen grup puanları görülmektedir.

Tablo 4.3. *Güneş Panelleri Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	4	5	5	4	5	4,6
B. Anlama	4	5	4	5	5	4,6
C. Fikir üretme	4	4	3	4	4	3,8
D. Değerlendirme	4	5	5	4	4	4,4
E. Prototip oluşturma ve test etme	4	5	4	5	5	4,6
F. Yineleme	4	5	4	4	4	4,2
G. İlerleme	4	4	5	4	4	4,2
H. Çözümün sunulması	4	5	4	5	4	4,4

Problemin tanımlanmasında Grup 2,3 ve 5'in 5 puan aldığı, Grup 1'in ise 4 puan aldığı görülmektedir. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Adada yaşayan insanların elektriği yoktur ve bu elektriğin üretilmesinde çevreye büyük zararlar veren fosil yakıtların kullanılması da büyük bir problemdir. Bunu ortadan kaldırmak üzere çevreye zararı olmayan yenilenebilir kaynaklara yönelmek gerekir. Bu amaçla kaynağını güneş gibi bir yenilenebilir enerji kaynağından elektrik enerjisi üretilebilir. (Grup 1: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı da belirtilmiştir. Ancak müşteriden bahsedilmemiştir.

*Dünyadaki enerji sorununa alternatif bir çözüm olarak güneş enerjisi, doğa dostu, temiz, yenilenebilir, düşük maliyetli, verimli olmasının yanı sıra tükenmesi uzun yıllar alacağından avantajlıdır. Böylece fosil yakıtların verdiği zarar minimum düzeye indirilebilir. Ekosistemdeki canlılar varlığını sürdürebilir. Temiz Enerji Şirketi adada yaşayan insanların elektrik ihtiyacını karşılamak için Dünya'ya zarar vermeyen, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneşi kullanmamızı istemektedir. (Grup 2: 5 Puan)*

*Ekolojik adada yaşayan insanlar için elektrik enerjisini elde edebileceğimiz yenilenebilir, çevre dostu, temiz ve ucuz bir kaynak olan güneşi kullanmak oldukça yararlıdır. Temiz Enerji Şirketinin bizde istediği, elektrik ihtiyacının giderilmesinde çevreyi kirleten fosil yakıtlara da bağımlılığımız azalacak ve daha temiz bir çevre elde edebiliriz. (Grup 5: 5 Puan)*

Burada ise problem açık, nesnel ve derin bir şekilde tanımlanırken, belli ayrıntılarla iyi bir şekilde detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı ve amaçlanan bir müşteriye ve son kullanıcıyı da belirtmektedir.

Gerçek uygulamada grupların anlama ögesinde artış oluşturmak için senaryo içinde ihtiyaçlar ve kriter sınırlılıklar daha net belirtilmiştir. Bunun sonunda da gerçek uygulamada grupların çoğunluğun 5, diğer iki grubun ise 4 puan aldıkları görülmüştür.

*Adada yaşayan insanlar için elektrik ihtiyacına çözüm bulacak temiz ve tükenmesi çok uzun yıllar alacak olan (şimdiye kadar anca yarı ömrünü tamamlamış), yenilenebilir bir kaynak olmasıyla güneşin kullanılması gerekmektedir. Burada oluşturulacak sistem için düşük maliyetli olması ve güneş panellerinin içinde bulunan diyotlardan yararlanarak ters çalışma prensibini kullanarak enerji elde etmek önemlidir. (Grup 1: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

*Adada elektrik yokken yaşam sürdürülemez. Bu nedenle bu problemi çözerek adada yaşam sürdürebiliriz. Bunu yenilenebilir enerji kaynaklarından birini kullanarak yaparsak çevreye vereceğimiz zararı en aza indiririz. Bu amaçla yenilenebilir bir kaynak olması, temiz ve tükenmesi uzun yılları alması, düşük maliyetli olması önemlidir. Buna en uygun yenilenebilir enerji kaynağı güneş enerjisidir. Ters çalışma prensibini kullanmak, güneş panellerinin içindeki diyotları kullanarak akım elde etmek, seri ve paralel bağlamalarda sayıları arttırıp verimi hesaplamak, en verimli güneş panelini tasarlamak için sistemi büyütmek. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada gereksinimler tutarlı bir şekilde açık ve ayrıntılı, nesnel, ölçülebilir ve tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirme olasılığı yüksektir. Gereksinimler müşterinin ihtiyaçlarını temsil eder. Kriter ve sınırlılıklar açık ve ayrıntılı bahsedilmiştir.

Fikir üretmede gruplardan birinin 3 ve diğerlerinin de 4 puan aldığı görülmektedir.

*Seri ve paralel bağladığımız led lambaların üzerine güneş ışığı düşürerek elektrik elde edebiliriz. (Grup 3: 3 Puan)*

Çözüm üretme süreci yeterli, savunulabilir. Ancak tasarımı yapılacak prototipin tasarım aşamalarından bahsedilmemiştir.

*En verimli güneş panelini tasarlamak için güneş panelleri çalışma prensibinden yola çıktığımız ledlerin üzerine güneş ışığının düşürülmesi ve seri ve paralel bağlanmasıyla led sayılarının artırılması. (Grup 1: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Tasarımı yapılacak prototip için tasarım aşamalarından genel olarak bahsedilmiştir. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Gerçek uygulamada en büyük fark 3. Grubun puanını 5'e yükselttiği örneklerde görülmektedir.

*Öncelikle pil yardımıyla LED lerin çalışma durumu kontrol edilir. Daha sonrasında birbirine yapıştırılmış mukavva ve milimetrik kağıtta açılan deliklerden yan yana olacak şekilde üç LED (sırasıyla her renk için) geçirilir. LED lerin ayakları birbirine bağlanarak seri devreler oluşturulur. Bu devreleri güneş ve telefon ışığına tuttuğumuz zaman ampermetrede okunan değer ile aynı şekilde dokuz LED ile oluşturulmuş paralel devrede okunan değerini farklarını ölçmeliyiz. (Grup 3: 5 Puan)*

Burada 3. Grup değerlendirme puanını 5'e yükseltmiştir. Bu grubun fikir üretmede puanı 3 iken diğer grup arkadaşlarıyla yaptıkları tartışmalar ve geliştirmeler sonunda fikirlerini geliştirmiş ve problemin çözümüne yönelik oluşturdukları çözüm önerilerinden en iyisini seçerek zayıf yönlerini geliştirmişlerdir. Bu sayede çözüm önerileri daha tutarlı ve tüm tasarım gereksinimlerine uygun hale gelmiştir. Ayrıca tasarımı yapılacak prototip için tasarım aşamalarından ayrıntılı olarak bahsedilmiştir.

Prototip oluşturma ve test etme ögesi için, öğrencilerin paralel ve seri bağlama konusundaki eksikleri fark edilmiş ve bu eksikliklerin giderilmesi kapsamında sınıf ortamında tartışılması sağlanarak öğrencilerin bu konudaki hazırbulunuşlukları artırılmıştır. Buna göre de grup puanlarına bakıldığında sadece 2 grup (Grup 1 ve 3) 4 puan alırken, diğer grupların 5 puan aldığı görülmektedir.

*İlk olarak led ampullerimiz çalışıyor mu diye tek tek pilden enerji alarak kontrol ettik. Daha sonra ledleri tek tek multimetreye bağlayarak tek ledden elde ettiğimiz voltu ölçtük. Burada amacımız eşit voltajlı ledleri kullanmaktı. Eşit voltaja sahip renkteki ledleri kullanarak 3 tane led ampulümüzü seri bağladık. Bu şekilde 3 parça elde ettik. 3 tane seri bağlantımızı birbirine paralel bağlayarak sistemi büyüttük. Ölçümlerimizi kaydettik. Sistem ve led sayısı arttıkça elde ettiğimiz değer de büyümeye başladı. Böylece diğer grupların yaptığı sistemleri de birbirine bağlayarak daha büyük sistemler oluşturduk ve ölçümler aldık. (Grup 1: 4 Puan)*

Burada prototipini açık ve yeterli ayrıntılarla aşamalarını açıkladığı görülmektedir.

Ölçüm sonuçları ve detaylardan yeterince bahsetmemiştir.

*Güneş panelleri için yapmış olduğumuz deneyin son dersinde ilk olarak daha önceki derslerimizdeki deneylerimiz sonucunda ulaştığımız sarı ledin voltajının daha fazla olduğunu ölçmüştük bundan yola çıkarak son dersimizde biz grup olarak 14 tane sarı ledimizi aldık ve her birinin pillerle yanıp yanmadığını kontrol ettik. Ledlerimizin hepsi de yanıyordu. Daha sonrasında ampermetreyi kullanarak her bir ledimizin kaç volt değere sahip olduğunu ölçtük. Bizim ledlerimizin ortalama değeri 0,13V değerindeydi. Daha sonra mukavvamızın üzerine led sayımız kadar delikler açarak ledlerimizi mukavva üzerine yerleştirdik ve bağlama işlemlerini yaptık ilk olarak 7 adet ledi seri bağladık artı uçlar eksi uca gelecek şekilde daha sonra diğer 7 adet ledimizde aynı şekilde seri bağladık. Bu iki seri bağlı devreleri artı ucuyla artı ucunu eksi ucunu birbirine bağlayarak paralel bağlamayı gerçekleştirdik. Daha sonra aynı kullandığımız ampermetre ile bu sistemin güneş ışığı karşısında değerini ölçtük ve bu değer yaklaşık 0.71V çıktı. Sarı renkli bir ledin yanıp yanmadığına baktık daha sonra kurduğumuz devrenin bu ledi yakıp yakamayacağını kontrol ettik ve bizim devremiz ledi yakmıştı. (Grup 2: 5 Puan)*

Pilot uygulamada yaşanan paralel seri bağlamada yaşanan aksaklıklar burada daha az yaşanmış ve çoğunlukla grupların prototiplerini test etme aşaması sorunsuz geçmiştir.

Ölçüm sonuçları ve detaylardan yeterince bahsedilmiştir.

Yineleme ve ilerleme ögeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Bu ögelerde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yineleme ve İlerleme ögesi için gerçek uygulamada öğrenciler aksayan yönlerini tespit etmiş ve tasarımını yinelemiştir. 2. Grup 5



puan alırken diğer gruplar ise 4 puan almıştır. 2. Grup yineleme sebebini daha açık ve net olarak ifade etmiştir ve sistemi yinelemenin sonucunda istenen sonuca ulaşmıştır.

*Deneyde normal şartlar altında LED ampulün yanması gerekirdi ama muhtemelen bağlanmalarında sıkıntı yaşandı veya sistem birbirine değip kısa devre yaptığı için yakamamış olabiliriz diye düşünüyorum. Tek bir sistem üzerinde mesela 6 LED 4 V bir değer veriyorsa 12 LED İLE tahmini 8 V elde ederiz ve bunu tek sistemde yaptığımız için paralel bağlamaları doğru yaptıysak eğer basit güneş panelimiz bir LED ampülü yakmayı başarabilir. Bunun için sistemi tekrar gözden geçirdik. (Grup 4: 4 Puan)*

Tasarımda aksayan yönlerini kanıtlarla sunmaları ve üzerinde yeni fikirler geliştirerek bunu gerekçelendirdikleri görülmüştür. Atılan adımlardan daha net bahsedilmiştir. Ölçüm sonuçlarıyla genel olarak desteklenmiştir.

*Deneyde yaptığımız sistemde ledlerimizin bağlantısını sorunsuz gerçekleştirdik. Özellikle ledlerin ayaklarının birbirine değmemesi için özel maşon kablolar kullandık. Kullandığımız 6 led ampulden multimetrede değeri 4.10 volt olarak gördük. Burada daha fazla enerji elde etmek için tüm grupların oluşturdukları devreleri seri bağlayarak birleştirdik. Öncelikle multimetreye bağladık ve ölçtüğümüz değer 1.14 volt çıktı. Normal şartlarda bu değer tek devrenin değerinden daha fazla çıkması gerekirdi ancak daha düşük çıktı. Bu durumda devre bağlantılarında yanlışlık olduğunu düşündük. Bağlantıları tekrar gözden geçirdiğimizde diğer grupların bağlantı hatalarını fark ettik ve sistemi yeniden gözden geçirdik. Multimetreye bağladığımızda 7.93V elde ettik. (Grup 2: 5 Puan)*

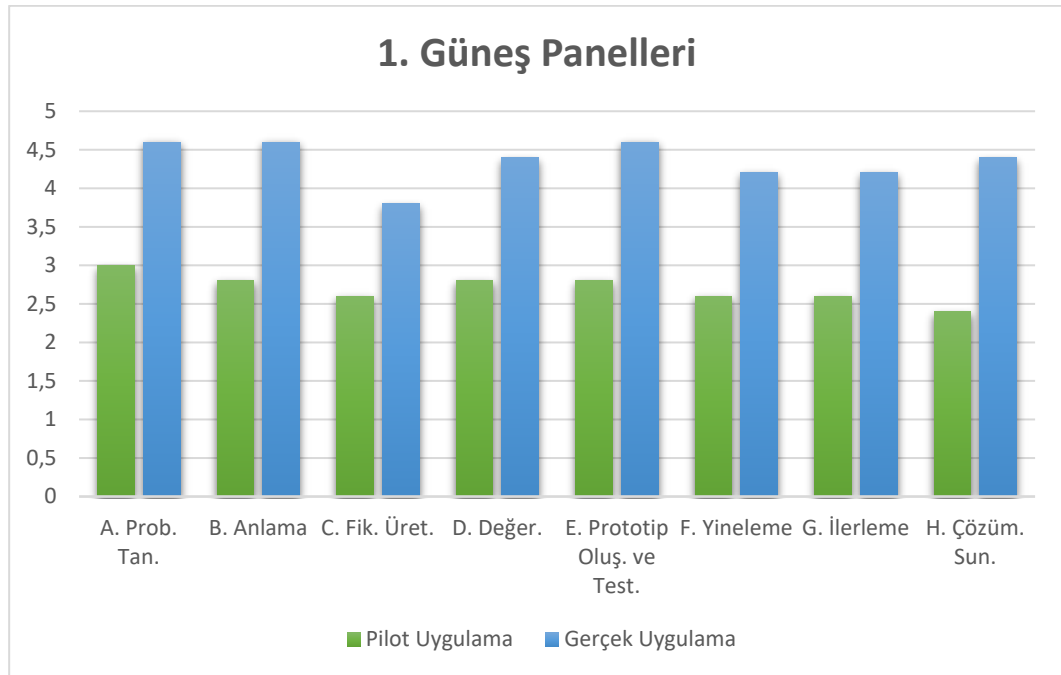
Yaptıkları prototip için yineleme ve ilerleme ögesi için grupların aksayan yönlerini kanıtlarla ve ölçümlerle sundukları görülmüştür. Karşılan sorunlar ve çözümleri açık ve net bir şekilde belirtilmiştir. Tasarım sürecinin ve projenin tasarımcılar tarafından iyileştirmeyi kolaylaştıracak, tutarlı, açık, ayrıntılı ve kapsamlı dokümantasyonunu sunmuştur.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

Grup 1, 3 ve 5, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemişlerdir. Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. Buna göre de 4 Puan almışlardır.

Grup 2 ise sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını

kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur. Bunun sonunda da 5 tam puanı almıştır.



Şekil 4.2. Güneş panelleri alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi

Şekil 4.2.'de araştırmacı tarafından rubrik ile güneş paneli prototip tasarımının pilot ve gerçek uygulama olarak grup ortalama puanlarının grafikleri görülmektedir. Grafiğin analizinden gerçek uygulamada puanların yükseldiği görülmektedir. Ayrıca tablolardan da görülebileceği gibi bu artış bütün öğeler için bütün gruplarda kapsayıcı bir artıştır. Burada pilot uygulamadan sonra öğrenci başarısındaki artış, etkinlik tasarımındaki iyileştirmelerle paralellik gösterdiğinden, her ne kadar etkinliklerin uygulanabilirliğinin bir ölçüsü olarak uzman değerlendirmesi ana dayanak olsa da öğrenci başarılarının bu kapsamlı artışı uygulanabilirlik ve etkililik bakımından ek bir kanıtı da oluşturabilir. Bu etkinlik için tablodaki veriler incelendiğinde, pilot uygulamanın puanlarının düşük ( 2-4 aralığında) olduğu, başka bir deyişle değerlendirme rubriğine göre *gelişmekte* ve *gelişmiş* aralığında olduğu görülmektedir. Rubrik, puanlara karşılık gelen nitelermeleri 0; *Yetersiz*, 1; *Acemi*, 2; *Gelişmekte* 3; *Yetkin*, 4; *Gelişmiş* ve 5; *Örnek Alınacak* şeklinde yapmaktadır. Buna göre Güneş Panelleri etkinliğinde Şekil 4.2.'deki grafikten de görülebileceği gibi gerçek uygulamada bütün gruplar *Gelişmiş* ve *Örnek Alınacak* düzeyde bir performans sergilemişlerdir.

#### 4.2.2. Parabolik Güneş Kolektörleri Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular

STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı etkinliklerinden olan parabolik güneş kolektörleri alt etkinliği için etkinlik sonunda oluşturulan parabolik güneş kolektörü prototipinin mühendislik tasarım döngüsünde oluşturulması istenmiştir. Grupların gerek sınıf dışı dijital platforma yükledikleri çalışmalar gerekse de sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.4. ve Tablo 4.5. sırası ile pilot ve gerçek uygulama değerlendirme sonuçları olarak verilmiştir.

Tablo 4.4. *Parabolik Güneş Kolektörleri Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	3	4	4	4	3	3,6
B. Anlama	4	4	4	3	4	3,8
C. Fikir üretme	3	4	3	4	3	3,6
D. Değerlendirme	3	3	3	4	4	3,4
E. Prototip oluşturma ve test etme	3	4	3	4	3	3,4
F. Yineleme	3	4	3	3	3	3,2
G. İlerleme	3	4	3	3	3	3,2
H. Çözümün sunulması	3	4	4	4	4	3,8

Tablo 4.4.'de güneş kolektörleri etkinliği için pilot uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için grupların 3'ünün 4 puan, diğer grupların 3 puan aldıkları görülmüştür. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Sıcak suyun olmaması bir problemdir. Sıcak suyun olmaması aynı zamanda ısınma problemi de beraberinde getirmiştir. Bunun için çevre dostu çözümler geliştirilmelidir. (Grup 1: 3 Puan)*

3 puan alan gruplar için problem durumunu tanımlamada bir ölçüde açık ve nesnel olarak tanımlarlarken, yeterince derinlemesine tanımlanmış ve bazen belirli ayrıntılarla ayrıntılandırılmıştır. Ancak ayrıntılandırma amaçlı bazı bilgiler kesin olmamakla geneldir. Net bir ihtiyaçtan veya net bir son kullanıcıdan veya müşteriden yoksundur. Hem sıcak su hem de ısınma problemlerinin ikisini de tanımlarken son kullanıcılardan bahsetmemiştir.

*Adada yaşayan insanlar için Isınma ve sıcak su problem durumumuzdur. Bunun için çeşitli fosil yakıtların yakılması düşünülebilir. Fakat fosil yakıtlar çevre dostu olmayan yakıtlardır. Yandıklarında çevreye çok miktarda karbon ve çeşitli zehirli gaz salınımı yaparlar. Biz daha çok çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabileceğimiz sistemleri tercih etmeliyiz. (Grup 2: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı belirtilmiştir. Müşteri kavramından yoksundur. Özellikle pilot uygulamada öğrencilerin problemin tanımlanmasında zorlandıkları verdikleri sınırlı cevaplarla görülmektedir.

Anlama ögesinde pilot uygulama sonunda yalnızca 1 grup (Grup 4) 3 puan alırken, diğer tüm grupların 4 puan aldıkları görülmüştür.

*Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneşi kullanarak adada yaşayan insanlar için sıcak su ve ısınma ihtiyacına çözümler geliştirmek amacıyla güneş kolektörleri çalışma prensibiyle bir prototip geliştirmek. (Grup 4: 3 Puan)*

İhtiyacı tanımlamada genellikle açık ve biraz ayrıntı verdiği, tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirdiği görülmüştür. Gereksinimler müşterinin ihtiyacını temsil ettiğine dair bilgi içerir. Kriter ve sınırlılıklardan bahsedilmemiştir.

*Adada yaşayacak insanlar için sıcak su, ısınma ve elektrik ihtiyacını karşılamak hayati önem arz etmektedir. Bu ihtiyaçları karşılamak için doğaya zarar vermeyen, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri, örneğin güneş enerjisini kullanmak gereklidir. Kriterler: Güneşi en verimli şekilde odaklayabilmek, farklı ısı iletkenliğine sahip borular kullanmak Sınırlılıklar: maliyet. (Grup 1: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

Fikir üretme ögesi için pilot uygulama sonuçlarında 3 grup 3 puan alırken Grup 2 ve 4 4 puan aldığı görülmüştür.

*Güneş kolektörlerinin çalışma prensibine dayalı olarak sistem üzerinde güneş ışınlarını toplayarak sıcak su elde edeceğimiz bir sistem tasarlamak. (Grup 1: 3 Puan)*

3 puan alan gruplar çözüm üretmede yeterli, savunulabilir ancak fazla ayrıntı vermemişlerdir. Ayrıca verilen bilgilerin sınırlı olması bir prototip üretmek için yeterli değildir.

*Güneş kolektörlerinde güneş ışınlarının tek bir noktaya odaklanması mantığından yola çıkarak daha çok güneş ışığını toplayabileceğimiz, parabol denklemlerinden yola çıkarak ve böylelikle daha kısa sürede daha çok suyu ısıtabileceğimiz sistemi tasarlamak. (Grup 2: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır. Ancak hala fikir tam detaylandırılmamıştır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Pilot uygulamada 5. Grubun, fikir üretme ögesi için 3 olan puanını değerlendirme ögesi için 4'e yükselttiği görülmektedir.

*Grupça yaptığımız değerlendirme sonunda çözüm önerimizi biraz daha geliştirmeye karar verdik. Bunun için güneş ışınlarını tek bir noktada odaklayabileceğimiz parabolik bir prototip geliştirmeye karar verdik. (Grup 5: 4 Puan)*

Burada yukarıdaki grup, fikrini geliştirerek prototip hakkındaki çözümlerini detaylandırmıştır. Parabol ve parabolik denklemleri kullanarak odak noktasının belirlemeye ve güneş ışınlarını tek bir noktada toplama şeklinde geliştirmişlerdir.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Pilot uygulamada 3 grubun 3, diğer grupların ise 4 puan (Grup 2 ve 4) aldıkları görülmektedir.

*Mukavvayı maket kartona sabitlerken tam tutturamadık. Daha sonra bantla sağlamlaştırarak bu sorunu çözdük. Ayrıca alüminyum folyonun çok hassas olması mukavvayı yapıştırırken bizi oldukça zorladı ve yapıştırma esnasında alüminyum folyo çok kırıştı. Alüminyum folyonun parlak ve mat olmak üzere 2 yüzeyi olduğunu fark edemedik. Prototipte güneş ışınlarını düzgün yansıtabilmesi için parlak yüzeyinin üste gelmesi gerekirken mat yüzeyini üste gelecek şekilde yapıştırmanız sonucunda hatalı bir uygulama yaptık. Yaptığımız bu hatalı uygulama deney sonuçlarımızı etkilediğini gördük. (Grup 3: 3 Puan)*

Burada öğrenciler prototiplerini oluştururken yeterli ve açıkça ayrıntılandırmışlardır. Prototipin yapım aşamasında zorlandıkları noktaları gerekçelendirerek yaşadıkları sorunları dile getirmişlerdir. Bireysel yetersizlikleri grup çalışmasının verdiği işbirliği ile çözümlenerek istenilen sonuca ulaşılmıştır. Ancak prototip oluşturma süresince çok fazla zorluk yaşadıkları ve bu sorunların çözümünü ifade etmede de zorlandıkları görülmüştür.

*Tasarımımızı oluştururken alüminyum folyonun olabildiğince kırışmadan sistem üstüne yapıştırmaya çalıştık. Bazı grupların mat yüzeyini üste getirdiğini fark ettik. Ancak ışığı yansıtması açısından parlak yüzeyin üste gelmesi gerektiğini düşünerek doğru yapıştırdık. Böylece daha doğru ve verimli sonuçlar aldık. (Grup 4: 4 Puan)*

3 puan alan grupların prototiplerini tasarlarken ve test etme aşamasında bazı noktalara dikkat etmedikleri ve bunun da sonuçlarını etkilediklerini fark etmişlerdir. Diğer 4 puan alan gruplar ise prototiplerini tasarlarken bu noktalara dikkat etmişler ve sonuçlarını önceden tahmin edebilmişlerdir. Bu da onların doğru ölçümler alabilmelerini sağlamıştır.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Bu öğelerde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yapılan değerlendirmelerde grupların burada pilot uygulama için yalnızca 2. Grup 4 puan alırken, diğer grupların 3 puan aldığı görülmüştür.

*Mukavvayı maket kartona sabitlerken tam tutturamadık (alttaki eğiklikten dolayı). Daha sonra bantla sağlamlaştırarak bu sorunu çözdük. Alüminyum folyo çok hassas olduğu için bu kavgayı yapıştırırken çok kırıştı biz de dikey keserek küçük parçalar halinde yapıştırdık. Alüminyum folyonun mat yüzeyini yapıştırdığımız için ışınları odağa yansıtamadık ve istediğimiz sıcaklıkta sonuç alamadık. Bu hataları fark edince sistemi yeniden düzenledik. (Grup 4: 3 Puan)*

3 puan alan gruplar prototipleri için aksayan yönleri en başından tahmin edememişler ve sonrasında da geliştirdikleri yöntemlerle tam olarak istenen sonuçları elde edememişlerdir. Yaptıkları her hata için sistemlerini tekrar tekrar düzenleme ihtiyacı doğmuştur. Yinelemesi gereken noktalar için yeterli açıklama yapamamışlardır.

*Alüminyum folyonun kırışksız ve düzgün bir şekilde yapıştırılması gerekir çünkü bu sayede güneş ışınlarını daha iyi çeker ve boruya yansıtması daha kolay olur. Kırışmış folyo dağınık yansıma yapar ve işimizi zorlaştırır ama kırışmamış olan folyo ise düzgün yansıma yapar ve gelen ışınlar paralel yansır. Tüm bunlara dikkat ederek sistemi tekrar ettik ve istediğimiz sonuca ulaştık. (Grup 2: 4 Puan)*

2. Grup karşılaşılabilecek tüm sorunları ve püf noktalarını önceden belirlemiş ve daha sistemli gittiğinden daha başarılı bir sonuç almıştır. Ayrıca yinelemesi gereken durumları da daha açıklayıcı anlatabilmiştir.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

1. Grup sunumda konuyu kısmen açık ve daha az çekici bir şekilde anlatmış, çözümden elde ettiği verileri sunmada da bazılarında sıkıntı yaşamıştır. Yine de verdiği verileri ve prototip görselleri iyidir. Çözüm için oluşturdukları çizimleri paylaşmışlardır. Bazı ayrıntılar çok net olmamakla birlikte sunum çoğunlukla dinleyicilere uygundur. Kendi cümleleriyle ifade ettikleri, okumadıkları ve süre sınırına uydukları görülmüştür. (3 Puan)

Diğer gruplar 4 puan alarak çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemişlerdir. Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. (4 Puan)

Tablo 4.5.'de parabolik güneş kolektörleri etkinliği için gerçek uygulamadan elde edilen grup puanları görülmektedir.

Tablo 4.5. *Parabolik Güneş Kolektörleri Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	5	5	5	4	5	4,8
B. Anlama	5	5	4	5	5	4,8
C. Fikir üretme	4	4	3	4	4	3,8
D. Değerlendirme	5	5	5	5	4	4,8
E. Prototip oluşturma ve test etme	5	5	4	5	5	4,8
F. Yineleme	4	4	5	4	5	4,4
G. İlerleme	4	4	5	4	4	4,2
H. Çözümün sunulması	5	5	5	5	5	5

Tablo 4.5.'e göre problemin tanımlanması ögesi için Grup 1, 2, 3 ve 5'in 5 puan aldığı, Grup 4'ün ise 4 puan aldığı görülmektedir. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Adada yaşayan insanlar için sıcak su ve ısınma ihtiyacına fosil yakıtlar gibi çevreye zarar veren bir enerji kaynağı yerine çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmalıyız. (Grup 4: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı da belirtilmiştir. Ancak müşteri kavramından bahsedilmemiştir.

*Hem ısınma hem de sıcak su ihtiyacı adada yaşayan insanlar için büyük problemdir. Temiz enerji şirketinin bizden istediği bu problemin çözümünde çevreye zarar veren fosil yakıtları kullanmak yerine çevre dostu yenilenebilir kaynaklardan güneşi kullanmamızdır. (Grup 3: 5 Puan)*

Burada ise problem açık, nesnel ve derin bir şekilde tanımlanırken, belli ayrıntılarla iyi bir şekilde detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı ve amaçlanan bir müşteriyi ve son kullanıcıyı da belirtmektedir.

Anlama ögesi için, gerçek uygulamada grupların çoğunluğun 5, yalnızca 1 grubun ise 4 puan (Grup 3) aldığı görülmüştür.

*Sıcak su ve ısınma ihtiyacına çözüm bulmada yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneşi kullanmak en ucuz ve en çevre dostu bir çözümdür. Bunun için evlerde kullanılan güneş kolektörlerini geliştirerek güneşi en verimli şekilde odaklayabileceğimiz, farklı ısı iletkenliğine sahip borular kullanarak uygun fiyatlı bir prototip geliştirebiliriz. (Grup 3: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

*Adada yaşayacak insanlar için sıcak su, ısınma ve elektrik ihtiyacını karşılamak hayati önem arz etmektedir. Bu ihtiyaçları karşılamak için doğaya zarar vermeyen, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri, örneğin güneş enerjisini kullanmak gereklidir. Kriterler: Verilen farklı parabol denklemlerini ( $y=1/40x^2$ ,  $y=1/60x^2$  ve  $y=1/80x^2$ ) kullanarak güneşi en verimli şekilde odaklayabilmek, farklı ısı iletkenliğine sahip borular kullanarak ve boyalı ve boyasız olarak karşılaştırarak en verimli ve en kullanışlı sistemi oluşturmak, ev içi kullanıma uygun parabolik güneş kolektörüyle boru içinde ısınan havadan sıcak su eldesi, ısınma ve elektrik gibi ihtiyaçları karşılamak. Sınırlılıklar: maliyet. (Grup 1: 5 Puan)*

Burada gereksinimler tutarlı bir şekilde açık ve ayrıntılı, nesnel, ölçülebilir ve tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirme olasılığı yüksektir. Gereksinimler müşterinin ihtiyaçlarını temsil eder. Kriter ve sınırlılıklar açık ve ayrıntılı bahsedilmiştir.

Fikir üretme ögesi için gerçek uygulama verilerinde gruplardan birinin 3 ve diğerlerinin de 4 puan aldığı görülmektedir.

*Sıcak su elde etmede güneş kolektörleri çalışma prensibinden yola çıkarak güneş ışınlarını bir noktada toplayabileceğimiz bir sistem tasarlamak. (Grup 3: 3 Puan)*

Çözüm üretme süreci yeterli, savunulabilir. Ancak tasarımı yapılacak prototipin tasarım aşamalarından bahsedilmemiştir.

*Güneş ışınlarını tek bir noktada odaklayarak toplayabileceğimiz, parabolik bir sistem tasarlayarak, güneş kolektörlerinin çalışma prensibinden yola çıkarak, sıcak su ve ısınma ihtiyaçlarına çözüm olacak bir sistem geliştirmek. (Grup 4: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Tasarımı yapılacak prototip için tasarım aşamalarından genel olarak bahsedilmiştir. Prototip için parabolik bir sistemin

odaklanma için daha iyi olabileceğinden bahsedilmiştir. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Gerçek uygulamada da en büyük fark 3. Grubun fikir üretmede 3 olan puanını 5'e yükselttiği örnekte görülmektedir.

*Çukur aynalar, parabolik şekiller güneş ışınlarını odak noktasında toplar. Alüminyum folyolar güneş ışığını iyi yansıtır. Gelen güneş ışınlarını bir noktaya iyi yansıtmak için parabolik yüzeyine alüminyum folyo koymalıyız. Çukur ayna ışıkları odağa yansıtır. Oluşan çukurun odağına içinden su geçebilen boru koymalıyız. Burada borunun ısı iletkenliği ve ışığı soğurması önemlidir. Verilerimiz en iyi iletken olduğu için bakır boru, en iyi soğuran renk siyah olduğu için siyah boyalı boru kullanmalıyız. Alüminyum folyo iyi yansıtıcı olduğu için parabolik yüzeye kırıksız sermeliyiz. Kırıksa gelen ışınları odaktan farklı yere yansıtır. Işınlar kırılır. Bu düzenek temiz enerji kaynağı olarak güneşi kullandığı için kriterlere de uygundur. (Grup 3: 5 Puan)*

Burada 3. Grup değerlendirme puanını 5'e yükseltmiştir. Bu grubun fikir üretmede puanı 3 iken diğer grup arkadaşlarıyla yaptıkları tartışmalar ve geliştirmeler sonunda fikirlerini geliştirmiş ve problemin çözümüne yönelik oluşturdukları çözüm önerilerinden en iyisini seçerek zayıf yönlerini geliştirmişlerdir. Bu sayede çözüm önerileri daha tutarlı ve tüm tasarım gereksinimlerine uygun hale gelmiştir. Sundukları çözüm önerilerinde prototipte kullanılacak tüm malzemelerin amaçlarını doğru açıklamışlar ve malzemeler hakkında yeterli bilgiyi sunmuşlardır.

Pilot uygulamada prototipin oluşturulması sırasında grupların hassas bir ürün olan alüminyum folyo kullanılmasına bağlı olarak sorun yaşamışlardır. Bu sorun gerçek uygulamada alüminyum folyo yerine daha sert bir aynalı karton kullanılmasıyla çözülmüştür. Ayrıca gerçek uygulamada öğrencilere karşılaşılabilecek bu sorunlar önceden sezdirilerek deney öncesi tahmin sorularla önceden düşünmeleri sağlanmış ve prototip oluşturma basamağına geldiklerinde herhangi bir sorunla karşılaşmadan ürünlerini ortaya koymuşlardır. Grup puanlarına bakıldığında da yalnızca 3. Grubun 4 puan aldığı, diğer tüm grupların 5 puan aldıkları görülmektedir.

*Deneyin yapılışı: uygun denklemlere göre parabol hazırlandı. Daha sonra bu paraboller köpüklerin üzerine kalıp olarak kullanılarak kesildi. Mukavvanın üzerine aynalı karton yapıştırıldı.. köpükler mukavvanın üzerine parabolik eğriye göre yapıştırıldı. Prototip bir mukavva üzerinden sabitlendikten sonra parabolün üstünde belirlenen odak noktasından demir boruyu geçirdik. Bunun ardından ilk sıcaklık ölçümü yapıldı. Daha sonra yaptığımız tasarım güneş ışınlarını odaklayacak şekilde güneşe konuldu ve belirli süre beklenip her grubun kolektörü ile ölçüm yapılarak sıcaklık verileri kaydedildi. (Grup 3: 4 Puan)*

Burada prototipini açık ve yeterli ayrıntılarla aşamalarını açıkladığı görülmektedir.

Test etme sonuçlarından yeterince bahsedilmemiştir.

*Etkinlik süresince herhangi bir problemle karşılaşmadan prototipimizi tamamladık ve her grubun yapmış olduğu kolektörü test ettiğimizde en yüksek sıcaklık değerlerinin bakır boyalı boru olduğunu*



*gördük. Bakırın iletkenliğinin en fazla olmasından dolayı bakır boru tercih ettik. Aynı zamanda odak noktası en çok güneş toplayan parabol denkleminin de sıcaklık arttırımında etkili olduğunu öğrendik. Siyah boyalı bakır borunun daha fazla sıcaklık değeri ölçülmesinin sebebi siyah boyanın daha fazla ışığı emmesinden kaynaklanır. Bundan sonra boyayı sabit alıp odak noktasının en iyi olan parabole baktık ve en verimli güneş kolektörünü elde ettiğimiz verilere göre bulmuş olduk. Yaptığımız güneş kolektörü prototipi için parabol büyüdükçe sıcaklık artmıştır çünkü parabol büyüdükçe kolları daha çok açılır bu sayede yüzeyde topladığı güneş ışığı sayısı artar bu da sıcaklığın daha çok artmasını sağlar. Aynı şekilde boyasız ve boyalı boru kullandığımızda sıcaklık artışında fark var. Bunun nedeni boyalı boru siyah renk olduğu için siyah renk de güneş ışığını daha iyi soğurduğu için sıcaklık artışı daha fazla olur. (Grup 5: 5 Puan)*

Pilot uygulamada yaşanan alüminyum folyo durumu gerçek uygulamada yaşanmamıştır. Çoğunlukla grupların prototiplerini test etme aşamaları sorunsuz geçmiştir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Bu öğelerde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Gerçek uygulamada öğrenciler aksayan yönlerini tespit etmiş ve tasarımlarında ilerlemelerini kaydetmişlerdir. 3. ve 5. Gruplar 5 puan alırken diğer gruplar ise 4 puan almıştır.

*Parabolik Güneş kolektöründe en fazla verimi elde etmek için Güneş ışınlarının daha fazla gelebilmesi ve Güneş ışınlarını odakta daha fazla yoğunlaştırmak için odak noktası büyük olan parabolünü kullandık. Parabolik yüzeyde alüminyum kullandık çünkü yansıtıcılık oranı daha fazladır. Borularda iletkenliği en yüksek olan elmas yerine bakırı kullandık çünkü bakır hem daha maliyetli hem de elmasa göre yansıtma özelliği daha azdır. Boruları siyah renge boyadık çünkü boruların yansıtıcılık özelliğini düşürerek soğurmayı yükselterek ısıyı korumayı hedefledim ve daha fazla verim ettim. (Grup 1: 4 Puan)*

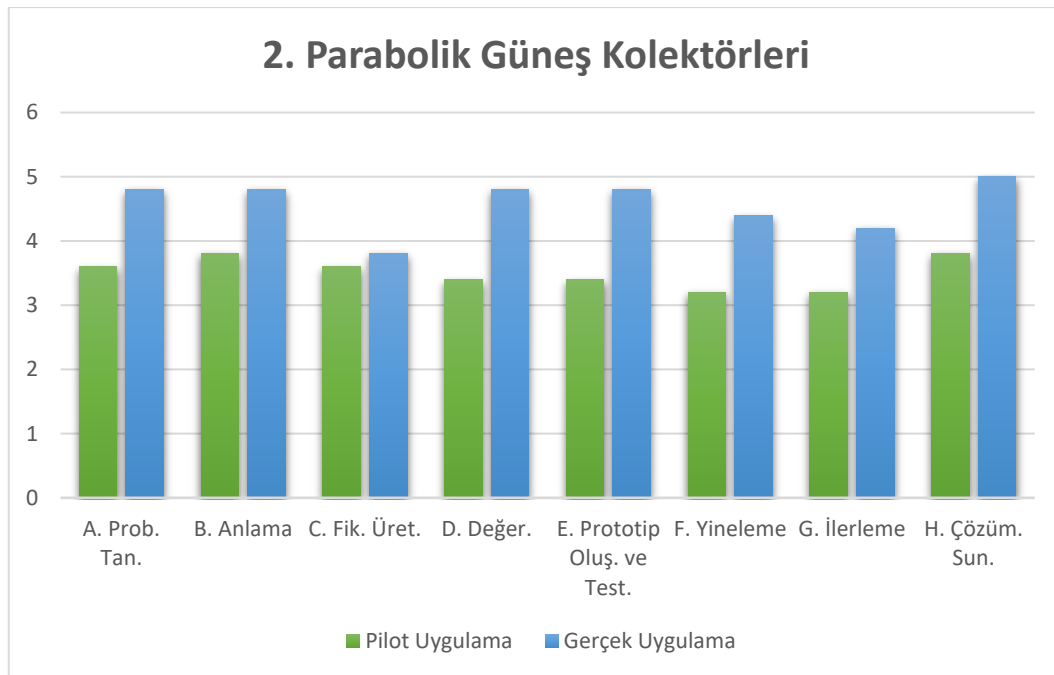
Gruplar tasarımlarını yeniden gözden geçirmiş neyi ve hangi malzemeyi ne amaçla kullandıklarını ifade etmişlerdir. Atılan adımlardan daha net bahsedilmiştir. Sürecin başından tasarımlarına hakim olan gruplar sürecin ilerleyişinde de sıkıntı yaşamamışlardır.

*Emisyon değeri az ve yüzeyi yansıtıcı özellikte olduğu için parabolik yüzeyi alüminyum ile kapladık. Parabolik güneş kolektörünün odak noktasının fazla olması gerektiği için  $1/80x^2$  parabolünü kullandık. İletkenlik katsayısı fazla olan fakat yansıtıcı özelliği az olduğu için bakır boru kullandık. Boruların soğurmayı yükseltmesi için siyah renge boyadık. Deney sonucunda her grubun yapmış olduğu kolektörü test ettiğimizde en yüksek sıcaklık değerlerini boyalı bakır borudan aldığımızı gördük. Aynı zamanda odak noktası en çok güneş toplayan parabol denkleminin de sıcaklık arttırımında etkili olduğunu öğrendik. Boyalı bakırın daha fazla sıcaklık değeri ölçülmesinin sebebi siyah boyanın yuttuğu ışınının çoğunu geri vermesinden kaynaklanır. Bundan sonra boyayı sabit alıp odak noktasının en büyük olan  $1/80x^2$  denklemine sahip parabolik yüzey kullanılmıştır ve bu şekilde en verimli güneş kolektörünü verilerle bulmuş olduk. (Grup 3: 5 Puan)*

Yaptıkları prototip için yineleme ve ilerleme öğesi için grupların aksayan yönlerini kanıtlarla ve ölçümlerle sundukları görülmüştür. Karşılan sorunlar ve çözümleri açık ve net bir şekilde belirtilmiştir. Tasarım sürecinin ve projenin tasarımcılar tarafından iyileştirmeyi kolaylaştıracak, tutarlı, açık, ayrıntılı ve kapsamlı dokümantasyonunu sunmuştur.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Gerçek uygulamada gruplar teşvik edilerek seviyeleri artırılmıştır. Bunun sonucunda da tüm grupların 5 puan aldıkları görülmektedir.

Tüm gruplar, sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur.



Şekil 4.3. Parabolik güneş kolektörü alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi

Şekil 4.3.'de araştırmacı tarafından rubrik ile parabolik güneş kolektörü prototip tasarımının pilot ve gerçek uygulama olarak grup ortalama puanlarının grafikleri görülmektedir. Bu etkinlik için tablodaki veriler incelendiğinde, pilot uygulamanın puanlarının düşük ( 3-4 aralığında) olduğu, başka bir deyişle değerlendirme rubriğine göre *yetkin* ve *gelişmiş* aralığında olduğu görülmektedir. Rubrik, puanlara karşılık gelen nitelermeleri 0; *Yetersiz*, 1; *Acemi*, 2; *Gelişmekte* 3; *Yetkin*, 4; *Gelişmiş* ve 5; *Örnek Alınacak* şeklinde yapmaktadır. Buna göre Parabolik Güneş Kolektörleri etkinliğinde Şekil 4.3.'deki grafikten de görülebileceği gibi gerçek uygulamada bütün gruplar *Gelişmiş* ve *Örnek Alınacak* düzeyde bir performans sergilemişlerdir.

### 4.2.3. Rüzgar Türbini Yapma Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular

Yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinin kullanılmasıyla elektrik enerjisi elde etmede kullanılan rüzgar türbinlerinden ilham alınarak oluşturulan rüzgar türbini yapma alt etkinliği için; rüzgar türbini prototipinin mühendislik tasarım döngüsünde oluşturulması istenmiştir. Öğrencilerin sınıf dışı dijital platforma yükledikleri çalışmalar ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirilmesiyle Tablo 4.6. ve Tablo 4.7.'de sırası ile pilot ve gerçek uygulamadaki değerlendirme sonuçlarını verilmektedir.

Tablo 4.6. Rüzgar Türbini Yapma Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	4	5	4	4	4	4,2
B. Anlama	4	4	4	4	4	4
C. Fikir üretme	3	3	3	3	3	3
D. Değerlendirme	3	3	3	3	3	3
E. Prototip oluşturma ve test etme	4	4	4	3	4	3,8
F. Yineleme	3	3	3	4	3	3,2
G. İlerleme	3	3	3	4	3	3,2
H. Çözümün sunulması	3	4	3	4	3	3,4

Tablo 4.6.'da rüzgar türbinleri etkinliği için pilot uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için gruptan yalnızca 2. Grubun 5 aldığı, diğer grupların ise 4 puan aldığı görülmektedir. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Adada yaşanan insanların elektrik enerjisi üretiminde çevre dostu olmayan ve yenilenemeyen yakıtların kullanımı bir problemdir. Temiz, çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması bir ihtiyaçtır. (Grup 5: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı belirtilmiştir.

*Adada yaşayan insanlar için elektriğin olmaması büyük bir problemdir. Temiz enerji şirketinin bizden istediği, bu ihtiyacının çevre dostu olmayan kaynaklardan elde edilmesi yerine temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada ise problem açık, nesnel ve derin bir şekilde tanımlanırken, belli ayrıntılarla iyi bir şekilde detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı ve amaçlanan bir müşteriye ve son kullanıcıyı da belirtmektedir.

Anlama ögesinde pilot uygulama tüm gruplar 4 puan aldıkları görülmektedir.

*Problem: Elektrik ihtiyacı İhtiyaç: Çevre ve doğa dostu, yenilenebilir enerji kaynağı. Maliyetinin düşük olması, enerjinin doğal kaynaklar tarafından karşılanabiliyor olması, sürdürülebilir olması, yapımının kolay olması, yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgarın kullanılması, rüzgar türbinlerinin çalışma prensibinden yola çıkarak bir prototip geliştirilmesi. (Grup 3: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamışlardır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmeleri

muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklardan genel olarak bahsedilse de prototip için istenen ayrıntılara girilmemiştir.

Fikir üretme ögesi için pilot uygulama sonuçlarında tüm grubun 3 puan aldığı görülmüştür.

*Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetle daha yüksek enerji üretebileceğimizi düşündük. Ve rüzgar türbinleri kullanmaya karar verdik. Rüzgar türbini için gerekli olan rüzgar enerjisini kolaylıkla elde edebilir ve verimli bir şekilde kullanabiliriz. İlk olarak yerleşim yerlerine uzak ve yeterli rüzgar alan yerlere kurmalıyız. Rüzgar türbinlerini daha fazla enerji üretimine uygun olarak tasarlamalıyız. (Grup 3: 3 Puan)*

Grupların çözüm üretme süreci yeterli, savunulabilir. Ancak verilen bilgilerin sınırlı olması bir prototip üretmek için yeterli değildir.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Tüm grupların 3 puan aldıkları görülmüştür.

*Yaptığım araştırmalar sonucunda en verimli kanat sayısının 2 olduğunu ancak 2 kanatlı yapıların dengesini sağlamanın zor olduğu için genellikle 3 kanatlı sistemler kullanıldığı bilgisine ulaştım. Bunun sebebi gelen rüzgarın bölünmeden kırılmalara uğramadan en az kanat sayısına sahip sistemli yapılarda daha güçlü bir şekilde döndürme kuvveti uygulaması olabilir. (Grup 4: 3 Puan)*

Değerlendirmede grup arkadaşlarıyla çözüm önerilerini bir karara bağlayan gruplar yaptıkları araştırmaları da kanıt olarak sunarken en iyi çözüme karar vermişlerdir. Ancak tek bir bağımsız değişken için fikir geliştirmişler ve rüzgar enerjisinin üretilmesinde verimi etkileyecek diğer bağımsız değişkenler ve sonuçlarından bahsedilmemiştir.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Pilot uygulamada yalnızca 1 grubun 3 (Grup 3), diğer grupların ise 4 puan aldıkları görülmektedir. 3 puan alan grubun yaptığı adımları daha genel ve ne amaçla yaptığının ayrıntılarına girmeden yazdığı görülmektedir.

*Türbinimizin ana gövdesini oluşturmak için cetvel yardımı ile kaç kanatlı yapmak istiyorsak ona uygun bir kağıda geometrik şekil çiziyoruz. Kalın mukavvalara yapıştırıp kesiyoruz. Mukavvaların köşelerini belli bir açı ile kesip dil çubuklarını yerleştiriyoruz. Kulemiz olan karton silindirin üst kısmını kesip ve delip içine plastik çubuğa yapıştırılmış neodyum mıknatısı yerleştiriyoruz. Karton silindirin etrafını bakır tel ile sarıyoruz. Model kurulduktan sonra farklı hız kademelerine sahip saç kurutma makinesi ile ölçümler yapılır. (Grup 3: 3 Puan)*

Burada öğrenciler prototiplerini oluştururken yeterli ve açıkça ayrıntılandırmışlardır.

Ancak kullandıkları malzemelerin amaçlarını tam açıklayamamışlardır.

*Öncelikle bu deneyden önce kendimiz bir rotor çalışması yaptık. Bunu yaparken bobin teli, pil, mıknatıs kullandık. Bunu manyetik alan oluşturmayı anlamak için yaptık. Öncelikle her grup için altı adet sert karton kestik. Sonra rotorun göbeği için çizim yaptık. Biz 1 kanatlı ,3 kanatlı ve 4 kanatlı rüzgar türbini deneyi yaptık. Buna göre hazırladık göbekleri. Çizdikten sonra kanat takacağımız yeri eğik olarak kestik. Rüzgar türbinimizin kulesini zemin üzerine yapıştırdık. Bunu kule düz ve dik dursun diye yaptık. Rüzgar türbinimizin kulesinde dil çubuğumuzun yerini deldik. Neodyum mıknatısı da manyetik alan oluşturarak sistemin dönmesini sağlayarak ölçümlerimizi saç kurutma makinesi yardımıyla gerçekleştirdik. (Grup 2: 4 Puan)*

Prototiplerini oluştururken yeterli ve açıkça ayrıntılandırmışlardır. Ayrıca kullandıkları malzemelerin amaçlarını da tam olarak açıklamışlardır. Prototiplerini oluşturma ve test etme aşamalarında daha bilinçli ve ne yaptıklarının bilincinde bir süreç geçirmişlerdir. Ancak tek bir bağımsız değişken ve etkilerinden bahsedildiği görülmüştür.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yapılan değerlendirmelerde grupların burada pilot uygulama için yalnızca 4. Grup 4 puan alırken diğer grupların 3 puan aldıkları görülmüştür.

*Rüzgar türbini prototipimizi yaparken her grubun farklı kanat sayılarında yapması karşılaştırma yapmamızı zorlaştırmıştır. Bunun için her grup kendi rüzgar türbininde verimi etkileyeceğini düşündüğü bağımsız değişkenleri kullanarak denemeler yapmıştır. (Grup 3: 3 Puan)*

*Grup olarak yaptığımız rüzgar türbininde rüzgar türbini kanatlarını takip çıkarmalı yapmamız kanat sayısının verimi etkilemedeki rolünü belirlemede yol gösterici oldu. Bunun gibi diğer verimi etkileyeceğini düşündüğümüz bağımsız değişkenleri de deneme imkanı bulduk. (Grup 4: 4 Puan)*

Burada 3 ve 4 puan alan gruplar, yineleme ve ilerleme basamaklarında dikkat edilmesi gereken noktalarda daha açık cevaplar vermişlerdir. Ancak 4 puan alan grubun rüzgar türbini kanatlarını takip çıkarmalı yapması onun tek bir prototip üzerinden kanat sayısı değişkeni için daha doğru sonuçlar elde etmesini sağlamıştır. 3 alan gruplar ise prototiplerinde rüzgar türbini kanatlarını sabit yaptıklarından kanat sayısı değişkeni için karşılaştırma sonuçları elde edemeyince sistemi tekrardan gözden geçirmişlerdir.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. 2. ve 4. Gruplar 4 puan alırken diğer grupların 3 puan aldıkları görülmüştür. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

1. Grup sunumda konuyu kısmen açık ve daha az çekici bir şekilde anlatmış, çözümden elde ettiği verileri sunmada da bazılarında sıkıntı yaşamıştır. Yine de verdiği verileri ve prototip görselleri iyidir. Çözüm için oluşturdukları çizimleri paylaşmışlardır. Bazı ayrıntılar çok net olmamakla birlikte sunum çoğunlukla dinleyicilere uygundur. Kendi cümleleriyle ifade ettikleri, okumadıkları ve süre sınırına uydukları görülmüştür. (3 Puan)

Grup 2: Grup, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemişlerdir.

Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. (4 Puan)

Tablo 4.7. Rüzgar Türbini Yapma Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	5	5	5	4	5	4,8
B. Anlama	5	5	5	5	5	5
C. Fikir üretme	4	4	3	4	4	3,8
D. Değerlendirme	5	5	5	5	4	4,8
E. Prototip oluşturma ve test etme	5	5	4	5	5	4,8
F. Yineleme	4	5	5	5	4	4,6
G. İlerleme	4	5	5	5	4	4,6
H. Çözümün sunulması	5	5	5	5	5	5

Tablo 4.7.'ye göre problemin tanımlanmasında, öğrencilerin kendilerini daha geliştirmiş oldukları ve bu sorulara daha doğru ve gelişmiş cevaplar verdikleri aşağıdaki öğrenci cevaplarından görülmektedir. Yalnızca 4. Grubun 4 puan alması ve diğer grupların 5 puan aldığı görülmektedir. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Problem adada yaşayan insanların elektrik ihtiyacını karşılayabilmektir. Bunu yaparken çevre dostu yöntemleri kullanmak, çevreye zarar vermeden elektrik ihtiyacının sağlanması önemlidir çünkü asıl amacımız çevre dostu kaynaklar ile enerji elde etmektir. (Grup 4: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı da belirtilmiştir.

*Elektrik enerjisi sorununa alternatif bir çözüm olarak rüzgar enerjisi kullanmak doğa dostu, temiz, yenilenebilir, düşük maliyetli, verimli olmasının yanı sıra tükenmesi uzun yıllar alacağından avantajlıdır. Böylece fosil yakıtların verdiği zarar minimum düzeye indirilebilir. Temiz enerji şirketinin de bizden istediği adada yaşayacak insanlar için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak doğaya zarar vermeden kendi yaşamımızı idame ettirebilmemiz için gerekli olan enerjiyi, elektriği elde edebilmektir. (Grup 1: 5 Puan)*

Burada ise problem açık, nesnel ve derin bir şekilde tanımlanırken, belli ayrıntılarla iyi bir şekilde detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı tanımlarken amaçlanan bir müşteriyi ve son kullanıcıyı da belirtmektedir.

Anlama ögesinde gerçek uygulamada tüm gruplar 5 tam puan almışlardır.

*Problem: Adada elektrik olmaması İhtiyaç: Elektrik. Kriterler: En yüksek verimi elde edebileceğimiz şekilde bir rüzgar türbini sistemi, estetik görünüm, kullanım kolaylığı, yüksek enerji değerleri. Sınırlılık: Maliyet, kullanılacak malzemelerin kolay elde edilebilir olması. (Grup 2: 5 Puan)*

Problem durumunu artık doğru ve açık bir şekilde tanımlayan gruplar problemin çözümünde de ihtiyaçları ve gereksinimleri de ayrıntılandırarak somut ve uygulanabilir çözüm önerileriyle geliştirdikleri görülmüştür. 5 puan alan gruplar kriter ve sınırlılıkları daha doğru ve net ayırmışlardır.

Fikir üretme ögesi için yalnızca 3. Grubun 3 puan aldığı diğer grupların 4 puan aldıkları görülmüştür. Bu da 3 puan alan grupların çözüm üretme sürecinde yeterli ancak çok fazla ayrıntı vermedikleri görülmektedir. 4 puan alan gruplar ise tasarım çözümlerini üretmede daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür.

*Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetle daha yüksek enerji üretebileceğimizi düşündük. Ve rüzgar türbinleri kullanmaya karar verdik. Rüzgar türbini için gerekli olan rüzgar enerjisini kolaylıkla elde edebilir ve verimli bir şekilde kullanabiliriz. İlk olarak yerleşim yerlerine uzak ve yeterli rüzgar alan yerlere kurmalıyız. Rüzgar türbinlerini daha fazla enerji üretimine uygun olarak tasarlamalıyız. (Grup 3: 3 Puan)*

Çözüm üretme süreci yeterli, savunulabilir. Ancak tasarımı yapılacak prototipin tasarım aşamalarından bahsedilmemiştir.

*Proje çerçevesinde en verimli rüzgar türbini elde etmek için rüzgar türbininin türleri, çalışma prensipleri ve maliyet yönünden değerlendirilmiştir. Burada dikey rüzgar türbinlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Rüzgar türbinini en verimli şekilde kullanmak için kanat sayısı, bıçak yarıçapı, kule yüksekliği gibi özellikler test edilmeli en verimli olanı projede kullanılmalıdır. Prototip üzerinde denenebilecek değişkenler için bir prototip tasarlanmalıdır. (Grup 4: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Gerçek uygulamada alınan puanların 5'e kadar yükseldiği görülmektedir. Bu durumda gruplar çözüm önerilerini değerlendirirken daha iyi çözüm önerileri geliştirmeye devam etmişlerdir.

*Kanat sayısına bağlı olarak verim değişeceği için çok kanatlı yapılan sistemlerin daha az verim alacağını düşünüyoruz çünkü yapılan rotor yetersiz gelecektir. Grup olarak düşüncemiz, 3 kanat yapılırsa daha verimli enerji üretilecektir. Yani sonuç olarak rotor da uygun bobin telinin kullanılması (orta kalınlıkta) ve kanat sayısının doğru kullanılması ile verimli bir rüzgar türbini ortaya çıkacaktır. Kanat sayısı bağımsız ve buna bağlı olarak üretilen enerjinin artması bağımlı değişkendir. Bobin telinin kalınlık veya inceliği bağımsız buna bağlı olarak rotor gücü bağımlı değişkendir. Kule boyu bağımsız buna bağlı olarak elde edilen enerji bağımlı değişkendir. (Grup 3: 5 Puan)*

Burada 3. Grup değerlendirme puanını 5'e yükseltmiştir. Bu grubun fikir üretmede puanı 3 iken diğer grup arkadaşlarıyla yaptıkları tartışmalar ve geliştirmeler sonunda fikirlerini geliştirmiş ve problemin çözümüne yönelik oluşturdukları çözüm önerilerinden en iyisini seçerek zayıf yönlerini geliştirmişlerdir. Prototip için verimi etkileyeceğini düşündükleri bağımsız değişkenlerden de bahsedilmiştir. Bu sayede çözüm önerileri daha tutarlı ve tüm tasarım gereksinimlerine uygun hale gelmiştir.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Yalnızca 3. Grubun 4 puan aldığı diğer tüm grupların 5 puan aldıkları görülmüştür.

*İlk olarak rüzgar türbinimizi göbek kısmından başladık. Bunun için 3 adet altıgen elde ettik. Bu altıgenlerimize dil çubuklarından kanatlar ekledik. Kanatlarımızı 2 3 ve 4 kanatlı olacak şekilde*

yaptık. Bu sayede kanat sayısının elde edilecek elektrik enerjisi miktarıyla ilişkisini inceleyeceğiz. Daha sonra kalemizi dik durması için bir kartonun üzerine yapıştırdık. Yukarı kısmından bir delik açtık ve neodyum mıknatısımızı manyetik alan etkisiyle dönmeyi sağlaması için plastik çubuk yardımıyla buraya yapıştırdık. Mıknatısın alt ve üst kısmına sıkı bir şekilde bobin teli ile yirmişer sarım yaptık. Yaptığımız göbekleri sırayla çubuğa takarak saç kurutma makinasıyla oluşturduğumuz rüzgar sayesinde kanat sayısının prototip için değişimini gözlemledik. Ardından diğer bağımsız değişkenler kule boyu kanat sayısı, rotor gücü, bobin telinin sarım sayısı, kulenin çapı için simülasyon programı kullandık. Prototip üzerinde verimi etkileyeceğini düşündüğümüz bağımsız değişkenler için de denemelere devam ettik. (Grup 3: 4 Puan)

Burada prototipini açık ve yeterli ayrıntılarla aşamalarını açıkladığı görülmektedir.

Ölçüm sonuçları ve detaylardan yeterince bahsetmemiştir.

Kartondan çark göbeğini oluşturmak için milimetrik kağıttan elde ettiğimiz altıgen ve yuvarlak şablonu kartonun üzerine çivi yardımı ile işaretliyoruz. İşaretlediğimiz yerlerden keserek çark göbeklerini oluşturuyoruz. Çark göbeğini kanatları takmak için eğimli şekilde kesiyoruz. Ve çubuklarımızı yerleştiriyoruz. Kulenin boyunu oluşturmak için silindir boruyu mukavvanın üstüne silikon tabancası yardımıyla sabitleyoruz. Çarkı kuleye takmak için borunun üzerine iki delik açıyoruz. Çarkın içinden çubuk geçirmek için çarkın ortasına delik açıyoruz. Açtığımız delikten çubuğu geçirerek silindir boruyu deldiğimiz yerden çubuğun geri kalan kısmını geçiriyoruz. Geçirdiğimiz çubuğun boru içindeki kısmına mıknatıslarımızı sabitleyip manyetik alan oluşturmak için etrafına ince tel sarıyoruz. Daha sonra boruya geçirdiğimiz çubuğun diğer ucuna çarkı yerleştirerek sistemimizi oluşturuyoruz. Oluşturduğumuz sisteme saç kurutma makinesiyle rüzgar etkisi vererek sistemimizin kanat sayısı etkisini gözlemliyoruz. Öncelikle sistemimizi 4, 3, 2 ve 1 kanat olarak ölçümlerini yapıyoruz. Oluşturduğumuz sistemde manyetik alan sayesinde kinetik enerjiyi elektrik enerjisine çeviriyoruz. Kullandığımız telin kalınlığı, sarım sayısı, kullandığımız mıknatısın kalınlığı, büyüklüğü vb. elde edeceğimiz verimi etkilemektedir. Bu nedenle bunları sabit tutarak kanat sayısı ve rüzgar hızını inceledik. Elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda 3 kanatlı ve yüksek kademede rüzgar ile elde ettiğimiz verim en fazladır. 1 kanatlı sistemde çarkı çevirmekte zorlandık ve sistem çok dengersizdi. 2 kanatlı sistemde ise sistem yine dengersizdi ve düşük kademede çarkı çevirmekte zorlandık. 3 kanatlı sistemde düşük ve yüksek kademede rahatça çarkı çevirebildik ve sistem dengeliydi. Kanat sayısını 3 ten fazla kullanırsak verimin düşeceğini gözlemledik. Çünkü kanat sayısı artarsa çark daha yavaş dönecektir. Bu sayede elde edeceğimiz enerji azalacaktır. Kule boyu, kanat sayısı, kulenin çapı gibi bağımsız değişkenler için simülasyon programı kullandık. Verimi etkileyeceğini düşündüğümüz bağımsız değişkenler için de denemelere devam ettik. (Grup 5: 5 Puan)

Prototipin tüm aşamaları açık ve net bir şekilde ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Ayrıca

test etme aşamasından sonra elde edilen sonuçlardan da bahsedilmiştir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar aksayan yönlerini tespit etmiş ve tasarımlarını yinelemiştir. Karşılaşabilecekleri sorunlar önceden sezdirilerek daha sistemli yapmaları sağlanmıştır. 1 ve 5. Gruplar 4 puan alırken, diğer grupların tamamı 5 puan almıştır. Burada gruplar yineleme sebebini daha açık ve net olarak ifade etmiştir ve sistemi yinelemenin sonucunda istenen sonuca ulaşmıştır.

Deney verilerine baktığımızda en çok verimi 3 kanatlı sistemden alıyoruz çünkü kanat sayısı arttıkça hız azalıyor. Ancak kanat sayısı tek başına verimi arttıran bir etken değildir. Sarım sayısı arttıkça da daha fazla enerji elde ederiz ama bu deneyde en önemli etken mıknatısın manyetik alanıdır. Çift mıknatıs kullanıldığında en çok enerjiyi elde ettik. Sarım sayısı farklı olan sistemler birbirine yakın değerler verirken çift mıknatıs ve kalın tel kullanılan sistemden en çok verimi elde etmiş olduk. Zaten sistemin çalışma prensibi de mıknatısa bağlı oluşan manyetik alan ile enerji oluştuğu için mıknatıs değişkeni çok önemli bir etken olmuştur. Sonuç olarak 3 kanatlı kalın telli ve çift mıknatıslı deney sistemi en verimli sistemdir. (Grup 1: 4 Puan)



Tasarımda aksayan yönlerini kanıtlarla sunmaları ve üzerinde yeni fikirler geliştirerek bunu gerekçelendirdikleri görülmüştür. Prototipin yapım aşamalarından daha genel bahsedilmiştir. Uygulayıcılar için basamaklar yeterince ayrıntılandırılmamıştır.

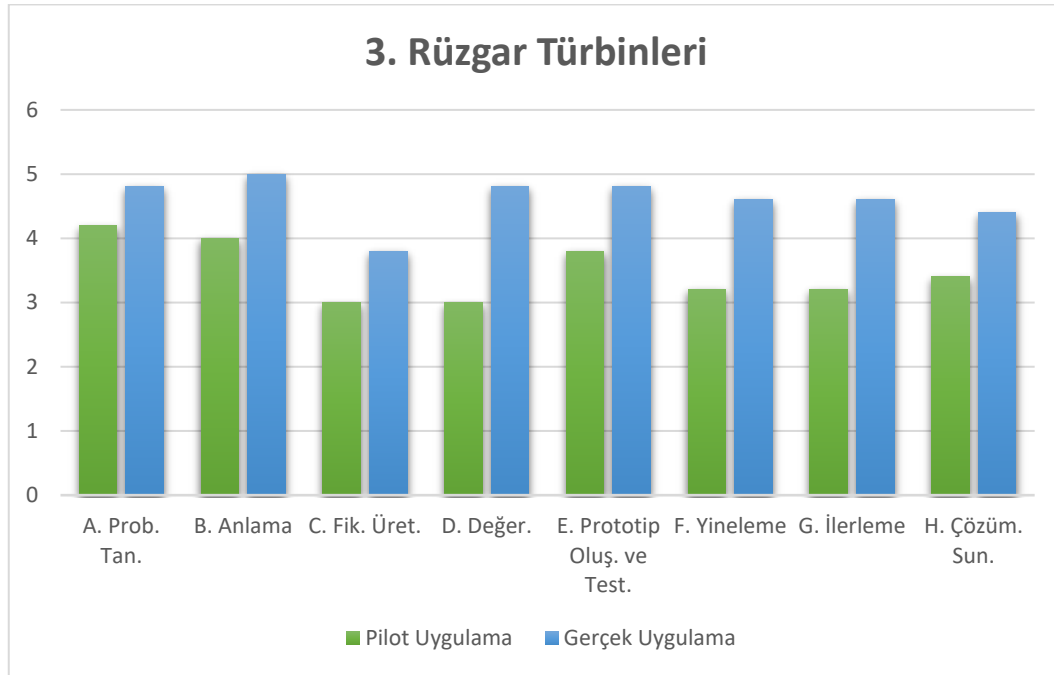
*Yaptığımız deneyde amacımız rüzgar türbinlerinin çalışma prensibini kavramak ve enerji dönüşümünü hangi yollarla gerçekleştirildiğini görmektir. Bunu gözlemleyebilmek için bir tribün tasarladık bu rüzgar türbinini oluştururken kullandığımız malzemeler 2 adet neodyum mıknatıs ve bobin teli ile kanatları döndürerek manyetik alan oluşturup rüzgar enerjisine dönüştürdüğümüz motor kısmı için kullandık. Kanatlar için ağız çubuğu, kanatları sabitleyeceğimiz merkez için köpük karton, kule için rulo kuleyi sabitlemek için karton ve tüm bunları yapıştırmak için silikon tabancası kullandık. Amacımız farklı kalınlıklarda bobin telleri, farklı sayıda neodyum mıknatıs ve farklı sayıda kanatları kullanarak en verimli rüzgar enerjisini üreten türbini elde etmektir. Sınıftaki diğer grup arkadaşlarımızla beraber farklı kanat sayılarında ve farklı telleri kullanarak sistemler oluşturduk. Biz grup olarak 3 ve 4 kanatlı birer sistem oluşturup ince tel kullandık ve sarım sayımız 104'tü. İlk olarak kanatlarımızı oluşturduk 3 ve 4 kanatlı eşit aralıklarla kesebilmek için eş kenar bir üçgen çizdik ve daha sonra etrafına pergel yardımı ile bir daire oluşturduk üçgenin dik kenarlarını merkez alarak maket bıçağı yardımıyla ağız çubuklarının geçebileceği şekilde ve rüzgarı alması için eğim oluşturacak şekilde kartonlarımıza kesikler oluşturduk aynı işlemleri karton üzerinde kare çizerek dört kanatlı sistemimiz için de yaptık. Kanatlarımızı oluşturduğumuz kesiklere silikonla sabitledik ve aynı boyda olmalarına dikkat ettik. Daha sonra ikinci kısım olan kulemizi ve rotor kısmımızı oluşturduk. İlk olarak kulemizin üst kısmına kokteyl çubuğu geçecek şekilde ve merkezde olacak şekilde karşılıklı ve eşit iki adet delik açtık. Açtığımız deliğin biraz alt kısımdan olacak şekilde kulemizi dikine olacak şekilde yarılaryarak belirlediğimiz noktaya kadar kestik bunu yapmaktaki amacımız mıknatısları kule içerisine yerleştirmekti. Ve kokteyl çubuğumuzu kullanarak mıknatısların arasına yerleştirdik ve silikonla karşılıklı olacak şekilde yapıştırdık. Devamında arada kalan çubuğumuz sağa sola kaymasın diye ince bir köpükten kenarlarına destek olacak şekilde küçük parçalar yapıştırdık bu hazırladığımız mekanizmayı kule içerisine açtığımız deliklerden geçirerek yerleştirdik ve daha sonra kulemizin üst kısmını aynı yerine silikon yardımı ile yapıştırdık. Daha sonra bobin telimizi sıkı ve sıralı, düzenli bir şekilde mıknatıs hizasında kulemizin dış kısmına sardık ve tellerin ucunu biraz uzun bıraktık ki ampermetredeki değeri rahatça ölçebilelim. Sonrasında kulemizi silikonla kartona sabitledik ve çubuğumuzun ucuna hazırladığımız kanat sistemini takarak rüzgar türbinimizi hazırlamış olduk ampermetrede değeri görmek için bobin tellerimizin uç kısımlarındaki yalıtkanı zımpara ile kazıdık sistemimizi ampermetreye bağladık fön makinamızı kullanarak türbinimizi döndürdük. (Grup 2: 5 Puan)*

Yaptıkları prototip için ilerleme ve değerlendirme aşamasında grupların aksayan yönlerini kanıtlarla ve ölçümlerle sundukları görülmüştür. Karşılan sorunlar ve çözümleri açık ve net bir şekilde belirtilmiştir. Tasarım sürecinin ve projenin tasarımcılar tarafından iyileştirmeyi kolaylaştıracak, tutarlı, açık, ayrıntılı ve kapsamlı dokümantasyonunu sunmuştur.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Bütün gruplar en yüksek puan olan 5 puanı alarak tasarımlarını ve verilerini en iyi şekilde ifade etmişlerdir. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

Tüm gruplar sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da

doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur. Bunun sonunda da 5 tam puanı almıştır.



Şekil 4.4. Rüzgar türbini alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalardan grup ortalama puanlarının gösterimi

Şekil 4.4.'de araştırmacı tarafından rubrik ile rüzgar türbini prototip tasarımının pilot ve gerçek uygulama olarak grup ortalama puanlarının grafikleri görülmektedir. Bu etkinlik için tablodaki veriler incelendiğinde, pilot uygulamanın puanlarının düşük ( 3-4 aralığında) olduğu, başka bir deyişle değerlendirme rubriğine göre *yetkin* ve *gelişmiş* aralığında olduğu görülmektedir. Rubrik, puanlara karşılık gelen nitelermeleri 0; *Yetersiz*, 1; *Acemi*, 2; *Gelişmekte* 3; *Yetkin*, 4; *Gelişmiş* ve 5; *Örnek Alınacak* şeklinde yapmaktadır. Buna göre Rüzgar Türbinleri etkinliğinde Şekil 4.4.'deki grafikten de görülebileceği gibi gerçek uygulamada bütün gruplar *Gelişmiş* ve *Örnek Alınacak* düzeyde bir performans sergilemişlerdir.

#### 4.2.4. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular

Geleceğimizin en önemli sorunlarından biri olan su sorununa çözüm arayışları için oluşturulan yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması alt etkinliğinde gruplar yağmur sularını kimyasal ve fiziksel olarak incelemiştir. Biyolojik olarak da içeriği hakkında araştırmalar yapmışlardır. Yağmur sularının sulamada kullanılması üzerine bir farkındalık oluşturulması için yapılan çalışmada yağmur sularını fiziksel olarak ayrıştırabilen bir prototip tasarımları istenmiştir. Tablo 4.8. ve Tablo 4.9. sırası ile pilot ve gerçek uygulamadaki değerlendirme sonuçlarını vermektedir.

*Tablo 4.8. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	4	4	4	4	4	4
B. Anlama	4	4	4	3	3	3,6
C. Fikir üretme	4	4	3	3	3	3,4
D. Değerlendirme	4	4	3	3	3	3,4
E. Prototip oluşturma ve test etme	4	4	3	3	3	3,4
F. Yineleme	3	4	4	3	3	3,4
G. İlerleme	3	4	4	3	3	3,4
H. Çözümün sunulması	4	4	4	3	4	3,8

Tablo 4.8.'de yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması etkinliği için pilot uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için grupların hepsinin 4 puan aldıkları görülmüştür. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Adada yaşayacak insanlar için içilebilir su kaynaklarının tükenmeye başlaması büyük bir problemdir. (Grup 2: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı belirtilmiştir.

Anlama ögesinde pilot uygulama sonunda 4. ve 5. Gruplar 3 puan alırken diğer grupların tamamı 4 puan almıştır.

*Su kaynaklarının azalması suyu tasarruflu kullanmak, ,atık suların geri dönüştürülmesi ile tekrar kullanılması sonucu su tasarrufu ve suları değerlendirmek sağlanabilir. (Grup 4: 3 Puan)*

Grupların ihtiyacı tanımlamada genellikle açık ve biraz ayrıntı verdiği, tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirdiği görülmüştür. Gereksinimler müşterinin ihtiyacını temsil ettiğine dair bilgi içerir. Ancak kriter ve sınırlılıklardan bahsedilmemiştir.

*Su kaynakları azalmakta, su kirliliği artmakta ve suyun gelecekteki önemi her geçen gün daha fazla anlaşılmaktadır. Bu nedenle suyun tasarruflu kullanımı ve atık suların geri kazanımı gibi çözümlere ihtiyaç vardır. Nihai ürünü kullanacak olan kullanıcılar için, atık sular kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak arıtma süreçlerinden geçirilerek tekrar kullanıma sunulabilir. (Grup 3: 4 puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

Fikir üretme ve değerlendirme ögesi için pilot uygulama sonuçlarında 1. ve 2. Grupların 4 puan aldıkları diğer 3 grubun ise 3 puan aldığı görülmüştür.

*Yağmur suyunun fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak arandıktan sonra kullanılabilmesi için bazı aşamalardan geçmesi gerekir. Bu amaçla yapacağımız sistemin bu aşamaları içerecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. (Grup 3: 3 Puan)*

Çözüm üretme süreci yeterli, savunulabilir. Ancak verilen bilgilerin sınırlı olması bir prototip üretmek için yeterli değildir.

*Fiziksel arıtım, biyolojik ve kimyasal arıtma öncesi atık suda yüzen ve çökelebilen katı maddelerin uzaklaştırılması amacı ile uygulanmalıdır. Fiziksel arıtma sistemleri ,atık suyun içeriği ve kirlilik parametrelerine bağlı olarak değişmekle beraber genel olarak ızgara ve elekler ,öğütücüler , kum tutucular ve ön çöktürme olarak sıralanır. Biz de sistemimizde bu sıralamaya dikkat ederek bir sistem tasarlamayı düşünüyoruz. (Grup 2: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Pilot uygulamada 3 grup 3 puan alırken, 1. ve 2. Gruplar 4 puan almıştır.

*Yukarıdan aşağıya doğru büyük taşlar küçük taşlar, odun parçaları, pamuk ve filtre kağıdını koydum. Bu şekilde koyarak yukarıdan aşağıya doğru bıraktığım yağmur suyu malzemelerinin arasından sızarak yağmur suyu için fiziksel arıtım gerçekleştirilmiştir. (Grup 4: 3 Puan)*

Prototipin işleyişinden kısaca bahsedilmiştir. Prototipte fiziksel arıtımın doğru sonuçlar vermesi için kullanılan malzemelerin sırası oldukça önemlidir. Prototip oluşturma sürecince yapılan gözlemlerden 3 puan alan grupların bu sıralamada zorlandıkları görülmüştür. Ve sebepleri sorulduğunda da yeterli cevaplar alınamamıştır.

*Prototipimizde sırayla iri taşlar, küçük taşlar, kömür parçaları, pamuk, filtre kahve kağıdı kullandık. 1-Ön arıtma. 2-Süzme 3-Çöktürme 4-Aktif karbon kullanımı 5-Dezenfeksiyon. Bu sıralama, yağmur suyunu fiziksel olarak arıtımı için en uygun yöntem olduğundan bu sıralamada gerçekleştirdik. Kullandığımız malzemeler de sırasıyla bu işlemlere hizmet etmektedir. Örneğin, eğer yağmur suyu yalnızca bahçe sulamak veya yıkama gibi düşük riskli faaliyetler için kullanılacaksa, ön arıtma veya dezenfeksiyon işlemleri atlanabilir. Yaptığımız fiziksel arıtma yeterlidir. Bununla birlikte, daha yüksek riskli faaliyetler için, örneğin içme suyu olarak kullanım için yağmur suyunun arıtılması gerekiyorsa, daha kapsamlı bir arıtma süreci gerekebilir. Bu durumda, daha fazla arıtma aşaması eklenebilir veya alternatif yöntemler; örneğin ters ozmoz veya ultrafiltrasyon gibi, kullanılabilir. (Grup 1: 4 Puan)*

Burada prototipini açık ve yeterli ayrıntılarla aşamalarını açıkladığı görülmektedir. Prototip oluşturma sürecince yapılan gözlemlerden 4 puan alan grupların fiziksel arıtım için uygun olan sıralamayı doğru yaptıkları görülmüştür. Ve sebepleri sorulduğunda da yeterli cevaplar alınmıştır. Ölçüm sonuçları ve detaylardan yeterince bahsetmemiştir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan

yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yapılan değerlendirmelerde grupların burada pilot uygulama için 3 grup (Grup 1, 4 ve 5) 3 puan alırken, Grup 2 ve 3'ün ise 4 puan aldığı görülmüştür.

*Çamurlu suyu hazırladığımız prototipten geçiriyoruz. Su süzöldükten sonra tekrar baştan suyu döküp süziyoruz. Bu şekilde 3 tur yaptık. Bunu yaparken suyu yavaş eklemenin daha iyi olduğunu gördük. Diğer türlü boşluklardan direkt geçebiliyor. Ve tam filtreleme olmuyor. (Grup 5: 3 Puan)*

Tasarımlarında yaşadıkları sorunları anlatırken veri ve kanıtlarla sunmadıkları görülmüştür.

*Temizlenen bu çamurlu suyu türbidimetre ile ölçtüğümüzde değer 40,1 NTU çıktı. Çünkü süzme sırasında filtre kağıdımız delindiği için arındırdığımız suya kömür tozları geçmişti. Bunun için sistemi daha sağlam olacak şekilde tekrarladık ve bu sefer bulanıklık değerimiz daha da düşmüştü. (Grup 2: 4 Puan)*

Tasarımda aksayan yönlerini kanıtlarla sunmaları ve üzerinde yeni fikirler geliştirerek bunu gerekçelendirdikleri görülmüştür. Atılan adımlardan daha net bahsedilmiştir.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. 4. Grup 3 puan alırken diğer gruplar 4 puan almıştır. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

4. Grup sunumda konuyu kısmen açık ve daha az çekici bir şekilde anlatmış, çözümden elde ettiği verileri sunmada da bazılarında sıkıntı yaşamıştır. Yine de verdiği verileri ve prototip görselleri iyidir. Çözüm için oluşturdukları çizimleri paylaşmışlardır. Bazı ayrıntılar çok net olmamakla birlikte sunum çoğunlukla dinleyicilere uygundur. Kendi cümleleriyle ifade ettikleri, okumadıkları ve süre sınırına uydukları görülmüştür. (3 Puan)

Diğer gruplar, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemiştir. Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. Buna göre de 4 Puan almışlardır.

Tablo 4.9. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	5	5	5	4	5	4,8
B. Anlama	5	5	4	5	4	4,6
C. Fikir üretme	5	5	4	5	5	4,8
D. Değerlendirme	5	5	5	5	5	5
E. Prototip oluşturma ve test etme	5	5	4	5	5	4,8
F. Yineleme	4	5	4	4	5	4,4
G. İlerleme	4	5	4	4	5	4,4
H. Çözümün sunulması	5	5	5	5	5	5

Tablo 4.9.'da yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması etkinliği için gerçek uygulama değerlendirme sonuçları verilmiştir. Sadece 4. Grup 4 puan almış diğer tüm gruplar 5 puan almıştır. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*İçilebilir su kaynaklarının tükenmeye başlaması adada yaşayan insanlar için bir problem durumudur. (Grup 4: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı da belirtilmiştir.

*Mevcut problem, adada yaşayacak insanlar için su kaynaklarının azalması, su kirliliği, su tasarrufu ve suyun gelecekteki önemi ile ilgilidir. Temiz enerji şirketi de bu amaçla bizden çözüm önerileri geliştirmemizi beklemektedir. (Grup 3: 5 Puan)*

Burada ise problem açık, nesnel ve derin bir şekilde tanımlanırken, belli ayrıntılarla iyi bir şekilde detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı ve amaçlanan bir müşteriye ve son kullanıcıyı da belirtmektedir.

Gerçek uygulamada grupların anlama ögesinde artış oluşturmak için senaryo içinde ihtiyaçlar ve kriter sınırlılıklar daha net belirtilmiştir. Bunun sonunda da gerçek uygulamada grupların çoğunluğun 5, diğer iki grubun (Grup 3 ve 5) ise 4 puan aldıkları görülmüştür.

*Suyun tasarruflu kullanılması gerekir ve yağmur sularının tekrar kullanılması bir ihtiyaçtır. Arıtım yöntemleri, asitlik dengesinin sağlanması, fiziksel taş, kum vb. yapılardan ayrıştırılması, biyolojik olarak dezenfeksiyon işlemi yapmak gerekir. Bu sırada da çevreye ve canlılara zarar vermeden işlemleri yapmak önemlidir. (Grup 5: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

*Adada yaşayacak insanlar su kaynaklarındaki azalma sebebiyle yağmur sularının kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtım yöntemleri kullanılarak sulama suyu olarak kullanılması bir ihtiyaçtır. Yağmur sularının kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtım yöntemleri kullanılarak sulama suyu olarak kullanılabilmesi, yağmur sularının asitlik dengesinin optimum pH aralığına getirilmesi, yağmur sularının içindeki fiziksel kirliticilerin (taş, kum, çamur vb.) ayrıştırılması ve arıtılması, yağmur sularının dezenfekte edilmesi, arıtılmış suyun kullanılması için uygun bir prototip tasarımı yapılması, prototipin çevreye ve canlılara zarar vermeden çalışması, prototipin maliyeti ve bakımı hakkında sınırlamaların belirlenmesi. (Grup 4: 5 Puan)*

Burada gereksinimler tutarlı bir şekilde açık ve ayrıntılı, nesnel, ölçülebilir ve tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirme olasılığı yüksektir. Gereksinimler müşterinin ihtiyaçlarını temsil eder. Kriter ve sınırlılıklar açık ve ayrıntılı bahsedilmiştir.

Fikir üretme ögesi için gerçek uygulama verilerinde gruptan birinin 4 ve diğerlerinin de 5 puan aldığı görülmektedir.

*Yapacağımız prototip için ızgara ve elekler ,öğütücüler , kum tutucular ve ön çöktürme basamaklarını içinde barındıran bir sistem planlıyoruz. Böylece suyun fiziksel arıtımını gerçekleştirmiş olacağımızı düşünüyoruz. (Grup 3: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Tasarımı yapılacak prototip için tasarım aşamalarından genel olarak bahsedilmiştir. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

*Izgara ve elekler ,öğütücüler , kum tutucular ve ön çöktürme sistemlerini barındıran bir prototip tasarlarken suyun fiziksel arıtımı sağlanır. Yağmur suyunun fiziksel arıtımında yapılan prototip için kullanılan malzemelerin doğru sıralanması işlemin etkinliği ve verimliliği açısından önemlidir. Yanlış sıralama, işlemin etkinliğini azaltabilir ve arıtılmış su kalitesinde düşüşe neden olabilir. Ayrıca kimyasal arıtım için pH değerinin optimuma getirilmesi ve biyolojik olarak da dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Bunlar için de çevreye ve doğaya zarar vermeyen yöntemler kullanılmalıdır. Biz de bu standartlarda bir prototip geliştirmeyi planlıyoruz. (Grup 2: 5 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede oldukça kapsamlı, yinelemeli ve tutarlı bir şekilde savunulabilir olduğu görülmüştür.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Gerçek uygulamada tüm grupların puanlarını 5'e yükselttiği örneklerde görülmektedir.

*İlk olarak suyun içindeki büyük partikülleri uzaklaştırmak için iri taşlar ve küçük taşlar kullanılabilir. Bu adımda, suyun içindeki büyük taş, yaprak gibi büyük malzemeleri çıkarmada kullanılır. Daha sonra, suyun içindeki ince partiküllerin çıkartılması için filtreleme yapılabilir. Bu adımda filtre kahve kağıdı, pamuk ve kömür parçaları kullanılabilir. Filtre kağıdı, suyun içindeki çözünmüş maddeleri ve ince partikülleri filtreleyecektir. Pamuk, suyun içindeki ince partikülleri ve tortuyu filtreleyecektir. Kömür parçaları, suyun içindeki organik maddeleri ve bazı kimyasal bileşikleri filtreleyecektir. Son olarak, suyun kalitesini artırmak için sterilizasyon yapılabilir. Kullanılacak malzemelerin bir sıralaması olması önemlidir çünkü malzemelerin sıralanışı arıtma verimliliğini etkileyebilir. Örneğin, önce iri taşlarla suyun süzülmesi, sonra küçük taşlarla çöktürme, sonra pamukla filtrasyon ve son olarak kömür parçalarıyla adsorpsiyon yapılabilir. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada fikir üretme puanı 4 puan olan gruplar değerlendirme puanını 5'e yükseltmiştir. Diğer grup arkadaşlarıyla yaptıkları tartışmalar ve geliştirmeler sonunda fikirlerini geliştirmiş ve problemin çözümüne yönelik oluşturdukları çözüm önerilerinden en iyisini seçerek zayıf yönlerini geliştirmişlerdir. Bu sayede çözüm önerileri daha tutarlı ve tüm tasarım gereksinimlerine uygun hale gelmiştir.

Gerçek uygulama için mühendislik kavramlarına ve prototip tasarlamada mühendislik tasarım sürecine daha alışmış olan öğrenciler bu dönemki alt etkinliklerde yapacakları tasarımlarda daha özgür bırakılırken kriter ve sınırlılıklara da uymaları adına

araştırmacı tarafından yönlendirilmişlerdir. Yağmur sularının kimyasal olarak asit yağmurlarının da etkisiyle asidik olduğu sonucuna ulaşan öğrenciler toplanan yağmur sularını çamurundan ve fiziksel kirliliğinden ayırmak için bir prototip geliştirmişlerdir. Burada gruptan istenen kriter ve sınırlılıklar doğrultusunda verilen problem durumuna uygun prototipler geliştirmişlerdir. Buna göre de grup puanlarına bakıldığında sadece 3. grup 4 puan alırken, diğer grupların 5 puan aldığı görülmektedir.

*-kömür, makyaj pamuğu, ince kum, küçük taşlar, büyük çakıl taşları, yarım litrelik şişe, bardak öncelikle kömür parçalarını toz haline getirilir; şişenin alt kısmı kesilerek bir tane makyaj pamuğunu şişenin kapaklı yerine yerleştirilir kapak kapalı değildir. Şişenin içerisine sırasıyla; makyaj pamuğu, toz halindeki kömür, ince kum, küçük taşlar, üzerine tekrar makyaj pamuğu, ince kum, küçük taşlar ve en üste de büyük çakıl taşlarını koyarız. Şişeyi bardağın üzerine koyarak üzerinden çamurlu suyu geçirerek bir süre süzülmesi beklenir. (Grup 3: 4 Puan)*

Burada prototipini açık ve yeterli ayrıntılarla aşamalarını açıkladığı görülmektedir.

Ölçüm sonuçları ve detaylardan yeterince bahsetmemiştir.

*Hazırladığımız fiziksel arıtım prototipinde su öncelikle içerisindeki büyük maddelerden arındırılması gerekiyor. - Sonraki aşamada daha küçük maddelerde arındırılması gerekiyor. - Son aşamada da içerisinde gözle görülmeyen istenmeyen maddelerden arındırılarak bir filtre kağıdından geçmesi gerekiyor ki istediğimiz temiz suyu elde edebilelim. - Bunları gerçekleştirebilmek için şişe, kap, filtre kağıdı, disk pamuk, öğütülmüş kömür, kum, küçük çakıl taşları ve büyük çakıl taşları kullanmayı planlıyoruz. Yaptığımız fiziksel arıtım filtresinin aşamaları;*

*a. Öncelikle filtrenin çerçevesini oluşturacak malzeme pet şişe; bu yüzde pet şişenin taban kısmını kesip, kapağını açıp ters çevirerek başladık.*

*b. Ters çevrimli pet şişemin kapak kısmındaki boşluğa (yanlardan su sızdırmayacak biçimde filtre kağıdını yerleştirdik.*

*c. Filtre kağıdının üzerine disk pamuk yerleştirdik.*

*d. Sonraki aşamalar en ince tanecikli olan yapıdan en kalın tanecikli olana doğru yerleştirmek. Bu yüzden kömürü havan kullanarak öğüterek pamuğun üzerine bir miktar ekledik.*

*e. Kömürün üzerine aynı miktarda kum ekledik.*

*f. Kumdan sonra küçük çakıl taşlarını ekledik.*

*g. Son olarak en üst katmana da yıkanmış büyük çakıl taşlarını ekledik.*

*h. Artık geriye kalan sistemin üzerinden çamurlu suyu dökerek fiziksel arıtım sürecini bekledik. Oldukça yavaş süzülen çamurlu suyun alttan oldukça berrak bir su olarak çıktığını gördük. Bu da yaptığımız prototip için ulaşmak istediğimiz bir sonuçtu. Prototipten geçirilen sular bulanıklık ölçüm cihazı ile ölçülerek tüm grupların yaptığı sistemler karşılaştırılmıştır. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada prototipin oldukça açık ve yeterli ayrıntılarla aşamalarının açıkladığı

görülmektedir. Ölçüm sonuçları ve detaylardan da yeterince bahsedilmiştir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Gerçek uygulamada prototip için aksayan yönlerini tespit edilmiş ve tasarım yeniden gözden geçirilmiştir. 2. ve 5. Gruplar 5 puan alırken diğer gruplar ise 4 puan almıştır.

*Öncelikle su arıtımında kullanabileceğimiz ürünleri belirledik. Çakıl taşı, kum, pamuk, kömür ve filtre kağıdını seçtik. Uygun sırayla bunları yerleştirdik. Çakıl taşı ve kum iri tanecikli yabancı maddeleri ayırmak için kullandık. Pamuğu hem suyun süzülmesi için hem de süzmede kullandığımız malzemelerin karışmasını önlemek için kullandık. Kömürü suyun içindeki küçük taneleri absorplaması için kullandık. Filtre kağıdını ise küçük tanecikli yabancı maddeleri ayırmak için kullandık. Ancak ilk seferinde kömür suyun bulanıklığını gidermek yerine suya rengini verdi. Bu*



*yüzden kömürü iyice yıkayarak sistemi tekrar kurduk. Bu sefer temiz ve berrak su elde ettik. Suyun süzülmesini bekledik. Süzülen suyun bulanıklığını ölçtüğümüzde 9.97 NTU çıktı. (Grup 1: 4 Puan)*

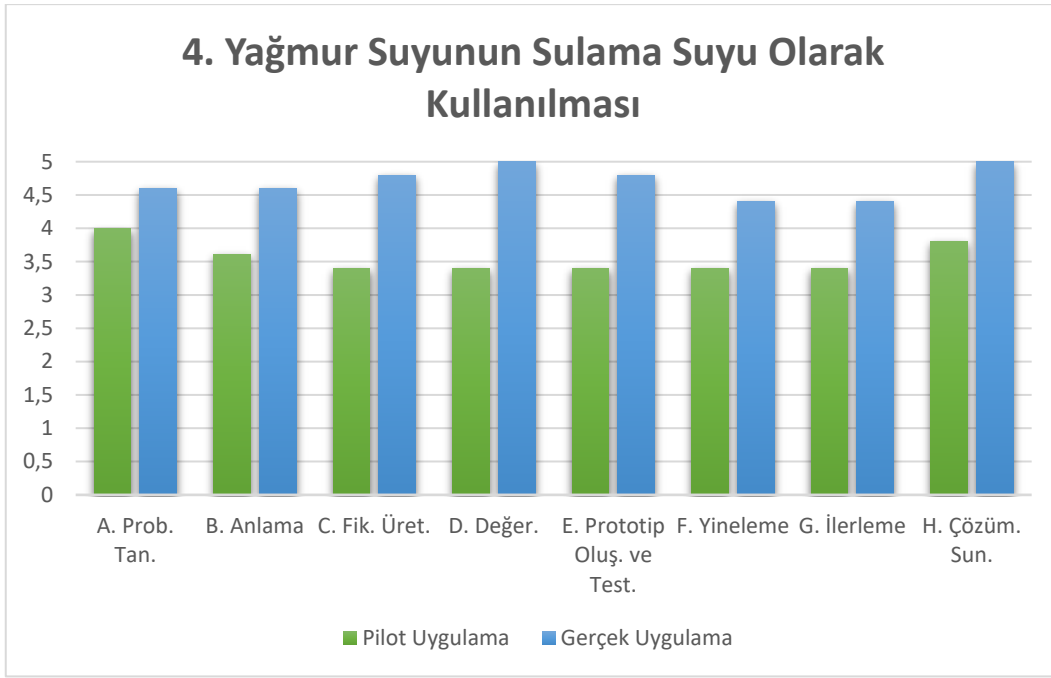
Tasarımda aksayan yönlerini kanıtlarla sunmaları ve üzerinde yeni fikirler geliştirerek bunu gerekçelendirdikleri görülmüştür. Atılan adımlardan daha net bahsedilmiştir.

*Deneyimizi yaparken ki düşüncemiz; şişeleri iç içe geçirerek suyun nasıl süzüldüğünü gözlemlemek istedik. Her şişeye farklı malzemeler kullandık. En alttaki şişenin ağzına filtre kağıdı onun üstüne kömürü koyduk, diğer şişenin ağzına filtre görevi görmesi için pamuk üstüne kum bir sonrakine de pamuk üstüne taşlar koyduk. Çamurlu suyumuzu döktüğümüzde ilk olarak iri taşlar arasından suyumuz süzülerek büyük parçalar bu taş üzerinde kalarak pamukta da minik partiküller bırakarak 2.basamağa geçiş yaptı ardından son basamak olan kömürden de geçerek beherimize aktı. Fakat burada birinci deneyimizde meydana gelen bir hatadan ötürü suyumuzun rengi koyu çıktı. Biz ilk olarak bunun kömürün renginden dolayı olduğunu, kömürün suyu kirlettiğini varsaydık. Fakat sonrasında başka bir kömür kullandığımızda 2. Deneyimizde başarı elde ederek fiziksel görünümü berrak olan bir su elde ettik ve fark ettik ki kömür suyu kirletmiyor hatta yapısındaki fiziksel ve kimyasal bağlar ile suyu temizliyor sadece kullandığımız kömürün yapısından kaynaklı olarak bir hata yaşadığımızı gözlemledik. En son çıkan suyumuzu türbidimetre yardımı ile bulanıklığını ölçerek çıkan değerimiz 7,40 NTU çıktı. (Grup 5: 5 Puan)*

Yaptıkları prototip için ilerleme ve değerlendirme aşamasında grupların aksayan yönlerini kanıtlarla ve ölçümlerle sundukları görülmüştür. Karşılan sorunlar ve çözümleri açık ve net bir şekilde belirtilmiştir. Tasarım sürecinin ve projenin tasarımcılar tarafından iyileştirmeyi kolaylaştıracak, tutarlı, açık, ayrıntılı ve kapsamlı dokümantasyonunu sunmuştur.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Bütün gruplar en yüksek puan olan 5 puanı alarak tasarımlarını ve verilerini en iyi şekilde ifade etmişlerdir. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

Sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur. Bunun sonunda da tüm gruplar 5 tam puanı almıştır.



Şekil 4.5. Yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi

Şekil 4.5.'de araştırmacı tarafından rubrik ile yağmur suyunun sulama suyu olarak kullanılması prototip tasarımının pilot ve gerçek uygulama olarak grup ortalama puanlarının grafikleri görülmektedir. Bu etkinlik için tablodaki veriler incelendiğinde, pilot uygulamanın puanlarının düşük ( 3-4 aralığında) olduğu, başka bir deyişle değerlendirme rubriğine göre *yetkin* ve *gelişmiş* aralığında olduğu görülmektedir. Rubrik, puanlara karşılık gelen nitelermeleri 0; *Yetersiz*, 1; *Acemi*, 2; *Gelişmekte* 3; *Yetkin*, 4; *Gelişmiş* ve 5; *Örnek Alınacak* şeklinde yapmaktadır. Buna göre Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması etkinliğinde Şekil 4.5.'deki grafikten de görülebileceği gibi gerçek uygulamada bütün gruplar *Gelişmiş* ve *Örnek Alınacak* düzeyde bir performans sergilemişlerdir.

#### 4.2.5. Biyokütle Enerjisi Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular

Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı da atıklardan elde edilen biyokütle enerjisidir. STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı alt etkinliklerinden biri olan biyokütle enerjisi alt etkinliği için; etkinlik sonunda oluşturulan biyokütle enerjisi üretim prototipinin mühendislik tasarım döngüsünde oluşturulması istenmiştir. Burada öğrenciler hayvansal ve bitkisel atıkları kullanarak çürümelerine (gerçekleşen biyolojik olaylara) ve bu esnada ortaya çıkan biyogazın (metan gazı) gözle görünür haline şahit olmuşlardır. Tablo

4.10. ve Tablo 4.11. sırası ile pilot ve gerçek uygulamadaki değerlendirme sonuçlarını vermektedir.

Tablo 4.10. *Biyokütle Enerjisi Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	4	4	3	3	4	3,6
B. Anlama	4	3	4	3	4	3,6
C. Fikir üretme	4	4	3	4	4	3,8
D. Değerlendirme	4	4	3	4	4	3,8
E. Prototip oluşturma ve test etme	4	4	4	4	4	4
F. Yineleme	4	4	4	4	4	4
G. İlerleme	4	4	4	4	4	4
H. Çözümün sunulması	3	4	3	4	4	3,6

Tablo 4.10.'da biyokütle enerjisi etkinliği için pilot uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için 3. ve 4. Grubun 3 puan aldıkları, diğer grupların ise 4 puan aldıkları görülmektedir. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Bitki ve hayvan kaynaklı atıkların çok fazla olması. (Grup 4: 3 Puan)*

3 puan alan gruplar için problem durumunu tanımlamada bir ölçüde açık ve nesnel olarak tanımlarlarken, yeterince derinlemesine tanımlanmış ve bazen belirli ayrıntılarla ayrıntılandırılmıştır. Ancak ayrıntılandırma amaçlı bazı bilgiler kesin olmamakla geneldir. Net bir ihtiyaçtan veya net bir son kullanıcıdan veya müşteriden yoksundur.

*Mevcut problem, ortaya çıkan büyük miktardaki bitki ve hayvan kaynaklı atıkların çok fazla olması, nasıl değerlendirileceği ve bu atıklardan enerji üretiminin nasıl yapılacağıdır. Ada da ortaya çıkan bitki ve hayvan kaynaklı atıkların miktarındaki artıştır. (Grup 1: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı belirtilmiştir.

Anlama ögesinde pilot uygulama sonunda 2. ve 4. Gruplar 3 puan alırken diğer grupların tamamı 4 puan almıştır.

*Hayvansal ve bitkisel bu atıkların miktarının gün geçtikçe artması bir problemdir. Bu atıkların enerji ihtiyacına da yönelik bir şekilde dönüştürülmesi bir ihtiyaçtır. (Grup 2: 3 Puan)*

İhtiyacı tanımlamada genellikle açık ve biraz ayrıntı verdiği, tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirdiği görülmüştür. Gereksinimler müşterinin ihtiyacını temsil ettiğine dair bilgi içerir. Kriter ve sınırlılıklardan bahsedilmemiştir.

*Hayvansal ve bitkisel atıkların enerji kaynağı olarak dönüştürülmesinde en yüksek enerji elde edilen organik atığın seçilmesi, oluşan gazın gözle görülür hale getirilmesi, sistem için ekonomik ve maliyeti düşük ürün seçimi yapılmalıdır. (Grup 3: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

Fikir üretme ögesi için pilot uygulama sonuçlarında 3. Grup 3 alırken, diğer gruplar 4 puan almıştır.

*Dünyamızı tehdit eden unsurlardan biri de küresel ısınmadır. Bunu buzulların erimesi sonucu deniz yükselmeleri , sıcaklık artışından dolayı şiddetli yağışlar meydana gelmesi ile görüyoruz. Bu olumsuz sonucu fosil yakıtların kullanımı ile ortaya çıkıyor. Fosil yakıtlardan çıkan gazlar buna sebep oluyor. Bu durumu azaltmak için biyokütle kaynaklı enerjilere yönelmemiz gerekiyor. Bunun için biyogaz üretimi yaparak biyokütle kaynaklarının kullanımını esas alabiliriz. (Grup 3: 3 Puan)*

3 puan alan grup çözüm üretmede yeterli, savunulabilir ancak fazla ayrıntı vermemiştir. Ayrıca verilen bilgilerin sınırlı olması bir prototip üretmek için yeterli değildir.

*Organik atıkların biyogaz üretimi için kullanılabilir. Bu atıklar, örneğin hayvan gübresi veya bitki atıkları, biyolojik bir süreç olan fermantasyon ile metan gazına dönüştürülür. Bu gaz, enerji üretimi için kullanılabilir. Metan gazının yakılması ile ısınma veya elektrik üretimi için enerji sağlanabilir. (Grup 4: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir.

*Hayvan gübresini beklediğimizde oluşan yanıcı gazın metan gazı olduğunu araştırdık ve prototipimizde bu gazı enerji kaynağı olarak kullanabiliriz. (Grup 3: 3 Puan)*

Değerlendirmede grup arkadaşlarıyla çözüm önerilerini bir karara bağlayan gruplar yaptıkları araştırmaları da kanıt olarak sunarken en iyi çözüme karar vermişlerdir. Ancak çözüm önerisinde deney süreci kısıtlı yer almaktadır.

*Deneyde farklı organik atık türlerinin biyogaz üretimindeki performansını değerlendirmek için kullanılan organik atıkları önceden belirlemek ve bu atıkları hayvan gübresi, sebze atıkları ve kağıt olmak üzere üç kategoriye ayırabiliriz. Daha sonra, her kategoriden seçilen organik atıkların aynı miktarlarda kullanıldığı kontrol grupları oluşturup, her kategorideki organik atıkların biyogaz üretimindeki potansiyeli daha spesifik bir şekilde değerlendirilebilir. Bununla ilgili yaptığımız çalışmalarda hayvansal atıkların daha hızlı ve etkili sonuçlar verdiğini okuduk. Bunun için çalışmamızda da plastik şişelerin içine koyacağımız organik atıkların birine hayvansal diğerine de bitkisel atıkları koyarak çıkan metan gazını da şişelerin ağzına koyacağımız balonun şişmesiyle gözlemleyebiliriz. (Grup 2: 5 Puan)*

Çözüm yeterince açık ve süreç de detaylı tanımlanmıştır.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Pilot uygulamada tüm grupların 4 puan aldıkları görülmüştür.

*Hayvan gübresinin fermente olması ve çürümesiyle metan gazının açığa çıktığını gözlemliyoruz. 2 adet pet şişeden oluşan prototipimizde şişelerden birinde hayvan gübresi diğerinde su bulunmaktadır. Suyun yükselmesiyle gazın o bölgede yer kapladığını ve basınç oluşturduğu sonucuna ulaştık. Oluşan metan gazı yanıcıdır. Hayvan gübresinin kolay erişilebilir olması ve kısa sürede metan gazı açığa çıkarabilen enerji potansiyeli yüksek bir kaynak olmasından dolayı hayvan gübresini seçtik. Kullandığım malzemeler ucuz ve çok yer kaplamayan ürünler. Metan gazının açığa çıktığı, yer kapladığı ve basınç oluşturduğu kurduğumuz sistemde anlaşılacaktır. (Grup 4: 4 Puan)*

Prototiplerini oluştururken yeterli ve açıkça ayrıntılandırmışlardır. Ayrıca kullandıkları malzemelerin amaçlarını da tam olarak açıklamışlardır. Prototiplerini oluşturma ve test etme aşamalarında daha bilinçli ve ne yaptıklarının bilincinde bir süreç

geçirmişlerdir. Bu grup açığa çıkan metan gazını diğer gruplardan farklı olarak balonun şişmesiyle gözlemlemek yerine organik atığın bulunduğu şişede oluşan gazın oluşturduğu basınç farkıyla gözlemlemeyi tercih etmiştir. Ancak yaptıkları prototipte sebeplerini açıklamada yetersiz kalmışlardır.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yapılan değerlendirmelerde tüm grupların 4 puan aldıkları görülmüştür.

*İki aynı prototip oluşturarak hayvansal ve bitkisel kaynaklı biyokütle kaynaklarını kullandım. Sadece biyokütle için kullanılan kaynağı değiştireceğim. Öncelikle hayvansal biyokütle kaynağı olarak koyun gübresi kullanarak bir prototip geliştirdim. Sebze ve meyveleri kullanarak yeniden bir prototip hazırladım. Sonuç olarak ikisinde de gaz çıkışını gördüm. Bir hafta boyunca beklettim ve balon ikisinde de şişmişti. Ancak hayvansal kaynaklı prototipteki balon daha çabuk ve daha fazla şiştiğini gözlemledim. (Grup 5: 4 Puan)*

Burada 4 puan alan gruplar prototiplerini organik atık kaynaklarını değiştirerek karşılaştırmak istemişlerdir. Seçtikleri iki biyokütle kaynağı için de aynı sistemi tasarlayarak karşılaştırmışlardır. Süreçte yapılan gözlemlerden de yola çıkarak bağımlı bağımsız değişken kavramlarını doğru yerleştirmişler ve prototiplerinde şişe boyutu, organik madde miktarı ve diğer tüm malzemeleri eşit tutarak sadece organik atık çeşidini değiştirmişler ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu konuda başarılı olurlarken bunları raporlarına yansıtma eksik kalmışlardır.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. 1. ve 3. Grup 3 puan almıştır. Diğer gruplar ise 4 puan almıştır. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

1. ve 3. Grup sunumda konuyu kısmen açık ve daha az çekici bir şekilde anlatmış, çözümden elde ettiği verileri sunmada da bazılarında sıkıntı yaşamıştır. Yine de verdiği verileri ve prototip görselleri iyidir. Çözüm için oluşturdukları çizimleri paylaşmışlardır. Bazı ayrıntılar çok net olmamakla birlikte sunum çoğunlukla dinleyicilere uygundur. Kendi cümleleriyle ifade ettikleri, okumadıkları ve süre sınırına uydukları görülmüştür. (3 Puan)

Diğer gruplar, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemişlerdir.

Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. (4 Puan)

Tablo 4.11. *Biyokütle Enerjisi Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	4	5	4	4	4	4,2
B. Anlama	4	5	4	4	4	4,2
C. Fikir üretme	5	5	5	4	4	4,6
D. Değerlendirme	5	5	5	4	4	4,6
E. Prototip oluşturma ve test etme	5	5	4	5	4	4,6
F. Yineleme	4	5	4	4	4	4,2
G. İlerleme	4	5	4	4	4	4,2
H. Çözümün sunulması	4	5	5	5	5	4,8

Tablo 4.11.'de biyokütle enerjisi etkinliği için gerçek uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için grupların verdikleri cevaplar görülmektedir. Grup 2'nin 5 puan aldığı, diğer grupların ise 4 puan aldığı görülmektedir. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Ortaya çıkan bitki ve hayvan kaynaklı atıkların miktarının oldukça fazla olması adada yaşayan insanlar için problem oluşturmaktadır. Buna çevreci çözümler bulmalıyız. (Grup 1: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı belirtilmiştir. Ancak müşteriden bahsedilmemiştir.

*Bitkisel ve hayvansal biyolojik atıkların çevreye zarar vermeden geri kazanılması ve enerjiye dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu atıkların çevreden bertaraf edilmemesi ekolojik dengeyi bozabilir, doğal kaynaklara zarar verebilir. Ekolojik adada yaşayan insanlar için hayvansal ve bitkisel kaynaklı bu atıklar problem oluşturmaktadır. Temiz Enerji Yapı Şirketi de bizden bu konuda bir prototip geliştirmemizi istemektedir. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve derin tanımlandığı görülmektedir. Çoğunlukla ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı ve müşteriden de bahsedilmiştir.

Anlama ögesinde gerçek uygulamada grupların çoğunluğunun 4, 2. Grubun ise 5 puan aldığı görülmüştür.

*Ortaya çıkan hayvansal ve bitkisel atıklardan enerji elde edilmesinde her atığın ortama verdiği enerji miktarı farklıdır. Bu amaçla en yüksek enerji veren organik atığı bulmalıyız. Karşılaştırma yapabileceğimiz, ekonomik ve bu şartlarda bir sistem oluşturmamız. (Grup 4: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

*Hepimizin evlerimizde ya da yaşamımız içerisinde enerji ihtiyacımızı karşılamak için meyve ,sebzeler tüketiriz . Fazlasını çöpe atıyoruz. Bu fazla ürünleri çöpe atmamak için bunları geri dönüştürsek hem sağlık açısından dünyamızı ve kendimizi (ekolojik düzen için) , hem de ekonomik olarak katkımız*

*olacaktır. Bu açıdan bu atıkları biyogaz üretiminde kullanırsak doğa dostu bir gaz elde etmiş oluruz. Biyokütle enerji üretim sistemi için güvenilir ve verimli bir organik atık kaynağının belirlenmesi. Ekonomik ve düşük maliyetli biyogaz üretim prototipinin geliştirilmesi. Biyogazın gözle görülebilir ve kullanılabilir hale getirilmesi için uygun teknolojilerin seçilmesi. Çevresel etkilerin ve enerji verimliliğinin göz önünde bulundurulması. Projeyi uygulama sınırlılıkları ve bütçe gibi faktörlerin dikkate alınması. (Grup 2: 5 Puan)*

Gereksinimleri açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmiştir. Kriter ve sınırlılıklardan açıkça bahsedilmiştir.

Fikir üretme ögesi için gerçek uygulama verilerinde 4. ve 5. Grupların 4 puan aldığı ve diğerlerinin de 5 puan aldığı görülmektedir.

*Farklı organik atıkların (örneğin, meyve kabukları, sebze artıkları, hayvansal atıklar ve kağıt) biyogaz üretimindeki potansiyeli farklı olacaktır. Bu atıklardan bazıları, içerdikleri besin maddeleri ve mikroorganizmalar nedeniyle daha hızlı fermantasyona uğrayacak ve daha fazla biyogaz üretecektir. Bizlerde en yüksek enerji üretme potansiyeline sahip olacağını düşündüğümüz organik atıklar için bir prototip geliştirmeyi planlıyoruz. (Grup 5: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretimde geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Ancak açığa çıkacak olan metan gazının görünürlüğü hakkında prototipte ne yapılacağı hakkında bilgi verilmemiştir.

*Deneyimizde ekolojik adada ortaya çıkan hayvansal ve bitkisel atıkları sınıflandırmalıyız. Her organik atık aynı biyogaz üretim potansiyeline sahip olmayacaktır. Bu amaçla yaptığımız araştırmalarda en yüksek verime sahip organik atıkları belirleyerek biyogaz üretim potansiyellerini karşılaştırabiliriz. Buradaki temel fark organik atıkların barındırdıkları farklı mikroorganizmalar sebebiyle fermantasyon hızlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Fermantasyon sonunda çıkan gazın gözle görünürlüğünü de şişelere doldurduğumuz atıkların ağızına koyacağımız balonun şişmesiyle gözlemlemeyi düşünüyoruz. (Grup 2: 5 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretimde geliştirmeye yönelik kapsamlı, savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Yani ürettikleri fikirleri grup arkadaşlarıyla paylaşmada ve en uygun çözümü seçmede bir önceki verdikleri cevaplara benzer cevaplar vermişlerdir.

*Biyogaz üretim prototipimizde en yüksek enerjiyi elde edebilmek adına yaptığımız araştırmalar sonucunda hayvan gübresini kullanmaya karar verdik. Ayrıca diğer atıklar için de aynı prototipi tasarlayarak karşılaştırma yapabiliriz. Biz yapacağımız prototipte pet şişeleri kullanacağız. Şişenin içinde beklettiğimiz organik atıklar zamanla fermente olarak yanıcı metan gazını ortaya çıkaracaktır. Bu gazı da enerji kaynağı olarak kullanabiliriz. (Grup 3: 4 Puan)*

Değerlendirmede grup arkadaşlarıyla çözüm önerilerini bir karara bağlayan gruplar yaptıkları araştırmaları da kanıt olarak sunarken en iyi çözüme karar vermişlerdir. Ancak açığa çıkacak olan metan gazının görünürlüğü hakkında prototipte ne yapılacağı hakkında bilgi verilmemiştir.

*Grup olarak yaptığımız araştırmalar sonucunda prototipimizde kullanmayı planladığımız en yüksek biyogaz üretim kaynağının güvercin gübresi olduğuna karar verdik. Güvercin gübresi ile bitkisel kaynaklı atıkları ya da diğer hayvansal kaynaklı atıkları karşılaştırabiliriz. Bunun için ihtiyacımız olan malzemeler aynı ölçülerde pet şişer ve balon. Oluşacak gazın kaçmaması için bağlantı yerlerini çok iyi bir şekilde bantlamalıyız. Aynı eşit çizgilerde atıklarımızı şişelere koyarak balonu da şişenin*

*ağızına sıkıca yerleştirdiğimizde her gün aynı saatlerde şişelerin fotoğraflarını çekerek şişen balonların miktarından karşılaştırma yapabiliriz. Kurduğumuz bu sistemle karşılaştırmak istediğimiz bağımsız değişkeni değiştirerek diğer durumları aynı ve sabit tutarak ölçümlerimizi kıyaslayabileceğimizi düşünüyoruz. (Grup 1: 5 Puan)*

Çözüm yeterince açık ve süreç de detaylı tanımlanmıştır.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Gerçek uygulama da 3. ve 4. Gruplar 4 puan alırken diğer grupların tamamının 5 puan aldıkları görülmektedir.

*Prototipimiz için gerekli malzemeler;*

*Orta boy şişe :İçine su ,meyveler ve sebzeler koyacağız. Burada kimyasal ve biyolojik olaylar gerçekleşecek,*

*Balon : Burada şişenin içinde oluşan metan gazı balonun içinde birikecek,*

*Serum borusu : Buradan gazın iğne ucuna doğru iletimini sağlandığı kısımdır. Deneyimizde tüm bu malzemelerle kurduk ve balonu da şişenin ağızına sıkıca yerleştirdik. Ardından beş gün boyunca balonun şişmesini gözlemledik. Aynı sistemi karşılaştırmak için hayvan gübresi için de tekrarlayabiliriz. (Grup 3: 4 Puan)*

Prototipte kullanılan malzemeler ve süreç açıkça anlatılmıştır. Ancak hangi ortamda ve şartlarda durması gerektiği hakkında bilgi verilmemiştir.

*Güvercin gübremizi sıcak su ile karıştırarak çözümlenmesini sağladık. İyice çalkaladığımız şişenin kapağını açıp çalkalamadan kaynaklı içeride oluşan gazın çıkmasını sağladık. Ardından bir süre sonra balonumuzu sıkıca şişenin ağızına yerleştirdik. Biyogaz oluşması için bu şişenin oksijensiz ve kapalı bir alanda durması gerekir. Sıcaklık değerleri 35-56 °C derece arasında olmalıdır. Tepkime için azot gereklidir çünkü azotun ortamda bulunması bakteri üretimini arttıracaktır. Biyogaz oluşumu için gerekli koşullar oksijensiz ortam, belirli bir sıcaklık, fermantasyon tepkimesi sonucu bakteri üretmesi için azot, organik atık ve sudur. Tüm bu şartlar sağlandıktan sonra sistemimizi evimize götürerek beş gün boyunca gözlemledik ve balonumuzun şişmesini bekledik. (Grup 2: 5 Puan)*

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde sadece 2. Grup 5 puan almış diğer gruplar 4 puan almıştır.

*Prototipimiz için hayvansal ve bitkisel atıkları karşılaştırdık. Bunun için aynı prototipi ikisi için de kurduk. Zamanla hayvansal biyokütle kaynağı kullandığımız prototip için balonun daha hızlı ve daha çok şiştiğini fark ettik. Açığa çıkan metan gazını balonun şişmesiyle karşılaştırdık. (Grup 4: 4 Puan)*

Burada 4 puan alan gruplar prototiplerini organik atık kaynaklarını değiştirerek karşılaştırmak istemişlerdir. Seçtikleri iki biyokütle kaynağı için de aynı sistemi tasarlayarak karşılaştırmışlardır. Süreçte yapılan gözlemlerden de yola çıkarak bağımlı bağımsız değişken kavramlarını doğru yerleştirmişler ve prototiplerinde şişe boyutu, organik madde miktarı ve diğer tüm malzemeleri eşit tutarak sadece organik atık çeşidini değiştirmişler ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu konuda başarılı olurlarken bunları raporlarına yansıtma eksik kalmışlardır.

*Sonuçlar, kuş gübresi ve sıcak su kombinasyonunun metan gazı üretimini artırdığını göstermektedir sebepleri: Balonun şişmeye başlaması, metan gazının üretiminin başladığını gösteriyor ve hipotezi destekliyor. İkinci gün balonun ilk güne göre iki kat daha fazla şişmesi, metan gazı üretiminin hızlandığını gösteriyor. Bu da kuş gübresinin bu süreçte etkili olduğunu işaret ediyor. Üçüncü gün balonun ikinci güne göre iki kat daha fazla şişmesi, metan gazı üretiminin artarak devam ettiğini gösterir. Bu sonuçlar, kuş gübresi ve sıcak su kombinasyonunun zaman içinde metan gazı üretimini artırdığını gösteriyor. Sonuç olarak, deney sonuçları hipotezinizi desteklemektedir. Kuş gübresi ve sıcak su, metan gazı üretimini teşvik etmektedir. Bu sonuçlar, kuş gübresinin yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılma potansiyelini göstermektedir. Aynı deneyi meyve ve sebze atıkları için de*



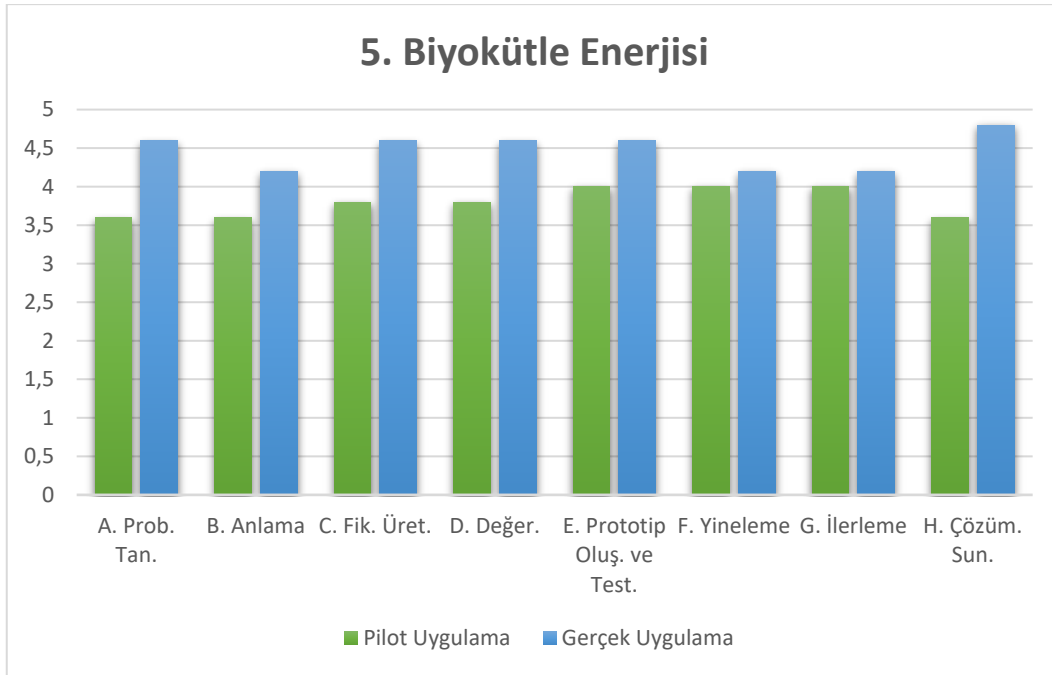
*tekrarladık. Bunun için bağımsız değişkenimizi biyokütle kaynağı olarak seçtik. Diğer tüm değişkenleri sabit tuttuk. Örneğin, şişe boyu, kullanılan balon, organik atık miktarı vb. İki deneyi de karşılaştırdığımızda bitkisel atıkları kullandığımız prototipteki balonun daha yavaş ve daha az şiştiğine şahit olduk. Bu deney sonucunda dünyamızdaki bütün her şeyin bir şekilde dönüştürülüp bize faydası olacak şekilde dönüştürebileceğimizi anladım. Daha öncelerde atıkları çöp olarak görürken şimdi daha çok bana enerji olabilecek maddeler olarak görüyorum. (Grup 2: 5 Puan)*

Bağımlı ve bağımsız değişkenleri oldukça iyi ifade etmişler ve tüm deney sürecini açıkça aktarmışlardır.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Sadece 1. Grup sunumda kanıtlarını tam sunamadığından 4 puan almış diğer tüm gruplar en yüksek puan olan 5 puanı alarak tasarımlarını ve verilerini en iyi şekilde ifade etmişlerdir.

1. Grup, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemiştir. Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. (4 Puan)

Diğer gruplar da sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur. Bunun sonunda da 5 tam puanı almışlardır.



Şekil 4.6. Biyokütle enerjisi alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi

Şekil 4.6.'da araştırmacı tarafından rubrik ile biyokütle enerjisi üretimi prototip tasarımının pilot ve gerçek uygulama olarak grup ortalama puanlarının grafikleri görülmektedir. Bu etkinlik için tablodaki veriler incelendiğinde, pilot uygulamanın puanlarının düşük ( 3-4 aralığında) olduğu, başka bir deyişle değerlendirme rubriğine göre *yetkin* ve *gelişmiş* aralığında olduğu görülmektedir. Rubrik, puanlara karşılık gelen nitelermeleri 0; *Yetersiz*, 1; *Acemi*, 2; *Gelişmekte* 3; *Yetkin*, 4; *Gelişmiş* ve 5; *Örnek Alınacak* şeklinde yapmaktadır. Buna göre Biyokütle Enerjisi etkinliğinde Şekil 4.6.'daki grafikten de görülebileceği gibi gerçek uygulamada bütün gruplar *Gelişmiş* ve *Örnek Alınacak* düzeyde bir performans sergilemişlerdir.

#### 4.2.6. Evaporatif Soğutucular Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular

Çalışmamızda yaptığımız bir diğer alt etkinliğimiz de alternatif bir serinleme sistemi olan evaporatif soğutuculardır. Burada amaç; fosil kaynaklardan üretilen enerjiden beslenen ve çevreye saldırdığı zararlı gazlarla insan sağlığını ve çevreyi tehdit eden klimalar gibi soğutuculardansa çevreye zarar vermeyen alternatif serinleticilerin farkındalığını oluşturmaktır. Öğrencilerden de bu amaçla evaporatif soğutucuların çalışma prensibini anlayabilecekleri basit bir evaporatif soğutucu prototipi yapmaları istenmiştir. Evaporatif soğutucular aslında çevrelerinde çok rastlamadıkları ama gün geçtikçe sayıları artmaya

başlayan özellikle çok nüfuslu alanların havalandırılması amacıyla kullanılan alternatif serinleticilerdir. Buharlaştırma (evaporate) yoluyla serinleme mantığını kısa sürede anlayan öğrencilerin mühendislik tasarım döngüsünde oluşturdukları prototipleri araştırmacı tarafından Tablo 4.12.'de pilot ve Tablo 4.13.'de gerçek uygulama olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.12. *Evaporatif Soğutucular Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	3	3	3	3	3	3
B. Anlama	4	4	4	3	4	3,8
C. Fikir üretme	3	4	4	3	4	3,6
D. Değerlendirme	3	4	4	3	4	3,6
E. Prototip oluşturma ve test etme	3	3	4	3	3	3,2
F. Yineleme	4	4	3	4	4	3,8
G. İlerleme	4	4	3	4	4	3,8
H. Çözümün sunulması	3	4	3	4	4	3,6

Tablo 4.12.'de evaporatif soğutucular etkinliği için pilot uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için problemi tanımlarken tüm grupların 3 puan aldığı görülmüştür.

*Soğutma sistemlerinin (mevcut) çok fazla enerji harcamasıdır (problemdir). (Grup 3: 3 Puan)*

3 puan alan gruplar için problem durumunu tanımlamada bir ölçüde açık ve nesnel olarak tanımlarlarken, yeterince derinlemesine tanımlanmış ve bazen belirli ayrıntılarla ayrıntılandırılmıştır. Ancak ayrıntılandırma amaçlı bazı bilgiler kesin olmamakla geneldir. Net bir ihtiyaçtan veya net bir son kullanıcıdan veya müşteriden yoksundur.

Anlama ögesinde pilot uygulama sonunda 1 grup 3 puan (Grup 4) alırken diğer grupların tamamı 4 puan almıştır.

*Mevcutta kullanılan soğutma sistemleri hem çok enerji harcarken hem de açığa çıkardıkları gazla çevreye zarar vermektedir. Bunun için çevreye zarar vermeyen alternatif soğutma sistemlerine ihtiyaç vardır. (Grup 4: 3 Puan)*

İhtiyacı tanımlamada genellikle açık ve biraz ayrıntı verdiği, tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirdiği görülmüştür. Gereksinimler müşterinin ihtiyacını temsil ettiğine dair bilgi içerir. Kriter ve sınırlılıklardan bahsedilmemiştir.

*Soğutma sistemi için kullanılacak malzemelerin ekonomik olması. Sistem başlangıç sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasında en az 3 derecelik bir farkın olması. Evde kullanılacak enerjinin temiz ve yenilenebilir kaynaklardan gelmesi. Sistemin iklim değişikliklerine uyumlu olması ve sakinlerin rahat bir yaşam sürdürebilmesini sağlaması. Alternatif soğutma sistemi prototipinin tasarlanması ve çalışma prensibinin açıklanması. Büyük sistemler için avantaj ve dezavantajların belirlenmesi, verimliliğin artırılması. (Grup 1: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir. Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir. Ayrıca 4. Grubun ihtiyacı tanımlarken

yetersiz bir tanım yaptığı, diğer grupların ihtiyacı tanımlamada biraz ayrıntı verdiği, tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirdiği görülmüştür.

Fikir üretme ögesi için pilot uygulama sonuçlarında 1. ve 4. Grup 3 puan alırken, diğer grupların 4 aldığı görülmüştür.

*Ekolojik ada projesinde soğutma sistemi için doğa ve çevre dostu bir alternatif soğutma sistemi gerekiyor. Evaporatif oluşturulan sistem suyun buharlaştırılması ile havanın soğutulmasını sağlar.(çevrecidir) (Grup 4: 3 Puan)*

3 puan alan grup çözüm üretmede yeterli, savunulabilir ancak fazla ayrıntı vermemiştir. Ayrıca verilen bilgilerin sınırlı olması bir prototip üretmek için yeterli değildir.

*Evaporatif soğutma sistemleri, su buharlaştırma prensibiyle çalışır ve daha düşük enerji tüketir. Bu sistemler, kuru ve sıcak iklimlerde özellikle etkilidir. Evaporatif soğutucu prototipi için ihtiyaç duyulan malzemeler şunlar olabilir: Islak bez veya ıslak yüzey, fan, hava giriş ve çıkışı ve termometre. Evaporatif soğutucu prototipini geliştirmek için suyun etkili bir şekilde buharlaşmasını sağlayacak özel yüzeyler ve malzemeler kullanılabilir. Su dağıtım sistemi, suyun homojen bir şekilde yüzeye dağılmasını sağlamalıdır. Kontrol ünitesi yani termometre , hava sıcaklığı ve nem seviyelerini izleyerek sistemi optimize etmelidir. (Grup 2: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir. Yani ürettikleri fikirleri grup arkadaşlarıyla paylaşmada ve en uygun çözümü seçmede bir önceki verdikleri cevaplara benzer cevaplar vermişlerdir.

*Su tutuculuk özelliği artan bir nesneden buharlaştırma yolu ile uzun ömürlü ve sürekli bir verim elde edebiliriz. (Grup 1: 3 Puan)*

Değerlendirmede grup arkadaşlarıyla çözüm önerilerini bir karara bağlayan gruplar yaptıkları araştırmaları da kanıt olarak sunarken en iyi çözüme karar vermişlerdir. Ancak çözüm önerisinde deney süreci kısıtlı yer almaktadır.

*En iyi çözüm önerisi, suyun etkili buharlaşmasını sağlayacak yüzeylerin kullanılmasıdır. Bu seçenek, bilimsel olarak dayanıklıdır çünkü suyun buharlaşması, sıcaklık düşüşüne yol açan termodinamik bir süreçtir. Bu çözümü geliştirmek için suyun daha verimli buharlaşmasını sağlayacak özel yüzey kaplamaları ve malzemeleri kullanabiliriz. Deneyimin amacı, ev tipi evaporatif soğutucunun farklı ortam sıcaklıklarında ve hava hızlarında soğutma performans özelliklerini belirlemektir. Bu sayede, evaporatif soğutucunun enerji verimliliği, su tüketimi ve çevresel etkileri hakkında bilgi edinilebilir. Ayrıca, evaporatif soğutucunun hangi iklim koşullarında ve hangi fan hızlarında daha etkili olduğu ortaya çıkarılabilir. Bu deney, evaporatif soğutma sisteminin alternatif bir soğutma yöntemi olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek için önemlidir. (Grup 5: 4 Puan)*

Değerlendirmede grup arkadaşlarıyla çözüm önerilerini bir karara bağlayan gruplar yaptıkları araştırmaları da kanıt olarak sunarken en iyi çözüme karar vermişlerdir. Ancak kullanılması uygun olan malzemenin özellikleri verilirken ne kullanmaya karar verdiklerini belirtmemişlerdir.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Pilot uygulamada yalnızca 1 grubun 4 (Grup 3), diğer grupların ise 3 puan aldıkları görülmektedir.

*Evaporatif soğutucunun soğutma performansı, ortam sıcaklığı ve fan hızı ile ilişkilidir. Ortam sıcaklığı arttıkça, evaporatif soğutucunun soğutma performansı azalır. Fan hızı arttıkça, evaporatif soğutucunun soğutma performansı artar. Bu sonuçlar, evaporatif soğutma sisteminin çalışma prensibine uyumludur. Yaptığımız çalışmada da bunu test ettik. (Grup 4: 3 Puan)*

Prototipin işleyişinden ve bağımlı bağımsız değişkenlerden kısaca bahsedilmiştir.

Bağımlı bağımsız değişkenlerin neler olduğu net olarak ortaya konmamıştır.

*Bağımlı değişkenler: Evaporatif soğutucunun soğutma performansını etkileyen faktörlerdir. Bu değişkenler, evaporatif soğutucunun üfleme sıcaklığı, üfleme nem oranı, soğutma kapasitesi ve enerji verimliliğidir. Bu değişkenler, deneyde ölçülen ve kaydedilen değerlerdir.*

*Bağımsız değişkenler: Evaporatif soğutucunun soğutma performansını belirleyen faktörlerdir. Bu değişkenler, ortam sıcaklığı ve fan hızıdır. Bu değişkenler, deneyde değiştirilen ve kontrol edilen değerlerdir.*

*Yaptığımız prototip ile tüm bağımlı bağımsız değişkenleri kullanarak testler gerçekleştirilmiştir. (Grup 3: 4 Puan)*

Bağımlı ve bağımsız değişkenler net olarak ortaya konmuştur. Prototip için kullanılan malzemeler ve amaçlarından bahsedilmemiştir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yapılan değerlendirmelerde grupların pilot uygulama için 3. Grup 3 puan alırken, diğer grupların 4 puan aldığı görülmüştür.

*Deney düzeneğinde 6 adet sünger kullandık. Yalıtım malzemesi için strafor köpük kullandık. Düzeneği test ettik. Giriş ile çıkış sıcaklıkları arasında 1-2 derece fark gözlemledik. Son yaptığımız düzenekte süngerlerin dizilişini değiştirdik. Bu sefer giriş ile çıkış sıcaklığı arasında net 2 derece fark oldu. Fanımızı 2 de açtık. (Grup 3: 3 Puan)*

Tasarımlarında yaşadıkları sorunları ve uyguladıkları çözümlerden bahsetmelerine rağmen çözüm önerilerininin sebeplerini açıklamamışlardır.

*Son yaptığımızda süngerlerin dizilişini değiştirdik. Ayrıca aralarındaki mesafeyi azalttık. Bu düzeneğe ile yaptığımız deneyde 3 derece fark gözlemledik. Çünkü süngerlerin aralarında olan mesafe ilk başta çoktu. Bu hava değişimini azaltır. Süngerin kalınlığını arttırmak daha çok su varlığını gösterir. Bu da buharlaşma için çok su demek. İyi yönde etki yapar. (Grup 5: 4 Puan)*

Tasarımda aksayan yönlerini kanıtlarla sunmaları ve üzerinde yeni fikirler geliştirerek bunu gerekçelendirdikleri görülmüştür. Atılan adımlardan daha net bahsedilmiştir.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Çekinik olan gruplar özellikle 3 puan alan gruplardır (Grup 1 ve 3). Diğer gruplar ise 4 puan almıştır. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

1. ve 3. Grup sunumda konuyu kısmen açık ve daha az çekici bir şekilde anlatmış, çözümden elde ettiği verileri sunmada da bazılarında sıkıntı yaşamıştır. Yine de verdiği verileri ve prototip görselleri iyidir. Çözüm için oluşturdukları çizimleri paylaşmışlardır. Bazı ayrıntılar çok net olmamakla birlikte sunum çoğunlukla dinleyicilere uygundur. Kendi cümleleriyle ifade ettikleri, okumadıkları ve süre sınırına uydukları görülmüştür. (3 Puan)

Diğer gruplar, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemiştir. Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. Buna göre de 4 Puan almışlardır.

Tablo 4.13. *Evaporatif Soğutucular Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	4	5	4	4	5	4,4
B. Anlama	4	5	5	5	5	4,8
C. Fikir üretme	4	4	4	4	4	4
D. Değerlendirme	4	4	4	4	4	4
E. Prototip oluşturma ve test etme	4	5	5	5	4	4,6
F. Yineleme	4	5	4	5	5	4,6
G. İlerleme	4	5	4	5	5	4,6
H. Çözümün sunulması	5	5	5	5	5	5

Tablo 4.13.'de evaporatif soğutucular etkinliği için gerçek uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için problemi tanımlarken Grup 2 ve 5, 5 puan alırken, diğer gruplar 4 puan almıştır.

*Adada yaşayan insanlar için mevcut soğutma sistemlerinin çok fazla elektrik harcaması ve çevreye zarar vermesi bir problemdir. Çevre dostu bir serinleme sistemi gereklidir. (Grup 3: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı da belirtilmiştir.

*Mevcut problem, adada yaşayan insanlar için enerji harcayan geleneksel soğutma sistemlerinin çevresel etkilerini azaltma ihtiyacıdır. Müşteri (Temiz Enerji Yapı Şirketi), temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak bir evin soğutma sistemini oluşturmak istemektedir. Bu, iklim değişikliklerine uyumlu ve çevre dostu bir çözüm gerekliliğini ifade eder. (Grup 5: 5 Puan)*

Burada ise problem açık, nesnel ve derin bir şekilde tanımlanırken, belli ayrıntılarla iyi bir şekilde detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı ve amaçlanan bir müşteriyi ve son kullanıcıyı da belirtmektedir.

Anlama ögesinde gerçek uygulamada grupların çoğunluğunun 5, yalnızca 1. Grubun 4 puan aldığı görülmüştür.

*Evaporatif soğutucular buharlaşma mantığıyla çalışmaktadır. Geleneksel soğutma sistemlerinin aksine çevreye zararlı gaz salınımına neden olmayan su ve suyun buharlaşmasıyla çalışan alternatif bir serinleme sistemidir. Bizim de problem durumumuz için geliştirilebilir bir sistemdir. Bizden istenen kriterler çevreci olması, canlılara zarar vermemesi ve ekonomik bir prototip geliştirmemizdir. (Grup 1: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir.

Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

*Evaporatif soğutma işlemi, basitçe suyun buharlaşması nedeniyle soğutma etkisi yaratma prensibine dayanır. Evaporatif soğutma sistemlerini yapmak ve geliştirmek, özellikle sıcak iklimlerde enerji verimliliği ve çevre dostu soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için önemli bir konudur. Bu tür araştırmalar ve geliştirmeler, evaporatif soğutma sistemlerinin verimliliğini artırarak enerji tasarrufu sağlama, sürdürülebilirlik ve çevre koruma açısından önemlidir. Bu çözümler, daha etkili ve çevre dostu soğutma seçenekleri sunma potansiyeline sahiptir. Kriter: iklim değişikliğine uyumlu, yaşam için gerekli, temiz, yenilenebilir yollardan üretilmesi, doğa dostu ve hiçbir canlıya zarar vermemesi sistemin başlangıç sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasında en az üç derece farkın olması istenmektedir. Sınırlılıkları: Malzemelerin ekonomik olması istenmektedir. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada gereksinimler tutarlı bir şekilde açık ve ayrıntılı, nesnel, ölçülebilir ve tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirme olasılığı yüksektir. Gereksinimler müşterinin ihtiyaçlarını temsil eder. Kriter ve sınırlılıklar açık ve ayrıntılı bahsedilmiştir.

Fikir üretme ögesi için gruplar benzer cevaplar vererek tamamı 4 puan almıştır.

*Evaporatif soğutucunun çalışma prensibini kullanarak, çevresel sıcaklığı düşüren bir sistem tasarlamak istiyoruz.- Yüksek kaliteli pedlerin seçimi, suyun verimli bir şekilde buharlaşmasını sağlar.- Su dolaşımının etkin bir şekilde sağlanması için uygun bir su pompası kullanılması önemlidir.- Sistemdeki suyun temizliğinin düzenli olarak kontrol edilmesi ve temizlenmesi gereklidir.- Prototipin verimliliğini test etmek ve olası iyileştirmeleri belirlemek için deneme yapılmalıdır. Bu önerilerimi grup arkadaşlarımla tartışarak, farklı bakış açılarından gelen geri bildirimleri değerlendirip prototipimizi geliştirmek için ortak bir plan oluşturacağız. (Grup 5: 4 Puan)*

Tasarım çözümlerini üretmede geliştirmeye yönelik daha kapsamlı, genel olarak savunulabilir ve tutarlı cevaplar verdiği görülmüştür. Tasarımı yapılacak prototip için tasarım aşamalarından genel olarak bahsedilmiştir. Bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılmaktadır.

Değerlendirme ögesi için gruplar buldukları çözüm önerileri için en iyisini seçmeleri istenmiştir. Burada çok fazla fikir geliştiremeyen gruplar, sorulara fikir üretme basamağında verdikleri cevapları biraz daha geliştirerek benzer cevaplar vermişlerdir.

*En iyi çözüm önerisi olarak evaporatif soğutma sistemini seçtik. Bu tercihimizi, bu sistemlerin su buharlaşmasıyla ortamın sıcaklığını düşürme prensibine dayandırdık. Bilimsel olarak, bu sistemlerin su buharlaşması sırasında çevresinde sıcaklığı düşüren ve bu sayede çevreyi soğutan bir etkisi olduğu bilinmektedir. Bu çözümü geliştirmek için, kullanılacak malzemelerin kalitesini artırarak verimliliği artırmak önemlidir. Ayrıca, su dolaşım sistemi, pedlerin tasarımı ve fanın etkinliği gibi detayları optimize etmek gerekebilir. Ayrıca, prototipin test edilmesi ve olası iyileştirmelerin belirlenmesi için deneme aşamasına geçmeliyiz. - Kullanılacak malzemeler: Yüksek kaliteli hava geçirgenliğine sahip pedler, dayanıklı bir çerçeve malzemesi, uygun su dolaşım sistemi.- Tasarım boyutları: Prototipin belirlenmiş alan içinde yer alacak şekilde boyutlandırılması.- Kısımlar ve işlevi: Pedlerin suyu emme*

*ve buharlaşma işlevi, fanın hava dolaştırma işlevi, suyun dolaşımını sağlayan sistem. (Grup 3: 4 Puan)*

Değerlendirmede grup arkadaşlarıyla çözüm önerilerini bir karara bağlayan gruplar yaptıkları araştırmaları da kanıt olarak sunarken en iyi çözüme karar vermişlerdir. Ancak kullanılması uygun olan malzemenin özellikleri verilirken ne kullanmaya karar verdiklerini belirtmemişlerdir.

Prototip oluşturma ve test etmede gruplar nihai karara vardıkları prototiplerini verilen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde oluştururlar. Gerçek uygulama için öğrencilerin deneyde hangi malzemeyi ne amaçla kullandıklarını sorguladıkları sorular yöneltilmiştir. Bu da onların prototip geliştirmede daha yüksek puanlar alarak geliştirdikleri prototip için kritik noktalara hakim olmalarını sağlamıştır. Buna göre de grup puanlarına bakıldığında sadece 2 grup (Grup 1 ve 5) 4 puan alırken, diğer grupların 5 puan aldığı görülmektedir.

*Islak yüzey: Su buharlaşmasını hızlandırmak ve sıcaklığı düşürmek için kullanılır. Su: Islak yüzeyin nemlendirilmesi için kullanılır. Fan: Hava akımını ıslak yüzeyden geçirmek için kullanılır. Sıcaklık ve nem ölçüm cihazları: Sıcaklık ve nemdeki değişiklikleri izlemek ve sonuçları ölçmek için kullanılır. Deneyin sonucunda, ıslak yüzeyin ve su buharlaşmasının sıcaklıkta bir düşüşe neden olması ve evaporatif soğutmanın çalışma prensibini kanıtlamayı bekliyoruz. (Grup 1: 4 Puan)*

Deneyde kullandıkları malzemelerin amaçlarına hakim olan gruplar prototiplerini başarıyla oluşturmuşlardır. Ancak burada bağımlı ve bağımsız değişkenler sorulduğunda net bir cevap alınamamıştır.

*Selüloz yapılı sünger- su tutucu özelliğinden yararlanılacaktır. Silikon tabancası- strafor köpük levhalara selüloz yapılı süngerleri yapıştırmak için. Strafor köpük levha – yalıtım malzemesi. Termometre- sistemin giriş ve çıkış sıcaklıklarını ölçmek için. Küçük el vantilatörü- sistemin girişinde hava oluşturmak için kullanılır. Oluşturacağımız sistemin giriş ve çıkışı sıcaklıklarının farklı olmasını ( giriş sıcak ,çıkış sıcaklığı az olması durumu) bekliyoruz. Bağımlı değişken: giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark .Bağımsız değişken: fan hızı ve mesafedir. (Grup 4: 5 Puan)*

Burada prototipin oldukça açık ve yeterli ayrıntılarla aşamalarının açıkladığı görülmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler de doğru ifade edilmiştir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. 1. ve 3. Gruplar 4 puan alırken diğer gruplar ise 5 puan almıştır. 5 puan alan gruplar, yineleme sebeplerini daha açık ve net olarak ifade etmişler ve sistemi yinelemenin sonucunda istenen sonuca ulaşmışlardır.

*Süngerleri dik değil yatay olarak yerleştirmeye karar verdik çünkü böylelikle süngerler arasındaki mesafe azalacağından daha fazla buharlaşma olacağını düşünüyoruz. Ayrıca sünger sayısını da artırarak daha sık olacak şekilde yerleştirdik. Bu şekilde daha iyi sonuçlar elde edileceğini düşünüyoruz. (Grup 5: 4 Puan)*

Tasarımda aksayan yönlerini kanıtlarla sunmaları ve üzerinde yeni fikirler geliştirerek bunu gerekçelendirdikleri görülmüştür. Atılan adımlardan daha net bahsedilmiştir. Ölçüm sonuçlarıyla kıyaslama yapılmamıştır.

*İlk önce köpükleri kestik. Silikonla kenarlarını yapıştırdık. Süngerleri soğuk su ile ıslattık ve damlamayacak şekilde biraz sıktık. Süngerleri de belirli aralıklarla köpüğe sabitledik. Üst kapağı da*

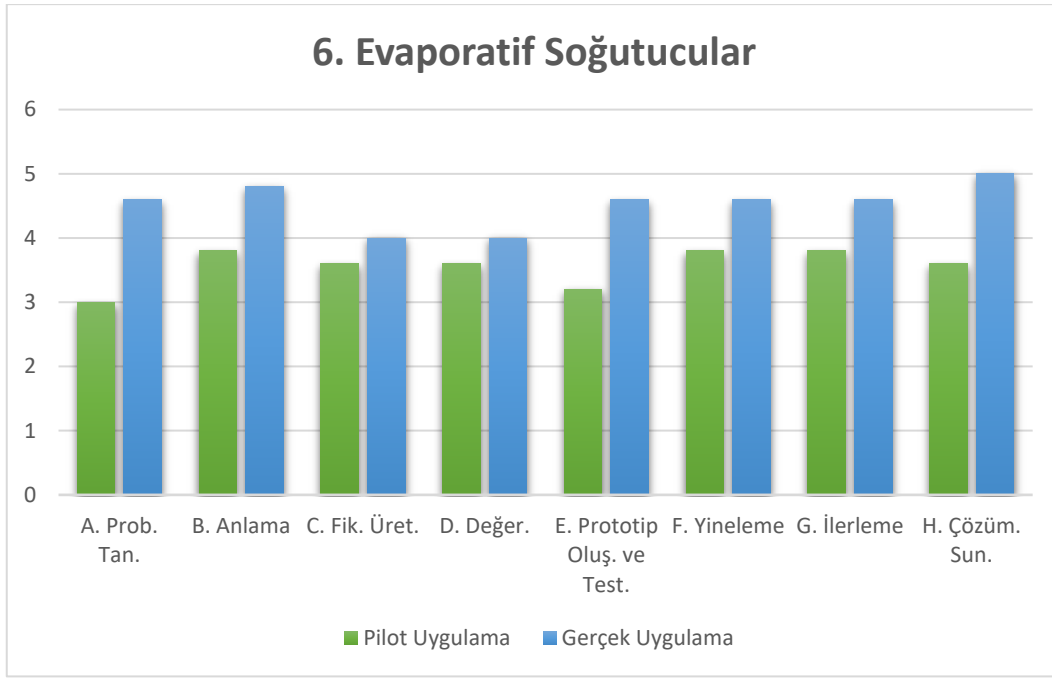


*yapıştırdık. Termometreleri arka ve ön kısma sabitledik. Vantilatörü çalıştırarak sıcaklık farklarına baktık. İlk aşamada vantilatörü 50 cm uzaktan çalıştırdık ve iki termometre arasında 1-1,5 °C bir sıcaklık farkı olduğunu gördük. İkinci aşamada vantilatörü 25 cm uzaktan açtığımızda ise sıcaklık farkının 1,5-1,75°C olduğunu gördük. Bu durumda vantilatörün daha yakından çalıştırılması evaporatör sistemdeki buharlaşmayı arttırdığı için termometrede değerin daha düşük çıkmasını sağladı. Bu da yaptığımız prototip için doğru sonuca ulaştığımızı göstermektedir. Bu deneyden şunu düşünüyor insan bu kadar doğa dostu ürünlerin kullanımı bize sunulabilirken biz neden tercih etmiyoruz? Eğitim olabilir belki cevabı. Bunun gibi çalışmalar arttırılmalı, özellikle okullarda. Her üniversite bu konuda biraz daha hassas bir eğitim vermeli. Belki son zamanlarda artmaya başladı. Duyarlılık açısından bilgilendirmeler artmalı ve tabii uygulamalar da. Evaporatif soğutucu deneyi, öğrencilere hem teorik hem de pratik bilgi sunarak termodinamik, sıvı-soğutma sistemleri konularını daha iyi anlamalarına yardımcı olabilir. Kendilerinin de ekonomik ve çevre dostu sistemler geliştirmesinde fikir verme açısından büyük katkı sağlayacağını düşünüyorum. (Grup 2: 5 Puan)*

Yaptıkları prototip için ilerleme ve değerlendirme aşamasında grupların aksayan yönlerini kanıtlarla ve ölçümlerle sundukları görülmüştür. Karşılan sorunlar ve çözümleri açık ve net bir şekilde belirtilmiştir. Tasarım sürecinin ve projenin tasarımcılar tarafından iyileştirmeyi kolaylaştıracak, tutarlı, açık, ayrıntılı ve kapsamlı dokümantasyonunu sunmuştur.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Bütün gruplar en yüksek puan olan 5 puanı alarak tasarımlarını ve verilerini en iyi şekilde ifade etmişlerdir. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

Sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur. Bunun sonunda da tüm gruplar 5 tam puanı almıştır.



Şekil 4.7. Evaporatif soğutucular alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi

Şekil 4.7.'de araştırmacı tarafından rubrik ile evaporatif soğutucu prototip tasarımının pilot ve gerçek uygulama olarak grup ortalama puanlarının grafikleri görülmektedir. Bu etkinlik için tablodaki veriler incelendiğinde, pilot uygulamanın puanlarının düşük (3-4 aralığında) olduğu, başka bir deyişle değerlendirme rubriğine göre *yetkin* ve *gelişmiş* aralığında olduğu görülmektedir. Rubrik, puanlara karşılık gelen nitelermeleri 0; *Yetersiz*, 1; *Acemi*, 2; *Gelişmekte* 3; *Yetkin*, 4; *Gelişmiş* ve 5; *Örnek Alınacak* şeklinde yapmaktadır. Buna göre Evaporatif Soğutucular etkinliğinde Şekil 4.7.'deki grafikten de görülebileceği gibi gerçek uygulamada bütün gruplar *Gelişmiş* ve *Örnek Alınacak* düzeyde bir performans sergilemişlerdir.

#### 4.2.7. Atık Yönetimi Etkinliğinden Elde Edilen Bulgular

STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı alt etkinliklerinden sonuncusu olan atık yönetimi etkinliği için; etkinlikler sonunda ortaya çıkan tüm atıkların değerlendirmesi için mühendislik tasarım döngüsünde tasarımlar oluşturulması istenmiştir. Grupların gerek sınıf dışı dijital platforma yükledikleri çalışmalar gerekse de sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.14. ve Tablo 4.15.'de sırası ile pilot ve gerçek uygulamadaki değerlendirme sonuçlarını vermektedir.

Tablo 4.14. *Atık Yönetimi Alt Etkinliğinin Pilot Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	5	5	5	5	4	4,8
B. Anlama	5	5	4	5	5	4,8
C. Fikir üretme	4	4	4	4	4	4
D. Değerlendirme	4	4	4	4	4	4
E. Prototip oluşturma ve test etme	4	4	5	5	4	4,4
F. Yineleme	5	4	4	4	4	4,2
G. İlerleme	5	4	4	4	4	4,2
H. Çözümün sunulması	5	5	5	4	4	4,6

Tablo 4.14.'de atık yönetimi etkinliği için pilot uygulama sonuçlarından problemin tanımlanması ögesi için sadece 5. Grubun 4 puan alırken, diğer grupların ise tamamının 5 puan aldığı görülmektedir.

*Mevcut problem, çevresel sorunlar ve atık yönetimi eksiklikleridir. Bu sorun, ekolojik ada için çevre kirliliği ve atıkların doğaya zarar vermesi olarak ifade edilebilir. (Grup 5: 4 Puan)*

Burada problemin açık, nesnel ve biraz derin tanımlandığı görülmektedir. Genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılmıştır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtirken son kullanıcı belirtilmiştir.

*Adada yaşayan insanlar için atıkların ayrıştırılması, gruplanması, değerlendirilmesi ve geri dönüştürülmesi gereklidir. Temiz Enerji Yapı Şirketi de çevre bilinci oluşturmayı sağlamak için atıkları tekrardan kullanabileceğimiz göstermemizi istiyor. Çünkü tek kullanımlık ürünler çevreye çok fazla zarar veriyor. (Grup 4: 5 Puan)*

Burada tüm grupların problem durumunu tanımlamada açık ve nesnel tanımladıklarını söyleyebiliriz. 5 puan alan grup problemi daha derinlemesine ve son kullanıcı ve müşteriyi de işin içine katarak tanımlama yaptığı için daha yüksek puan almıştır.

Anlama ögesinde pilot uygulama sonuçlarına baktığımızda sadece 3. Grupların 4 puan aldıkları diğer grupların ise tamamının 5 puan aldıkları görülmüştür.

*Çevremizde bulunan atıkları dönüştürerek çevrenin devamlılığının sağlanması, var olan atıkları dönüştürerek ham madde kullanımında tasarruf sağlanır. Atık yönetimi çevre koruma, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Doğada çözünmeyen ve çevreye zarar veren atıkların azaltılması, gelecek nesiller için daha yaşanabilir bir dünya yaratmamıza yardımcı olur. (Grup 3: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir.

Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

*Çevremizde çok fazla atık var. Yani günlük hayatımızda bile tek kullanımlık şeyler var ve bunları işimiz bitince çöpe atıyoruz. Bunları biriktirip geri dönüşüm kutularına atarsak veya kendimiz geri dönüşüm için kullanırsak çevreye zarar vermemiş oluruz. \* çevre bilincini artıracak afişler ve pankartlar tasarlanmalı. \*Atıklarımızı 1 hafta boyunca sınıflandırmamız ve tekrar kullanılabilir hale dönüştürmemiz. \*Sistemi Temiz Enerji Yapı Şirketi ' ne sunmamız. (Grup 5: 5 Puan)*

Gereksinimler açık ve ayrıntılı tanımlanırken kriter ve sınırlılıklardan da açıkça bahsedilmiştir. 3. Grup ihtiyacı genellikle açık ve ayrıntılı tanımlarken çözüm yollarından

daha genel bahsetmiştir. Diğer gruplar ise ihtiyacı açık ve ayrıntılı tanımlamalarının bunun yanında da somut çözüm önerilerini de daha özel sunmuşlardır.

Fikir üretme ve değerlendirme öğeleri için pilot uygulama sonuçlarında tüm grupların 4 puan aldığı görülmektedir.

*İnternette araştırmalar yaptım. Günlük hayatta sıklıkla kullanmış olduğumuz pet şişeler doğada binlerce yıl çözünmüyor. Ve pet şişeler geri dönüşümün son noktasında oldukları için tekrar kullanılmaları çok zor. Pet şişelerden kalemlikler yapıp ileride öğrencilerime ödüllü oyunlar düzenleyerek hediye edebilirim. (Grup 1: 4 Puan)*

Burada grupların çözüm önerileri geliştirirken ve çözüm önerileri içinden bir değerlendirme sağlarken tüm çözüm önerilerini sunmaları ve bir karara bağlarken bunu da sebepleriyle açıklamaları beklenir. Ancak tek bir çözüm önerisi sunulmuştur.

Atıklardan ürünlerini oluşturma aşamasında gruplar pilot uygulamada 3 grup (Grup 1, 2 ve 5) 4 puan alırken, diğer gruplar 5 puan almıştır.

*Yapacak olduğumuz kalemlik hem geri dönüşümden olacağı için çevreye verecek olduğumuz zarardan koruyoruz hem de bu kalemligi çocuklara dağıtabileceğimiz için veya onlarla birlikte de yapabileceğimiz için çocuklara geri dönüşüm bilinci kazandırmaya başlamış oluyoruz. (Grup 2: 4 Puan)*

*Önce kulübemizin boyutları nasıl olsun diye kendi aramızda fikir alışverişinde bulduk. Sonrasında yanlar için 8 pet şişe arka kısım için 10 pet şişe uzunluğunda yapmaya karar verdik. Boyu için 3 katman olacak şekilde (3 pet şişe üst üste gelecek şekilde) kararlaştırdık. Alt taban için  $8+8+10=26$  tane pet şişeyi taşlı toprakla doldurduk. Burada şişelerin başta %80-90'ını doldurmuştuk ancak şişelerin yapışması zorlaştığı ve kaldırmak güçlük çekeceğimiz için şişedeki taş oranını %30'lara düşürdük. Diğer taraftan pet şişeleri silikon tabancası yardımıyla başta kararlaştırdığımız ölçülere göre yapıştırarak birleştirdik. Kaldırması kolay olsun diye alt kısımdaki pet şişelerin altına strafor köpükle destekledik. Çatı kısmı için 10 tane pet şişeyi yan yana yapıştırdık ve bunu 2 defa daha tekrarlayarak çatı kısımlarını birleştirdik. Soğuk geçirmemesi için etrafını naylonla sardık. Oluşturduğumuz tasarım gayet kullanışlı oldu. Hem atıklarla ilgili toplumsal farkındalık oluşturduk hem de köpekler için sığınabilecekleri bir kulübeleri olmuş oldu. (Grup 3: 5 Puan)*

Burada 4 ve 5 alan gruplarda yapılan prototipin araştırmacı gözüyle değerlendirmesi de mevcuttur. Yapılan çalışmaların zorluk dereceleri ve verilen emek değerlendirildiğinde pet şişelerden kulübe yapan grubun tüm malzemelerini özenle hazırlayıp eksiksiz geldikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca yukarıdaki raporlarda da 2. Grubun çalışmasını anlatırken yapım aşamalarından bahsetmemesi bir eksikliklerdir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yineleme sebebini daha açık ve net olarak ifade eden ve sistemi yinelemenin sonucunda istenen sonuca ulaştıran gruplar daha yüksek puan almıştır. Bazı öğrenci cevapları aşağıda verilmiştir.

*Çöplerden çok kolay bir şekilde basit, kullanışlı, işe yarayabilecek kaliteli ürünler elde edilebileceği gözlenmiş oldu. Deney sonucunda elde edilen ürün pazarlanabilecek kadar iyi oldu. Atıkları hazineye dönüştürebilmekte önümüzdeki tek engel hayal gücümüz. Hipotezimizi karşılayabildik. Deney sonunda basit şekilde atıklardan üretilmiş kullanışlı ve iyi bir ürün tasarlayabildik. Yaptığımız kalemliklerden memnunuz değiştirmeyi düşündüğümüz bir yer olmadı. (Grup 5: 4 Puan)*  
*Etkinlik boyunca çok eğlendim. İlk aşamada 1 hafta boyunca çöplerimi toplayınca ne kadar fazla atık ürettiğimi gözlemledim. İkinci aşamada ise ürettiğim atıkların gerçekte atık olmadığını birer hazine*

*olabileceğini öğrendim. Çok güzel, faydalı ve işe yarar bir etkinlikti. Atıklarla ilgili bir farkındalık oluşturmuş olduk. tasarımın son halinde dışı siyah keçe ile kaplandı, kapaklardan ve pipetlerde göz ve burun eklenmiştir. İlk halinde sadece pet şişeler ve fermuar silikon ile yapıştırılarak cüzdan yapılmıştı. Sonradan eklenen kısımlar ile tasarım hem sağlamlık hem de görsellik olarak daha iyi hale gelmiştir. (Grup 1: 5 Puan)*

Burada gruplar ortaya çıkardıkları ürünler için son halini vermeden değişiklikler de yapmışlardır. Yapılan gözlemler sonunda bir puanlama yapılmıştır. 1. Grubun bu konuda daha hevesli ve itinalı çalıştığı gözlenmiştir.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. 4. ve 5. Grup 4 puan almıştır. Diğer gruplar ise 5 puan almıştır. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

4. ve 5. Gruplar, çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgilerini sergilerken açık ve ilgi çekici bir şekilde kendini dinletebilmiştir. Sunumda tasarıma karar verme aşamalarını gerekçelendirerek ölçüm sonuçları ve görsellerle zenginleştirmişlerdir. Problemin çözümünde kullandıkları çizimler ve çözüm önerilerini de sunum aşamasına eklemiştir. Sunum izleyenlerin ilgisini çekmiştir. Sunucu anlaşılır konuşmuş, okumamış ve süre sınırına bağlı kalmıştır. (4 Puan)

Diğer gruplar da sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur. Bunun sonunda da 5 tam puanı almıştır.

Tablo 4.15. *Atık Yönetimi Alt Etkinliğinin Gerçek Uygulama Olarak STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği ile Değerlendirilmesi*

Öğeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama
A. Problemin tanımlanması	5	5	5	5	5	5
B. Anlama	5	5	4	5	5	4,8
C. Fikir üretme	5	5	5	5	4	4,8
D. Değerlendirme	5	5	5	5	4	4,8
E. Prototip oluşturma ve test etme	5	5	4	5	5	4,8
F. Yineleme	5	5	5	4	5	4,8
G. İlerleme	5	5	5	4	5	4,8
H. Çözümün sunulması	5	5	5	5	5	5

Tablo 4.15.'de atık yönetimi etkinliği için problemin tanımlanmasında tüm grupların 5 tam puan aldıkları görülmektedir. Grupların cevapları ve puanlama aşağıda verilmiştir.

*Adada yaşayan insanlar için çevreyi kirleten atıkların fazla olması ve atık yönetimi büyük problemdir. Bu sorun, çevre kirliliği ve atıkların doğaya zarar vermesi olarak ifade edilebilir. Temiz Enerji Yapı Şirketi de bizden buna bir çözüm bulmamızı istemektedir. (Grup 3: 5 Puan)*

Tüm gruplar problemi daha derinlemesine, son kullanıcıları ve müşteri kavramlarını da işin içine katarak tanımlama yaptığı için tam puan almıştır.

Anlama ögesinde sadece 3. Grubun 4 puan aldıkları diğer grupların ise tamamının 5 puan aldıkları görülmüştür.

*Doğru atık yönetimi, çevreyi korumak ve doğal kaynakları tasarruflu kullanmak için kritik bir adımdır. Ayrıca, atıkların geri dönüştürülmesi, ekonomik açıdan da avantaj sağlar. Ekolojik Ada içerisinde yaşayan insanların atıklarını değerlendirip faydalı hale getirilmesidir. (Grup 3: 4 Puan)*

Gereksinimleri genellikle açık ve ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Neredeyse her zaman ölçülebilir ve tanımlanan çözüme somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmesi muhtemeldir.

Kriter ve sınırlılıklar genel olarak bahsedilmiştir.

*Plastik bir malzemenin, camın, pillerin ve sayabileceğimiz daha birçok atığın doğada çözünmesi binlerce yıl alırken aynı zamanda çevremiz açısından oldukça tehlikeli sonuçlar da doğurabildiği için atık yönetimi (geri dönüşüm) önemlidir. Çevremizdeki tüm insanları bilinçlendirici afişler, ilgi çekici pankartlar oluşturmak. Atıkları 1 hafta boyunca sınıflandırıp ayırtmak ve sonrasında bu atıkları tekrar kullanılabilir hale dönüştürmek. (Grup 1: 5 Puan)*

Gereksinimler açık ve ayrıntılı tanımlanırken kriter ve sınırlılıklardan da açıkça bahsedilmiştir. 3. Grup ihtiyacı genellikle açık ve ayrıntılı tanımlarken çözüm yollarından daha genel bahsetmiştir. Diğer gruplar ise ihtiyacı açık ve ayrıntılı tanımlamalarının bunun yanında da somut çözüm önerilerini de daha özel sunmuşlardır.

Fikir üretme ve değerlendirme öğeleri için sadece 5. Grup 4 puan alırken diğer tüm gruplar 5 puan almıştır.

*Kış da geliyorken sokak hayvanları için de kullanışlı işe yarayacak bir proje yapmak istedik. Pet şişelerden kulübenin iskeletini oluşturmayı ve naylonla kaplayarak soğuk geçirmemesini sağlayacağız. Çubuklarla da iskeleti oluşturabiliriz ama silikonla pet şişelerini yapıştırmak da yapabiliriz. (Grup 5: 4 Puan)*

*Problemin çözümü için pek çok yol var. Tek ihtiyacımız olan biraz yaratıcı olmak. Birkaç atık ve hayal gücü ile elimizdeki malzemeleri tekrardan dönüştürmek çok kolay ve aynı zamanda çok eğlenceli bir hal alabilir. Eski kağıtlardan yeni kağıtlar veya kartonlar yapabiliriz, bir çok atığı yenileyip (boyayıp tamir edip) tekrardan kullanabiliriz. Yaratıcı sanat eserleri üretebiliriz. Oyun ve oyuncaklar*

*üretebiliriz. İhtiyaç duyabileceğimiz malzemeler üretebiliriz. Tohum topları, karton mobilyalar, atık tshirt torbalar, cam şişe lambaları, makrome askılar, eski eşyaları boyayıp tekrardan kullanma, kağıt rulodan organizatörler. Daha bunun gibi pek çok şey yapabiliriz aslında. Bulduğumuz bu çözüm önerilerinden bize en çok yakın olan atık pet şişeleri kulübe yaparak kediler köpekler için faydalı bir hale getirmeyi düşündük. Kış da geliyorken hayvanlarımız için de faydalı olabilecek bir tasarım. Hem de atıkları kullanarak yapacağımız için çok da verimli bir proje olacağını düşünüyoruz. (Grup 4: 5 Puan)*

Burada grupların çözüm önerileri geliştirirken ve çözüm önerileri içinden bir değerlendirme sağlarken tüm çözüm önerilerini sunmaları ve bir karara bağlarken bunu da sebepleriyle açıklamaları beklenir. Burada da 5 puan alan grup tüm çözüm önerilerini sunmuş ve içinden yapmak istediğini gerekçelendirmiştir.

Atıklardan ürünlerini oluşturma aşamasında gruplardan sadece 3. Grup 4 puan alırken diğer gruplar 5 puan almıştır.

*Hem çevreye duyarlılık açısından geri dönüşüm ürünlerini değerlendirmek için şişe soda kapaklarını biriktirmelerini isterim. Ardından ellerindeki boyalar malzemeler ile süsleyip anahtarlık haline getirdikten sonra okulda kanser hastalarına bağış için stant kurulup satışlarını gerçekleştirmelerini sağladım. Öğrenciler hem çevreye karşı bilinçlenir aynı zamanda empati sahibi bireyler haline gelir. (Grup 3: 4 Puan)*

*Atık malzemeler ile elde ettiğimiz bir damacana ve ya su sebili de diyebiliriz, kullanışlı ve atık malzemelerle çıkacak iyi bir ürün olduğunu düşünüyorum. Ürün sonucunda çalışıp çalışmadığını test ettik. Ve damacanamız su şişesinin kapağını açtığımızda su çıkarıyor kapattığımızda ise duruyor. Bunun için daha önceki etkinliklerden artan strafor köpükleri kullandık. Strafor köpüklerden belli ölçülerde dikdörtgenler keserek bir dikdörtgenler prizması elde ettik bu prizmanın altını uzatarak açık bıraktık buradaki amaç oraya bardağı koyabilmektir. Prizmanın içinde ortasından bir destek sağlayarak pet şişenin durmasını sağladık, damacanadan su çıkacak olan pipet kısmına denk gelen strafor köpüğü deldik, pet şişenin ağız kısmına denk gelen prizmanın üst tabanını şişeye uygun olarak deldik ve en sonunda prizmayı tamamen kapattık. Şişenin kapağına kartonla open, close gibi açma kapama kulpları yaptık ve şişeye su doldurduğumuzda şişenin kapağını açınca bardağa su doldu, kapattığımızda su kesildi. Çok mantıklı deney oldu çünkü atık malzemeleri değerlendirebilmek çok önemli bir mesele ve her grubun elde ettiği ürün de çok anlamlı ve mantıklı ürünler oldu. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada 4 ve 5 alan gruplarda yapılan prototipin araştırmacı gözüyle değerlendirmesi de mevcuttur. Yapılan çalışmaların zorluk dereceleri ve verilen emek değerlendirildiğinde atık straforlardan su sebili yapan grubun tüm malzemelerini özenle hazırlayıp eksiksiz geldikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca yukarıdaki raporlarda da 3. Grubun çalışmasını anlatırken yapım aşamalarından bahsetmemesi bir eksikliktir.

Yineleme ve ilerleme öğeleri bu çalışmada bir bütün olarak ele alınmış ve verilen puanlar da ortaktır. Yineleme ve ilerleme öğelerinde gruplar yaptıkları prototip için aksayan yönleri kaydetmiş ve bunlar için tekrar düzenlemelere gitmişlerdir. Yapılan değerlendirmelerde gruplardan sadece 4. Grup 4 puan alırken diğer tüm grupların 5 tam puan aldıkları görülmüştür.

*Oldukça etkili bir etkinlik olduğunu düşünüyorum. Çünkü atık malzemeleri değerlendirebilmek çok önemli bir mesele ve her grubun elde ettiği ürün de çok anlamlı ve mantıklı ürünler oldu. Biz şişe kapaklarından anahtarlık yaptık. Süslemek ve boyamak için ojeler simler kullandık. Biz yaparken çok eğlendik. Üstelik verdiğimiz sosyal mesaj da kanser hastalarına gelir olması için bir stant kurmaktı. Bu da fikir olarak farkındalık yaratması adına güzeldi. (Grup 4: 4 Puan)*

*Atıklardan ürün oluşturmak, lineer bir tüketim modelinden ziyade döngüsel bir ekonomiyi destekler. Bu, doğal kaynakların daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar ve atıkların çevreye zarar*

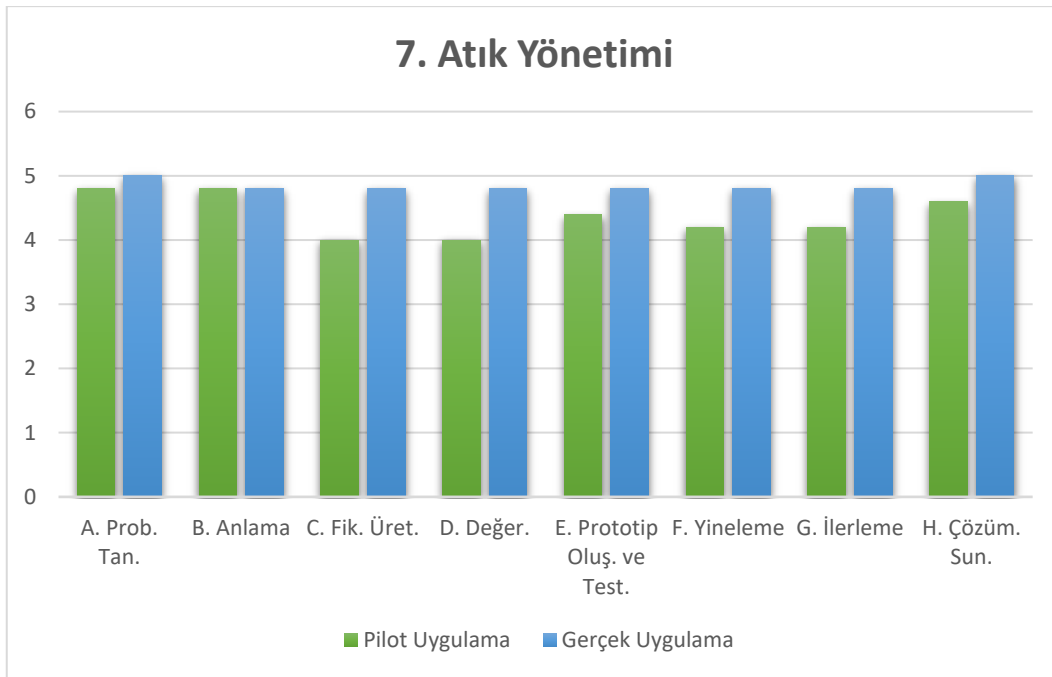
*vermeden değerlendirilmesine katkıda bulunur. Yaratıcılığı teşvik eder ve inovasyona zemin hazırlar. Atıkların yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir malzemelere dönüştürülmesi, yeni tasarım ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesine olanak tanır. Yeni malzemelerin üretimine bağlı çevresel etkileri azaltabilir. Örneğin, plastik atıklardan yapılan geri dönüştürülmüş ürünlerin üretilmesi, ham petrol tüketimini ve karbon emisyonlarını azaltabilir. Toplumsal farkındalığı artırabilir. Bu tür projeler, çevresel sorumluluk alma ve sürdürülebilirliği destekleme konularında toplumun bilinçlenmesine katkıda bulunabilir. Bu tür projeler, atıkların yeniden değerlendirilmesinin ve kullanılabilir kaynakların artırılmasının bir yolunu gösterir. Topluma, atıkların sadece çöp olmadığını, aksine potansiyel değer taşıdığını anlatarak çevresel bilinçlilik oluşturabilir. Ekonomik olarak da faydalı olabilir. Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması, yeni malzemelerin üretim maliyetlerini düşürebilir ve ekonomik olarak sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Başarılı atık dönüşüm projeleri, diğerlerine ilham kaynağı olabilir. Örneğin, plastik şişelerden yapılan giyilebilir moda ürünleri veya atık kağıtlardan üretilen geri dönüştürülmüş defterler gibi örnekler, atıklardan yaratıcı ve işlevsel ürünlerin nasıl ortaya çıkabileceğini gösterir. Bizim de yaptığımız su sebili bunlardan biridir. (Grup 2: 5 Puan)*

Burada gruplar ortaya çıkardıkları ürünler için son halini vermeden değişiklikler de yapmışlardır. Yapılan gözlemler sonunda bir puanlama yapılmıştır. 2. Grubun bu konuda daha hevesli ve itinalı çalıştığı gözlenmiştir.

Çözümün sunulmasında gruplar yaptıkları prototipleri sınıf ortamında diğer grup arkadaşlarına sunmuş ve çalışma prensibini anlatmışlardır. Burada diğer grup arkadaşlarına yaptıkları prototipleri sunan grupların değerlendirilmesi araştırmacının aldığı notlarla belirlenmiştir. Tüm grupların 5 tam puan aldıkları görülmüştür. Araştırmacı notları aşağıda verilmiştir.

Tüm gruplar sunumunu tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde sunarken aynı zamanda çözümle ilgili farklı fikirler de belirtmiştir. Seçtikleri çözüm önerisini gerekçelendirmede de görseller ve sonuçları paylaşarak verilerini sunmuştur. Çözüm önerilerini oluşturmada kullandıkları çizimleri ve analiz sonuçlarını da doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Sunum anlaşılır ve izleyiciye uygun seviyede sunulmuştur. Tasarımın incelenmesi için teknik detaylardan da bahsedilmiştir. Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuşmuş, dinleyicilerle göz temasını kesmemiştir. Sunum boyunca kağıttan okur gibi değil kendi cümleleriyle ifade etmiştir. Dinleyicilerin ilgisini canlı tutarak süre sınırlarına uymuştur. Bunun sonunda da 5 tam puanı almıştır.





Şekil 4.8. Atık yönetimi alt etkinliği için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirme rubriği ile pilot ve gerçek uygulamalarda grup ortalama puanlarının gösterimi

Şekil 4.8.'de araştırmacı tarafından rubrik ile evaporatif soğutucu prototip tasarımının pilot ve gerçek uygulama olarak grup ortalama puanlarının grafikleri görülmektedir. Bu etkinlik için tablodaki veriler incelendiğinde, pilot uygulamanın puanlarının iyi( 4-5 aralığında) olduğu, başka bir deyişle değerlendirme rubriğine göre *gelişmiş ve örnek alınacak* aralığında olduğu görülmektedir. Rubrik, puanlara karşılık gelen nitelermeleri 0; *Yetersiz*, 1; *Acemi*, 2; *Gelişmekte* 3; *Yetkin*, 4; *Gelişmiş ve 5; Örnek Alınacak* şeklinde yapmaktadır. Buna göre Evaporatif Soğutucular etkinliğinde Şekil 4.8.'deki grafikten de görülebileceği gibi gerçek uygulamada bütün gruplar pilot uygulamadaki ortalama puanlarına yakın, *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* düzeyde bir performans sergilemişlerdir.

Son etkinliğe gelen grupların artık kendilerini daha rahat ifade ettikleri ve tamamen başından sonuna kendilerinin işin içinde olarak tasarladıkları ürünleri sunarken de oldukça başarılı oldukları görülmüştür. Burada grupların artık sınıfa, birbirlerine ve mühendislik tasarım döngüsüne alıştıkları da görülmektedir. Onlardan beklenen tasarımları gerçekleştirmişler ve ürünlerini atıklardan tasarlayarak afişlerle ve görsellerle sunmuşlardır. Ayrıca yaptıkları ürünleri işlevlerine göre fakültenin görünür çeşitli yerlerine de yerleştirmişlerdir. Son olarak da hazırladıkları dikkat çekici afişleri de üzerlerine yapıştırarak atık yönetimi hakkında bir farkındalık ağı oluşturmuşlardır.

### 4.3. Tüm Grupların Alt Etkinlikler Boyunca Ortalama Rubrik Puanlarının Değerlendirilmesi

Her bir etkinliğin değerlendirme rubriğindeki öğeler bazında puanlanıp değerlendirilmesinden sonra grupların alt etkinlik ortalama puanları tablolaştırılarak sırasıyla pilot ve gerçek uygulama için Tablo 4.16. ve Tablo 4.17.' de verilmiştir.

Tablo 4.16. *Tüm Grupların Alt Etkinlikler İçin Rubrik Değerlendirmesi Ortalamaları (Pilot Uygulama)*

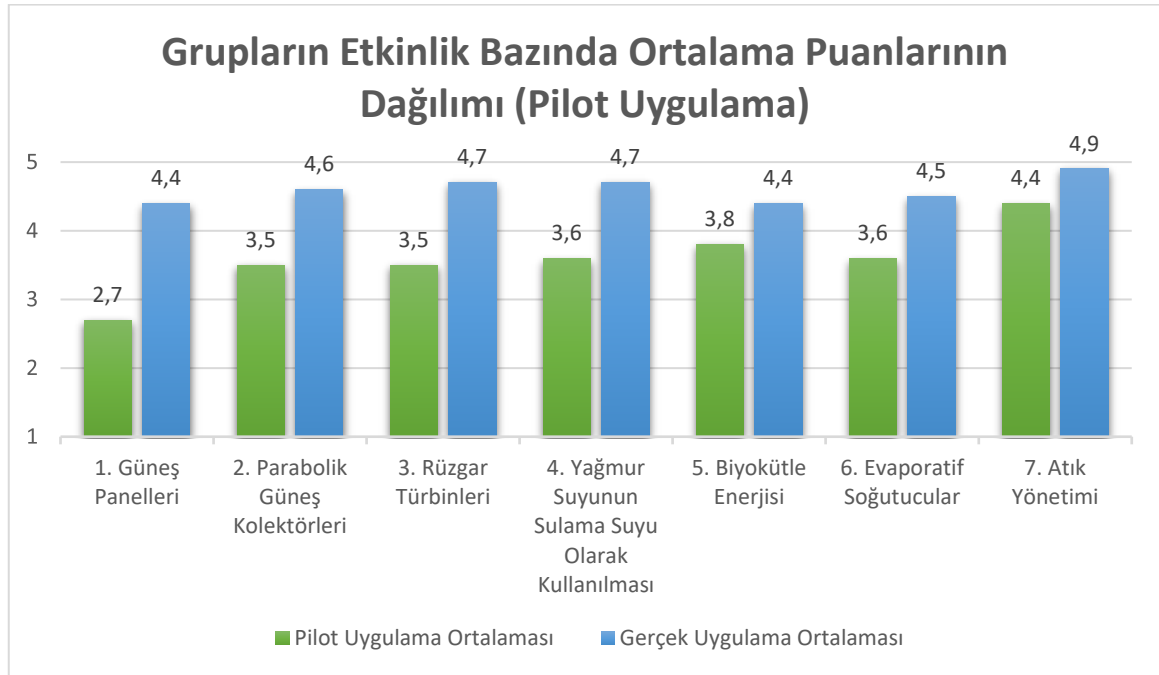
Alt Etkinlikler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama 1
1. Güneş Panelleri	2,6	3,8	2,3	2,3	2,6	2,7
2. Parabolik Güneş Kolektörleri	3,1	3,9	3,4	3,6	3,4	3,5
3. Rüzgar Türbinleri	3,4	3,6	3,4	3,6	3,4	3,5
4. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması	3,8	4	3,6	3,1	3,3	3,6
5. Biyokütle Enerjisi	3,9	3,9	3,5	3,8	4	3,8
6. Evaporatif Soğutucular	3,4	3,8	3,5	3,4	3,8	3,6
7. Atık Yönetimi	4,6	4,4	4,4	4,4	4,1	4,4
Ortalama 2	3,5	3,9	3,4	3,5	3,5	3,6

Tablo 4.17. *Tüm Grupların Alt Etkinlikler İçin Rubrik Değerlendirmesi Ortalamaları (Gerçek Uygulama)*

Alt Etkinlikler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Ortalama 1
1. Güneş Panelleri	4	4,8	4,3	4,4	4,4	4,4
2. Parabolik Güneş Kolektörleri	4,6	4,6	4,5	4,5	4,6	4,6
3. Rüzgar Türbinleri	4,6	4,9	4,6	4,8	4,5	4,7
4. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması	4,8	5	4,4	4,6	4,9	4,7
5. Biyokütle Enerjisi	4,4	5	4,4	4,3	4,1	4,4
6. Evaporatif Soğutucular	4,1	4,8	4,4	4,6	4,6	4,5
7. Atık Yönetimi	5	5	4,8	4,8	4,8	4,9
Ortalama 2	4,5	4,9	4,5	4,6	4,6	4,6

Tablo 4.16. ve Tablo 4.17.'de sırasıyla pilot ve gerçek uygulama için Ortalama 1sütunu herhangi bir alt etkinlik için bütün grupların ortalama puanını verirken, Ortalama 2 satırı da herhangi bir grubun bütün etkinlikler üzerinden ortalama puanını vermektedir. Buna göre bütün grupların en yüksek ortalama puan aldığı etkinlik Atık Yönetimi (pilot uygulama ortalama puanı 4,4; gerçek uygulama ortalama puanı 4,9) iken bütün etkinlikler üzerinden en yüksek ortalama puana sahip grup 2. Gruptur (pilot uygulama ortalama puanı 3,9; gerçek

uygulama ortalama puanı 4,9). Tablo 4.16. ve Tablo 4.17.'deki pilot uygulama ve gerçek uygulama verileri çubuk grafiğe dökülerek Şekil 4.9.' ve Şekil 4.10.'da verilmiştir.

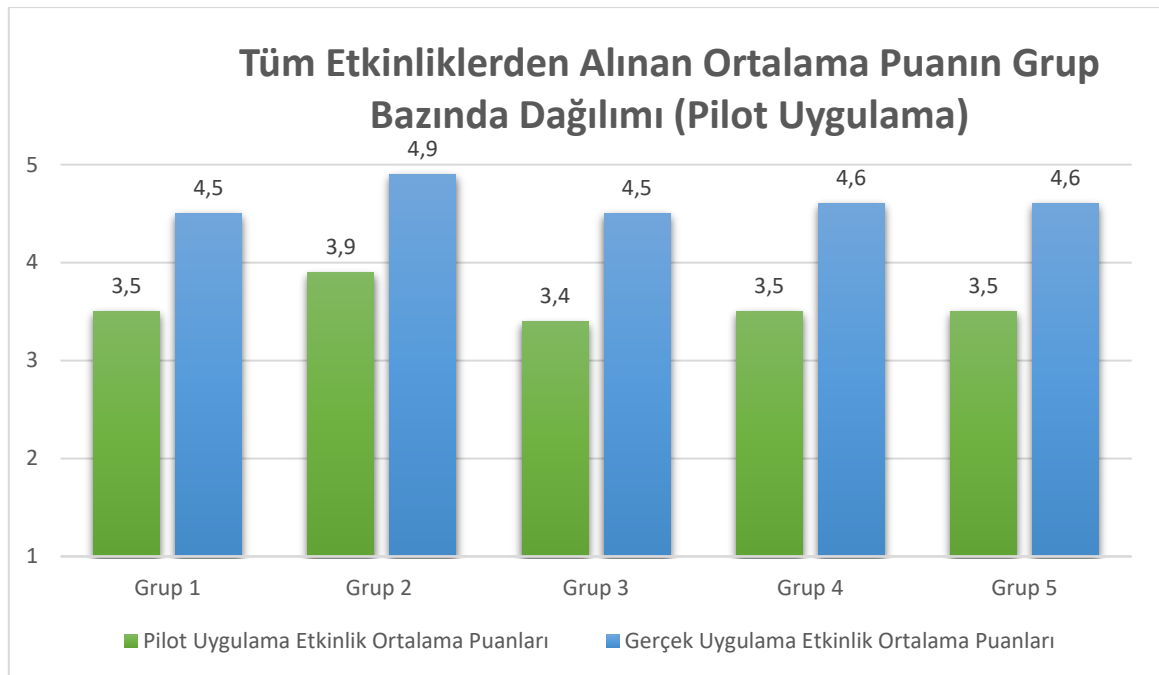


Şekil 4.9. Grupların etkinlik bazında ortalama puanlarının dağılımı

Şekil 4.9.'da pilot uygulama ortalama değerlendirme puanlarına göre ilk etkinlikten ikinci etkinliğe geçerken grupların rubrik değerlendirme ortalama puanlarında artış olmuştur. Bu da grupların ilk kez mühendislik tasarım döngüsünde etkinlikler yapmalarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Gruplar ilk etkinlikten sonra sürece adapte olmuşlar ve ilerlemeye devam etmişlerdir. Evaporatif soğutucular etkinliğinde biraz düşme olsa da Güneş Panelleri etkinliği 2,7 puanla *Gelişmekte- Yetkin* aralığında bir performansa karşılık gelmektedir. Bütün gruplarda en yüksek ortalama puan 4,8 ile 7. etkinlik olan Atık Yönetimi etkinliğidir.

Şekil 4.9.'da gerçek uygulama ortalama değerlendirme puanlarına göre ilk etkinlikten sonra üç etkinlik boyunca grupların rubrik değerlendirme ortalama puanları artış göstermiştir. Biyokütle Enerjisi etkinliği ve Güneş Panelleri etkinliği 4,4 ile en düşük puan olmasına karşın gene de *Gelişmiş- Örnek Alınacak* aralığında bir performansa karşılık gelmektedir. Bütün gruplarda en yüksek ortalama puan 4,9 ile 7. etkinlik olan Atık Yönetimi Etkinliğidir. Bu etkinlik farkındalık yaratmak amaçlı iletişim ve tanıtım amaçlı bir etkinliktir ve öğrencilerin bu tip etkinliklere daha eğilimli olduğu anlaşılıyor. En düşük puanlı biyokütle enerjisi ve evaporatif soğutucular alt etkinlikleri için bu kavramları ilk kez duymaları ve bu konuda bilgi sahibi olmamalarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Güneş panelleri,

güneş kolektörleri, rüzgar türbinleri gibi alt etkinliklerin ürünlerini daha önce görmüş olmaları konuya daha hakim olduklarını ve mühendislik tasarım döngüsünü de doğru yönettiklerini göstermektedir. Atık yönetimi alt etkinliğinde ise atıklarından ürünler tasarlamaları istenilen öğrenciler oldukça yaratıcı ve işe yarar ürünler ortaya koyarken mühendislik tasarım döngüsünden de ayrılmamışlardır. Genel olarak bakıldığında gruplar *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* nitelik aralığındaki puanlarla süreci tamamlamış ve ürünler ortaya koymuşlardır. Daha önce de belirtildiği gibi öğrenci puanları etkinliklerin uygulanabilirliği ve etkililiği için destekleyici bir kanıt verdiğiinden etkinlik modülünün bir bütün olarak etkili uygulanabilir olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 4.10. Tüm etkinliklerden alınan ortalama puanın grup bazında dağılımı

Ayrıca Tablo 4.16. ve Tablo 4.17.'de sırasıyla pilot ve gerçek uygulama puanlarının her bir grup için, tüm etkinliklerin ortalama puanları alınarak gruplar arası bir değerlendirme yapılmıştır. Buradan da Ortalama 2 değerine ulaşılmıştır. Bu değerlerle gruplar arası bir değerlendirme yapılmaktadır. Gruplar bu ortalama değerlerle pilot ve gerçek uygulama için Şekil 4.11.'deki çubuk grafik ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.10.'da da görüldüğü gibi sırasıyla pilot ve gerçek uygulama için rubrik değerlendirmesi ortalamasına göre mühendislik tasarım döngüsünde ürün ortaya koymada en başarılı Grup 2 olmuştur (pilot uygulama ortalama puanı 3,9; gerçek uygulama ortalama puanı 4,9). Pilot uygulama ortalama puanları için Grup 1 3,4 puanla en düşük puanı alırken, gerçek uygulama ortalama puanları için de Grup 1 ve Grup 3 4,5 puan alarak süreci

yönetmede bazı eksiklikler görülmüştür. Her grubun performansı, hazırbulunuşluğu ve fikir üretme kapasitesi aynı değildir. Ancak genel olarak bakıldığında mühendislik tasarım süreci döngüsünde hazırlanan şablonlarla öğrenciler hemen hemen benzer seviyelerde rol almıştır. Grupların gerek dijital platformlara yükledikleri çalışmalarda gerekse de sınıf içinde gösterdikleri performanslar ve ortaya koydukları ürünlerde mühendislik tasarım döngüsünü STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinlikler içine oturtabilmişlerdir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM: TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde fen bilgisi öğretmen adayları için mühendislik tasarım döngüsüyle oluşturulan STEM etkinlikleri modülünden elde edilen bulguların sonuçları literatüre dayalı tartışılmış ve bu alanda yapılacak diğer çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

### 5.1. Tartışma

Bu çalışma mühendislik tasarım döngüsüyle fen bilgisi öğretmen adayları için oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı STEM yaklaşımli etkinliklerin tasarlanması, uygulanması ve etkinliklerin uygulanabilirliğinin değerlendirildiği bir modül geliştirme çalışmasıdır. Pilot uygulama ile gerçek uygulama arasında oluşan farkı daha iyi anlayabilmek adına pilot uygulama sonrası yapılan iyileştirmeleri etkinlik bazında şöyle sıralayabiliriz.

#### 5.1.1. Güneş Paneli Etkinliğine İlişkin Tartışma

İlk etkinlik olan Güneş Panelleri etkinliği için, grupların sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirildiği rubrikten elde edilen genel ortalamalar sonunda gruplar pilot uygulama için 2,7 puan (Grup 1: 2,6; Grup 2: 3,8; Grup 3: 2,3; Grup 4: 2,3; Grup 5: 2,6) alırken gerçek uygulamada yapılan iyileştirmelerle bu puanın 4,4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4,8; Grup 3: 4,3; Grup 4: 4,4; Grup 5: 4,4) seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bu puanlar rubrik nitelermelerine göre pilot uygulama için *Gelişmekte ve Yetkin* aralığında olurken gerçek uygulama için *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* seviyelerine çıkmıştır. Burada yapılan iyileştirmeler yöntem bölümünde pilot uygulama sayfa 60'ta verilmiştir. Bu etkinlik için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirmesi rubriğine göre yapılan değerlendirmeler;

1. Problemin tanımlanması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 2; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmıştır. Pilot uygulamada öğrencilerin problemin tanımlanması mühendislik kavramını tam olarak anlamadıkları görülmüştür. Özellikle burada geçen müşteri ve son kullanıcı gibi mühendislik kavramlarına yabancı oldukları belirlenmiştir. Bu amaçla gerçek uygulamada modüle başlamadan önce öğrencilere mühendislik kavramları hakkında daha geniş ve derinlemesine bilgi verilmiştir. Bunun sonucunda da gerçek uygulamada öğrencilerin ortalama puanlarının da arttığı görülmektedir.

2. Anlama ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 2,8 (Grup 1: 3; Grup 2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 2; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada öğrencilerin güneş paneli etikliğinin ilk uygulama olmasından da kaynaklı olarak problem durumunu belirlemede yaşadıkları sıkıntıların sonucu olarak onlardan istenen kriter ve sınırlılıkları da anlamada zorlanmışlardır. Bunun için gerçek uygulamada modüle başlamadan önce örnek senaryo üzerinden kriter ve sınırlılıklar belirlenmiştir. Bu doğrultuda verilen güneş panelleri senaryosu üzerinden istenen kriter ve sınırlılıkları daha kolay tespit edebildikleri görülmüştür.

3. Fikir üretme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 2,6 (Grup 1: 2; Grup 2: 4; Grup 3: 2; Grup 4: 2; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Pilot uygulamada problem durumu ve anlama öğeleri için istenilen cevapları vermede zorlanan öğrenciler adada yaşanan elektrik ihtiyacına yönelik çözüm önerileri sunmada zorlanmışlardır. Bunun için gerçek uygulamada baştan problem durumunun, kriter ve sınırlılıkların doğru belirlenmesi sağlanmış, bu sayede de öğrencilerin problem durumuna yönelik çözüm önerileri geliştirmesi daha kolay olmuştur. Burada özellikle öğrenciler yeni fikirler üretme açısından teşvik edilmiştir.

4. Değerlendirme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 2,8 (Grup 1: 2; Grup 2: 4; Grup 3: 2; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada bu ortalama 4,4 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Gruplar burada bireysel çözüm önerilerinin içinden en iyi çözüm önerisini bulmaları için yönlendirilmiştir. Problem durumuna en uygun çözüm önerisini belirlerken güneş panelleri etkinliği için verilen kriter ve sınırlılıklarla da en verimli sistemi oluşturabilecekleri bir prototip geliştirmeleri konusunda rehberlik edilmiştir. Ayrıca pilot uygulamada öğrencilerin, yaptıkları araştırmaları çeşitli kaynaklardan kopyalayarak yaptıkları, farklı çözüm önerileri geliştirmek yerine birbirine çok benzer çözüm önerileri geliştirdikleri gözlenmiştir. Bu nedenle başlarda özgün tasarımlar elde edilememiştir. Gerçek uygulamada bunlara çözüm olarak senaryo içinde daha net ve anlaşılır bir şekilde malzeme ve sınırlılıklar verilerek, ayrıca bağımlı ve bağımsız değişkenleri net olarak ayırmasını yapmalarını sağlayacak ilave etkinlikler eklenmiştir. Güneş panelleri etkinliği için pilot uygulamada öğrencilerin paralel ve seri bağlı devreleri ayırt etmede zorlandıkları görülmüştür. Bunun için seri ve paralel bağlı devreler karşılaştırmalı olarak yaptırılarak konunun pekiştirilmesi sağlanmıştır.

5. Prototip oluşturma ve test etme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 2,8 (Grup 1: 3; Grup 2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 2; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmıştır. Pilot uygulamada bazı gruplar, güneş paneli prototipi için kullanılan ledlerin bağlantısını yaparken kısa ve uzun bacalarının + ve – uçlar olduğunu fark edememiş ve yanlış bağlantılar gerçekleştirmiştir. Ayrıca paralel ve seri bağlı devreler konusunda eksiklikleri fark edilmiştir. Ayrıca ledlerin uçlarına birbirine bağlarken bağlı uçların birbirine değmemesine dikkat etmemişlerdir. Bu da sonuçlarını etkilemiştir. Bunun için gerçek uygulamada öğrencilerin gözünden kaçan ve deneyin sonuçlarını etkileyen noktalar not edilmiş ve deney öncesi tahmin soruları oluşturularak bu durumlar önceden sezdirilmiştir. Böylelikle öğrenciler prototip esnasında dikkat etmeleri gereken noktaları önceden sebepleriyle araştırmış ve prototipin yapımı sırasında da daha özenli çalışmışlardır. Ayrıca bu sorularla deneyde kullanılan her bir malzemenin amacı ve işlevi de sorularak etkinliğe hazır gelmeleri sağlanmıştır.

6. Yineleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 2,6 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 2; Grup 4: 2; Grup 5: 2) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Pilot uygulamada öğrenciler güneş paneli prototipini oluştururken yukarıda belirtilen noktalara dikkat etmedikleri için istedikleri sonuçlara ulaşmada zorlanmışlardır. Yaptıkları iyileştirmelerle prototipini tamamlayan grupların küçük sistemleri bağlarken zorlanmadıkları ancak grupların oluşturduğu bu küçük sistemleri bağlayarak daha büyük bir sistem oluşturmada zorlandıkları görülmüştür. Bunun için de gerçek uygulamada daha büyük sistem üzerinde daha çok led lamba ile denemelerin yapılmasına olanak verilmesi uygun görülmüştür. Bu da sistemlerin birleştirilmesini kolaylaştırmıştır.

7. İlerleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 2,6 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 2; Grup 4: 2; Grup 5: 2) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Yineleme ve ilerleme öğeleri ortak değerlendirilmiştir. Elektrik ihtiyacını yenilebilir enerji kaynağı olan güneşten sağlayarak oluşturulan güneş panelleri prototipi geliştirilmiş ve ledler üzerine ışık düşürülmesiyle elektrik elde edilmiştir. Pilot uygulamada yaşanan aksaklıklar yüzünden bazı gruplar güneş paneli prototipinden elektrik elde etmede ölçümleri doğru alamamışlardır. Gerçek uygulamada ise bu aksaklıkların yaşanmaması için öğrenciler deney öncesi sorularla hazır olarak gelmişlerdir. Bu da güneş paneli prototipinden alınan sonuçların daha doğru ölçülmesine neden olmuştur.



8. Çözümün sunulması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 2,4 (Grup 1: 2; Grup 2: 4; Grup 3: 2; Grup 4: 2; Grup 5: 2) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,4 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Pilot uygulamada öğrenciler birbirine ve dersin işleyişine yabancı olmalarından kaynaklı olarak başlarda çekinik davranmışlardır. Bunda en önemli sebep, öğrencilerin pandemi boyunca dersleri online almasından kaynaklı birbirlerini görmeden önceki dönemleri geçirmeleridir. Pandemi sonrası ilk ders olması sebebiyle de tasarladıkları prototipleri arkadaşlarına sunmada zorlanmışlardır. Bunun için gerçek uygulamada öğrencilerin bir arada kaynaşmasını sağlayıcı, diğer gruplardaki arkadaşlarıyla da iş birlikli çalışmaları için etkinlik boyunca kendilerini ifade etmelerine izin verilmiştir. Öğrencilerin fikirlerini rahatça sunmaları ve yaptıkları prototiplere daha hakim olmaları için tüm grup üyeleri işin içine sokulmuş ve herkesin eşit görevler almaları sağlanmıştır. Tüm öğrencilerin görev almaları ve sürece hakim olmaları için çalışmalar ve raporlar bireysel istenmiş ancak değerlendirilmesi grup olarak yapılmıştır.

Bu çalışma sonunda pilot uygulamadaki iyileştirmelerle geliştirilen gerçek uygulamada, öğrencilere gerçek yaşam problemlerinin verilmesiyle prototip oluşturabildikleri ve tasarımlarını sunabilmede kendilerini geliştirdikleri gözlenmiştir. Benzer çalışmalar literatürdeki benzer çalışmalarda da görülmektedir (Dilaver Türe, 2023; Hacıoğlu, 2020). Ayrıca, gruplar çözüm geliştirme ve prototip oluşturma konusunda da herhangi bir sorun yaşamamışlardır. Öğrenciler geliştirdikleri çözüm önerilerini tasarlamada, geliştirecekleri prototip için kullanacakları malzemelerin amaçlarını ve özelliklerini de iyi bildikleri görülmektedir. Gruplarda yer alan öğrencilerin verilen problem durumuna yönelik çözümler geliştirmede özgün fikirler geliştirdikleri de görülmektedir. Bu durum onlardan istediğimiz bir sonuçtur. Geliştirdikleri fikirleri mühendislik tasarım döngüsünde çözmeye çalışmaları onlara daha yaratıcı tasarımlar sunmalarına da olanak sağlayabilmektedir (Lin, Wu, Hsu, ve Williams, 2021; Sulaeman, Putra, Mineta, Hakamada, Takahashi, Ide ve Kumano, 2021; Han, Kelley ve Knowles, 2022; Kennedy, Buikema ve Nagel, 2015).

### **5.1.2. Parabolik Güneş Kolektörleri Etkinliğine İlişkin Tartışma**

Parabolik Güneş Kolektörleri etkinliği için, grupların sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirildiği rubrikten elde edilen genel ortalamalar sonunda gruplar pilot uygulama için 3,5 (Grup 1: 3,1; Grup 2: 3,9; Grup 3: 3,4; Grup 4: 3,6; Grup 5: 3,4) puan alırken gerçek uygulamada yapılan iyileştirmelerle bu puanın

4,6 (Grup 1: 4,6; Grup 2: 4,6; Grup 3: 4,5; Grup 4: 4,5; Grup 5: 4,6) seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bu puanlar rubrik nitelermelerine göre pilot uygulama için *Gelişmekte ve Yetkin* aralığında olurken gerçek uygulama için *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* seviyelerine çıkmıştır. Burada yapılan iyileştirmeler yöntem bölümünde pilot uygulama sayfa 60'ta verilmiştir. Bu etkinlik için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirmesi rubriğine göre yapılan değerlendirmeler;

1. Problemin tanımlanması ögesi için gruplar pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada yapılan değişiklikler, problem durumunda geçen son kullanıcı ve müşteri kavramlarının daha net belirtilerek öğrencilerin bu konudaki mühendislik kavram bilgilerinin artırılmasıdır. Bunun için önceki etkinlikte ilgili kavramlar üzerinde durulmuş ve parabolik güneş kolektörleri için de özellikle senaryo içinden bulmaları sağlanmıştır.

2. Anlama ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmıştır. Pilot uygulamada alternatif ısıtma- soğutma sistemleri olarak birlikte ele alırken gerçek uygulamada parabolik güneş kolektörleri olarak tek başına ele alınmıştır. Yapılacak prototip için öğrenciler yalnızca ısıtma problem durumunu ele alarak istenen kriter ve sınırlılıkları da daha kolay anladıkları düşünülmektedir.

3. Fikir üretme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada yapılan değişiklikler, güneş kolektörü adıyla daha çok bilinmeyen ve evlerde kullanılan bu sistemleri tanıtmak olmuştur. Fotoğrafını görür görmez tanıyan öğrenciler, güneş kolektörlerinin çalışma prensiplerinden yola çıkarak sıcak su sorununa çözüm önerileri geliştirmeye başlamıştır.

4. Değerlendirme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 3; Grup2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Gerçek uygulamada, çeşitli odak noktalarına sahip parabol denklemleri verilmiştir. Bu sayede güneş kolektörü prototipinde odak noktasının hesaplanması ve güneş ışınlarının odakta toplanmasında parabolik yüzeylerin avantajları daha kolay anlaşılmıştır. Sıcak su eldesi için bir kriter olan odak noktasına dikkat edilerek bir prototip geliştirmeleri sağlanmıştır.

5. Prototip oluşturma ve test etme öğesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 3) puan alırken geręek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada yapılan değişiklikler, daha çok grupların hızlı ve daha verimli sonuçlar alması için yapılmıştır. Bu amaçla, parabolik oluğun yansıtıcı yüzeyi büyütülmüş, yüzeyin büyümesine paralel olarak odak uzaklığı artırılmış, boru çapı büyütülmüş, boru içine su doldurularak suyun sıcaklığının ölçülmesinden kaynaklı ısı kayıplarının yaşanmaması için boru içindeki havanın sıcaklığı ölçülmüş ve en çok problem yaşanan güneş işınlarını yansıtması amacıyla kullanılan alüminyum folyo yerine aynalı karton kullanılmıştır. Yapılan tüm bu iyileştirmelerle prototipten daha kısa sürede çok daha fazla sıcaklık değişimleri kaydedilmiştir.

6. Yineleme öğesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,2 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken geręek uygulamada bu ortalama 4,4 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Prototip malzemelerinin geliştirilmesiyle gruplar pilot uygulamada yaşadıkları alüminyum folyonun kırılması, ters yapıştırılması ve boru içine konan suyun boşaltıldıktan sonra ölçüm yapılması gibi sorunları yaşamamışlardır. Böylece boru cinsi, boyalı olma durumu ve odak noktası bağımsız değişkenlerini kullanarak prototip üzerinde ölçümler yaparak karşılaştırmalar yapmışlardır.

7. İlerleme öğesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,2 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken geręek uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada prototipte yapılan değişikliklerin sonunda gruplar yaptıkları parabolik güneş kolektörü prototipi için ölçümler alırken süreç takip edilmiş ve diğer gruplarında yapılan ölçümleri izlemesi sağlanmıştır. Böylece gruplar sadece kendi yaptıkları prototip değil diğer grupların prototip sonuçlarını da karşılaştırmışlardır.

8. zmn sunulması öğesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puanken geręek uygulamada bu ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. İlk etkinlikte yapılan dönütler öğrenciler tarafından dikkate alınmış ve kendilerini geliştirdikleri gözlemlenmiştir. Birbirine biraz daha alışan öğrenciler dersin işleyişine de daha fazla alışmıştır. Ayrıca parabolik güneş kolektöründen ulaşmayı beklediği sonuçları kanıtlarıyla sunan öğrenciler başarılı sunumlarını gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışma sonunda, pilot uygulamadaki iyileştirmelerle geliştirilen gerçek uygulamada, STEM eğitiminin uygulama ağırlıklı ve işbirliğine dayalı bir eğitim yaklaşımı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalarla (Uyar, Canpolat ve Şan, 2021; Lu ve Lin, 2018; Tang, Zhou, Wan, & Ouyang, 2022) uyumluluk göstermektedir.

### 5.1.3. Rüzgar Türbinleri Etkinliğine İlişkin Tartışma

Rüzgar Türbinleri etkinliği için, grupların sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirildiği rubrikten elde edilen genel ortalamalar sonunda gruplar pilot uygulama için 3,5 (Grup 1: 3,4; Grup 2: 3,6; Grup 3: 3,4; Grup 4: 3,6; Grup 5: 3,4) puan alırken gerçek uygulamada yapılan iyileştirmelerle bu puanın 4,7 (Grup 1: 4,6; Grup 2: 4,9; Grup 3: 4,6; Grup 4: 4,8; Grup 5: 4,5) seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bu puanlar rubrik nitelermelerine göre pilot uygulama için *Gelişmekte ve Yetkin* aralığında olurken gerçek uygulama için *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* seviyelerine çıkmıştır. Burada yapılan iyileştirmeler yöntem bölümünde pilot uygulama sayfa 60'ta verilmiştir. Bu etkinlik için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirmesi rubriğine göre yapılan değerlendirmeler;

1. Problemin tanımlanması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, elektrik ihtiyacının problem durumu olarak belirlenmesinde son kullanıcı ve müşteri kavramlarının kavratılmasıdır. Bunun için senaryo içinde özellikle bu mühendislik kavramları daha açık ve net olarak belirtilmiştir. Sürekli de ders içinde bu kavramlar tekrarlanarak pekiştirme sağlanmıştır.

2. Anlama ögesi için pilot uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puanken gerçek uygulamada bu ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, kriter ve sınırlılıkların senaryo içinde daha net ve belirgin belirtilmesidir. Bu mühendislik kavramlarını bilen öğrenciler senaryo içinden istenen durumları daha kolay seçip çıkarabilmişlerdir.

3. Fikir üretme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3 (Grup 1: 3; Grup2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, rüzgar türbini içinde bulunan ve dönmeyi sağlayan parçanın (rotor) sınıf içinde tanıtılması ve öğrencilerden verilen malzemelerle kendi rotorlarını oluşturmalarıdır. Bu

onların rüzgar türbinlerinin çalışma prensibini anlamada ve kendi prototiplerini oluşturmalarında fikir vermiştir. Bu da orijinal fikirler üretmelerini sağlamıştır. Pilot uygulamada öğrenciler, rüzgar türbininin içerisinde bulunan dönmeyi sağlayan rotor adı verilen parçanın işlevi, gerçekleşen enerji dönüşümleri ve çalışma prensibini anlamada zorlanmışlardır. Bu da onların bu konudaki bilgi eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu amaçla gerçek uygulamada bu kısım güçlendirilerek gerek öğrencilere bu konuda araştırma soruları yönlendirilerek gerekse bobin teli ve tel kullanılarak manyetik akım etkisiyle rotor yapmaları sağlanarak konuyu pekiştirmeleri sağlanmıştır. Bu kavramı ilk kez duymaları ve rüzgar türbinlerinin çalışma prensiplerini tam anlamıyla anlayabilmeleri adına gerçek uygulama sonuçlarından da görüldüğü üzere bu ara etkinlik oldukça etkili olmuştur.

4. Değerlendirme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3 (Grup 1: 3; Grup2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin daha net vurgulanmasıdır. Bu da verimi etkileyen kule boyu, kanat yarıçapı, aylara göre rüzgar alma süresi gibi bağımsız parametrelerin simülasyon üzerinde deneme imkanının sunulmasıyla yapılmıştır. Oluşturulacak prototipin şekillenmesinde oldukça etkili olmuştur.

5. Prototip oluşturma ve test etme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada yapılan değişiklikler, rüzgar türbini prototipi için kanatların takıldığı gövdenin takıp çıkarılabilir yapılmasıdır. Burada grupların pilot uygulamada bu sistemi takıp çıkarılır yapmaması doğru karşılaştırmaları sağlamazken gerçek uygulamada, grupların kanatların takıldığı gövde için karşılaştırması yapılacak kanat sayıları kadar yapmaları ve sonuçları karşılaştırmaları daha kolay olmuştur. Böylece öğrencilerin kendi gruplarında prototipleri için kanat sayısının etkisini daha doğru şekilde gözlemleyebilme imkanına sahip oldukları düşünülmektedir.

6. Yineleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,2 (Grup 1: 3; Grup2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada yapılan değişiklikler, prototipte yapılan değişikliklerle bağlantılı olarak bağımsız değişkenlerin prototipler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu sırada gruplar rüzgar türbininde verimi etkileyeceğini düşündükleri tüm parametreler için karşılaştırma yapmalarına izin verilmiştir ve bunun için yeterli zaman verilmiştir.

7. İlerleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,2 (Grup 1: 3; Grup2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada yapılan değişiklikler, yineleme basamağından çok farklı değildir. Verilen süre zarfında gerçekleşen ölçümler ve sonuçlarının karşılaştırılmasında rehber görevi görülmüştür. Sürece müdahale edilmemiştir.

8. Çözümün sunulması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 3; Grup2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine gelmiştir. Prototipinde istediği sonuçları alan gruplar çözümlerini sunmada da daha özgüvenli ve rahat sundukları görülmüştür. Bu da sonuçlara yansımıştır. Ne yaptığının bilincinde ve kullandığı malzemelerin amaçlarını iyi bilen gruplar prototiplerini sunmada ve ölçümlerini paylaşmada da daha rahat davranmaktadırlar.

Bu çalışma sonunda, pilot uygulamadaki iyileştirmelerle geliştirilen gerçek uygulamada, öğrencilerin problem çözme, fikir üretme, üretilen fikirlerin tasarıma dönüştürülmesi ve bu konularda araştırmalar yapma konusunda eksiklikleri olduğu (Sari, Mulyani, Hastuti ve Indriyanti, 2021) görülmüştür. STEM yaklaşımında, problem durumunun doğru tanınmasıyla süreç ihtiyaçların belirlenmesinde kriter ve sınırlılıkların işin içine katılması, çözüm üretme ve çözüme yönelik prototipin geliştirilmesi ve test edilmesi süreçlerini kapsar (NRC, 2009).

#### **5.1.4. Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması Etkinliğine İlişkin**

##### **Tartışma**

Yağmur Suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanılması etkinliği için, grupların sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirildiği rubrikten elde edilen genel ortalamalar sonunda gruplar pilot uygulama için 3,6 (Grup 1: 3,8; Grup 2: 4; Grup 3: 3,6; Grup 4: 3,1; Grup 5: 3,3) puan alırken gerçek uygulamada yapılan iyileştirmelerle bu puanın 4,7 (Grup 1: 4,8; Grup 2: 5; Grup 3: 4,4; Grup 4: 4,6; Grup 5: 4,9) seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bu puanlar rubrik nitelermelerine göre pilot uygulama için *Gelişmekte ve Yetkin* aralığında olurken gerçek uygulama için *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* seviyelerine çıkmıştır. Burada yapılan iyileştirmeler yöntem bölümünde pilot uygulama sayfa 60'ta verilmiştir. Bu etkinlik için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirmesi rubriğine göre yapılan değerlendirmeler;

1. Problemin tanımlanması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, problem durumunda kullanılan son kullanıcı ve müşteri kavramlarının nitelenmesidir. Bunun için gerçek uygulamaya başlamadan önce öğrencilere daha açık ifadelerle mühendislik kavramları vurgulanmıştır.

2. Anlama ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 4; Grup2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine gelmiştir. Burada yapılan değişiklikler, etkinliğin adının değiştirilmesidir. Pilot uygulamadaki adı Suyun Benzersizliği; Yaşam için Suyun Önemi ve Alternatif Su Temini ve Depolanması Yolları iken Yağmur Sularının Sulama Suyu Olarak Kullanılması olarak değiştirilmesiyle grupların süreci anlamlandırması da kolaylaşmıştır. Çözüm üretilmesi istenen problem durumuna yönelik kriterler de senaryo içinde netleştirilmiştir.

3. Fikir üretme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, isminin değiştirilmesiyle istenen durumları da değiştirmiştir. Yağmur suyundan yola çıkan öğrencilerden kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtım için fikir üretmeleri istenmiştir. Bu da asit yağmurları gibi zararlı etkilerin konuşulmasını arttırmıştır.

4. Değerlendirme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 4; Grup 4: 5; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine gelmiştir. Burada yapılan değişiklikler, yağmur suyu üzerinden fikirler üretilmesi sağlanmıştır. Yağmur suyunun asidik mi, nötr mü, bazik mi olduğu tartışılmıştır. Ardından fiziksel arıtım prototipi için kullanılacak malzemeler ve amaçlarını yazmaları istenmiştir. Burada özellikle hangi malzemeyi hangi sıralamayla kullandıklarının farkına varmaları sağlanmıştır. Çünkü sonuçları etkileyecek bir durumdur.

5. Prototip oluşturma ve test etme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 4; Grup 4: 5; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, prototip oluşturmada sadece malzemeler verilmiş sürece müdahale edilmemiştir. Aynı malzemelerle benzer fakat bazı farklılıkları

olan prototipler ortaya çıkmıştır. Gruplar problem durumunu çözmede geliştirdikleri çözüm önerileriyle en iyi prototipi yapmışlardır.

6. Yineleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,4 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine gelmiştir. Burada yapılan değişiklikler, sistemin yinelenebilir olmasıdır. Fiziksel su arıtımında çamurlu suyun geçmesinde problem yaşayan ya da malzemelerin sıralanmasında yanlışlık yapan gruplar prototiplerini yeniden gözden geçirmişlerdir.

7. İlerleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,4 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,4 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine gelmiştir. Burada yapılan değişiklikler, yineleme ögesinde yapılmıştır. Burada yapılan değişiklikler izlenmiştir. Sıralamasını yeniden gözden geçiren gruplar istenilen sonuçlara ulaşmışlardır.

8. Çözümün sunulması ögesi için pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup 4: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puanken gerçek uygulamada bu ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine gelmiştir. Burada yapılan değişiklikler, sunumların grubun her bir üyesi için içine katılarak sunulmasıdır. Her bir grup üyesi sunumda, yaptıkları prototip için anlatımlar gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışma sonunda pilot uygulamadaki iyileştirmelerle geliştirilen gerçek uygulamada, STEM yaklaşımıyla öğrencilerin yaratıcı fikir üretme becerilerinin geliştiği görülmüştür. Bu sonuç literatürdeki çalışmalarla (Sastra, Putri, Pratama ve Desnita, 2022; Bozkurt Altan ve Tan, 2021; Somwaeng, 2021) uyumluluk göstermektedir.

### **5.1.5. Biyokütle Enerjisi Etkinliğine İlişkin Tartışma**

Biyokütle Enerjisi etkinliği için, grupların sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirildiği rubrikten elde edilen genel ortalamalar sonunda gruplar pilot uygulama için 3,8 (Grup 1: 3,9; Grup 3: 9; Grup 3: 3,5; Grup 4: 3,8; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada yapılan iyileştirmelerle bu puanın 4,4 (Grup 1: 4,4; Grup 2: 5; Grup 3: 4,4; Grup 4: 4,3; Grup 5: 4,1) seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bu puanlar rubrik nitelermelerine göre pilot uygulama için *Gelişmekte ve Yetkin* aralığında olurken gerçek uygulama için *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* seviyelerine çıkmıştır. Burada yapılan iyileştirmeler yöntem bölümünde pilot uygulama sayfa 60'ta verilmiştir. Bu etkinlik için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirmesi rubriğine göre yapılan değerlendirmeler;



1. Problemin tanımlanması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, senaryo içinde problem durumunun daha net verilmesidir. Bunun için son kullanıcı ve müşteri kavramları senaryo içinde özellikle vurgulanmış ve elektrik enerjisi ihtiyacının çözümünde ortaya çıkan atıkların kullanılabilceği sonucuna ulaşmışlardır.

2. Anlama ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 4; Grup 2: 3; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, biyokütle senaryosu içindeki kriterlerin net olarak belirtilmesidir. Gruplardan istenen biyokütle enerjisi prototipi için istenen özellikler, en yüksek metan gazı çıkışının olduğu biyokütle kaynağının kullanılması ve bu gazın görünür hale getirilmesi gibi kriterler net olarak ifade edilmiştir.

3. Fikir üretme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup 4: 5; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, biyokütle kaynaklarının seçiminde serbest bırakılmıştır. Gruplar yaptıkları araştırmalar sonunda kullanmak istedikleri iki biyokütle kaynağını aynı prototip için karşılaştırmaları istenmiştir. Bunun için kullanacakları biyokütle kaynağında serbest bırakılmıştır. Bu konuda pek çok fikirler sunmuşlardır. Ayrıca farklı prototip tasarım fikirleri de sunulmuştur.

4. Değerlendirme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup 4: 5; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine gelmiştir. Burada yapılan değişiklikler, prototip tasarımında da serbest bırakılmıştır. Burada da gruplar aynı malzemeleri kullanarak kimi balonun şişmesiyle kimisi de şişe içine su doldurarak oluşan metan gazının görünürlüğünü saptamışlardır.

5. Prototip oluşturma ve test etme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmıştır. Burada yapılan değişiklikler, biyokütle kaynaklarının seçiminde kendilerine bırakılmasıdır. Oluşturulan prototipte gruplar seçtikleri iki biyokütle kaynağını çıkan metan gazının miktarı ile karşılaştırmışlardır.

6. Yineleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada çok fazla bir değişiklik yapılmamakla birlikte diğer öğeler için yapılan değişikliklerin sonuçları yansımıştır. Bu da sonuçları çok fazla değiştirmemiştir.

7. İlerleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada çok fazla değişiklik yapılmamıştır. Diğer öğelerde yapılan değişiklikler gözlenerek ilerlemeler kaydedilmiştir.

8. Çözümün sunulması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, grupların cesaretlendirilmesi ve prototipten alınan sonuçlardır. Sonuçların kriterleri karşılamasıyla gruplar sürece hep beraber dahil olmuş ve hemen hemen hepsi sunumda sonuçları gerekçeleriyle dile getirmişlerdir.

Bu çalışma sonunda pilot uygulamadaki iyileştirmelerle geliştirilen gerçek uygulamada, grupların hem çözüm üretmede farklı fikirler oluşturduğu hem de prototip geliştirmede daha başarılı oldukları görülmüştür. Gruplardaki öğrencilerin prototiplerini oluşturmadan önce ön hazırlık ve araştırma yapanların daha başarılı oldukları gözlemlenirken, araştırma yapmadan ve hazırlıksız gelen öğrencilerin prototiplerinde sıkıntı yaşadığını göstermiştir. Mühendislik tasarım sürecini doğru kullanan grupların prototiplerini tasarlamada daha başarılı oldukları görülmektedir. Benzer çalışmalar literatürdeki çalışmalarla da (Grantham, Okudan Kremer, Simpson ve Ashour, 2013; Barr, Schmidt, Krueger ve Twu, 2000; Zhong, Kang ve Zhan, 2021) uyumluluk göstermektedir.

### **5.1.6. Evaporatif Soğutucular Etkinliğine İlişkin Tartışma**

Evaporatif Soğutucular etkinliği için, grupların sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirildiği rubrikten elde edilen genel ortalamalar sonunda gruplar pilot uygulama için 3,6 (Grup 1: 3,4; Grup 2: 3,8; Grup 3: 3,5; Grup 4: 3,4; Grup 5: 3,8) puan alırken gerçek uygulamada yapılan iyileştirmelerle bu puanın 4,5 (Grup 1: 4,1; Grup 2: 4,8; Grup 3: 4,4; Grup 4: 4,6; Grup 5: 4,6) seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bu puanlar rubrik nitelermelerine göre pilot uygulama için *Gelişmekte ve Yetkin* aralığında olurken gerçek uygulama için *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* seviyelerine çıkmıştır. Burada

yapılan iyileştirmeler yöntem bölümünde pilot uygulama sayfa 60'ta verilmiştir. Bu etkinlik için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirmesi rubriğine göre yapılan değerlendirmeler;

1. Problemin tanımlanması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3 (Grup 1: 3; Grup 2: 3; Grup 3: 3; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, problem durumu gibi mühendislik kavramlarının daha ayrıntılı sunulmasıdır. Senaryo içinde son kullanıcı ve müşteri kavramları ile zenginleştirilmiştir.

2. Anlama ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşılmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, buharlaşma kavramdan yola çıkılarak anlaşılması kolaylaştırılmaya çalışılmıştır. Öğrenciler evaporatif soğutucu olarak daha önce duymamışlardır. Ancak anlamları için daha basitleştirilmiştir.

3. Fikir üretme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşılmıştır. Burada yapılan değişiklikler, etkinliğin adının değiştirilmesidir. Pilot uygulamada alternatif ısıtma-soğutma sistemleri içinde yer alırken ısıtma ve soğutma birbirinden ayrılmıştır. Bu da grupların evaporatif soğutucular için çözüm üretmede çok zorlanmadıklarını göstermektedir.

4. Değerlendirme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşılmıştır. Burada pek bir değişiklik yapılmamıştır. Fikir üretmede üretilen çözümlerin geliştirilmesinde gruplar teşvik edilmiş ve istenen prototip için netleştirilmesi sağlanmıştır.

5. Prototip oluşturma ve test etme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,2 (Grup 1: 3; Grup 2: 3; Grup 3: 4; Grup 4: 3; Grup 5: 3) puan alırken gerçek uygulamada bu ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşılmıştır. Burada yapılan değişiklikler, gruplar bağımlı ve bağımsız değişkenlerini belirlemede serbest bırakılmıştır. Gruplar sünger sayısı ve konumunda değişiklikler yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır.

6. Yineleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Mühendislik

tasarım sürecinin belki de en önemli basamaklarından bir tanesi de yineleme basamağıdır. Burada öğrenciler, aslında yaptıkları prototipi test ettikten sonra istenen kriter ve sınırlılıklara uyup uymadığını gözden geçirirler ve uymayan noktalar yeniden düzenlenmek üzere süreç yinelenir. Bazen öğrenciler sonuçların istedikleri gibi olmadığını görünce hayal kırıklığına uğrayıp süreci yeniden gözden geçirmek yerine pes etmeyi tercih edebiliyorlar. Ya da bu basamakta kendini çok zorlamak istemeyen öğrencilerin takıldıkları noktaların cevaplarını araştırmacıdan hazır bekledikleri de görülmüştür. Ancak araştırmacının burada öğrencilere yönlendirici sorular sorması ve destekleyici tutumu sayesinde gruplar yeniden süreci değerlendirmeye teşvik edilmiştir. Bazen çok küçük gözden kaçan noktalar bile yapılan tasarımdan istenilen sonuçların alınmasına engel olmaktadır. Bunun için işbirlikçi yaklaşımla tüm grup üyelerinin işin içinde olması ve tüm süreçlere ekibin dahil edilmesi önemlidir. Burada da pilot uygulamada bunun zorluğunu gören araştırmacı gerçek uygulamada bu kısımda grupça hareket edilmesi ve destekleyici tutumuyla üstesinden gelinmiştir.

7. İlerleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,8 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 4; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, diğer öğelerde yapılan değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Bu değişikliklerin sonunda öğrenciler evaporatif soğutucular için bağımsız değişkenleri değiştirerek sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

8. Çözümün sunulması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 3,6 (Grup 1: 3; Grup 2: 4; Grup 3: 3; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan en önemli değişiklik, cesaretlendirme, teşvik ve dönütlerdir. Tüm etkinlik boyunca sürecin tamamına hakim olmaları sağlanan grup üyeleri yaptıkları prototipler için çözüm önerilerini sunmada da başarılı olmuşlardır.

Bu çalışma sonunda, pilot uygulamadaki iyileştirmelerle geliştirilen gerçek uygulamada, grupların günlük yaşamdan verilen problem durumuna çözüm üretmede başarılı oldukları görülmüştür. Bu da günlük yaşama dayalı problem çözme becerileri olarak da tanımlanabilen diğer bazı becerileri de (Yıldırım, 2016) geliştirdiği üzerine pek çok araştırma (Barış, 2019; Madden ve diğ., 2013; Ünlü, 2021; Uyar, Canpolat ve Şan, 2021) ile uyumluluk göstermektedir.

### 5.1.7. Atık Yönetimi Etkinliğine İlişkin Tartışma

Atık Yönetimi etkinliği için, grupların sınıf dışı ve sınıf içi çalışmalarının mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirildiği rubrikten elde edilen genel ortalamalar sonunda gruplar pilot uygulama için 4,4 (Grup 1: 4,6; Grup 2: 4,4; Grup 3: 4,4; Grup 4: 4,4; Grup 5: 4,1) puan alırken gerçek uygulamada yapılan iyileştirmelerle bu puanın 4,9 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4,8; Grup 4: 4,8; Grup 5: 4,8) seviyelerine çıktığı görülmüştür. Bu puanlar rubrik nitelemelerine göre pilot ve gerçek uygulama için *Gelişmiş ve Örnek Alınacak* seviyelerine çıkmıştır. Burada yapılan iyileştirmeler yöntem bölümünde pilot uygulama sayfa 60'ta verilmiştir. Bu etkinlik için STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde değerlendirmesi rubriğine göre yapılan değerlendirmeler;

1. Problemin tanımlanması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada pilot uygulama ve gerçek uygulamada problem durumunun tanımlanması arasında çok fazla bir fark yoktur. Bu da son etkinlik olması ve atık yönetimi gibi bir konu için problem durumunun anlaşılmasının daha kolay olduğunu göstermektedir.

2. Anlama ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşılmıştır. Burada iki sonucun da aynı olduğu ve yüksek bir puan olduğu görülmektedir. Buradan da grupların durumu iyi anlayıp analiz ettiği sonucuna ulaşılabilir.

3. Fikir üretme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada pilot uygulamada yaratıcı fikirler üretmedikleri ve benzer ürünler ortaya koydukları görülmüştür. Gerçek uygulama için ise her gruptan istenen tasarımda işlevsellik ve orijinallik fikri aranmıştır.

4. Değerlendirme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan seviyesine ulaşılmıştır. Burada yapılan değişiklikler, fikir üretmede yapılan değişikliklerle aynıdır. Değerlendirilmesi yapılan fikirlerin işlevselliği ve orijinallğine göre en uygun çözüm önerisine karar verilmiştir.

5. Prototip oluşturma ve test etme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4,4 (Grup 1: 4; Grup 2: 4; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada

ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 4; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşılmıştır. Burada yapılan değişiklikler, gruplar oluşturacakları tasarımlarında kriter ve sınırlılıklar içinde serbest bırakılmıştır. Bu da orijinal ürünler ortaya koymalarını sağlamıştır.

6. Yineleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 5; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşılmıştır. Burada yapılan değişiklikler, işlevsellik bakımından uymayan gruplar için adada yaşayan insanların kullanımına uygun hale getirmeleri istenmiştir.

7. İlerleme ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4,2 (Grup 1: 5; Grup 2: 4; Grup 3: 4; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 4,8 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 5) puan seviyesine gelmiştir. Yineleme basamağını atlatan gruplar, yeni durumlar için denemelere ve ilerlemeye başlamışlardır. Burada öğrenciler süreci daha iyi bildikleri için kriter ve sınırlılıklara uygun yinelemelerle istenen sonucu elde etmede pek çok denemeler gerçekleştirmişlerdir. Bu amaçla da gerekli dönütler ve teşviklerle araştırmacı tarafından gruplar yönlendirilmiştir. Pilot uygulamadan görülen sonuçlarla da karşılaştırıldığında grupların en çok desteklenmesi ve teşvik edilmesi gereken, gözlemlenmesi gereken basamaklar yineleme ve ilerleme basamaklarıdır. Bu amaçla gerçek uygulamada özellikle bu adımlarda tüm grupların uygulamayı yapacak grupları izlemesi bağımlı ve bağımsız değişkenlerden yinelenmesi gereken noktaların beraber tartışılarak değişikliklerin yapılmasına olanak sağlanmıştır. Öğrenci gruplarının istenilen kriter ve sınırlılıklarda sonuca ulaşana kadar imkan verilmesi sağlanmıştır. Hatta burada sonucu değiştireceğini düşündükleri değişkenler tartışılmış ve sonraki ders için uygulamasını yapmak isterlerse de zaman verilmiş ve bir sonraki derste diğer grup arkadaşlarına sunmaları ve tartışmaları sağlanmıştır. Böylece öğrencilerin aklındaki sorular giderilmiş ve deneme imkanları sağlanmıştır.

8. Çözümün sunulması ögesi için gruplar, pilot uygulamada ortalama 4,6 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 4; Grup 5: 4) puan alırken gerçek uygulamada ortalama 5 (Grup 1: 5; Grup 2: 5; Grup 3: 5; Grup 4: 5; Grup 5: 5) puan seviyesine ulaşmışlardır. Burada yapılan değişiklikler, grup üyelerinin her birinin sürece katılmasıdır. Sürecin tümüne hakim olan grup üyeleri çözüm önerilerini ve tasarımlarını sunmada da daha başarılı oldukları görülmüştür.

Bu çalışma sonunda pilot uygulamadaki iyileştirmelerle geliştirilen gerçek uygulamada, STEM yaklaşımına yönelik uygulama becerilerinin geliştirecek, ilgilerini çekecek günlük hayattan senaryoların sunulmasının gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. STEM

yaklaşımı içinde mühendislik tasarım sürecinin doğru anlaşılması ve uygulanması için yalnızca mühendislik kavramlarının iyi öğrenilmesi yeterli değildir. Aynı zamanda kavramların yanında mühendislik becerilerinin de geliştirilmesi gerekmektedir. Bu becerilerin gelişebilmesi için de mühendislik tasarımı prototip geliştirme, yineleme ve ilerleme başmaklarına da odaklanmıştır (Svihla ve Petrosino, 2008). Prototip geliştirmede yineleme ve ilerleme basamaklarını doğru yönetebilen grupların prototipleri de sorunsuz oluşturabildikleri görülmektedir. Mühendislik tasarım sürecinin çalışmalar üzerindeki rolü ortaya çıkan ürünlerde belirleyicidir (Hynes ve diğ., 2011; Kelley ve Knowles, 2016; Oanh, Dung, Anh ve Trang, 2018). Bunun sonucunda da geçek hayat problemlerinin çözümünde mühendislik tasarım sürecinin işin içine katılmadan öğrenciler için bir prototip oluşturmanın mümkün olamayacağı sonucu çıkarılabilir.

Yapılan tüm etkinliklerin sonuçlarından elde edilen bu puanlar bize tüm etkinlikler için, öğrenci bazında ve gruplar bazında öğrenci başarısının bir ölçüsünü vermiştir. Bu öğrenci puanları ile planların değerlendirildiği rubrik puanları paralel bir sonuç vermiş, bu da etkinliklerin mühendislik tasarım döngüsünde uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Grupları etkinlik bazında ortalama puanlarla değerlendirdiğimizde Güneş Panelleri ve Biyokütle Enerjisi alt etkinliklerinde daha düşük puan aldıkları görülmektedir. Burada Güneş Panelleri alt etkinliğinin ilk etkinlik olması, Biyokütle Enerjisi alt etkinliği için ise daha önce pek karşılaşmadıkları bir enerji kaynağı olması sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Atık yönetimi etkinliği öğrencilerin en yüksek puan aldıkları etkinliktir. Bu etkinlik son etkinliktir ve araştırmacının da gözlemlediği bir durum olarak, bu etkinlikte öğrenciler artık tecrübeleri artmış olarak mühendislik tasarım sürecine daha hakim hale gelmişlerdir. Öğrencilerin sürece hakim hale gelmelerinin yanında bu etkinliğin önceki etkinlikler gibi karmaşık fen kavramlarını içermemesi, dolayısı ile öğrencilerin daha dar bir kapsamda, atıkların dönüştürülmesi ve yönetimi üzerine odaklanmış olmaları da bu sonuçta etkili olabilir. Sonuç olarak tüm etkinlikler için puanların birbirine yakın çıkması ve tavan değerleri civarında olması bu modülün etkinlikler arasında birbirini tamamlayıcı bir bütünlüğün olduğunu, sıralamanın doğru yapıldığını gösterebilir.

Sonuç olarak, fen bilgisi öğretmen adayları için geliştirilen STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı etkinlikler modülü üniversite seviyesindeki öğretim süreçleri için uygulanabilir hale geldiği düşünülebilir. Modül, öğretmen adaylarının STEM becerilerini geliştirmelerine ve öğrenmeyi daha etkileşimli hale getirmelerine yardımcı olabilir. Bu çalışmanın sonucunda, öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji konusunda daha bilinçli ve yetkin bir şekilde öğretmenlik yapabileceklerini ve gelecekteki öğrencilerine

de benzer süreçleri tasarlayarak yararlı olacakları tahmin edilebilir. Yapılan düzenlemelerle son halini alan ders modülünün literatürdeki kriterlere dayalı olarak bu şekilde test edilmesiyle uygulanabilir hale geldiği söylenebilir.

Ayrıca çalışma grubunun özellikle öğretmen adaylarından oluşması, gelecekte kendi öğrencilerine de aynı becerilerle ve aynı bilinçle yaklaşabilme potansiyelini edinmeleri bu çalışmanın önemini oluşturmaktadır. Geliştirilen bu modül emsal öğrenci gruplarında eğitimcilerin ve araştırmacıların kullanabileceği bir materyal olarak değerlendirileceği düşünülmektedir. Öğrenciler sürece gönüllü ve severek katılmış, bu modülün geliştirilmesine önemli katkı sağlamışlardır. Aynı zamanda öğretmen adayları olmaları kendi öğrencileri için de benzer süreçler tasarlayabilecekleri anlamına gelmektedir. Bu düşünce de araştırmacı için, çalışma sürecinin tüm zorluklarına aksiliklerine karşın sürdürülüp sonuçlandırılmasında önemli bir motivasyon kaynağı olmuştur.

## 5.2. Öneriler

1. STEM eğitimi yaklaşımıyla oluşturulan ders modülü için öğrencilere yeterli sürelerin verildiği düşünülmektedir. Ancak yine de ürün prototiplerinde değişiklikler yapmak isteyen öğrenciler için ders sonrası verilen süre, ders içinde daha da uzatılabilir.
2. Öğretmen adayları için mevcut bilgilerini kullanıp daha çok uygulama yapabilecekleri bilim uygulamaları ve laboratuvar dersleri gibi derslerin sayıları artırılabilir. Böylece öğrenciler derse daha aktif katılım göstererek fen içerikli güncel dünya sorunlarına çözümler üretmeleri için fırsatlar verilmiş olur.
3. Laboratuvar uygulamaları dersleri için öğrencilerin ihtiyaç duydukları malzemelere daha kolay erişebilmeleri adına bu tip laboratuvarların öğrencilerin ders aralarında gelip gözlemler yapabilecekleri şekilde düzenlenebilir. Kilitlemek yerine öğrenciler için daha ulaşılabilir hale getirilebilir.
4. Bu modülde ele alınan disiplinler arası kavram olan enerji kavramı gibi daha pek çok disiplinler arası kavram, dersin eğitimcileri tarafından ortak olarak verilerek ortak uygulamalar yapılabilir.
5. STEM eğitimi yaklaşımı gibi popüler ve etkili yaklaşımların öğretimi ve uygulamaları için öğretmen adaylarına fırsatlar verilmeli ve bu doğrultuda açılan derslerle uygulama yöntemleri üzerine yoğunlaşılmalıdır. STEM eğitimi yaklaşımıyla bir ünitenin tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi için kesin ve tek bir yolun olmaması sebebiyle öğrencilerde bu yaklaşımlar tam oturmamaktadır. Özellikle bu tür yaklaşımları bilen ama nasıl uygulayacağı konusunda eksiklikleri olduğu için uygulamada zorlanan öğretmenler



olduğu bilinmektedir. Yapılan araştırmalar doğrultusunda proje, problem, tasarım tabanlı ya da mühendislik tabanlı STEM eğitimi yaklaşımlarıyla etkililiği gösterilmelidir. Öğretmen adayları da kendilerine en uygun olan modeli seçerek bulunduğu şartlar ve bilgi becerisiyle oluşturabilmelidir.

6. Bu çalışmada da kullanılan mühendislik tasarım döngüsüyle oluşturulan STEM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerde öğretmen adayları, güncel yaşam problemlerine ürettikleri çözüm önerileriyle kendi düşünme becerilerinin de farkına varmışlardır. Bu yönde hazırlanan etkinlikler ve uygulamalarla bu becerilerin arttırılacağı düşünülmektedir.

7. Burada en önemli bir diğer nokta da takım olarak çalışmaktır. Hayatın hemen hemen her alanında ortak çalışma gerektiren durumlar söz konusudur. Bir grupta görev alabilmeyi, görev paylaşımları yapabilmeyi, uyumlu olmayı ve sorumluluklarını bilen bireyler olmayı da sağlamak önemlidir. Bu amaçla çalışmaların buna yönelik düzenlenmesine de önem verilmelidir.

8. Burada öğrencilerin hazırbulunuşlukları da oldukça önemlidir. Onun için bu tarz uygulamaların gerekli eğitimi ilk yıllarda almış öğrencilerden seçilmesi konunun pekiştirilmesi açısından uygun olacaktır.

9. Çalışma konusu olarak disiplinlerarası bir kavram olan enerji kavramı üzerine yoğunlaşmış ve yenilenebilir enerji kaynakları ve atık yönetimi üzerine etkinlikler tasarlanmıştır. Burada başka bir güncel problem ve sorun ele alınabilir ya da disiplinlerarası başka bir kavram çalışılabilir.

## KAYNAKÇA

- Acar, E. (2014). *Bir yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrali için organik rankine çevrimi dizaynı ve modellemesi*. Yayınlanmamış doktora tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Acaroğlu, M. (2008). *Türkiye’de biyokütle-biyoetanol ve biyomotorin kaynakları ve biyoyakıt enerjisinin geleceği*. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES 2008), 17-19 Aralık 2008, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Adams, A. E., Miller, B. G., Saul, M. & Pegg, J. (2014). Supporting elementary pre- service teachers to teach STEM through place-based teaching and learning experiences. *Electronic Journal of Science Education*, 18(5), 5.
- Akova, İ. (2008), *Yenilenebilir enerji kaynakları* (1. Basım), Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Akpınar, E. ve Ergin, Ö. (2004). Fen öğretiminde fizik kimya ve biyolojinin entegrasyonuna yönelik örnek bir uygulama. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 19(19), 1-16.
- Aksungur, M., Ak, O. ve Özdemir, A. (2011). The effect on aquatic ecosystems of river type hydroelectric power plants: the case of Trabzon-Turkey. *Journal of FisheriesSciences*, 5(1), 79-92.
- Altan, E. B., Yamak, H. ve Kırıkkaya, E. B. (2016). FeTeMM eğitim yaklaşımının öğretmen eğitiminde uygulanmasına yönelik bir öneri: Tasarım temelli fen eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2, 212-232.
- Altan, E. B. (2017). *Disipliner yapıdaki derslerde STEM eğitimi: Tasarım temelli öğrenme ve probleme dayalı STEM uygulamaları*. Pegem Atıf İndeksi, 165-197.
- Altaş, S. (2018). *STEM eğitimi yaklaşımının sınıf öğretmeni adaylarının mühendislik tasarım süreçlerine, mühendislik ve teknoloji algılarına etkisinin incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muş.
- Altunel, M. (2018). STEAM eğitimi ve Türkiye: Fırsatlar ve riskler. *Seta Perspektif*, 207.
- 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. doi: 10.7771/1541-5015.1349.
- Ataman, A. R. (2007). *Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları*. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Aydın, G. ve Balım, A. G. (2005). An interdisciplinary application based on constructivist approach: Teaching of energy topics. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 38(2), 145-166.
- Baran, E., Canbazoğlu 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 (IJEMST)*, 4(1), 9-19. doi: 10.18404/ijemst.71338.

- Baran, E., Canbazoglu Bilici, S., Mesutoglu, C., & Ocak, C. (2019). The impact of an out of school STEM education program on students' attitudes toward STEM and STEM careers. *School Science and Mathematics*, 119(4), 223-235.
- Barr, R. E., Schmidt, P. S., Krueger, T. J., & Twu, C.-Y. (2000). An introduction to engineering through an integrated reverse engineering and design graphics project. *Journal of Engineering Education*, 89(4), 413-418. doi:10.1002/j.2168-9830.2000.tb00545.x.
- Barış, N. (2019). *BİLSEM 'de görev yapan fen bilimleri ve matematik öğretmenlerinin STEM eğitim uygulamalarının araştırılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bodner, G. & Elmas, R. (2020). The impact of inquiry-based, group-work approaches to instruction on both students and their peer leaders. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 51-66.
- Bozkurt, E. (2014). *Mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının karar verme becerisi, bilimsel süreç becerileri ve sürece yönelik algılarına etkisi*. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bozkurt Altan, E., ve Tan, S. (2021). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 503-529.
- Boztepe E. Ve Karaca A. (2009). *Yenilenebilir enerji kaynağı olarak tarımsal atıklar*, Türkiye 11. Enerji Kongresi ve Sergisi, 21-23 Ekim, İzmir.
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K. ve Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. (116 P). Virginia: NSTA Press, 249-352.
- Capobianco, B. M. (2013). Learning and teaching science through engineering design: Insights and implications for professional development. *Association For Science Teacher Education*, Charleston, Sc.
- Cevher Kalburan, N. ve Güngör, H. (2018). 60-72 aylık çocuklar için ekolojik ayak izi farkındalık ölçeğinin (EKAY-Ö) geliştirilmesi. *Uluslararası Erken Çocukluk Eğitimi Çalışmaları Dergisi*, 3(2), 1-14.
- Chen, X. (2013). STEM attrition college students' paths into and out of STEM fields. statistical analysis report. *National Center For Education Statistics*, Nces 2014-001.
- Chiu, J. L., Malcolm, P. T., Hecht, D., Dejaegher, C. J., Pan, E. A., Bradley, M. & Burghardt, M. D. (2013). Wisengineering: Supporting pre college engineering design and mathematical understanding. *Computers & Education*, 67, 142-155.

- Chung, C., Cartwright, C., & DeRose, J. (2017). Robotics festival and competitions designed for STEM+ C education. *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience*, 131-170.
- Cihan, E. (2019). *Yenilenebilir enerji ve Türkiye'de güneş enerjisi* . yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep.
- Çakır, R. ve Ozan, C. E. (2018). FeTeMM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, yansıtıcı düşünme becerileri ve motivasyonlarına etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(3), 1077-1100.
- Çavaş, B., Bulut, Ç., Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2013). Fen eğitimine mühendislik odaklı bir yaklaşım: ENGINEER projesi ve uygulamaları. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 1(1), 12-22.
- Çiftçi, A., Topçu, M. S., & Foulk, J. A. (2020). Pre-service early childhood teachers' views on STEM education and their STEM teaching practices. *Research in Science & Technological Education*, 1-27. doi: 10.1080/02635.143.2020.1784125.
- Çiftçi, B. ve Aydın, A. (2020). Eğitim bilişim ağı (EBA) platformu hakkında fen bilimleri öğretmenlerinin görüşleri. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 5(2), 111-130.
- Çorlu, M. A. ve Aydın, E. (2016). Evaluation of learning gains through integrated STEM projects. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 20- 29.
- Dilaver Türe, D. (2023). *Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM etkinliklerinin tasarlanması kimya derslerinde uygulanması ve etkililiğinin değerlendirilmesi*. Yayımlanmamış doktora tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Doğan, H., Gencer, A. S. ve Bilen, K. (2017). Science and engineering implementation: A case study on edible and renewable car activity. *Journal of Inquiry Based Activities*, 7(2), 62-85.
- Doğan, H. (2020). *Beşinci sınıf fen bilimleri dersi ünitelerinin bütünlük STEM eğitimi yaklaşımı ile tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi*. Yayımlanmamış doktora tezi. Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Dugger, W. E. (2010). Evolution of STEM in the United States. In *Knowledge in Technology Education: Proceedings of the 6th Biennial International Conference on Technology Education: Volume One (TERC 2010)*, 117-123.
- Durukan, A. ve Yılmaz, M. (2021). Yenilenebilir enerjinin önemi ve Latin Amerika coğrafyasındaki yeri: Brezilya örneği, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* , 61 (1) , 339-358 . doi: 10.33171/Dtcfjournal.2021.61.1.13.
- Elibüyük, U. ve Üçgül, İ. (2014). Rüzgar türbinleri, çeşitleri ve rüzgar enerjisi depolama yöntemleri, *Yekarum*, 2 (3).

- Elmas, R. ve Gül, M. (2020). Examination of the applicability of STEM education approach in the context of 2018 science curriculum. *Journal of Turkish Chemical Society Section C: Chemistry Education (JOTCSC)*, 5(2), 224-247.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022). *Türkiye'nin bölgeler bazında yıllık güneş enerji potansiyeli*. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> sayfasından erişilmiştir.
- Ercan, S. (2014). *Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi*. Yayımlanmamış doktora tezi. Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ergül, N. R. ve Çalış, S. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji ve kaynakları hakkındaki bilgi düzeylerinin incelenmesi . *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* , 35 (1) , 107-125 . doi: 10.19171/Uefad.994400.
- Erkul, H. (2012). Jeotermal enerjinin ekonomik katkıları ve çevresel etkileri: Denizli-Kızıldere jeotermal örneği. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(19), 115-133.
- Eroğlu, S. Ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67.
- Fadel, C., & Trilling, B. (2010). 21st century skills: Learning for life in our times. *Education Review*.
- Felix, A. L. (2010). *Design-based science for STEM student recruitment and teacher professional development*. Mid-Atlantic Asee Conference, Villanova University, Amerika Birleşik Devletleri.
- Freire, P. (1982). Creating alternative research methods: Learning to do it by doing it. *Creating Knowledge: A Monopoly*, (29-37).
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal Of STEM Education*, 7(1), 1-14.
- Genç, M. (2019). Öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik tutumlarının belirlenmesi . *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi* , 1, 811-821 . doi: 10.33206/Mjss.474079.
- Gizlenci, Ş., Acar, M. ve Şahin, M. (2012). Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının (biyodizel, biyoetanol ve biyo-kütle) projeksiyonu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (3), 337-344.
- Gökbayrak, S. ve Karışan, D. (2017). STEM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 63-84.
- Grantham, K., Okudan Kremer, G. E., Simpson, T. W., & Ashour, O. (2013). A Study on situated cognition: Product dissection's effect on redesign activities. *Advances in Engineering Education*, 3(4).

- Gülhan, F. ve Şahin, F. (2016). The effects of science-technology-engineering-math (STEM) integration on 5th grade students' perceptions and attitudes towards these areas fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 602-620.
- Gürdal, A., Bayram, H. ve Şahin, F. (1999). İlköğretim okullarında enerji konusunun entegrasyon ile öğretilmesi. III. *Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Ankara: MEB Basımevi*, 204-208.
- Haas, L. (2002). Yeni enerji kaynağı: Rüzgar gücü, *Deutschland*, 6, 44-49.
- Hacıoğlu, Y. (2020). Tematik STEM eğitimi uygulaması: Sürtünme kuvveti örneği. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 37, 3-21.
- Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2022). Building a sustainable model of integrated STEM education: Investigating secondary school STEM classes after an integrated STEM project. *International Journal of Technology and Design Education*. doi:10.1007/s10798-022-09777-8.
- Han, S., Capraro, R. & Capraro, M.M. (2015). How science, technology, engineering and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal Of Science And Mathematics Education*, 13, 1089–1113.
- Han, S., Rosli, R., Capraro, M.M. & Capraro, R.M. (2016). The effect of science, technology, engineering and mathematics (STEM) project based learning (PBL) on students' achievement in four mathematics topics [Special Issue]. *Journal Of Turkish Science Education*, 13, 3-29.
- Harman, G. ve Yenikalaycı, N. (2021). STEM eğitiminde mühendislik tasarım sürecine dayalı etkinliklere yönelik fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri . *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi* , 53 (53) , 206-226. doi: 10.15285/Maruaeabd.729672.
- Hussey, E. (Ed.). (1983). *Aristotle's physics*, (3. Cilt, 4. Baskı). Oxford University Press.
- Hwang, J., & Taylor, J. C. (2016). Stemming on STEM: A STEM education framework for students with disabilities. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 19(1), 39-49.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. *NCETE*, 1- 7.
- Ilkiliç, C., & Aydın, H. (2015). Wind power potential and usage in the coastal regions of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 78-86.
- Johnson, H., Johansson, M., & Andersson, K. (2014). Barriers to improving energy efficiency in short sea shipping: an action research case study. *Journal of Cleaner Production*, 66, 317-327.

- Kagel, A., Bates, D. and Gawell, K. (2007), *A guide to geothermal energy and the environment*, Geothermal Energy Association, Washington, D.C.
- Kaplan, Y. A. (2015). Overview of wind energy in the world and assessment of current wind energy policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 562-568.
- Kapluhan, E. (2015). Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: Güneş enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki kullanım durumu. *Coğrafya dergisi*, (29), 70-98.
- Karaca, G. ve Gökten, S. Ö. (2007). *Ortaöğretim kimya 10 ders kitabı*. (Secondary school chemistry 10 textbooks). Paşa Yayıncılık.
- Karakaş, A. (2017). *Fen, teknoloji, mühendislik, matematik (STEM) uygulamalarının fen öğretimine yansımaları*. Doktora tezi, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Denizli.
- Karakaya, F., Avgın, S. Ve Yılmaz, M. (2018). Ortaokul öğrencilerinin fen-teknoloji-mühendislik-matematik (STEM) mesleklerine olan ilgileri. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 36-53.
- Kavcıoğlu, Ş. (2019). Yenilenebilir enerji ve Türkiye. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 11 (21), 209-227. doi: 10.14784/Marufacd.623399.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. doi:10.1186/s40594-016-0046-z.
- Kemmis, S. K., & McTaggart, R. M. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer. [https://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/269/1/2014\\_Book\\_TheActionResearchPlanner.pdf](https://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/269/1/2014_Book_TheActionResearchPlanner.pdf) sayfasından erişilmiştir.
- Kemmis, S. (2019). *A practice sensibility, an invitation to the theory of practice architectures*. Singapore. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-32-9539-1> sayfasından erişilmiştir.
- Kennedy, B., Buikema, A., & Nagel, J. K. S. (2015). Integrating biology, design, and engineering for sustainable innovation. *2015 IEEE Integrated STEM Education Conference*, 88-93. doi:10.1109/ISECon.2015.7119952.
- Kennedy, T. J. & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Kertil, M. & Gurel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 44-55.
- Kocakaya, S. ve Ensari, Ö. (2018). Physics pre-service teachers' views on STEM activities. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19(1), 1-15.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D., & Avcı, E. D. (2005). Türkiye'de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin

- karşılaştırılması. *Yeksem 2005, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 19-21.
- Kuo, Y.-L., & Yeh, C.-C. (2016). A study on the renewable energy development and renewable energy certificate market in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 675-682. doi: 10.1016/J.Rser.2015.09.069.
- Külekçi, Ö. C. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91.
- Kyllonen, P. C. (2012). Measurement of 21st century skills within the common core state standards. *In Invitational Research Symposium on Technology Enhanced Assessments*, 7-8.
- 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.
- Lancor, R. A. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: a multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23.
- Lewin, K. (1951). *Field theory in social science: selected theoretical papers* (Edited by Dorwin Cartwright.).
- Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., & Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-15.
- Lu, H. K., & Lin, P. C. (2018). A study on the effect of cognitive style in the field of STEM on collaborative learning outcome. *International Journal of information and education technology*, 8(3), 194-198.
- Madden, L., Beyers, J. & O'brien, S. (2016). The importance of STEM education in the elementary grades: Learning from pre-service and novice teachers' perspectives. *Electronic Journal Of Science Education*, 20(5), 1-18.
- Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M. & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science*, 20, 541-546.
- Marulcu, İ. ve Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12, 13-23.
- McNiff, J., & Whitehead, J. (2002). Action research in organisations. *In Action Research in Organisations*, Routledge, 237-240.
- McTaggart, R. (1991). Principles for participatory action research. *Adult education quarterly*, 41(3), 168-187.



- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2021). *Türkiye rüzgar atlası*. <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/yenilenebilirenerji.aspx?sruzgaratlası> sayfasından erişilmiştir.
- Moore, T. J. & Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education: Innovations And Research*, 15(1), 5-10.
- Noffke, S.E. (1990). *Action research: A multidimensional analysis*. Yayımlanmamış doktora tezi. University of Wisconsin, Madison.
- NRC. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. *The National Academies Press*. doi: 10.17226/12635.
- Oanh, D. T., Dung, L. V., Anh, M. T. H., & Trang, N. T. T. (2018). STEM education: organizing high school students in Vietnam using engineering design process to fabricate water purification systems. *American Journal of Educational Research*, 6(9). doi: 10.12691/education-6-9-8.
- Olivarez, N. (2012). *The impact of a STEM program on academic achievement of eighth grade students in a south texas middle school*. Doctoral dissertation, Texas A&M University-Corpus Christi.
- Özbay, E. ve Gençoğlu, M.T., (2009). *Hidroelektrik santrallerin modellenmesi*. 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 19-21 Haziran, Diyarbakır.
- Özcan, H. ve Koştur, H. İ. (2018). Fen bilimleri dersi öğretmenlerinin STEM eğitime yönelik görüşleri. *Sakarya University Journal of Education*, 8(4), 364-373.
- Özçakır-Sümen, Ö. ve Çalışıcı, H. (2016). Pre-service teachers' mind maps and opinions on STEM education implemented in an environmental literacy course. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 16(2), 459- 476. doi: 10.12738/Estp.2016.2.0166.
- Özçakır-Sümen, Ö. ve Çalışıcı, H. (2022). The effects of STEM activities applied in mathematics courses for elementary pre-service teachers in Turkey. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(12), 3352-3376.
- Paish, O., (2002). Small hydro power: Technology and current status, *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 6: 537-556.
- Pekbay, C. (2017). *Fen teknoloji mühendislik ve matematik etkinliklerinin ortaokul öğrencileri üzerindeki etkileri*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Quoilin, S., Van Den Broek, M., Declaye, S., Dewallef, P., & Lemort, V. (2013). Techno-economic survey of organic rankine cycle (ORC) systems. *Renewable and sustainable energy reviews*, 22, 168-186.
- Sağdıç, D., Bulut, Ö., Korkmaz, S., Börü, S., Öztürk, E., & Ve Cavak, Ş. (2007). *Ortaöğretim 10. sınıf biyoloji* (2. Baskı), Ankara: MEB. Yayınları.
- Sastra, P. Z. M., Putri, Y. J. J., Pratama, F. & Desnita, D. (2022). Meta-analysis of the effect of STEM approach on students' creative and Critical thinking skills in physics

- learning in senior high school. *Jurnal Geliga Sains (JGS): Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1), 61-73.
- Seage, S. J. & Türegün, M. (2020). The effects of blended learning on STEM achievement of elementary school students. *International Journal of Research in Education and Science*, 6(1), 133-140.
- Shahzad, U. (2012). The need for renewable energy sources. *Energy*, 2, 16-18.
- Shinn, L. (2018). Renewable energy: the clean facts. *NRDC: New York, USA*, 1-2.
- Silk E.M. & Schunn C.D. (2008). The impact of an engineering design curriculum on science reasoning in an urban setting, *Journal Of Science Education And Technology*, 41(10), 1081-1110. doi: 10.1007/S10956-009-9144-8.
- Somekh, B. (2005). *Action research*. McGraw-Hill Education (UK).
- Somwaeng, A. (2021). Developing early childhood students' creative thinking ability in STEM education. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1835, 1, 012009.
- Stains, M., Harshman, J., Barker, M. K., Chasteen, S. V., Cole, R., DeChenne-Peters, S. E. & Young, A. M. (2018). Anatomy of STEM teaching in North American universities. *Science*, 359(6383), 1468-1470.
- Sulaeman, N. F., Putra, P. D. A., Mineta, I., Hakamada, H., Takahashi, M., Ide, Y., & Kumano, Y. (2021). Exploring student engagement in STEM education through the engineering design process. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 1-16.
- Svihla, V., & Petrosino, A. J. (2008). Improving our understanding of K-12 engineering education. In *the International Conference on Engineering Education*. [https://www.ineer.org/Events/ICEE2008/full\\_papers/full\\_paper61.pdf](https://www.ineer.org/Events/ICEE2008/full_papers/full_paper61.pdf) sayfasından erişilmiştir.
- Şahan, B. Y., & Ve Tekin, L. (2007). Ortaöğretim 10. sınıf fizik ders kitabı. İzmir: Zambak Yayınları.
- Taber, K. S. (1989). Energy by many other names. *School science review*, 70(252), 57-62.
- Tang, J., Zhou, X., Wan, X., & Ouyang, F. (2022). A systematic review of AI applications in computer-supported collaborative learning in STEM Education. *Artificial Intelligence in STEM Education*, 333-358.
- Topalsan, A. K. (2018). Sınıf öğretmenliği öğretmen adaylarının geliştirdikleri mühendislik tasarım temelli fen öğretim etkinliklerinin değerlendirilmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 186-219.
- Türe, S. (2001). Biyokütle enerjisi, Temiz Enerji Vakfı, Sayfa: 1-5. Ankara.
- Türkiye Çevre Vakfı (2006), *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. <http://www.cevre.org.tr/tr/ana-sayfa> sayfasından erişilmiştir.

- Uğurlu, Ö. (2006). *Türkiye’de çevresel güvenlik bağlamında sürdürülebilir enerji politikaları*. Yayınlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Uyar, A., Canpolat, M. ve Şan, İ. (2021). STEM merkezindeki öğretmenlerin ve öğrencilerin STEM eğitimi hakkındaki görüşleri: PayaSTEM merkezi örneği. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(1), 151-170.
- Ünlü, A. B. (2021). *Okul öncesi eğitim kurumuna devam eden 5 yaş grubu çocuklara uygulanan STEM eğitim programının ekolojik ayak izi farkındalığına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aksaray.
- Ürün, E. ve Soyu, E. (2016). Türkiye’nin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine bir değerlendirme. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31-45.
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7, 1-18.
- Whitehead, J., & McNiff, J. (2006). *Action research: Living theory*. Sage. [https://pedagogija.net/moodle/pluginfile.php/578/mod\\_page/content/12/Bognar%20\(2006\)%20Action%20research%20in%20Croatia.pdf](https://pedagogija.net/moodle/pluginfile.php/578/mod_page/content/12/Bognar%20(2006)%20Action%20research%20in%20Croatia.pdf) sayfasından erişilmiştir.
- Yalçın, S. (2018). 21. yüzyıl becerileri ve bu becerilerin ölçülmesinde kullanılan araçlar ve yaklaşımlar. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 51(1), 183-201.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. baskı) Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, B. (2016). An analyses and meta-synthesis of research on STEM education. *Journal of Education and Practice*, 7(34), 23-33.
- Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28- 40.
- Yıldırım, H. ve Gelmez-Burakgazi, S. (2020). Türkiye’de STEM eğitimi konusunda yapılan çalışmalar üzerine bir araştırma: Meta-sentez çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (50), 291-314.
- Yılmaz, H., Koyunkaya Yiğit, M., Güler, F. ve Güzey, S. (2017). Fen, teknoloji, mühendislik, matematik (STEM) eğitimi tutum ölçeğinin Türkçe’ye uyarlanması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25(5), 1787-1800.
- Zhong, B., Kang, S., & Zhan, Z. (2021). Investigating the effect of reverse engineering pedagogy in K-12 robotics education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(5), 1097-1111. doi:10.1002/cae.22363.

## EKLER

### Ek 1: Parabolik Güneş Kolektörü Alt Etkinliği Örnek Şablon

#### PARABOLİK GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ YAPALIM

Temiz Enerji Yapı Şirketi olarak yapmayı planladığımız Ekolojik Ada projemizde adada yaşayacak insanlar için sıcak su, ısınma ve elektrik ihtiyacını karşılamak adına çevre ve doğa dostu aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneşi yoğunlaştırılmış güneş enerjileri sisteminden yola çıkarak yapmayı planladığımız parabolik güneş kolektörleriyle sağlamayı hedefliyoruz. Bu amaçla da sizlerden ilk olarak istediğimiz yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemini kullanarak parabolik ayna sisteminde bir güneş kolektörü tasarlamamız. Bu sistemde güneşin parabol içinde doğru odaklanması elde edeceğimiz boru içindeki sıcaklık dolayısıyla da verimimiz için oldukça önemlidir. Bu amaçla da sizlerden verilen farklı parabol denklemlerini ( $y=1/40x^2$ ,  $y=1/60x^2$  ve  $y=1/80x^2$ ) kullanarak güneş ışınlarını en verimli şekilde odaklayabilmenizdir. Ayrıca farklı ısı iletkenliğine sahip borular kullanarak ve boyalı ve boyasız olarak karşılaştırarak en yüksek sıcaklık aralığına ulaşabilen ve en kullanılabilir sistemi oluşturmanız istenmektedir. Prototipini yapacağınız ev içi kullanımına uygun parabolik güneş kolektörüyle boru içinde ısınan havanın sıcak su eldesi, ısınma ve elektrik üretiminde nasıl kullanılabileceğini tanımlayınız.

1. Aşama: Problemin Tanımlanması
    - a. Yukarıda anlatılan problemde müşteri kimdir? (Sizin yapacağınız ürünü sizden talep eden kişi)
    - b. Yukarıda anlatılan mevcut problemi tanımlayınız.
  2. Aşama: Probleme Yönelik İhtiyaçların Belirlenmesi
    - a. Problemin çözümü neden önemlidir?
    - b. Son nihai ürünü kullanacak olan kullanıcılar kim?
    - c. Probleme yönelik ihtiyaçları (kriter ve sınırlılıkları) belirleyiniz.
- 2.1. Güneş Kolektörleri Çalışma Prensipleri



- Güneş kolektörü nedir, nerelerde ve ne amaçla kullanılır?
- Güneş kolektörlerinin çeşitlerine örnekler veriniz.
- Güneş kolektörlerinin avantaj ve dezavantajları nelerdir?
- Güneş kolektörlerinde gerçekleşen enerji dönüşümlerini açıklayınız.
- Güneş kolektörlerinde gerçekleşen enerji transferini açıklayınız. Enerji transferleri hangi yollarla gerçekleşir? Burada gerçekleşen enerji transfer yolu hangisidir?

## 2.2.Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi



- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi nasıl elde edilir?
- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santralleri ne amaçla ve nerelerde kullanılmaktadır?
- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri ile güneş panelleriyle elektrik üretimini karşılaştırınız. Avantaj ve dezavantajlarını kıyaslayınız?
- Çeşitleri nelerdir? En çok tercih edilen türü hangisidir? Niçin?

## 3. Aşama: Olası Çözümlerin Geliştirilmesi

- Problemin çözümü için bir araştırma yapınız ve olası çözümleri geliştiriniz. (Neyi araştırdınız? Nasıl araştırdınız (uzman, internet, kitap)?
- Yapmayı planladığınız parabolik güneş kolektörü prototipi için ihtiyaç duyacağınız mevcut materyal ve malzemeler neler olabilir?
- Olası çözüm önerileriniz nelerdir? Çözüm önerilerinizi (fikir, düşünce ya da hipotezlerinizi) delil ve ispatlar kullanarak (kaynaklarıyla) açıklayınız. Grup arkadaşlarınızla olası çözüm önerilerinizi tartışınız.

## 4. Aşama: En İyi Çözümün Seçilmesi

- En iyi çözüm önerisini seçiniz. Seçtiğiniz olası çözüm önerisinin bilimsel gerçekleri nelerdir? (Neden bunu tercih ettiniz, dayandığı bilimsel gerçekler nelerdir?)

- b. Bu çözüm önerinizi geliştirmek için ne yapmalısınız?
- c. Tasarımınızın prototipini çizerek detaylandırınız. (Tasarımınızı ayrıntılarıyla çizerken kullanacağınız malzeme, tasarımın boyutları, kısımları, işlevi vb konularda açıklamalarda bulununuz.)
5. Aşama: Prototipin Yapılması
- a. Yapacağınız deneyin çalışma prensibini anlatınız.
- b. Bu deneydeki hipotezinizi yazınız.
- a. Deneyinizin amacı nedir?
- b. Deneyinizde kullanacağınız malzemeleri ve amaçlarını yazınız.
- c. Deneyin sonucunda nasıl bir sonuç bekliyorsunuz?
- d. Deneyinizin bağımlı ve bağımsız değişkenlerini yazınız.
- e. Yapacağınız etkinlikte yüzeye yapıştırılan parlak yüzeyli sert kartonun kırışksız ve düzgün bir şekilde yapıştırılması gerekmektedir. Bunun sebepleri nelerdir? Açıklayınız.
- f. Deneyimizde 3 farklı parabol denklemi kullanarak ( $y = \frac{1}{40}x^2$  ,  $y = \frac{1}{60}x^2$  ve  $y = \frac{1}{80}x^2$ ) farklı odak noktalarında odaklanma sağlanacaktır. Deneyinizde odaklanma, odak noktası neden önemlidir? En yüksek sıcaklık değişimini hangi denklemden elde edeceğinizi tahmin ediniz ve gerekçelendiriniz.
- g.  $y = \frac{1}{40}x^2$  ,  $y = \frac{1}{60}x^2$  ve  $y = \frac{1}{80}x^2$  denklemleri için paraboller çizin ve ilgili denklemlerin odak noktalarını hesaplayınız. (Çizdiğiniz parabollerin resimlerini ekleyiniz)
- h. Parabolik güneş kolektörü etkinliğinde neden yüzeyi parlak bir malzeme ile kapladık?
- i. Boruların boyanması neleri etkiler? Hangi renge boyadığımızın bir önemi var mıdır? Açıklayınız. En iyi verimi boruları hangi renge boyadığımızda elde edeceğimizi düşünüyorsunuz nedenleriyle açıklayınız.
- j. Son olarak deneyimizde  $y = \frac{1}{40}x^2$  ,  $y = \frac{1}{60}x^2$  ve  $y = \frac{1}{80}x^2$  denklemlerinde parabollerle farklı odak noktalarında, demir ve bakır boru, demir boyalı ve boyasız borular kullanarak gerçekleştireceğiz. Bunlardan en yüksek sıcaklığı hangisinde elde etmeyi planladığınızı sebepleriyle anlatınız.
6. Aşama: Çözümü Test Etme ve Değerlendirme

- a) Çözümü test edip değerlendiriniz.
- b) Son halini yeniden gözden geçirerek değiştirmek istediğiniz ve daha iyi olacağını düşündüğünüz yerleri yazınız. Tasarımınızı yenileyerek tasarlayınız.
- c) Tasarımınızın son halini anlatınız. Nerelerde ne gibi değişiklikler yaptınız? Niçin?

#### 7. Aşama: Çözümün Sunulması

- a) Yaptığınız deneyde hipotezinizi karşılayabildiniz mi? Sebepleriyle yazınız.  
(Hayırsa hipotezinizi değiştirerek tekrar deneyiniz ve sonuçları yazınız.)
- b) Deneyinizin yapım aşamalarını ve sonuçlarını fotoğraflarla destekleyerek anlatınız.
- c) Deneyinizde hangi bağımsız değişkenleri kullandınız? Sonucu değiştireceğini düşündüğünüz başka değişkenler var mı? Bunların sonuçları nasıl değiştireceğini düşünüyorsunuz?

#### 8. Aşama: Yeniden Tasarlama/Revize Etme

- a. Deneyinizin son halinden memnun musunuz? Değiştirmek istediğiniz yerler varsa yazınız.

#### 9. Aşama: Kararın Tanımlanması

- a. Yaptığınız ürünü bir paragrafla pazarlayınız.
- b. Bu deneyle ilgili itibaren görüş ve önerilerinizi yazınız. Siz olsanız bu etkinliği öğrencilerinize nasıl yaptırırdınız?

**EK 2: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) İzni**

NEFİSE ZİNAR &lt;ayhan&gt;

**(konu yok)**

Gözet. Sıddika <sgzety@purdue.edu>  
Ako: NEFİSE ZİNAR <ayhannefise@gmail.com>

Merhaba Neşe,

Kullanabilsen ibagi calismamda

iyi calismalar,

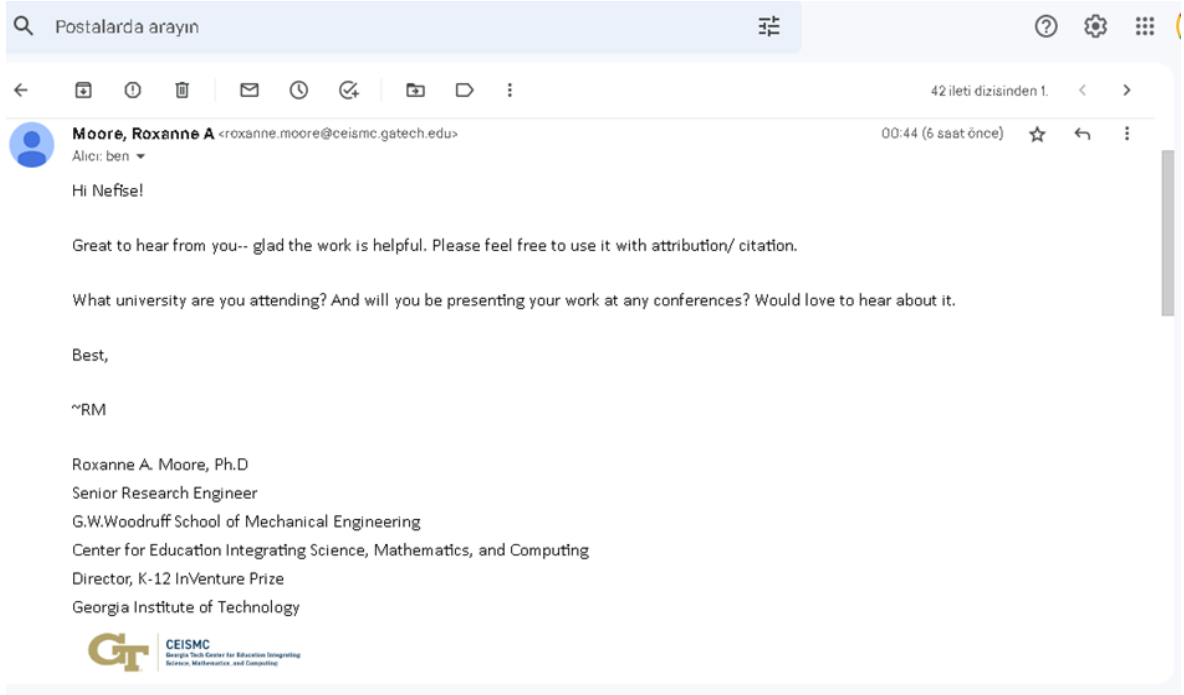
Selam

Get Outlook for iOS

From: NEFİSE ZİNAR <ayhannefise@gmail.com>



### EK 3: STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği İzni



#### EK 4: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) (STEM Integration Curriculum Assessment)

##### Özel Değerlendirme

##### I. Giriş İlgi Çekme

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin kendi kişisel bilgi ve deneyimlerine dayalı olarak durumu anlamlandırmalarına izin veriliyor mu? Farklı alt yapıdan öğrencileri motive ediyor ve ilgilerini çekiyor mu? Merak uyandıran amaçlarda bir içerik sağlıyor mu (ne, niçin ve kimin için?) Küresel, ekonomik, çevre ve sosyal içerikleri içeriyor mu? Günümüz olay ve konularını içeriyor mu? Kısmen mühendislik ürünlerine uygulamak için ya da tamamıyla gerçekçi durumlar için imkan sağlıyor mu?			

1. Ders planı ne ölçüde motive edici ve ilgi çekici bir bağlam kullanıyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

##### II. Mühendislik Tasarım Süreci

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini kullanmasını gerektiren etkinlikler içeriyor mu? Problemi tanımlama, araştırma, planlama, uygulama, test etme, değerlendirme (veya tasarım süreçlerinin diğer benzer aşamaları) gibi tasarım süreçlerini ele alıyor mu? Öğrencilerin başarısızlıklardan/geçmiş deneyimlerinden yararlanmalarına olanak sağlıyor mu? Öğrencilerin yeniden tasarlamasına izin veriyor mu? Mühendislik tasarım süreci içinde müşteri kavramı kullanılıyor mu? Öğrencilerin süreçleri tasarlayıp değerlendirdikleri veya prototipler/ modeller/ çözümler oluşturup değerlendirdikleri açık uçlu bir mühendislik tasarım sürecine katılmalarına izin veriyor mu? Öğrencilerin kısıtlamalar, sınırlılıklar, güvenilirlik, riskler, alternatifler, takaslar ve/veya etik hususlar hakkında düşünmesini gerektiren bir mühendislik tasarım süreci içeriyor mu? Zihnin mühendislik düşünme becerilerini teşvik ediyor mu (örneğin, sistemsel düşünme, yaratıcılık, azim)? Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde mühendislik alanından (örneğin inşaat mühendisliği, çevre mühendisliği, endüstri mühendisliği) teknolojiler (örneğin köprüler, su filtreleri, geri dönüşüm tesisi süreçleri) keşfetmesini veya geliştirmesini gerektiriyor mu? Mühendisliğin ne olduğunu ve mühendislerin ne yaptıklarını anlamaya teşvik ediyor mu?			

2. Ders planı öğrencilere mühendislik tasarım süreci uygulayıcıları tarafından tasarlanan mühendisliği öğrenmeye ne ölçüde izin veriyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

### III. Fen Kavramlarının Birleştirilmesi (Entegrasyonu)

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Fen bilgisi kavramlarını uygun seviyelerde ele alıyor mu?			
Sınıf düzeyine uygun fen kavramlarını kullanıyor mu?			
Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde problem durumunu çözmek için gerekli olan temel fen kavramlarını anlamalarını ve kullanmalarını sağlıyor mu?			
Kolay anlaşılır fen kavramları anlayışını teşvik ediyor mu?			
Fen öğrenimi ile ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sağlıyor mu?			
3. Ders planı, derinlemesine öğrenmeyi sağlama ve mühendislik sürecini çözmeye ihtiyaç duyulan fen kavramlarının birleştirilmesine (entegrasyonuna) ne ölçüde izin veriyor?			
NA/DK 0 1 2 3 4			

### IV. Matematik Kavramlarının Entegrasyonu

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Matematik alanındaki kavramları uygun seviyelerde ele alıyor mu?			
Sınıf düzeyine uygun matematik kavramlarını birleştirmiş mi?			
Öğrencilerin, mühendislik sürecini çözmek için gerekli olan, özellikle veri analizi ve ölçümünde, temel matematik kavramlarını öğrenmelerini, anlamalarını ve kullanmalarını gerektiriyor mu?			
Matematikselsel düşünmenin kolay bir şekilde anlaşılmasını sağlıyor mu?			
4. Ders planı, derinlemesine öğrenmeyi sağlama ve mühendislik sürecini çözmeye ihtiyaç duyulan matematik kavramlarının birleştirilmesine (entegrasyonuna) ne ölçüde izin veriyor?			
NA/DK 0 1 2 3 4			

### V. Öğretim Stratejileri

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrenci merkezli, fikir yürütme ve/veya fikir yürütme/uygulama içeren dersler ve etkinlikler içeriyor mu?			
Öğrencilerin bir çözüme varmadan önce bilgi veya veri toplamasını ve analiz etmesini gerektiren bazı etkinlikler içeriyor mu?			
Mühendisliği ve/veya fen kavramlarını öğretmek için tartışmayı (argümantasyonu) bir öğrenme stratejisi olarak kullanıyor mu?			
Öğrencilerin her dersin neden önemli olduğunu anlaması için her derste genel tasarım süreci/bağlamı ile ilgili bağlantılar içeriyor mu?			
Öğrencileri, gerçek yaşam durumu, resimler, sözlü semboller, yazılı semboller, manipülatifler (hayal güçlerini ve			

zihinsel becerilerini kullanarak istediklerini yapabildikleri somut modellerle öğrenilecek STEM fikirlerini içeren etkinliklere dahil ediyor mu?

5. Ders planı öğrenci merkezli öğretim stratejilerini ne derce sağlıyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

#### VI. Takım Çalışması

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin başkalarıyla işbirliği yapmasını gerektiriyor mu?			
Öğrencilerin bir takımda çalışırken bireysel sorumluluk göstermeleri için fırsatlar içeriyor mu?			
Olumlu takım etkileşimlerini ve işbirlikçi öğrenmenin beş unsurunu (olumlu dayanışma/bağımlılık, bireysel sorumluluk, yüz yüze etkileşim, sosyal/toplumsal beceriler ve grubun kendini değerlendirmesi) teşvik eden öğretim stratejileri içeriyor mu?			
Faaliyetlerin/görevlerin tamamlanması için ekibin her bir üyesine ihtiyaç duyulmasını gerektiriyor mu?			

6. Ders planı öğrencilerin takım çalışması becerilerinin geliştirilmesini sağlıyor mu?

NA/DK 0 1 2 3 4

#### VII. İletişim

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin; sözlü, yazılı çizelgeler veya grafikler gibi görsel yardımcıları kullanarak fen bilimleri konularıyla ilişki kurmalarını gerektiriyor mu?			
Öğrencilerin mühendislik düşüncesini, mühendislik çözümlerini ve ürünlerini kullanmalarını gerektiriyor mu (örneğin, müşteriye sözlü sunumlar, yazılı notlar, teknik iletişim veya şemalar gibi görsel yardımcıları)?			
Öğrenme iletişiminde gerçek yaşam durumlarına, resimlere, sözlü sembollere, yazılı sembollere ve manipülatifler/somut modellere teşvik ediyor mu?			
Argümantasyon (tartışma) stratejileri içeriyor mu?			

7. Ders planı fen, matematik ve mühendislikteki iletişim becerilerinin geliştirilmesinde öğrencilere fayda sağlamakta mıdır?

NA/DK 0 1 2 3 4

#### VIII. Performans ve Biçimlendirici Değerlendirme

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
STEM'in çoklu disiplinlerinden öğrenme hedefleri ve içeriği ile uyumlu değerlendirmeler içeriyor mu?			
Kazanım ve test özelliklerine anlamlı bir şekilde bağlı olan ve mümkün olduğunda bu özelliklerin ötesine geçen değerlendirmeler içeriyor mu?			

---

Öğrencilere, performans ödevleri yoluyla farklı şekillerde anladıklarını ve yeteneklerini göstermeleri için kanıt üretme fırsatları sağlayan değerlendirmeler içeriyor mu?

Ders planının uygulanmasını iyileştirmek için kullanılabilir, öğretmene rehberlik sağlayan değerlendirmeler içeriyor mu?

---

8. Ders planındaki değerlendirmeler ve gerekli ödevler öğrencilerin bilgi ve becerilerini ne ölçüde ölçmektedir?

NA/DK 0 1 2 3 4

#### IX. Organizasyon

---

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
<p>Kazanımlara anlamlı bir şekilde bağlı olan ve mümkün olduğunda bu standartların ötesine geçen STEM'in, çeşitli disiplinlerinden net amaçlar ve öğrenme hedefleri sunuyor mu?</p> <p>Birbirlerinin üzerine eklenebilecek şekilde mantıksal olan ve sıralı bir şekilde akan etkinlikler/dersler içeriyor mu?</p> <p>Üniteye aşına olmayan öğretmenler için rehberlik ve öğretim stratejileri sağlıyor mu?</p>			

---

9. Ders planı iyi organize edilmiş mi?

NA/DK 0 1 2 3 4

## EK 5: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) Örnek Uzman İncelemesi (Pilot Uygulama)

### I. Giriş İlgi Çekme

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin kendi kişisel bilgi ve deneyimlerinin uzantılarına dayalı olarak durumu anlamlandırmalarına izin veriliyor mu?			✓
Farklı alt yapıdan öğrencileri motive ediyor ve ilgilerini çekiyor mu?			✓
Merak uyandıran amaçlarda bir içerik sağlıyor mu (ne, niçin ve kimin için?)			✓
Küresel, ekonomik, çevre ve sosyal içerikleri içeriyor mu?			✓
Günümüz olay ve konularını içeriyor mu?			✓
Kısmen mühendislik ürünlerine uygulamak için ya da tamamıyla gerçekçi durumlar için imkan sağlıyor mu?			✓

1. Ders planı ne ölçüde motive edici ve ilgi çekici bir bağlam kullanıyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

### II. Mühendislik Tasarım Süreci

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini kullanmasını gerektiren etkinlikler içeriyor mu?			✓
Problemi tanımlama, araştırma, planlama, uygulama, test etme, değerlendirme (veya tasarım süreçlerinin diğer benzer aşamaları) gibi tasarım süreçlerini ele alıyor mu?			✓
Öğrencilerin başarısızlıklardan/geçmiş deneyimlerinden yararlanmalarına olanak sağlıyor mu?			✓
Öğrencilerin yeniden tasarlamasına izin veriyor mu?			✓
Mühendislik tasarım süreci içinde müşteri kavramı kullanılıyor mu?			✓
Öğrencilerin süreçleri tasarlayıp değerlendirdikleri veya prototipler/ modeller/ çözümler oluşturup değerlendirdikleri açık uçlu bir mühendislik tasarım sürecine katılmalarına izin veriyor mu?			✓
Öğrencilerin kısıtlamalar, sınırlılıklar, güvenilirlik, riskler, alternatifler, takaslar ve/veya etik hususlar hakkında düşünmesini gerektiren bir mühendislik tasarım süreci içeriyor mu?			✓
Zihnin mühendislik düşünme becerilerini teşvik ediyor mu (örneğin, sistemsel düşünme, yaratıcılık, azim)?		✓	
Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde mühendislik alanından (örneğin inşaat mühendisliği, çevre mühendisliği, endüstri mühendisliği) teknolojiler (örneğin köprüler, su filtreleri, geri dönüşüm tesisi süreçleri) keşfetmesini veya geliştirmesini gerektiriyor mu?			✓
Mühendisliğin ne olduğunu ve mühendislerin ne yaptıklarını anlamaya teşvik ediyor mu?		✓	

2. Ders planı öğrencilere mühendislik tasarım süreci uygulayıcıları tarafından tasarlanan mühendisliği öğrenmeye ne ölçüde izin veriyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

### III. Fen Kavramlarının Birleştirilmesi (Entegrasyonu)

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Fen bilgisi kavramlarına uygun seviyelerde ele alıyor mu?		✓	
Sınıf düzeyine uygun fen kavramlarını birleştirmiş mi (kullanıyor mu)?		✓	
Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde problem durumunu çözmek için gerekli olan temel fen kavramlarını anlamalarını ve kullanmalarını sağlıyor mu?			✓
Kolay anlaşılır fen kavramları anlayışını teşvik ediyor mu?		✓	
Fen öğrenimi ile ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sağlıyor mu?		✓	

3. Ders planı, derinlemesine öğrenmeyi sağlama ve mühendislik sürecini çözmeye ihtiyaç duyulan fen kavramlarının birleştirilmesine (entegrasyonuna) ne ölçüde izin veriyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

### IV. Matematik Kavramlarının Entegrasyonu

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Matematik alanındaki kavramları uygun seviyelerde ele alıyor mu?		✓	
Sınıf düzeyine uygun matematik kavramlarını birleştirmiş mi?	✓		
Öğrencilerin, mühendislik sürecini çözmek için gerekli olan, özellikle veri analizi ve ölçümünde, temel matematik kavramlarını öğrenmelerini, anlamalarını ve kullanmalarını gerektiriyor mu?			✓
Matematiksel düşünmenin kolay bir şekilde anlaşılmasını sağlıyor mu?	✓		

4. Ders planı, derinlemesine öğrenmeyi sağlama ve mühendislik sürecini çözmeye ihtiyaç duyulan matematik kavramlarının birleştirilmesine (entegrasyonuna) ne ölçüde izin veriyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

### V. Öğretim Stratejileri

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrenci merkezli, fikir yürütme ve/veya fikir yürütme/uygulama içeren dersler ve etkinlikler içeriyor mu?		✓	
Öğrencilerin bir çözüme varmadan önce bilgi veya veri toplamasını ve analiz etmesini gerektiren bazı etkinlikler içeriyor mu?			✓
Mühendisliği ve/veya fen kavramlarını öğretmek için tartışmayı (argümantasyonu) bir öğrenme stratejisi olarak kullanıyor mu (genellikle veri ve veri analizi, öne sürülen iddialar için kanıt sağlama amaçlı)?			✓
Öğrencilerin her dersin neden önemli olduğunu anlaması için her derste genel tasarım süreci/bağlamı ile ilgili bağlantılar içeriyor mu?		✓	
Öğrencileri, gerçek yaşam durumu, resimler, sözlü semboller, yazılı semboller, manipülatifler (hayal güçlerini ve zihinsel becerilerini kullanarak istediklerini yapabildikleri somut		✓	

modeller) öğrenilecek STEM fikirlerini içeren etkinliklere dahil ediyor mu?

5. Ders planı öğrenci merkezli öğretim stratejilerini ne derece sağlıyor?  
NA/DK 0 1 2 3 4

#### VI. Takım Çalışması

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin başkalarıyla işbirliği yapmasını gerektiriyor mu?			✓
Öğrencilerin bir takımında çalışırken bireysel sorumluluk göstermeleri için fırsatlar içeriyor mu?			✓
Olumlu takım etkileşimlerini ve işbirlikçi öğrenmenin beş unsurunu (olumlu dayanışma/bağımlılık, bireysel sorumluluk, yüz yüze etkileşim, sosyal/toplumsal beceriler ve grubun kendini değerlendirmesi) teşvik eden öğretim stratejileri içeriyor mu?			✓
Faaliyetlerin/görevlerin tamamlanması için ekibin her bir üyesine ihtiyaç duyulmasını gerektiriyor mu?		✓	

6. Ders planı öğrencilerin takım çalışması becerilerinin geliştirilmesini sağlıyor mu?  
NA/DK 0 1 2 3 4

#### VII. İletişim

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin; sözlü, yazılı veya çizelgeler veya grafikler gibi görsel yardımcıları kullanarak fen bilimleri konularıyla ilişki kurmalarını gerektiriyor mu?			✓
Öğrencilerin mühendislik düşüncesini, mühendislik çözümlerini ve ürünlerini kullanmalarını gerektiriyor mu (örneğin, müşteriye sözlü sunumlar, yazılı notlar, teknik iletişim veya şemalar gibi görsel yardımcıları)?			✓
Öğrenme iletişiminde gerçek yaşam durumlarına, resimlere, sözlü sembollere, yazılı sembollere, manipülatifler/somut modellere teşvik ediyor mu?			✓
Argümantasyon (tartışma) stratejileri içeriyor mu?			✓

7. Ders planı fen, matematik ve mühendislikteki iletişim becerilerinin geliştirilmesinde öğrencilere fayda sağlamakta mıdır?  
NA/DK 0 1 2 3 4

#### VIII. Performans ve Biçimlendirici Değerlendirme

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
STEM'in çoklu disiplinlerinden öğrenme hedefleri ve içeriği ile uyumlu değerlendirmeler içeriyor mu?			✓
Kazanım ve test özelliklerine anlamlı bir şekilde bağlı olan ve mümkün olduğunda bu özelliklerin ötesine geçen değerlendirmeler içeriyor mu?			✓
Öğrencilere, performans ödevleri yoluyla farklı şekillerde anladıklarını ve yeteneklerini göstermeleri için kanıt üretme fırsatları sağlayan değerlendirmeler içeriyor mu?			



Ders planının uygulanmasını iyileştirmek için kullanılabilir, öğretmene rehberlik sağlayan değerlendirmeler içeriyor mu? ✓

8. Ders planındaki değerlendirmeler ve gerekli ödevler öğrencilerin bilgi ve becerilerini ne ölçüde ölçmektedir?

NA/DK 0 1 2 3 4

#### IX. Organizasyon

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Kazanımlara anlamlı bir şekilde bağlı olan ve mümkün olduğunda bu standartların ötesine geçen STEM'in, çeşitli disiplinlerinden net amaçlar ve öğrenme hedefleri sunuyor mu?		✓	
Birbirlerinin üzerine eklenebilecek şekilde mantıksal olan ve sıralı bir şekilde akan etkinlikler/dersler içeriyor mu?		✓	
Üniteye aşina olmayan öğretmenler için rehberlik ve öğretim stratejileri sağlıyor mu?	✓		

9. Ders planı iyi organize edilmiş mi?

NA/DK 0 1 2 3 4

**EK 6: STEM Entegrasyon Ders Planı Değerlendirme Rubriği (STEM-ICA) Örnek  
Uzman İncelemesi (Gerçek Uygulama)**

**I. Giriş İlgili Çekme**

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin kendi kişisel bilgi ve deneyimlerinin uzantılarına dayalı olarak durumu anlamlandırmalarına izin veriliyor mu?			x
Farklı alt yapıdan öğrencileri motive ediyor ve ilgilerini çekiyor mu?			x
Merak uyandıran amaçlarda bir içerik sağlıyor mu (ne, niçin ve kimin için?)			x
Küresel, ekonomik, çevre ve sosyal içerikleri içeriyor mu?			x
Günümüz olay ve konularını içeriyor mu?			x
Kısmen mühendislik ürünlerine uygulamak için ya da tamamıyla gerçekçi durumlar için imkan sağlıyor mu?			x

1.1. Ders planı ne ölçüde motive edici ve ilgi çekici bir bağlam kullanıyor?

NA/DK 0 1 2 3 **4**

**II. Mühendislik Tasarım Süreci**

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini kullanmasını gerektiren etkinlikler içeriyor mu?			x
Problemi tanımlama, araştırma, planlama, uygulama, test etme, değerlendirme (veya tasarım süreçlerinin diğer benzer aşamaları) gibi tasarım süreçlerini ele alıyor mu?			x
Öğrencilerin başarısızlıklardan/geçmiş deneyimlerinden yararlanmalarına olanak sağlıyor mu?			x
Öğrencilerin yeniden tasarlamasına izin veriyor mu?			x
Mühendislik tasarım süreci içinde müşteri kavramı kullanılıyor mu?			
Öğrencilerin süreçleri tasarlayıp değerlendirdikleri veya prototipler/ modeller/ çözümler oluşturup değerlendirdikleri açık uçlu bir mühendislik tasarım sürecine katılmalarına izin veriyor mu?			x
Öğrencilerin kısıtlamalar, sınırlılıklar, güvenilirlik, riskler, alternatifler, takaslar ve/veya etik hususlar hakkında düşünmesini gerektiren bir mühendislik tasarım süreci içeriyor mu?			x
Zihnin mühendislik düşünme becerilerini teşvik ediyor mu (örneğin, sistemsel düşünme, yaratıcılık, azim)?			x
Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde mühendislik alanından (örneğin inşaat mühendisliği, çevre mühendisliği, endüstri mühendisliği) teknolojiler (örneğin köprüler, su filtreleri, geri dönüşüm tesisi süreçleri) keşfetmesini veya geliştirmesini gerektiriyor mu?			x
Mühendisliğin ne olduğunu ve mühendislerin ne yaptıklarını anlamaya teşvik ediyor mu?			x

2. Ders planı öğrencilere mühendislik tasarım süreci uygulayıcıları tarafından tasarlanan mühendisliği öğrenmeye ne ölçüde izin veriyor?

NA/DK 0 1 2 3 **4**

### III. Fen Kavramlarının Birleştirilmesi (Entegrasyonu)

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Fen bilgisi kavramlarını uygun seviyelerde ele alıyor mu?			x
Sınıf düzeyine uygun fen kavramlarını birleştirmiş mi (kullanıyor mu)?			x
Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde problem durumunu çözmek için gerekli olan temel fen kavramlarını anlamalarını ve kullanmalarını sağlıyor mu?			x
Kolay anlaşılır fen kavramları anlayışını teşvik ediyor mu?			x
Fen öğrenimi ile ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sağlıyor mu?			x

3. Ders planı, derinlemesine öğrenmeyi sağlama ve mühendislik sürecini çözmeye ihtiyaç duyulan fen kavramlarının birleştirilmesine (entegrasyonuna) ne ölçüde izin veriyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

### IV. Matematik Kavramlarının Entegrasyonu

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Matematik alanındaki kavramları uygun seviyelerde ele alıyor mu?		x	
Sınıf düzeyine uygun matematik kavramlarını birleştirmiş mi?		x	
Öğrencilerin, mühendislik sürecini çözmek için gerekli olan, özellikle veri analizi ve ölçümünde, temel matematik kavramlarını öğrenmelerini, anlamalarını ve kullanmalarını gerektiriyor mu?			x
Matematiksel düşünmenin kolay bir şekilde anlaşılmasını sağlıyor mu?		x	

4. Ders planı, derinlemesine öğrenmeyi sağlama ve mühendislik sürecini çözmeye ihtiyaç duyulan matematik kavramlarının birleştirilmesine (entegrasyonuna) ne ölçüde izin veriyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

### V. Öğretim Stratejileri

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrenci merkezli, fikir yürütme ve/veya fikir yürütme/uygulama içeren dersler ve etkinlikler içeriyor mu?			x
Öğrencilerin bir çözüme varmadan önce bilgi veya veri toplamasını ve analiz etmesini gerektiren bazı etkinlikler içeriyor mu?			x
Mühendisliği ve/veya fen kavramlarını öğretmek için tartışmayı (argümantasyonu) bir öğrenme stratejisi olarak kullanıyor mu (genellikle veri ve veri analizi, öne sürülen iddialar için kanıt sağlama amaçlı)?			x
Öğrencilerin her dersin neden önemli olduğunu anlaması için her derste genel tasarım süreci/bağlamı ile ilgili bağlantılar içeriyor mu?			x
Öğrencileri, gerçek yaşam durumu, resimler, sözlü semboller, yazılı semboller, manipülatifler (hayal güçlerini ve zihinsel becerilerini kullanarak istediklerini yapabildikleri somut modellerle öğrenilecek STEM fikirlerini içeren etkinliklere dahil ediyor mu?			x

5. Ders planı öğrenci merkezli öğretim stratejilerini ne derce sağlıyor?

NA/DK 0 1 2 3 4

## VI. Takım Çalışması

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin başkalarıyla işbirliği yapmasını gerektiriyor mu?			x
Öğrencilerin bir takımda çalışırken bireysel sorumluluk göstermeleri için fırsatlar içeriyor mu?			
Olumlu takım etkileşimlerini ve işbirlikli öğrenmenin beş unsurunu (olumlu dayanışma/bağımlılık, bireysel sorumluluk, yüz yüze etkileşim, sosyal/toplumsal beceriler ve grubun kendini değerlendirmesi) teşvik eden öğretim stratejileri içeriyor mu?			x
Faaliyetlerin/görevlerin tamamlanması için ekibin her bir üyesine ihtiyaç duyulmasını gerektiriyor mu?			x

6. Ders planı öğrencilerin takım çalışması becerilerinin geliştirilmesini sağlıyor mu?

NA/DK 0 1 2 3 4

## VII. İletişim

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Öğrencilerin; sözlü, yazılı çizelgeler veya grafikler gibi görsel yardımcılar kullanarak fen bilimleri konularıyla ilişki kurmalarını gerektiriyor mu?			x
Öğrencilerin mühendislik düşüncesini, mühendislik çözümlerini ve ürünlerini kullanmalarını gerektiriyor mu (örneğin, müşteriye sözlü sunumlar, yazılı notlar, teknik iletişim veya şemalar gibi görsel yardımcılar)?			x
Öğrenme iletişiminde gerçek yaşam durumlarına, resimlere, sözlü sembollere, yazılı sembollere, manipülatifler/somut modellere teşvik ediyor mu?			x
Argümantasyon (tartışma) stratejileri içeriyor mu?			x

7. Ders planı fen, matematik ve mühendislikteki iletişim becerilerinin geliştirilmesinde öğrencilere fayda sağlamakta mıdır?

NA/DK 0 1 2 3 4

## VIII. Performans ve Biçimlendirici Değerlendirme

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
STEM'in çoklu disiplinlerinden öğrenme hedefleri ve içeriği ile uyumlu değerlendirmeler içeriyor mu?			x
Kazanım ve test özelliklerine anlamlı bir şekilde bağlı olan ve mümkün olduğunda bu özelliklerin ötesine geçen değerlendirmeler içeriyor mu?		x	
Öğrencilere, performans ödevleri yoluyla farklı şekillerde anladıklarını ve yeteneklerini göstermeleri için kanıt üretme fırsatları sağlayan değerlendirmeler içeriyor mu?			x
Ders planının uygulanmasını iyileştirmek için kullanılabilir, öğretmene rehberlik sağlayan değerlendirmeler içeriyor mu?		x	

8. Ders planındaki değerlendirmeler ve gerekli ödevler öğrencilerin bilgi ve becerilerini ne ölçüde ölçmektedir?

NA/DK 0 1 2 3 4

## IX. Organizasyon

Ders Planı	Hayır	Kısmen	Evet
Kazanımlara anlamlı bir şekilde bağlı olan ve mümkün olduğunda bu standartların ötesine geçen STEM'in, çeşitli disiplinlerinden net amaçlar ve öğrenme hedefleri sunuyor mu?			x
Birbirlerinin üzerine eklenebilecek şekilde mantıksal olan ve sıralı bir şekilde akan etkinlikler/dersler içeriyor mu?			x
Üniteye aşına olmayan öğretmenler için rehberlik ve öğretim stratejileri sağlıyor mu?			x

9. Ders planı iyi organize edilmiş mi?

NA/DK 0 1 2 3 4

**EK 7: STEM Yaklaşımıyla Oluşturulmuş Etkinliklerin Mühendislik Tasarım Döngüsünde Değerlendirme Rubriği**

*A: Problemin Tanımlanması*

Puan	Performans Seviyesi	Performans Düzeyi Açıklama
5	Örnek Alınacak	Problem açık, nesnel ve derin bir şekilde tanımlanmış, belirli ayrıntılarla iyi bir şekilde detaylandırılmıştır. Problem durumu, açık bir ihtiyacı ve amaçlanan bir müşteriyi veya son kullanıcıyı belirtmelidir. Problem durumu, belirli bir tasarım çözümü önermemelidir.
4	Gelişmiş	Problem açık, nesnel ve biraz derin bir şekilde tanımlanır ve genellikle belirli ayrıntılarla detaylandırılır. Problem durumu açık bir ihtiyacı belirtmelidir, ancak tanımlanan son kullanıcı belirsiz olabilir. Problem durumu çözümden bağımsız olmalıdır.
3	Yetkin	Problem bir ölçüde açık ve nesnel olarak tanımlanmış ve yeterince derinlemesine tanımlanmıştır ve bazen belirli ayrıntılarla ayrıntılandırılmıştır, ancak ayrıntılandırma amaçlı bazı bilgiler kesin olmayabilir veya genel olabilir. Problem durumu, net bir ihtiyaçtan veya net bir son kullanıcıdan veya müşteriden yoksun olabilir. Problem durumu, belirli bir çözümü veya çözüm sınıfını ima edebilir.
2	Gelişmekte	Problem yalnızca bir ölçüde net ve/veya nesnel olarak tanımlanır ve biraz yüzeysel ve/veya belirli ayrıntılarla asgari düzeyde detaylandırılmış bir şekilde tanımlanır. Problem durumu, belirli bir problem durumunun başka bir ifadesi olabilir, ancak ihtiyaç veya amaçlanan son kullanıcıların daha fazla analizini göstermez. Problem durumu belirli bir çözümü destekleyebilir.
1	Acemi	Problemin tanımlanması ve/veya tanımı net değil, ayrıntılı değil ve/veya açıkça öznel. Problem durumu, ihtiyacın veya müşterinin açık bir şekilde göstermeden çözümü ima edebilir.
0	Yetersiz	Problemin tanımı ve/veya tanımı eksik veya dahil edilen bilgilerden çıkarım yapılamaz.

*B: Anlama*

Puan	Performans Seviyesi	Performans Düzeyi Açıklama
5	Örnek Alınacak	Gereksinimler tutarlı bir şekilde açık ve ayrıntılı, nesnel, ölçülebilir ve tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirme olasılığı yüksek olacaktır; gereksinimlerin müşterinin veya müşterinin ihtiyaçlarını temsil ettiğine dair kanıt vardır. Gereklilikler için kaynaklar mantıklıdır ve ilk prototiplerin test edilmesinin yanı sıra pazar araştırmasının kanıtlarını içerir.
4	Gelişmiş	Gereksinimler genellikle açık ve ayrıntılıdır, neredeyse her zaman nesnel ve ölçülebilirdir ve tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirmeleri muhtemeldir; gereksinimlerin müşterinin veya müşterinin ihtiyaçlarını

3	Yetkin	temsil ettiğine dair kanıt vardır. Gereklilikler için kaynaklar mantıklıdır ve genellikle pazar araştırmasının kanıtlarını ve ilk prototiplerin test edilmesini içerir. Gereksinimler genellikle açık ve biraz ayrıntılıdır, genellikle nesnel ve ölçülebilirdir ve tanımlanan soruna somut ve uygulanabilir bir çözüm getirme potansiyeline sahiptir. Gereksinimlerin müşterinin veya müşterinin ihtiyaçlarını temsil ettiğine dair kanıtlar vardır. Gereksinimler için kaynaklar mantıklıdır ve en azından birkaçı pazar araştırmasına ve ilk prototiplerin test edilmesine ilişkin kanıtlar içerir. Bazı gereksinimler çözüme özel olabilir.
2	Gelişmekte	Gereksinimlerin müşterinin veya müşterinin ihtiyaçlarını temsil ettiğine dair bazı kanıtlar vardır. Gereklilikler için kaynaklar yetersiz, güncelliğini yitirmiş veya güvenilirliği şüpheli olabilir. Pazar araştırması ve ilk prototiplerin test edildiğine dair kanıt olmayabilir.
1	Acemi	Gereksinimlerin, müşterinin veya müşterinin ihtiyaçlarını temsil ettiğine dair bir kanıt yoktur. Gereklilikler için kaynaklar aşırı derecede genel, güncelliğini yitirmiş ve/veya güvenilirliği şüpheli. Pazar araştırması veya ilk prototiplerin test edildiğine dair hiçbir kanıt yoktur.
0	Yetersiz	Gereksinimleri desteklemek için araştırmanın belgelenmesi kaynakları içermez ve esasen yalnızca araştırmacının görüşüdür. Pazar araştırması veya ilk prototiplerin test edildiğine dair hiçbir kanıt yoktur.

*Not: Bir öğrencinin sağladığı gereksinimlerin düzeyi, düzeyler arasında farklılık gösterir. Ayrıca kaynak yoksa (pazar araştırması vb.) puanlayıcı "Gelişmekte" seviyesinden yüksek başlamamalıdır.*

### *C: Fikir Üretme*

Puan	Performans Seviyesi	Performans Düzeyi Açıklama
5	Örnek Alınacak	Muhtemel tasarım çözümlerini üretme süreci kapsamlı, yinelemeli ve tutarlı bir şekilde savunulabilir. Potansiyel çözümler için birden fazla çizim yapıldı; çizimler netti ve her bir tasarımı uygulamak için yeterli ayrıntı sağlıyordu.
4	Gelişmiş	Muhtemel tasarım çözümlerini üretme süreci kapsamlı, yinelemeli ve genel olarak savunulabilirdi ve uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılıyordu. Potansiyel çözümler için birden fazla çizim sağlandı; çizimler genellikle her tasarımı iletmek için yeterli ayrıntı sağladı.
3	Yetkin	Muhtemel tasarım çözümlerini üretme süreci yeterliydi ve genellikle yinelemeli ve savunulabilirdi, bu da uygulanabilir bir tasarımı mümkün kılıyordu. Potansiyel çözümler için birden fazla çizim sağlandı; çizimler, her tasarımı iletmek için bazı ayrıntılar sağladı.
2	Gelişmekte	Muhtemel bir tasarım çözümü üretme süreci, kısmi veya aşırı derecede geneldi ve yalnızca bir şekilde yinelemeli ve/veya savunulabilirdi, bu da seçilen tasarım çözümünün

		uygulanabilirliği ile ilgili sorunları gündeme getiriyordu. Olası çözümler için bir veya daha fazla çizim sağlandı; çizimler geneldi ve her tasarım hakkında kısmi ayrıntılar sağlıyordu.
1	Acemi	Muhtemel bir tasarım çözümü üretme süreci eksikti ve yalnızca asgari düzeyde yinelemeli ve/veya savunulabilirdi. Muhtemel bir çözüm için bir veya daha fazla çizim sağlanmış olabilir ve/veya çizimler, her bir tasarımı anlatmak için yetersiz ayrıntı içeriyor olabilir.
0	Yetersiz	Tasarım gereksinimlerine dayalı yinelemeli bir süreç aracılığıyla bir tasarım çözümüne ulaşma girişimine dair hiçbir kanıt yoktur. Olası çözümler için hiçbir taslak sunulmamıştır.

*Not: Öğrenci birden fazla kavram sağlamalı, birden çok fikir sağlamalı ve sadece tercih edilen bir fikri gerekçelendirmemelidir.*

#### *D: Değerlendirme*

Puan	Performans Seviyesi	Performans Düzeyi Açıklama
5	Örnek Alınacak	Öğrenciler, potansiyel tasarım çözümlerinin her birini derecelendirmek için bir karar aracı kullandılar. Olası tasarım çözümlerini güçlü ve zayıf yönlerine göre karşılaştırma süreci kapsamlı, yinelemeli ve tutarlı bir şekilde savunulabilirdi. Nihai olarak seçilen tasarım çözümü haklıydı ve tüm tasarım gereksinimlerine dikkat edildiğini gösterdi.
4	Gelişmiş	Öğrenciler, potansiyel tasarım çözümlerinin her birini derecelendirmek için bir karar aracı kullandılar. Olası tasarım çözümlerini güçlü ve zayıf yönlerine göre karşılaştırma süreci kapsamlı, yinelemeli ve genel olarak savunulabilirdi. Seçilen tasarım çözümü haklıydı ve tüm tasarım gereksinimleri olmasa da çoğuna dikkat edildiğini gösterdi.
3	Yetkin	Öğrenciler, potansiyel tasarım çözümlerinin her birini derecelendirmek için bir karar aracı kullandılar. Olası tasarım çözümlerini güçlü ve zayıf yönlerine göre karşılaştırma süreci kapsamlı, yinelemeli ve genel olarak savunulabilirdi. Tasarım çözümünün seçimi, en azından bazı tasarım gerekliliklerine atıfta bulunularak açıklanmıştır.
2	Gelişmekte	Öğrenciler, potansiyel tasarım çözümlerinin her birini derecelendirmek için bir karar aracı kullanmış olabilir. Muhtemel bir tasarım çözümü üretme süreci, kısmi veya aşırı derecede geneldi ve yalnızca bir şekilde yinelemeli ve/veya savunulabilirdi; bu çözüm, tasarım gerekliliklerine atıfta bulunularak açıklanmadı.
1	Acemi	Önerilen tasarım, bir veya iki hususa dayanarak yüzeysel olarak gözden geçirildi. Tasarım çözümü seçimi, tasarım gereklilikleriyle ilgili destekten yoksundu.
0	Yetersiz	Bir tasarım çözümünün, tasarım gereksinimlerine dayalı yinelemeli bir süreç aracılığıyla gözden geçirildiğine dair hiçbir kanıt yoktur.



*Not: Bu aşamadan itibaren değerlendirici yansıtma bölümünü incelemeye başlamalıdır. Öğrenci birden fazla kavram sağlamalı, birden çok fikir sağlamalı ve sadece tercih edilen bir fikri gerekçelendirmemelidir.*

*E: Prototip Oluşturma ve Test Etme*

Puan	Performans Seviyesi	Performans Düzeyi Açıklama
5	Örnek Alınacak	Nihai prototip tekrarı, açık ve tam olarak açıklanır ve neredeyse tüm tasarım gereksinimlerinin test edilebilmesini sağlamak için yeterli ayrıntıyla oluşturulur. Matematiksel olarak test edilemeyen veya modellenemeyen ve bu nedenle uzman incelemesi veya şu anda mümkün olmayan daha fazla prototipleme gerektiren gereksinimler için iyi desteklenmiş bir gerekçe sağlanmıştır.
4	Gelişmiş	Nihai prototip tekrarı, açık ve yeterli bir şekilde açıklanır ve birçok tasarım gereksiniminin test edilebilmesini sağlamak için yeterli ayrıntıyla oluşturulur. Matematiksel olarak test edilemeyen veya modellenemeyen ve bu nedenle uzman incelemesini veya şu anda mümkün olmayan daha fazla prototip oluşturmayı gerektiren gereksinimler için genel olarak desteklenen bir gerekçe sağlanır.
3	Yetkin	Nihai prototip tekrarı, açık ve yeterli bir şekilde açıklanır ve bazı tasarım gereksinimlerinin test edilebilmesini sağlamak için yeterli ayrıntıyla oluşturulur. Matematiksel olarak test edilemeyen veya modellenemeyen ve bu nedenle uzman incelemesini veya şu anda mümkün olmayan daha fazla prototiplemeyi gerektiren gereksinimler için yeterince desteklenen bir gerekçe sağlanır.
2	Gelişmekte	Nihai prototip tekrarı, yalnızca bir şekilde açık ve/veya eksiksiz olarak açıklanır ve en azından birkaç tasarım gereksiniminin test edilebilmesini sağlamak için yeterli ayrıntıyla oluşturulur. Matematiksel olarak test edilemeyen veya modellenemeyen ve bu nedenle uzman incelemesini veya şu anda mümkün olmayan daha fazla prototiplemeyi gerektiren gereksinimler için yetersiz gerekçelendirme olabilir.
1	Acemi	Nihai prototip yinelemesi yalnızca minimum düzeyde açıklanır ve/veya en az bir tasarım gereksinimine ilişkin nesnel verilerin belirlenebilmesini sağlamak için yeterli ayrıntıyla oluşturulmaz. Matematiksel olarak test edilemeyen veya modellenemeyen ve bu nedenle uzman incelemesi veya şu anda mümkün olmayan daha fazla prototipleme gerektiren gereksinimler için herhangi bir gerekçelendirme girişi eksiktir.
0	Yetersiz	Nihai prototip yinelemesini açıklamaya yönelik herhangi bir girişim belirsizdir veya tamamen eksiktir. Prototipin, tasarım gerekliliklerinden herhangi biri için uygun araçlarla test etmeyi kolaylaştıracağına dair hiçbir kanıt yoktur.

*Not: Günlüklerde, yineleme bu aşamada gömülüdür. Yineleme için ayrı bir sekme yoktur.*

*F: Yineleme*

Puan	Performans Seviyesi	Performans Düzeyi Açıklama
5	Örnek Alınacak	Proje tasarımcısı, projedeki her büyük adım hakkında tutarlı bir şekilde açık, anlayışlı ve kapsamlı bir düşünce ve değer yargısı sağlar; yansıtma, aynı veya benzer projeyi deneyen başkaları için açıkça faydalı olabilecek, öğrenilen derslerin somut bir özetini içerir. Tasarım konseptlerinde ve prototiplerde yinelemenin açık kanıtı var.
4	Gelişmiş	Proje tasarımcısı, projedeki her büyük adım hakkında net, anlayışlı ve iyi geliştirilmiş bir düşünce ve değer yargısı sağlar; yansıma, aynı veya benzer projeyi deneyen diğer kişiler için açıkça yararlı olabilecek öğrenilen derslerin bir özetini içerir. Tasarım konseptlerinde ve/veya prototiplerde yinelemenin açık kanıtı vardır.
3	Yetkin	Bir veya iki adım daha üstünkörü bir şekilde ele alınabilse de proje tasarımcısı, projedeki ana adımlar hakkında genel olarak açık ve anlayışlı, yeterince gelişmiş bir düşünce ve değer yargısı sağlar; yansıma, en azından çoğu aynı veya benzer projeyi deneyen başkaları için yararlı olacak, öğrenilen derslerin bir özetini içerir. Tasarım konseptlerinde veya prototiplerde bazı yineleme kanıtları vardır.
2	Gelişmekte	Proje tasarımcısı, projedeki ana adımların tümü olmasa da çoğu hakkında genel olarak net, en azından biraz kavrayışlı ve kısmen gelişmiş bir düşünce ve değer yargısı sağlar; yansıma, aynı veya benzer projeyi deneyen diğer kişiler için yararlı olabilecek bazı öğrenilen dersleri içerir. Bir tasarım konseptinde veya prototipinde en az bir iyileştirme yapılmıştır.
1	Acemi	Yansıma kısmi, aşırı genel ve/veya yüzeysel olabilse de proje tasarımcısı projedeki en azından bazı önemli adımlar hakkında bir düşünce ve değer yargısı sağlar; yansıma, en az birinin aynı veya benzer projeyi deneyen diğer kişiler için yararlı olacağı öğrenilen birkaç dersi içerir. İyileştirme veya yineleme kanıtı olmayabilir, yalnızca gelecekte nelerin iyileştirilebileceğine dair düşünceler olabilir.
0	Yetersiz	Proje tasarımcısı, projedeki en az bir veya iki ana adım üzerinde düşünmeye ve değer yargısına varmaya çalışır, ancak yansıma minimal, belirsiz ve/veya son derece yüzeysel olabilir; öğrenilen herhangi bir dersin net olmaması ve/veya aynı veya benzer projeyi deneyen başkaları için muhtemelen bir faydasının olmaması veya derinlemesine düşünmeye ve/veya öğrenilen derslere dair hiçbir kanıt yoktur. Öğrenci tasarım sürecinde yineleme veya iyileştirme kanıtı yoktur.

*Not: Öğrenci önceki aşamalarda birden fazla kavram sağlamazsa yineleme kanıtı mevcut olmayabilir. Yine, yansıma sekmesinin bu bölüm için gözden geçirilmesi önemlidir.*

*G: İlerleme*

Puan	Performans Seviyesi	Performans Düzeyi Açıklama
5	Örnek Alınacak	Portföy, tasarım sürecinin ve projenin, tasarımcılar tarafından iyileştirmeyi kesinlikle kolaylaştıracak, tutarlı bir şekilde açık, ayrıntılı ve kapsamlı dokümantasyonu sağlar; izleyiciye ve amaca gösterilen dikkat, stil ve üslup profesyonelliğinde ve destekleyici materyallerin çeşitliliği, kalitesi ve uygunluğunda fazlasıyla belirgindir.
4	Gelişmiş	Portföy, tasarım sürecinin ve projenin, tasarımcılar tarafından düzeltmeyi kolaylaştırması muhtemel olan açık, genel olarak ayrıntılı ve eksiksiz dokümantasyonu sağlar; dinleyicilere ve amaca yönelik dikkat, stil ve üslup profesyonelliğinde ve destekleyici materyallerin çeşitliliği, kalitesi ve uygunluğunda belirgindir.
3	Yetkin	Portföy, bazı küçük eksiklikler veya tutarsızlıklar olsa da tasarımcılar tarafından geliştirmeyi kolaylaştırması muhtemel olan tasarım süreci ve projeye ilişkin genel olarak açık ve eksiksiz belgeler sağlar; dinleyicilere ve amaca gösterilen dikkat, her zaman olmamakla birlikte, stil ve üslup profesyonelliğinde ve destekleyici materyallerin çeşitliliği, kalitesi ve uygunluğunda belirgindir.
2	Gelişmekte	Portföy, tasarım sürecinin ve projenin, tasarımcılar tarafından geliştirmeyi kolaylaştırması pek olası olmayan, kısmi veya bazen aşırı derecede genel belgeler sağlar; izleyiciye ve amaca gösterilen dikkat, stil ve üslup profesyonelliğinde ve destekleyici materyallerin çeşitliliği, kalitesi ve uygunluğunda yalnızca bazen/biraz belirgindir.
1	Acemi	Portföy, tasarım sürecine ve projeye ilişkin minimum belgeleme sağlar; izleyiciye ve amaca yönelik dikkat, stil ve üslup profesyonelliğinde ve destekleyici materyallerin çeşitliliği, kalitesi ve uygunluğunda nadiren belirgindir. Portföy, sürecin her adımının belgelerini içerir, ancak tasarım gereksinimlerine dayalı yineleme veya iyileştirme içermez; yani portföy tasarım saplantısını gösterir.
0	Yetersiz	Portföy, tasarım sürecini ve projeyi belgelemeye çalışır, ancak bu bilgilerin çok azı/hiçbiri, tasarımcılar tarafından iyileştirmeyi desteklemez; stil ve üslup profesyonelliğinde veya dahil edilen herhangi bir destekleyici materyalin çeşitliliği, kalitesi ve uygunluğunda izleyiciye ve amaca çok az ilgi gösterildi/hiç gösterilmedi. Belgelendiği şekliyle süreç doğrusaldır ve erken tasarım sabitlemesini gösterir ve tasarım gereksinimlerine dayalı müteakip iyileştirmeler yoktur.

*Not: Yalnızca bir kavram sağlanırsa, ilerlemeye dair çok fazla kanıt yoktur.*

*H: Çözümün Sunulması*

<i>Puan</i>	<i>Performans Seviyesi</i>	<i>Performans Düzeyi Açıklama</i>
5	Örnek Alınacak	İçerik: Sunum, bir tasarım çözümünü veya ürün fikrini son derece açık ve çekici bir şekilde iletir ve sunulan çözümle ilgili uzmanlık sergiler. Sunum, tasarım kararlarını doğrulamak ve/veya ikna edici bir satış konuşması sunmak için ideal olarak görselleştirilmiş ve analiz edilmiş üç veya daha fazla türde veri (finansal, paydaş, test sonuçları, araştırma) içerir. Tasarlanan bir çözüm, aşağıdakilerden en az ikisi kullanılarak net bir şekilde iletilir: uygun olduğu şekilde fiziksel prototipler, çizimler ve görselleştirmeler. Sunum izleyiciye uygundur. Bir satış konuşması için ilgili finansal veriler dahildir. Tasarım incelemesi için ilgili teknik detaylar ve modeller dahil edilmiştir. Beceri: Sunucular uygun hızda ve duraklamalarla net bir şekilde konuştu, izleyicilerle göz teması kurdu, slaytları okumadı, uygun duruş sergiledi, izleyicinin ilgisini canlı tuttu ve süre sınırlarına uydu.
4	Gelişmiş	İçerik: Sunum, sunulan çözüm hakkında yüksek düzeyde bilgi sergileyerek konuyu açık ve çekici bir şekilde iletir. Sunum, tasarım kararlarını gerekçelendirmek ve/veya ikna edici bir satış konuşması sunmak için uygun analiz ve görselleştirmelerle birlikte en az iki tür veri (finansal, paydaş, test sonuçları, araştırma) içerir. Tasarlanan bir çözüm, aşağıdakilerden en az biri kullanılarak iletilir: uygunsa, fiziksel prototipler, çizimler ve görselleştirmeler. Sunum izleyiciye uygundur. Beceri: Sunucular anlaşılır bir şekilde konuştu, slaytları okumadı ve süre sınırlarına bağlı kaldı.
3	Yetkin	İçerik: Sunum, konuyu biraz açık ve çekici bir şekilde iletir. Sunum, tasarım kararlarını doğrulamak ve/veya ikna edici bir satış konuşması sunmak için bazı kullanım verileri sergiliyor. Veri analizi ve görselleştirmeye ilişkin bazı kanıtlar vardır. Tasarlanan bir çözüm, uygun şekilde fiziksel prototipler, çizimler ve görselleştirmeler kullanılarak iletilir, ancak bazı ayrıntılar net olmayabilir. Sunum çoğunlukla dinleyicilere uygundur. Beceri: Sunucular süre sınırlarına uydu ve slaytları okumadı.
2	Gelişmekte	İçerik: Sunum, net bir tasarım çözümünü veya net bir veri kullanımını iletir, ancak ikisi birden olmayabilir. Sunum, bazı görsel medya ve çözümün bir açıklamasını içerir. Sunum, uygun kitleye göre uyarlanmamış olabilir. Beceri: Sunucular süre sınırlarına bağlı kaldı.
1	Acemi	Sunum, çalışmayı ve çabayı gösterir, ancak çözümü iletmek için gerekli temel öğeler belirsizdir veya eksiktir veya tasarlanan çözüm tamamlanmış olsa bile sunum kalitesi eksiktir.
0	Yetersiz	Sunum konuyu anlatmıyor.







## ÖZGEÇMİŞ

<b>Kişisel Bilgiler</b>	
Adı	Nefise
Soyadı	AYHAN GÜNDÜZ
Doğum Yeri ve Tarihi	MUĞLA / 14.11.1989
Uyruğu	T.C.
İletişim Adresi ve E-Mail Adresi	Çakmak Mahallesi 158/2 Sokak No:17 K:2 D:3 Merkezefendi/DENİZLİ ayhannefise@gmail.com
<b>Eğitim</b>	
İlköğretim	TEK Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu
Ortaöğretim	TEK Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu
Yükseköğretim (Lisans)	Pamukkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
Yükseköğretim (Yüksek Lisans)	Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizikokimya
<b>Yabancı Dil</b>	
Yabancı Dil Adı	İngilizce
Sınav Adı	YDS (Yabancı Dil Sınavı)
Sınavın Yapıldığı Ay ve Yıl	07.09.2014
Alınan Puan	60
<b>Mesleki Deneyim</b>	
Yıl	Mesleki Deneyim
2021- Devam Ediyor	Denizli Büyükşehir Belediyesi-Kimyager