

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ



TASARIM ODAKLI DÜŞÜNME TEMELLİ STEM
UYGULAMALARININ ÖĞRENCİLERİN BİLGİ İŞLEMSEL VE
YARATICI DÜŞÜNME BECERİLERİ İLE STEM
MOTİVASYONUNA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

KAMİL DOĞANAY

DOKTORA TEZİ

PROF. DR. MURAT PEKTAŞ

TEMMUZ - 2025

KASTAMONU

TEZ ONAYI

KAMİL DOĞANAY tarafından hazırlanan “**TASARIM ODAKLI DÜŞÜNME TEMELLİ STEM UYGULAMALARININ ÖĞRENCİLERİN BİLGİ İŞLEMSEL VE YARATICI DÜŞÜNME BECERİLERİ İLE STEM MOTİVASYONUNA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **01.07.2025** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. MURAT PEKTAŞ Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. LÜTFİ İNCİKABI Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. GÖKHAN KAYA Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. YAKUP DOĞAN Kilis 7 Aralık Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğretim Üyesi OKTAY ERBAY Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Kamil DOĞANAY

ÖZET

DOKTORA TEZİ

TASARIM ODAKLI DÜŞÜNME TEMELLİ STEM UYGULAMALARININ ÖĞRENCİLERİN BİLGİ İŞLEMSEL VE YARATICI DÜŞÜNME BECERİLERİ İLE STEM MOTİVASYONUNA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

KAMİL DOĞANAY

**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ
DANIŞMAN: PROF. DR. MURAT PEKTAŞ**

Bu araştırmada, tasarım odaklı düşünme yaklaşımıyla yapılandırılan STEM uygulamalarının öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme, yaratıcı düşünme ve STEM motivasyonu üzerindeki etkileri, cinsiyet değişkeni bağlamında incelenmiştir. Araştırma, 2024-2025 eğitim-öğretim yılında Kastamonu ilinde yer alan bir ortaokulda, 7. sınıf düzeyindeki öğrencilerle yarı deneysel desen çerçevesinde yürütülmüştür. Çalışma grubunun belirlenmesinde deneklere erişebilme kolaylığı, okulda 7. sınıf seviyesinde iki farklı şubesinin olması ve Matematik ve Bilim Uygulamaları dersi ya da benzeri disiplinlerarası uygulamaların bulunması göz önünde bulundurularak deney ve kontrol grupları 35'er kişiden oluşturulmuştur. Uygulama sürecinde deney ve kontrol gruplarına yönelik ön test ve son test ölçümleri yapılmış; ölçme aracı olarak Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği, Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği ve STEM Motivasyon Ölçeği kullanılmıştır. Veriler, zaman (ön test-son test), grup (deney-kontrol) ve cinsiyet değişkenlerine dayalı Çok Faktörlü Varyans Analizi (Repeated Measures GLM) ile analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda, bilgi işlemsel düşünme becerilerine ilişkin olarak deney grubundaki öğrencilerin puanlarında anlamlı düzeyde artış gözlemlenmiş, kontrol grubundaki öğrencilerde ise bu artışın daha sınırlı olduğu belirlenmiştir. Özellikle deney grubunda hem kız hem de erkek öğrencilerin gelişim gösterdiği, bu gelişimin grup genelinde tutarlı olduğu; kontrol grubunda ise bireyler arası farklılıkların daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Yaratıcılık değişkeni açısından deney grubunda anlamlı bir artış gözlemlenirken, bu artışın hem kız hem de erkek öğrencilerde meydana geldiği, ancak bazı alt gruplarda bu artışın daha yüksek düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Kontrol grubunda ise yaratıcılık puanlarında ya sınırlı bir artış ya da bazı gruplarda düşüş gözlemlenmiştir. Ayrıca, yaratıcılık değişkeninde grup ve cinsiyet değişkenlerinin etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır.

STEM motivasyonuna ilişkin olarak, deney grubundaki öğrencilerin motivasyon düzeylerinde anlamlı bir yükseliş olduğu; bu yükselişin her iki cinsiyet grubunda da görülmekle birlikte, bazı cinsiyet gruplarında daha belirgin olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerde

ise STEM motivasyonunda sınırlı düzeyde bir değişim yaşandığı; bazı alt gruplarda ise motivasyon düzeylerinin sabit kaldığı veya çok az arttığı tespit edilmiştir. STEM motivasyonunda da zaman, grup ve cinsiyet değişkenlerinin etkileşiminde bazı anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, araştırma süreci sonunda deney grubundaki öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme, yaratıcılık ve STEM motivasyonu düzeylerinde anlamlı ve olumlu değişimler gözlemlenmiş, bu değişimlerin çoğunun cinsiyet gruplarını da kapsayan istatistiksel etkileşimlerle desteklendiği görülmüştür. Kontrol grubunda ise gelişim daha sınırlı kalmış ve bazı değişkenlerde anlamlı farklar oluşmamıştır.

Elde edilen bulgular, disiplinler arası ve öğrenci merkezli tasarım odaklı STEM uygulamalarının, öğrencilerin yaratıcı ve bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirmede ve STEM'e yönelik motivasyonlarını artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, eğitim ortamlarında tasarım odaklı düşünme yaklaşımının yapılandırılmış STEM etkinlikleriyle bütünleştirilerek daha yaygın ve sistematik biçimde kullanılmasının öğrenciler açısından fayda sağlayabileceğine işaret etmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER:Tasarım Odaklı Düşünme, STEM, Bilgi İşlemsel Düşünme, Yaratıcı Düşünme, Motivasyon

Temmuz 2025, 170 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

INVESTIGATING THE EFFECTS OF DESIGN THINKING BASED STEM ACTIVITIES ON STUDENTS' COMPUTATIONAL AND CREATIVE THINKING SKILLS AND STEM MOTIVATION

KAMİL DOĞANAY

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
SCIENCE EDUCATION
SUPERVISOR: PROF. DR. MURAT PEKTAŞ**

In this study, the effects of STEM activities structured through the design thinking approach on students' computational thinking, creative thinking, and STEM motivation were examined in the context of the gender variable. The research was conducted during the 2024–2025 academic year at a middle school in Kastamonu, Türkiye, with 7th-grade students using a quasi-experimental design. The experimental and control groups were each composed of 35 students, taking into account the ease of access to participants, the presence of two different 7th-grade classes at the school, and the availability of interdisciplinary courses such as Mathematics and Science Applications or similar programs. Pre-test and post-test measurements were applied to both experimental and control groups. The data collection tools included the Computational Thinking Scale, the Scientific Creativity Scale, and the STEM Motivation Scale. The data were analyzed using Repeated Measures General Linear Model (GLM), considering the variables of time (pre-test–post-test), group (experimental–control), and gender.

As a result of the analyses, a significant increase was observed in the computational thinking scores of students in the experimental group, while a more limited increase was noted in the control group. In the experimental group, both female and male students showed improvement, and this development was consistent across the group. In contrast, more pronounced individual differences were observed in the control group.

Regarding the creativity variable, a significant increase was found in the experimental group, which occurred among both female and male students, although some subgroups showed higher levels of improvement. In the control group, creativity scores either increased slightly or declined in some subgroups. Additionally, a statistically significant interaction between group and gender was found for the creativity variable.

In terms of STEM motivation, a significant increase was observed in the experimental group. This increase was evident in both genders, although more pronounced in certain gender subgroups. In the control group, changes in STEM motivation were limited, with scores either remaining stable or increasing only slightly. The analyses also revealed statistically significant results in some combinations of time, group, and gender variables regarding STEM motivation.

Overall, at the end of the implementation process, students in the experimental group demonstrated significant and positive changes in computational thinking, creativity, and STEM motivation, and most of these changes were supported by statistically significant group and gender interactions. In contrast, development in the control group remained limited, and significant differences were not observed in some variables.

The findings indicate that interdisciplinary and student-centered design-oriented STEM activities are effective in enhancing students' creative and computational thinking skills and increasing their motivation toward STEM. These results suggest that integrating the design thinking approach with structured STEM activities more widely and systematically in educational settings may offer substantial benefits for students.

KEYWORDS:Design Thinking, STEM, Computational Thinking, Creative Thinking, Motivation

July 2025, 170 Page

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, her aşamada bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, akademik gelişimime rehberlik eden ve kıymetli katkılarıyla bu çalışmanın şekillenmesine büyük destek sağlayan değerli danışmanım Prof. Dr. Murat PEKTAŞ'a en derin şükranlarımı sunarım. Kendisi, yalnızca bu tez sürecinde değil, akademik yolculuğum boyunca bana gösterdiği sabır, anlayış ve yol gösterici tutumuyla üzerimde silinmez bir iz bırakmıştır.

Tez savunma sürecinde eleştirileri ve önerileriyle çalışmamı daha nitelikli hale getiren kıymetli jüri üyelerim Prof. Dr. Lütfi İNCİKABI, Doç. Dr. Gökhan KAYA, Doç. Dr. Yakup DOĞAN ve Dr. Öğretim Üyesi Oktay ERBAY'a teşekkür ederim. Onların yapıcı geri bildirimleri ve perspektifleri, çalışmama yeni açılımlar kazandırmıştır.

Bu süreçte maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, sabırları, sevgileri ve anlayışlarıyla bana güç veren eşim ve canım kızlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Onların varlığı, yalnızca bu çalışmayı tamamlamamda değil, hayatım boyunca attığım her adımda en büyük motivasyon kaynağım olmuştur.

Ayrıca bu süreçte dolaylı ya da doğrudan desteklerini hissettiğim, teşvikleriyle beni daha ileriye taşıyan tüm dostlarıma ve meslektaşlarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Bu çalışmayı mümkün kılan tüm katkılar, hayatımdaki bu önemli dönüm noktasının bir parçası olarak hep hatırlanacaktır.

KAMİL DOĞANAY

Kastamonu, 2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı	3
1.2 Araştırma Problemleri	3
1.3 Araştırmanın Önemi	4
1.4 Araştırmanın Varsayımları	7
2. KURAMSAL ÇERÇEVE.....	8
2.1 Tasarım Odaklı Düşünme Modeli	8
2.2 Tasarım Odaklı Düşünme Eğitimi.....	13
2.3 Tasarım Odaklı Düşünme ve STEM Eğitimi	16
2.4 Entegre STEM Müfredatı	17
3. LİTERATÜR TARAMASI	19
3.1 Tasarım Odaklı Düşünmeye Dayalı STEM Eğitimi.....	19
3.2 STEM ve Bilgi İşlemsel Düşünme	26
3.3 STEM ve Yaratıcılık	29
3.4 STEM Motivasyonu	33
4. YÖNTEM.....	37
4.1 Araştırmanın Deseni	37
4.2 Çalışma Grubu.....	37
4.3 Araştırma süreci	38
4.4 Uygulama Süreci	40
4.5 TOD Temelli STEM Etkinlikleri Geliştirme Süreci	51
4.6 Tasarım odaklı düşünme temelli STEM etkinliği tasarımı: hayvan barınağı örneği	58
4.7 Kontrol Grubunda Uygulanan Etkinliklerin Planlama Süreci.....	60
4.8 Veri Toplama Araçları.....	65
4.8.1 Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği	65
4.8.2 Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği	66
4.8.3 STEM Motivasyon Ölçeği	67
4.9 Veri Analizi	69
4.10 Geçerlik-Güvenirlik Çalışmaları	71
4.10.1 İç geçerlik tehditlerinin kontrol altına alınması	72
4.10.2 Veri Analizi Sürecine İlişkin Güvenirlik Çalışmaları.....	73
4.10.3 Yarı Deneysel Uygulamaya Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları	74
4.10.4 Yarı Deneysel Uygulamaya Yönelik Normallik Testi Sonuçları	75
4.11 Pilot Uygulama Süreci ve Çalışmaya yansımaları	76

4.11.1 Pilot Uygulama Sürecinde Ölçeklerin Ön Test-Son Test Sonuçları...	77
4.11.2 Pilot Uygulamaya Yönelik Uygulayıcı Gözlemleri.....	79
4.11.3 Pilot Uygulama Öğrenci Görüşleri	81
4.12 Pilot Uygulama Sonrası Değişiklikler	82
4.13 Etik Durumlar.....	85
5. BULGULAR	87
5.1 Bilgi İşlemsel Düşünmeye Yönelik Bulgular.....	87
5.2 Bilimsel Yaratıcılığa Yönelik Bulgular.....	90
5.3 STEM Motivasyona Yönelik Bulgular.....	94
5.4 Bulguların Genel Özeti.....	98
6. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	100
6.1 TOD Süreçlerinin BİD Becerisine Etkilerine ilişkin Bulguların Tartışılması	100
6.2 TOD destekli STEM Uygulamalarının Yaratıcı Düşünme Becerilerine Etkisine İlişkin Bulguların Tartışılması.....	102
6.3 TOD destekli STEM Uygulamalarının STEM Motivasyonuna Etkilerine İlişkin Bulguların Tartışılması	104
6.4 Sonuçlar	106
6.5 Öneriler	107
KAYNAKLAR	108
EKLER.....	129
EK A. Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği Maddeleri	130
EK B. Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği Maddeleri	131
EK C. STEM Motivasyon Ölçeği Maddeleri	132
EK D. Ders Planları.....	133
EK E. Etik Kurul Kararı	166
EK F. Ölçek Kullanım İzinleri	167
ÖZGEÇMİŞ.....	169

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tasarım Odaklı Düşünme Aşamaları.....	11
Şekil 4.1 Araştırma Süreci	40
Şekil 4.2 Hayvan Barınağı Etkinliğine İlişkin Görseller	42
Şekil 4.3 Rüzgar Türbini Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller.....	43
Şekil 4.4 Sokak Lambası Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller	43
Şekil 4.5 Roket Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller.....	44
Şekil 4.6 Mars Aracı Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller	44
Şekil 4.7 Güneş Böceği Etkinliğine İlişkin Görseller	45
Şekil 4.8 Kule Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller	45
Şekil 4.9 Güvenli Kask Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller	46
Şekil 4.10 Ressam Karalama Robotu Etkinliğine İlişkin Görseller.....	48
Şekil 4.11 Biyomekanik El Modeli Etkinliğine İlişkin Görseller.....	48
Şekil 4.12 Ulaşım Aracı Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller.....	49
Şekil 4.13 Periskop Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller	49
Şekil 4.14 Mancınık Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller.....	50
Şekil 4.15 Newton Çarkı Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller.....	50
Şekil 4.16 Hayvan Barınağı Tasarımı	59
Şekil 5.1 Bilgi İşlemsel Düşünme Testi Gruplarına Göre Değişim.....	89
Şekil 5.2 Yaratıcılık Testi Gruplarına Göre Değişim	92
Şekil 5.3 STEM Motivasyon Testi Gruplarına Göre Değişim.....	96

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1 Çalışma Grupları	38
Tablo 4.2 Deney ve kontrol grubu uygulama süreçleri	46
Tablo 4.3 Uzman Görüşü Sonuçları	53
Tablo 4.4 TOD Temelli STEM Etkinliklerine Yönelik Belirtke Tablosu.....	56
Tablo 4.5 Bilim Uygulamaları Dersi Kapsamında Uygulanan Etkinliklere Yönelik Belirtke Tablosu	61
Tablo 4.6 Bilimsel Yaratıcılık Testi Değerlendirme Ölçütleri.....	70
Tablo 4.7 Yarı Deneyesel Uygulamanın Ön Testine Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları.....	74
Tablo 4.8 Yarı Deneyesel Uygulamanın Son Testine Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları.....	74
Tablo 4.9 Yarı Deneyesel Uygulamaya Yönelik Ön Test Normallik Analizi Sonuçları.....	75
Tablo 4.10 Yarı Deneyesel Uygulamaya Yönelik Son Test Normallik Analizi Sonuçları.....	75
Tablo 4.12 Ön Test-Son Test Puanlarının Normallik Dağılım Sonuçları	77
Tablo 4.13 Ön Test-Son Test Puanları Arasında Farklılık Olup Olmadığını Belirlemek İçin Yapılan Eşleştirilmiş Grup t-Testi Sonuçları	78
Tablo 4.14 Pilot Uygulama Sonrası Etkinliklere Yönelik Öğrenci Görüşleri.....	81
Tablo 4.15 Pilot Uygulama Sonrası Belirlenen Sorunlar ve Yapılan Değişiklikler..	83
Tablo 5.1 Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeğine İlişkin Gruplara Ait Sonuçlar	87
Tablo 5.2 Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeğine İlişkin Takip Ölçümünde Kontrol Grubuna Göre Ortalama Farklar	89
Tablo 5.3 Bilimsel Yaratıcılık Ölçeğine İlişkin Gruplara Ait Sonuçlar	91
Tablo 5.4 Bilimsel Yaratıcılık Ölçeğine İlişkin Takip Ölçümünde Kontrol Grubuna Göre Ortalama Farklar	93
Tablo 5.5 STEM Motivasyon Ölçeğine İlişkin Gruplara Ait Sonuçlar.....	94
Tablo 5.6 STEM Motivasyon Ölçeğine İlişkin Takip Ölçümünde Kontrol Grubuna Göre Ortalama Farklar	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
N	: Çalışma Grubu Büyüklüğü
p	: Anlamlılık düzeyi
s.	: Sayfa
sd	: Serbestlik Derecesi
ss	: Standart sapması
vd.	: ve diğerleri
$\bar{X}$	: Ortalama

Kısaltmalar

BİD	: Bilgi İşlemsel Düşünme
BYÖ	: Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
TOD	: Tasarım Odaklı Düşünme
STEM	: Bilim, Mühendislik, Teknoloji, Matematik

1. GİRİŞ

Son dönemde, STEM eğitimi yalnızca içerik odaklı bir çerçeveden ibaret olmaktan çıkarak, disiplinler arası entegrasyonu, gerçek dünya problemlerine yönelik çözüm üretimini ve üst düzey düşünme becerilerinin geliştirilmesini merkeze alan bir yapıya dönüşmektedir (Honey, Pearson ve Schweingruber, 2014). Bu beceriler arasında en dikkat çekici olanlardan biri, 21. yüzyılın temel yetkinliklerinden biri olarak kabul edilen yaratıcı düşünmedir. Genel anlamıyla yaratıcı düşünme, özgün ve değerli fikirler üretebilme kapasitesi olarak tanımlanmakta olup, bireysel gelişim kadar toplumsal yenilikçilik ve küresel sürdürülebilirlik açısından da vazgeçilmez bir beceridir. Günümüzün karmaşık problemleri esnek, uyum sağlayabilen ve yenilikçi düşünme yetkinliklerine sahip bireyler gerektirdiğinden, özellikle STEM alanlarında yaratıcılığın eğitim ortamlarında sistemli biçimde desteklenmesinin önemi giderek daha fazla kabul görmektedir.

STEM alanlarında yaratıcılığı desteklemeye yönelik artan ilgi, tasarım odaklı düşünme (TOD) yaklaşımını öne çıkarmıştır. TOD, öğrenci merkezli, empati temelli ve problem çözmeye dayalı yapısıyla yaratıcılığı, iş birliğini ve yenilikçiliği teşvik eden güçlü bir pedagojik çerçeve sunmaktadır. Empati kurma, tanımlama, fikir üretme, prototipleme ve test etme gibi yinelemeli süreçleri içeren bu yaklaşım, öğrencilerin özgün öğrenme deneyimleri geliştirmesine katkı sağlamakta, yaratıcı düşünme becerilerini yapılandırılmış biçimde desteklemektedir. Arifin ve Siew (2023), Elwood ve Jordan (2022) ile He vd. (2023) TOD'nin yaratıcı öz yeterlik ve farklı düşünme türlerini geliştirmedeki etkisini ortaya koyarken; Wingard vd. (2022) ile Yalçın (2024), TOD'nin özellikle kız öğrenciler gibi yeterince temsil edilmeyen grupların katılımını artırmadaki rolünü vurgulamaktadır.

Yaratıcılıkla yakın ilişkili bir diğer üst düzey düşünme becerisi ise bilgi işlemsel düşünmedir (BİD). Algoritmik düşünme, desen tanıma, soyutlama ve modelleme gibi zihinsel işlemleri içeren BİD, başlangıçta yalnızca programlamayla ilişkilendirilmiş olsa da günümüzde disiplinler arası problem çözmenin temel bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. STEM eğitimine entegre edilen oyunlaştırılmış ve proje tabanlı

uygulamalar (Cheng vd., 2023; Wang vd., 2022) öğrencilerin BİD becerilerini geliştirmekte etkili olurken, bu becerilerin yaratıcı düşünmeyle birlikte ele alınması gerektiği önerilmektedir (Behnamnia vd., 2025; Galanti ve Holincheck, 2024). Robotik etkinlikler, çevre temalı modüller ve kodlamasız programlama gibi yenilikçi yaklaşımlar BİD'nin gerçek dünya bağlamlarında uygulanabilirliğini göstermektedir. Öğretmen eğitimi, bu becerilerin sınıfa entegrasyonu açısından belirleyici olmakta ve pedagojik içerik bilgisiyle desteklenmektedir (Gilchrist vd., 2021; Mumcu vd., 2023).

STEM alanlarında öğrenci katılımını artırmanın bir diğer etkili yolu ise öğrencilerin motivasyonlarını desteklemektir. STEM motivasyonu, bireyin yetkinlik inançları, değer atıfları ve öğrenmeye yönelik tutumlarının bir bileşimi olarak tanımlanmakta ve öğrencinin STEM alanlarına yönelimini belirlemektedir. Cinsiyet temelli kalıp yargılar, öz yeterlik algıları ve sosyal aidiyet duygusu bu motivasyonu doğrudan etkilemekte; özellikle kız öğrenciler daha düşük öz yeterlik ve aidiyet algısı nedeniyle STEM'e yönelimde dezavantaj yaşamaktadır (Leaper ve Starr, 2019; Master, 2021). Ancak erken yaşta sağlanan pozitif STEM deneyimleri ve öğretmen desteği bu farkı azaltabilmektedir (Jumagaliyeva, 2024; Master vd., 2017). Ayrıca öğretmen inançları ve sınıf içi uygulamalar öğrencilerin STEM motivasyonunda belirleyici olmakta; yapılandırılmış, özerklik destekleyici ve gerçek yaşamla bağlantılı öğrenme ortamları motivasyonu güçlendirmektedir (De Loof vd., 2021; Jungert vd., 2020).

Cinsiyet değişkeni bağlamında STEM alanlarında eşitsizlikler hâlen önemli bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir. Kız öğrenciler, eğitim süreçlerinde daha düşük öz yeterlik ve daha yüksek kaygı düzeyi göstermekte; bu durum onların uzun vadeli STEM ilgisini ve başarısını olumsuz etkilemektedir (Carrasquilla vd., 2022; Rozgonjuk vd., 2024). Öğretim materyallerinde yer alan örtük cinsiyetçilik, öğretmen beklentileri ve sosyal normlar da bu eşitsizlikleri pekiştirmektedir (Dele-Ajayi vd., 2020; Durrani ve Kataeva, 2025). Bu nedenle, hem duyuşsal hem de bilişsel boyutlarda kapsayıcı öğrenme ortamlarının oluşturulması, özellikle kız öğrenciler açısından STEM alanlarında sürdürülebilir katılım için kritik öneme sahiptir.

1.1 Araştırmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, tasarım odaklı düşünme yaklaşımı ile yapılandırılan STEM uygulamalarının öğrencilerin yaratıcı düşünme, bilgi işlemsel düşünme becerileri ve STEM motivasyonu üzerindeki etkisini cinsiyet değişkeni bağlamında incelemektir. Çalışma, hem kuramsal olarak kritik düşünme becerilerini ve duyuşsal bir durumu ele almakta hem de uygulama düzeyinde tasarım temelli etkinliklerin eğitimde nasıl yapılandırılabileceğine dair veriler sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca, Türkiye bağlamında özellikle fen eğitimi alanında gerçekleştirilen uygulamaların etkilerine ilişkin deneysel bulguların sınırlı olması, bu çalışmanın özgün değerini artırmaktadır. Çalışma bulgularının, öğretmen eğitimi programları, STEM etkinlik tasarımı ve eğitim politikalarının geliştirilmesine yönelik somut öneriler sunması beklenmektedir.

1.2 Araştırma Problemleri

Tasarım odaklı düşünme yaklaşımıyla yapılandırılmış STEM uygulamaları, ortaokul öğrencilerinin yaratıcı düşünme, bilgi işlemsel düşünme becerilerini ve STEM motivasyonlarını geliştirmede etkili midir ve bu etkiler cinsiyet değişkenine göre farklılık göstermekte midir?

Alt Araştırma Problemleri

1. Tasarım odaklı STEM uygulamalarının öğrencilerin yaratıcı düşünme becerileri üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır ve bu etkinin düzeyi cinsiyete göre farklılık göstermekte midir?
2. Tasarım odaklı STEM uygulamalarının öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerileri üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır ve bu etkinin düzeyi cinsiyete göre farklılık göstermekte midir?
3. Tasarım odaklı STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM motivasyonları üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır ve bu etkinin düzeyi cinsiyete göre farklılık göstermekte midir?

1.3 Araştırmanın Önemi

Günümüzün toplumsal, teknolojik ve ekonomik dönüşümleri, bireylerin yalnızca bilgiye sahip olmalarını değil; bu bilgiyi yaratıcı biçimde kullanmalarını, problem çözme becerileriyle harmanlamalarını ve topluma değer katacak ürünler ortaya koymalarını zorunlu kılmıştır. Bu dönüşüm doğrultusunda, eğitim sistemlerinin temel hedeflerinden biri, öğrencileri analitik düşünen, yaratıcı ve bilişsel açıdan donanımlı bireyler olarak yetiştirmektir. Bu bağlamda STEM eğitimi, bu hedefe ulaşmada önemli bir araç olarak görülmekte; öğrencilere disiplinler arası düşünme, eleştirel analiz, üretkenlik ve dijital yeterlilik kazandırmayı amaçlamaktadır (Wingard vd., 2022). Ancak STEM'in etkili biçimde uygulanabilmesi, çağın ihtiyaçlarına uygun, katılımcı, kapsayıcı ve dönüştürücü pedagojik yaklaşımların geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, TOD yaklaşımı, STEM eğitime yaratıcı, çözüm odaklı ve öğrenci merkezli bir boyut kazandırmakta; öğrenme sürecini hem bilişsel hem de duyuşsal açıdan derinleştiren bir yapı sunmaktadır (Goldman vd., 2014; Wu vd., 2019). Empati, yineleme temelli prototipleme ve gerçek dünya problemlerinin yapılandırılması gibi unsurları ön plana çıkaran TOD, hem yaratıcı hem de bilişsel gelişimi destekleyen güçlü bir öğretim çerçevesi olarak öne çıkmaktadır (Elwood ve Jordan, 2022; Goldman vd., 2014). Araştırmalar, TOD'nin öğrencilerin yaratıcı eğilimlerini ve yenilik üretme kapasitelerini geliştirdiğini; ayrıca karmaşık ve toplumsal açıdan anlamlı problemlerle kurdukları etkileşimi güçlendirdiğini göstermektedir (Frear ve Fillip, 2019; He vd., 2023; Mahil, 2016). Ayrıca TOD, erken çocukluktan ergenliğe uzanan geniş bir öğrenci yelpazesinde STEM ile ilişkili yetkinliklerin gelişimiyle ilişkilendirilmiştir (Ho, 2025; Wingard vd., 2022; Yalçın ve Erden, 2021). Bununla birlikte, TOD ile zenginleştirilmiş STEM uygulamalarının hem yaratıcı hem de bilgi işlemsel düşünme becerilerini aynı anda nasıl etkilediğine dair sistematik ve toplumsal cinsiyet duyarlılığı içeren araştırmalar oldukça sınırlıdır.

Öğrencileri yenilik odaklı bir geleceğe hazırlamaya yönelik küresel çabaların yoğunlaştığı günümüzde, STEM eğitimi bağlamında hem yaratıcı düşünmenin hem BİD'nin geliştirilmesi her zamankinden daha kritik bir ihtiyaç hâline gelmiştir (Kuo, 2024; National Research Council, 2012). Öğretim programlarının ve pedagojik modellerin tasarımında önemli ilerlemeler sağlanmış olsa da, birçok eğitim sistemi

hâlâ üst düzey düşünme becerilerini STEM öğrenme ortamlarına etkili bir biçimde entegre etmekte zorlanmaktadır (Lin vd., 2022; Wang vd., 2022). Bu sorun özellikle toplumsal cinsiyet ve sosyo-kültürel çeşitlilik bağlamında öğrencilerin farklı öğrenme ihtiyaçlarını karşılarken daha da belirginleşmektedir (Carrasquilla vd., 2022; Saw vd., 2025).

STEM disiplinleri için temel bir bilişsel beceri olarak öne BİD'nin yükselişi, geleneksel öğretim yaklaşımlarının yeniden değerlendirilmesini beraberinde getirmiştir. BİD; problem çözümü, soyutlama, algoritmik akıl yürütme ve sistemsel düşünme gibi becerileri destekleyen bilişsel bir çerçeve sunmakta olup yalnızca bilgisayar bilimleri değil, bilimsel sorgulama ve mühendislik tasarımı açısından da vazgeçilmezdir (Kong ve Lao, 2017; Swaid, 2015; Wing, 2006). Ancak, mevcut uygulamalar genellikle yeterli derinlikten, bağlamsal uygunluktan ve disiplinlerarası öğrenmeye uyarlanabilirlikten yoksundur (Cheng vd., 2023; Syafei vd., 2023). Bu durum, BİD'nin geniş STEM bağlamlarına doğrudan entegre edildiği ve aynı zamanda yaratıcılığı da teşvik eden pedagojik tasarımlara yönelik acil bir ihtiyaç doğurmaktadır (Behnamnia vd., 2025; Galanti ve Holincheck, 2024).

Öte yandan STEM eğitiminde yaratıcılığın desteklenmesi hem gerekli hem de oldukça zorlayıcı bir konudur. Yaratıcılık, özgün ve değerli fikirler üretme kapasitesi olarak 21. yüzyılın temel yetkinliklerinden biri olarak kabul edilmesine rağmen, fen ve matematik sınıflarında hâlâ yeterince önceliklendirilmemekte ve etkin biçimde değerlendirilememektedir (Craft vd., 2014; Lin vd., 2022; Wang ve Li, 2024). Çoğu öğretim modeli yakınsak düşünme ve işlemsel akıcılığı öne çıkararak açık uçlu keşif, fikir üretimi ve yansıtıcı problem çözme için sınırlı alan bırakmaktadır (Burnard vd., 2022; Monteiro, 2025). Proje tabanlı öğrenme, STEAM eğitimi ve tasarım odaklı öğretim gibi bütüncül yaklaşımlar bu açığı kapatma konusunda umut vadetse de (Arifin ve Siew, 2023; Kuo, 2024), özellikle ortaokul düzeyinde bu yaklaşımların yaygın ve nitelikli biçimde uygulanmasında eksiklikler devam etmektedir.

STEM'e katılım ve başarıda toplumsal cinsiyete dayalı eşitsizlikler, bilim ve teknoloji alanlarında adil katılımı engellemeye devam etmektedir (Corrigan vd., 2023; Kombe ve Matete, 2025). Kız öğrencilerin STEM alanlarına yönelik ilgisinin ve öz yeterlik

algılarının çocukluğun son evrelerinden itibaren azalmaya başladığı, ergenlik döneminde ise bu düşüşün daha da keskinleştiği sıkça raporlanmaktadır (Carrasquilla vd., 2022; Rozgonjuk vd., 2024). Kalıp yargılar, ders bazlı kaygılar, sosyal etkiler ve rol model eksikliği gibi psikolojik ve toplumsal faktörler, kız öğrencilerin STEM'e sürekli katılımını zorlaştıran başlıca engeller olarak tanımlanmıştır (Liu, 2018; Tal vd., 2024; Wang ve Jin, 2024). Sorgulayıcı öğrenme, tek cinsiyetli eğitim ortamları ve mentorluk gibi müdahaleler olumlu sonuçlar verse de (Ribeirinha, 2024; Smith ve White, 2025; White vd., 2021), bu yaklaşımların temel öğretim modellerine entegre edilerek kapsayıcı bir bütünsellik kazanması hâlâ yeterince sağlanamamıştır.

STEM motivasyonu, öğrencilerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) alanlarındaki akademik katılımlarını, öğrenme çıktılarını ve uzun vadeli kariyer hedeflerini şekillendirmede hayati bir rol oynamaktadır (Master, 2021). Yüksek düzeyde motivasyon, öğrencilerin öğrenme sürecine daha kararlı bir şekilde katılmalarını, kavramsal bilgilerini derinleştirmelerini ve STEM disiplinleriyle daha güçlü bir özdeşleşme geliştirmelerini sağlar. Bu durum, hızla değişen ve teknoloji odaklı bir toplumun gereksinimlerini karşılayacak gelecek nesilleri yetiştirmek açısından büyük önem taşımaktadır (Rosenzweig ve Wigfield, 2016). Motivasyon, yalnızca öğrencilerin zorlu içeriklerle başa çıkma istekliliklerini değil, aynı zamanda kendi yeterliliklerine olan inançlarını ve STEM derslerinin değeri ile gerçek yaşamla ilişkisine dair algılarını da etkiler. Bu nedenle STEM motivasyonunun desteklenmesi, STEM alanlarında yaşanan iş gücü açığını gidermek ve toplumsal cinsiyet, sosyoekonomik durum ya da kültürel kimlik gibi faktörlerden bağımsız olarak tüm öğrencilerin STEM alanlarında başarılı olma potansiyeline ulaşmalarını sağlamak için kritik öneme sahiptir (Dökme vd., 2022; Hiller ve Kitsantas, 2014; Jumagaliyeva, 2024)

Küresel ölçekte STEM eğitimini teşvik etmeye yönelik artan çabalara rağmen, ortaokul dönemi, öğrencilerin STEM derslerine yönelik motivasyonlarının sıklıkla azaldığı, özellikle kız öğrenciler ve yeterince temsil edilmeyen gruplar açısından kritik bir dönemdir. Araştırmalar, bu dönemde toplumsal stereotiplerin, öz yeterlik inançlarının ve sosyal etkilerin öğrencilerin akademik yönelimlerini belirgin biçimde şekillendirmeye başladığını ortaya koymaktadır (Dönmez vd., 2022; Master, 2021).

Aynı zamanda, öğrenciler bu yaşlarda STEM ile ilgili kimliklerini daha güçlü biçimde oluşturmaya ve gelecekteki yetkinlikleri ile mesleki ilgileri konusunda erken değerlendirmelerde bulunmaya başlarlar (Stringer vd., 2020). Bu döneme yönelik müdahalelerin motivasyonel düşüşü azaltabildiği ve olumlu STEM kimlikleri geliştirmeye yardımcı olduğu gösterildiğinden (Chittum vd., 2017), ortaokul düzeyindeki öğrencilerin STEM motivasyonunu etkileyen faktörleri incelemek önemli bir ihtiyaçtır. Bu faktörlerin anlaşılması, öğrencilerin ilgilerini ve katılımlarını sürdürebilmelerini sağlamak amacıyla hedefe yönelik ve gelişimsel açıdan uygun stratejilerin tasarlanmasına katkı sağlayacaktır.

Tüm bu bulgular, yaratıcı ve bilgi işlemsel düşünme becerilerinin etkileşimli biçimde geliştirildiği, motivasyon odaklı, tasarım temelli ve toplumsal cinsiyet duyarlılığı içeren STEM uygulamalarına yönelik araştırmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Literatürde bu iki bilişsel becerinin birlikte ele alındığı ve cinsiyet bağlamında incelendiği çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır (He vd., 2023). Türkiye bağlamında ise STEM eğitimi üzerine yapılan araştırmaların büyük kısmı teorik düzeyde kalmakta, uygulamalı ve deneysel çalışmalara olan ihtiyaç sürmektedir (Durak vd., 2023). Özellikle ortaokul düzeyinde, bu eksikliklerin giderilmesine katkı sağlayacak nitelikli araştırmalar, eğitimde fırsat eşitliği ve bireysel potansiyelin desteklenmesi açısından önem arz etmektedir.

1.4 Araştırmanın Varsayımları

1. Araştırma sonucunda deney ve kontrol grupları arasında oluşan farkları etkileyen tüm faktörler (öğrencilerin ön bilgileri, okula yönelik tutumları, ailevi faktörler vb.) deney ve kontrol gruplarına benzer oranda etki ettiği varsayılmıştır.
2. Deneysel çalışma sürecinde deney ve kontrol gruplarındaki öğrenciler zihinsel, bedensel ve duygusal açıdan benzer değişim ve gelişim gösterdiği varsayılmıştır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde Tasarım Odaklı Düşünme ve STEM yaklaşımına yönelik kuramsal çerçeve sunulmuştur.

2.1 Tasarım Odaklı Düşünme Modeli

Bilimsel ve matematiksel bilgi, beceri ve süreçler, geleneksel eğitim ortamlarında öğrenci öğreniminin temelini oluşturur. Ancak, öğrenciler fen ve matematikteki soyut kavramları anlamakta zorlandıklarında, bu durum öğrenilen bilgilerin etkili bir şekilde uygulanmasını engelleyen yanlış anlamalara yol açabilir ve nihayetinde uygulamalı öğrenme etkinliklerinin etkisini azaltabilir (Chen vd., 2020; Hsiao vd., 2019). Araştırmalar, uygun öğretim stratejileri ve yapılandırılmış problem çözme yaklaşımlarına yeterince maruz kalmamış öğrencilerin uygulamalı görevlerde anlamlı katılım gösteremediklerini ve bunun da genel öğrenme çıktılarına olumsuz etkilediğini göstermektedir (Lin vd., 2019).

Tasarım odaklı düşünme (TOD) modeli, sanat, bilim, iş dünyası ve mühendislik gibi farklı alanlarda pratik problem çözmeye yönelik güçlü bir çerçeve olarak ortaya çıkmıştır (Brown ve Wyatt, 2010; Micheli vd., 2019). Geleneksel prosedürel stratejilerden farklı olarak TOD, arzu edirlilik, uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik olmak üzere üç temel boyuta vurgu yapar ve bu sayede yeniliğe daha bütüncül bir yaklaşım sunar. Eğitim bağlamında tasarım odaklı düşünme, öğrencilerin bilgi ve becerileri deneyimleyerek edinmelerini ve öğrenmeyi gerçek dünya bağlamlarına bağlayan insan merkezli problem çözme süreçlerine katılmalarını teşvik eder. Bu yaklaşım, empatiye dayalı, kullanıcıya yönelik ve günlük yaşamla ilişkili çıktılar üretmeyi amaçlar (Lahiri vd., 2021; Öztürk, 2021; Roth vd., 2020).

İlk olarak Rowe (1991) tarafından ortaya atılan tasarım odaklı düşünme kavramı, daha sonra Cross vd. (1992), Brown (2008) gibi araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Temelinde TOD, kullanıcı ihtiyaçlarını teknolojik olanaklar ve uygulanabilir iş stratejileri ile sentezleyen yaratıcı bir problem çözme yöntemidir (Brown, 2008). Mühendislik tasarım süreciyle benzerlik taşısa da, TOD mühendisliğin ötesine geçerek

günlük yaşamın karmaşık ve iyi tanımlanmamış problemlerine de uygulanabilir (Li vd., 2019). Bu model, tümevarımsal akıl yürütmeye dayalı, yenilikçi çözümler üretmeyi hedefleyen ve profesyonel tasarımcıların bakış açılarını temel alan döngüsel bir süreçtir (Li ve Zhan, 2022). Bu yönüyle TOD, daha prosedürel yapıya sahip mühendislik tasarım modellerine kıyasla entegre STEM öğretimi için daha esnek ve kapsayıcı bir çerçeve sunmaktadır (Hallström ve Ankiewicz, 2023).

Tasarım odaklı düşünme, genellikle doğrusal olmayan ve zaman zaman düzensiz ilerleyen bir süreçtir. Ancak yine de oldukça yinelemeli olup, insan ihtiyaçlarına ve çözümün uygulanabilirliğine odaklanır (Razzouk ve Shute, 2012). Süreç, fikir üretimi, prototipleme ve test etme gibi döngülerle devam eder ve kullanıcı merkezli uygulanabilir bir çözüme ulaşıncaya kadar devam eder (Brown, 2008; Luchs, 2015). TOD, uygulayıcıların yapılandırılmamış problemleri çerçevelemek, keşfetmek ve yeniden tanımlamak için kullandıkları bilişsel stratejiler seti olarak tanımlanır. Mühendislik, mimarlık, iş dünyası ve tıp gibi birçok alanda geleneksel problem çözme yöntemlerine kıyasla TOD'un daha etkili olduğu kabul edilmektedir (Koh vd., 2015).

Mühendislik, sosyal bilimler ve tasarım disiplinlerini içeren çok disiplinli kuramsal temellerden beslenen TOD, karmaşık veya belirsiz problemleri kavramsallaştırmak ve çözmek için alternatif yollar sunar (Buchanan, 1992; Dam ve Siang, 2018; Razzouk ve Shute, 2012; von Thienen vd., 2018). Tasarım, tıpkı problem çözme gibi, insan doğasında var olan bir etkinliktir ve genellikle bir ihtiyaç veya memnuniyetsizliğin fark edilmesiyle başlar, ardından bu duruma yönelik bir eylem kararı ile ilerler (Braha ve Maimon, 1997). Profesyonel tasarımcıların teknik ve pratik becerilerine işaret eden "tasarımcıya özgü düşünme" ile, bu stratejilerin farklı akademik ve mesleki alanlara uygulandığı "tasarım odaklı düşünme" kavramı arasında ayrım yapılması önemlidir (Johansson-Sköldberg vd., 2013).

TOD iki temel ilkeye dayanır: problemin tanımlanması ve çözümün geliştirilmesi (Luchs, 2015). Süreç, problemin açıkça tanımlanmasıyla başlar ve ardından fikir üretme, değerlendirme ve iyileştirme aşamalarını içeren yinelemeli döngülerle devam eder. Mühendislik tasarım süreci daha sistematik ve doğrusal olabilir, ancak her iki yaklaşım da temelde problemi tanımlama ve etkili çözümler geliştirme adımlarını içerir. TOD'un diğer karakteristik özellikleri arasında iş birliği, iletişim, empati, risk

alma, yaratıcı güven ve sürekli öğrenme isteği yer alır (Dosi vd., 2018; Razzouk ve Shute, 2012). Stanford Tasarım Odaklı Düşünme çerçevesi beş aşamadan oluşur: empati kurma, tanımlama, fikir üretme, prototip oluşturma ve test etme (Brown, 2009). TOD, hipotez oluşturma ve çözüm geliştirme odakları bakımından bilimsel yöntemle benzerlik gösterse de, mevcut olguları açıklamak yerine yenilik ve kullanıcı deneyimini öncelemesi bakımından ayrılır (Liedtka, 2014).

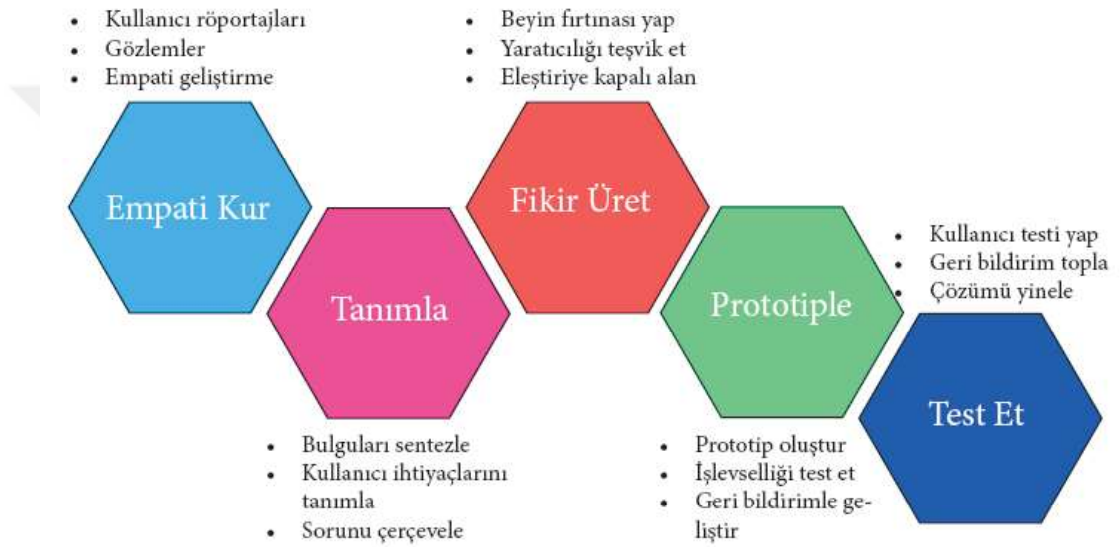
STEM eğitimi bağlamında tasarım odaklı düşünmenin uygulanması, Kolb'un (1984) deneyimsel öğrenme kuramı ile güçlü bir uyum içindedir. Kolb, deneyimsel öğrenmeyi "bilginin deneyimin dönüşümü yoluyla oluşturulması süreci" olarak tanımlar. Bu öğrenme modeli, öğrencilerin problem temelli öğrenme yaklaşımları aracılığıyla gerçek dünyaya ilişkin sorunları iş birliği içinde çözmelerine olanak tanıyarak katılımı ve kavrayışı derinleştirir (Pappas vd., 2018). Dewey'nin (2007) bilginin yaşantılar aracılığıyla toplumsal olarak inşa edildiği görüşüne dayanan Kolb'un modeli; somut yaşantı, yansıtıcı gözlem, soyut kavramsallaştırma ve etkin deney yapma olmak üzere dört aşamalı döngüsel bir süreci içerir.

Bu model, tasarım odaklı düşünme çerçevesiyle bütünleştirildiğinde, Kolb'un aşamaları TOD süreciyle uyumlu hale gelir. Somut yaşantı aşaması, problemin tanımlanması ve ilk katılımı ifade eder. Yansıtıcı gözlem, bağlamın analiz edilmesi ve odaklanmış bir problem ifadesinin oluşturulmasıyla ilgilidir. Soyut kavramsallaştırma, fikir üretimi ve çözüm geliştirmeye ilişkilendirilirken; etkin deney yapma aşaması, prototiplerin oluşturulması ve test edilmesini kapsar. Öğrenciler, bu süreç boyunca fikir geliştirir, test eder ve yeniden düzenlerken, yansıtma ve uygulamaya dayalı yinelemeli bir öğrenme döngüsü içerisinde derinlemesine anlayış geliştirirler.

Tasarım Odaklı Düşünme Aşamaları

Tasarım odaklı düşünmenin aşamaları Şekil 2.1'de sunulmuştur. Sürecin ilk aşaması olan *empati kurma*, nihai kullanıcıların ihtiyaçları, duyguları ve deneyimlerine dair derin bir anlayış geliştirmeye odaklanmaktadır. Bu aşama, Dewey'in (1997) "yaparak öğrenme" yaklaşımı ile Piaget ve Inhelder'in (1974) bilişsel gelişim kuramına dayanır ve öğrencilerin kullanıcılarla doğrudan etkileşim kurarak (örneğin, görüşmeler, saha gözlemleri, anketler gibi yöntemlerle) deneyimsel öğrenmeyi gerçekleştirmelerini

teşvik etmektedir (Plattner vd., 2015). Bu süreç, öğrencilerin farklı kullanıcı bakış açılarıyla problem çözmeye yaklaşımlarını sağlayan empatik bir katılımı desteklemektedir (Leicht-Scholten ve Steuer-Dankert, 2020; Lin vd., 2020; Plattner vd., 2015). Kullanıcıların özelliklerini tanımlama, davranışlarına, tercih ve zorluklarına dair nitel veriler toplama bu aşamanın temel unsurlarıdır (Dam ve Siang, 2018). Yenilikçilik, bu aşamada vurgulandığı üzere, kullanıcı ihtiyaçlarının teknik ve piyasa koşullarıyla birlikte derinlemesine anlaşılmasına bağlıdır. Bu nedenle empati, anlamlı ve kullanıcı odaklı çözümlerin temelini oluşturmaktadır.



Şekil 2.1. Tasarım Odaklı Düşünme Aşamaları (Plattner vd., 2015)

İkinci aşama olan *tanımlama*, empati aşamasında toplanan bilgilerin sentezlenerek kullanıcıların karşılaştığı temel problemlerin açıkça ifade edilmesini amaçlamaktadır. Bu süreçte, problemlerin derinlemesine nedenlerini ortaya çıkarmak için disiplinler arası bir iş birliği gereklidir. Deneyimsel öğrenme bakış açısıyla, bu aşama; soyut, dağınık ve parçalara ayrılmış bilginin yeniden düzenlenerek yapılandırılmış problem tanımlarına dönüştürülmesini içermektedir (Brown ve Wyatt, 2010; Henriksen vd., 2017; Lynch vd., 2019). İçgörülerin filtrelenmesi, önceliklendirilmesi, kalıpların belirlenmesi ve yüzeydeki belirtiler yerine gerçek ihtiyaçlara odaklanan bir problem formülasyonu yapılması bu aşamanın kilit adımlarıdır. Tüm olasılıkların dikkate alınabilmesi ve etkili problem tanımlarının yapılabilmesi için açık fikirli ve eleştirel bir yaklaşım benimsenmelidir (Brown, 2009).

Üçüncü aşama olan *fikir üretme*, yaratıcı düşünceyi ve farklı bakış açılarını destekleyen bir ortam yaratmayı hedeflemektedir. Bu aşamada öğrenciler, tanımlanan problem doğrultusunda gruplar halinde çalışarak olası çözümler üretirler. Öğrencilerden hem uygulanabilir hem de sıra dışı fikirler ortaya koymaları, kendi deneyimlerinden, bilgiden ve yaratıcılıklarından faydalanmaları beklenir (Dam ve Siang, 2018). Yenilikçiliği teşvik etmek amacıyla fikirlerin eleştirilmesi özellikle engellenir. Üretilen fikirler daha sonra değerlendirilip daraltılır ve prototipleme aşamasına taşınacak en uygun fikir seçilir. Geriye kalan fikirler ise sonraki prototipleme döngülerinde kullanılmak üzere saklanır. Bu aşamada, gerekirse kullanıcı veya müşteri geri bildirimi alınarak varsayımlar test edilebilir ve belirsizlikler netleştirilebilir (Henriksen vd., 2019). Fikir üretme süreci yalnızca yaratıcılığı teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda önceki problem tanımlama aşamasındaki eksiklikleri veya hataları da ortaya çıkarabilir.

Dördüncü aşama olan *prototipleme*, fikirlerin somutlaştırıldığı, test edilebilir ve yinelemeli olarak geliştirilebilir hale getirildiği aşamadır. Prototipler, çözümün doğasına bağlı olarak çizim, model, maket veya dijital formatlarda olabilir. Bu aşama, Dewey'in deneyimsel öğrenme yaklaşımıyla paralellik gösterir; öğrencilerin aktif katılımı ve yansıtıcı düşünceleri bu süreçte ön plandadır. Brown (2009) bu süreci “yaparak düşünme” olarak tanımlar; çünkü prototip üretme eylemi, fikirlerin güçlü ve zayıf yönlerini ve beklenmeyen problemleri ortaya çıkarır. Prototipleme, öğrencilerin tasarımlarını uygulamalı olarak test edip sürekli iyileştirmelerini mümkün kılar (Dell'Era vd., 2020; Henriksen vd., 2017, 2019). Bu aşama yalnızca çözümün uygulanabilirliğini ve kullanılabilirliğini değil, aynı zamanda kullanıcı açısından ne kadar arzu edilir olduğunu da değerlendirir. Brown'un (2009) da vurguladığı gibi, prototipleme aşaması, çözümün daha önce fark edilmeyen yönlerini ortaya çıkarma açısından kritik öneme sahiptir.

Beşinci ve son aşama olan *test etme*, prototipin etkililiğinin değerlendirilmesini ve tasarımın geri bildirimler doğrultusunda iyileştirilmesini kapsamaktadır. Bruner'in (2009) “hatalardan öğrenme yoluyla keşfetme” kuramı bu aşamanın kuramsal temelini oluşturur. Öğrenciler, hatalar yaparak ve bu hataları analiz ederek daha derin bir anlayış geliştirirler. Bu süreçte, kullanıcı gözlemleri, anketler ve görüşmeler aracılığıyla veri toplanarak çözümün problem tanımına ve kullanıcı beklentilerine ne

ölçüde yanıt verdiği değerlendirilir (Dell'Era vd., 2020; Henriksen vd., 2019; Leicht-Scholten ve Steuer-Dankert, 2020). Bu aşama, öğrencilerin çözümün sınırlılıklarını, yanlış anlaşılmaları veya beklenmeyen sonuçları fark etmelerine yardımcı olur. Yinelemeli geri bildirim döngüleri sayesinde tasarımlar sürekli geliştirilerek kullanıcı odaklı, bağlamsal olarak uygun ve uygulanabilir hale gelir. Başarılı bir test süreci; gerçek dünya koşullarını yansıtan otantik ortamların oluşturulmasını, sürecin sistematik biçimde belgelenmesini ve elde edilen geri bildirimlerin tasarıma entegre edilmesini gerektirir. Böylece nihai ürün, hem kullanıcılar hem de paydaşlar için anlamlı ve uygulanabilir bir nitelik kazanır.

Tasarım odaklı düşünmenin uygulanmasına yönelik birçok farklı model bulunsa da, bu modellerin ortak noktası insan merkezli, yinelemeli ve çözüm odaklı bir yaklaşım içermeleridir. Bu çerçevede geliştirilen modeller, öğrencilere problemleri yeniden tanımlama, empati geliştirme ve fikir üretme, prototipleme, test etme döngüleri yoluyla yenilikçi çözümler üretme fırsatı sunmaktadır (Liston, 2022; Razzouk ve Shute, 2012; White, 2020). Tasarım odaklı düşünmenin gücü, yalnızca yapılandırılmış aşamalarda değil; aynı zamanda esnekliği, yaratıcılığı ve insan ihtiyaçlarını derinlemesine anlama ve çözüm üretme süreçlerine verdiği önem sayesinde ortaya çıkmaktadır.

2.2 Tasarım Odaklı Düşünme Eğitimi

Araştırmacılar uzun süredir tasarım odaklı düşünme (TOD) temelli eğitimin, öğrencileri 21. yüzyılın hızla değişen küresel ekonomisinde başarılı olabilmeleri için gerekli olan becerilerle donatmada etkili bir pedagojik yaklaşım olarak hizmet edebileceğini savunmaktadır. Eğitim uygulamalarını dönüştürmeye yönelik çabalar 21. yüzyıldan önceye dayansa da (örneğin proje tabanlı öğrenme girişimleri ve Ulusal Sanat Fonu tarafından desteklenen Tasarımın Öğrenme için Katalizör Olarak Kullanımı çalışması gibi) bu tür girişimler genellikle bireysel öğretmenler ya da okulların çabalarıyla sınırlı kalmış, sistematik bir uygulamaya dönüşmemiştir. Tasarım odaklı düşünme üzerine artan ampirik desteğe rağmen, bu yaklaşımın eğitim sistemine yaygın ve kurumsal biçimde entegre edilmesi henüz gerçekleşmemiştir (Goldman ve Kabayondo, 2017).

Bilgi temelli ve teknoloji yoğun ekonomilerde çalışanlar, giderek daha karmaşık ve belirsiz problemlerle karşılaşmakta ve bu problemlere yaratıcı ve uyarlanabilir çözümler üretmeleri beklenmektedir. Günümüz işverenleri, yaşam boyu öğrenme kapasitesine sahip, eleştirel düşünebilen ve farklı bağlamlarda problem çözme becerilerini kullanabilen bireyleri tercih etmektedir (Belkin, 2015). Problemleri yapılandırabilme, bilgileri sentezleyebilme ve uygulanabilir, yaratıcı çözümler geliştirebilme kapasitesi, bu nedenle 21. yüzyıl yurttaşlarının sahip olması gereken temel beceriler arasında değerlendirilmektedir (Koh vd., 2015). Shute ve Becker'in (2010) ifade ettiği gibi, küresel düzeyde artan rekabet, ezbere dayalı öğrenme anlayışından uzaklaşarak yeni okuryazarlık türlerinin ve beceri setlerinin (özellikle de tasarım odaklı düşünmenin) geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Panke (2019) tarafından yürütülen kapsamlı bir sistematik derleme çalışması, eğitim bağlamında tasarım odaklı düşünmenin amaçlarını, bağlamlarını, faydalarını, sınırlılıklarını, olanaklarını ve çıktıları ortaya koymayı amaçlamıştır. Kuramsal, ampirik ve durumsal çalışmaları analiz ederek yürütülen bu inceleme, TOD'un yaratıcı problem çözmeyi desteklediğini, disiplinler arası iş birliğini teşvik ettiğini ve hem formal hem de informal öğrenme ortamlarına uyarlanabilir olduğunu ortaya koymuştur.

Bu bulguları genişleten Li ve Zhan (2022), K-12 (anaokulu-lise) bağlamında Tasarım Odaklı Düşünme Entegre Öğrenimi'ne (Design Thinking Integrated Learning – DTIL) odaklanan yüksek nitelikli ampirik çalışmaları derleyen bir sistematik derleme gerçekleştirmiştir. Elde ettikleri sonuçlar, özellikle 2015 yılından itibaren TOD'un ilköğretim ve ortaöğretim düzeyinde artan akademik ilgisini ortaya koymaktadır. İncelenen 43 çalışmanın sınıf düzeylerine göre dağılımı şu şekildedir: anaokulu (%4,5); ilkokul (%22,7); ortaokul (%52,3); lise (%15,9); karma düzeyli çalışmalar (%4,5). Bu dağılım, TOD'un özellikle erken yaş ve ortaöğretim düzeyinde pedagojik değerinin giderek daha fazla kabul gördüğünü göstermektedir.

Li ve Zhan (2022) ayrıca DTIL'ın en yaygın olarak STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) derslerinde uygulandığını, ancak çalışmaların %12,2'sinin TOD'u STEM dışı disiplinlere de entegre ettiğini belirtmiştir. Beş aşamalı TOD modeli bu çalışmalarda sıklıkla başvuru alan çerçevelerden biridir. Eğitim

arařtırmalarında TOD'un giderek daha fazla yer bulması, bu yaklaşımın yaratıcılık, eleřtirel dűřünme, iletiřim ve iř birlięi gibi 21. yűzyılın 4C becerilerini geliřtirme potansiyeline sahip olduęu yűnűndeki gűclű algıyı yansıtmaktadır (Li ve Zhan, 2022). Bu baęlamda eęitim űncűleri ve arařtırmacılar, TOD'un anlamlı, amaca yűnelik ve biliřsel olarak zenginleřtirici űęrenme deneyimleri sunma potansiyelinden dolayı K-12 műfredatına entegrasyonunu savunmayı sűrdűrmektedir (Liang vd., 2020). TOD, yalnızca eleřtirel dűřünme ve yansıtıcı űęrenmeyi teřvik etmekle kalmaz; aynı zamanda iř birlikli arařtırmayı ve gerček yařam problemlerine     m öğretmeyi de desteklemektedir (Razzouk ve Shute, 2012).

Koh vd., (2015), 21. yűzyılda bireylerin başarılı olabilmesi için sahip olması gereken     temel yeterliliği tanımlamaktadır. İlk yeterlilik, bireylerin dil, teknoloji, semboller ve bilgi gibi araçları yaratıcı ve stratejik biçimde kullanarak bilgi   retmeleri ve bu bilgileri çevreleriyle ilişkilerini yapılandırmak amacıyla uygulayabilmeleri yetkinliğidir. İkinci yeterlilik, iř yaşamının sosyokültürel doğasına işaret eder ve bireylerin sosyal sermaye geliştirebilmeleri için duygusal zekâ, empati ve kişiler arası iletişim becerilerine sahip olmaları gerektiğini vurgular. Bu beceriler, çeşitliliği artan ve giderek daha fazla bağlantılı hale gelen toplumlarda etkili iř birliği ve çatışma yönetimi açısından kritik öneme sahiptir.    nc  yeterlilik ise bireyin özerklik, öz-yeterlik ve kişisel irade geliştirme kapasitesidir. Bu yetkinlik, bireylerin kendi çıkarlarını ifade edebilmeleri, haklarını savunabilmeleri ve yaşam hedeflerini gerçekleştirmek için bilinçli kararlar alarak değişen koşullara uyum sağlayabilmelerini içerir. Deęiřken küresel koşullarda, bu tür özyönetim becerileri bireysel ve mesleki başarı için temel kabul edilmektedir (Koh vd., 2015).

TOD'ye dayalı eęitim, bu yeterliliklerin geliřtirilmesi için umut verici bir yol sunmaktadır. Öęrencileri yinelemeli, kullanıcı merkezli problem çözme süreçlerine dahil ederek TOD; biliřsel, sosyal ve duygusal kapasitelerin geliřimini desteklemektedir. Rotherham ve Willingham'a (2009) göre, tasarım dűřünme, sistem dűřünme ve ekip çalıřması gibi becerilerin akademik ortamlara entegre edilmesi, öęrencilerin hem yükseköęrenime hem de 21. yűzyılın iř gücü gereksinimlerine daha etkili řekilde hazırlanmasına katkı saęlar.

Ampirik bulgular da TOD’a dayalı öğretimin öğrencilerde daha derin öğrenme ve katılım sağladığını göstermektedir. Örneğin Kolodner vd. (2003), “learning-by-design” (tasarım yoluyla öğrenme) modelini kullandıkları çalışmada öğrencilerin fen bilgisi kazanımları, iş birliği becerileri ve üstbilişsel yetkinliklerinde önemli gelişmeler olduğunu ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, öğrencilerin karmaşık ve otantik problemlerle çalışmasını ve bu problemleri yinelemeli fikir üretme, test etme ve yeniden tasarlama döngüleri ile çözmelerini temel alır. Koh vd. (2015), bu doğrultuda yapılandırılmış tasarım temelli pedagojilerin öğrencilerde kalıcı yeterlilikler geliştirerek onları hem akademik hem de mesleki yaşamda başarıya taşıyabileceğini vurgulamaktadır.

2.3 Tasarım Odaklı Düşünme ve STEM Eğitimi

Tasarım odaklı düşünmenin erken dönem kavramsallaştırmaları, tasarımcıların sıradan malzemeleri yenilikçi teknolojik çözümlere dönüştürmek için mühendislik ilkelerini kullanabilme yetkinliğini vurgulamıştır (Goldman ve Kabayadondo, 2017). Tasarım odaklı düşünmenin endüstriyel bağlamlardan eğitim ortamlarına taşınması süreci, bu modelin pedagojik amaçlarla uyarlanması önemli bir rol oynayan IDEO ve Stanford Üniversitesi Tasarım Okulu’nun çalışmalarıyla mümkün olmuştur (Goldman ve Kabayadondo, 2017). Tasarım odaklı düşünmenin K–12 eğitim süreçlerine entegre edilmesinin temel gerekçesi, tüm öğrencilerin bu süreçlere katılabileceği ve fayda sağlayabileceği yönündeki inanca dayanmaktadır. Bu süreçler, özünde yaratıcılık, iş birliği, eleştirel düşünme ve iletişim gibi 21. yüzyıl becerilerinin gelişimini desteklemektedir (Goldman ve Kabayadondo, 2017).

Bu bağlamda tasarım, K–12 okullarında STEM eğitiminin evriminde kritik bir bileşen olarak öne çıkmıştır (Li vd., 2019). Özellikle TOD, STEM entegrasyonu için temel bir yöntem haline gelmiştir. Ampirik araştırmalar, TOD’nin STEM eğitime entegre edilmesinin öğrencilerin fen ve matematik kavramlarını daha iyi anlamalarına yardımcı olduğunu ve tasarım odaklı düşünme becerilerini geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Kelley ve Sung, 2017). TOD’nin entegrasyonu, öğrencilerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarındaki mevcut bilgilerini uygulamalarına, aynı zamanda bu alanlardaki kavramsal anlayışlarını derinleştirerek problem çözme becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır (Hallström ve Ankiwicz, 2023).

2.4 Entegre STEM Müfredatı

Araştırmalar, STEM müfredatlarının sıklıkla disiplinler sınırlar içinde, birbirinden bağımsız olarak öğretildiğini ve bu yaklaşımın bütüncül ve anlamlı problem çözme deneyimlerinin oluşumunu engellediğini göstermektedir (Campbell vd., 2018; McCurdy vd., 2020). Mevcut çalışmaların çoğu, STEM alanlarından yalnızca bir veya ikisini konu almakta; disiplinler arası veya disiplinler üstü (transdisipliner) bir çerçeveden yoksun kalmaktadır (Anderson ve Li, 2020). Buna ek olarak, STEM eğitiminin neyi kapsadığına dair genel kabul görmüş ortak bir tanımın bulunmaması, uygulama ve yorum farklılıklarını beraberinde getirmektedir (Holmlund vd., 2018).

Entegre bir STEM müfredatı, disiplinleri ayrı ayrı öğretmeye dayalı geleneksel yaklaşımlardan belirgin biçimde farklıdır. Bu tür bir müfredatta odak noktası, içerik alanlarından ziyade gerçek dünya problemleridir (Nadelson ve Seifert, 2017). Öğretim genellikle öğretmen merkezli doğrudan anlatım yerine, sorgulamaya dayalı öğrenme veya probleme dayalı öğrenme modellerini izlemektedir. Bu noktada, entegre edilen STEM disiplinlerinin sayısından çok, en az iki ya da daha fazla STEM alanının otantik ve karmaşık problemleri çözmek amacıyla birlikte kullanılma niteliği önem taşır (Roehrig vd., 2022).

Bu yaklaşım içinde transdisipliner öğrenme, disiplinlerin birbirinden ayırt edilemeyecek şekilde bütünleştiği ve öğrencilerin iş birliğine dayalı araştırmalarla problemi çok yönlü olarak ele aldığı bir yapı sunar. Bu, disiplinlerin tematik olarak bağlandığı fakat öğretimin ayrı ayrı sürdüğü multidisipliner yaklaşımdan ve farklı disiplinlerde edinilen bilgilerin sentezlenerek bütüncül bir anlayışa ulaşıldığı interdisipliner yaklaşımdan ayrılır (Roehrig vd., 2022; Vasquez vd., 2013). Örneğin, iklim değişikliği konusu multidisipliner olarak ele alındığında, sosyal bilgiler dersinde insan üzerindeki etkileri, fen dersinde iklim mekanizmaları, matematik dersinde ise veriler ve öngörüler incelenir. Aynı konuya interdisipliner yaklaşımda, bu alanlardan elde edilen bilgiler birleştirilerek ortak bir anlayışa dönüştürülür. Transdisipliner öğrenmede ise öğrencilere doğrudan bir problem sunulur ve bu problemi çözmek için gerekli olan bilgi ve beceriler, hangi disiplinden geldiği açıkça belirtilmeden bütünleşik bir şekilde kullanılır.

TOD, entegre STEM müfredatına oldukça uygun bir transdisipliner model olarak öne çıkmaktadır. TOD, matematiksel ve bilimsel akıl yürütmeyi doğal bir biçimde kapsayarak, teknolojik araçlar aracılığıyla çözümler tasarlamayı ve değerlendirmeyi mümkün kılar (Roehrig vd., 2022). STEM disiplinlerinin her biri farklı bilgi üretim yollarına sahip olsa da; iletişim, iş birliği, veri analizi, araç kullanımı, modelleme, araştırma ve çözüm değerlendirme gibi ortak yetkinlikler, bu disiplinlerin entegrasyonunu kolaylaştırır (Reynante vd., 2020).

Entegre STEM müfredatları, özellikle fen ve matematik gibi temel disiplinlerdeki öğrenmenin yerini almamalı; aksine öğrencilerin bu disiplinlerdeki bilgilerini sosyal sorunlara çözüm üretmek amacıyla uygulayabildikleri, disiplinler öğrenmeyi pekiştiren bir ortam sağlamalıdır. Bu süreç boyunca öğrenciler araştırma yapar, iş birliği kurar ve bulgularını sunarak özgün uygulamalar geliştirirler. Etkili bir STEM entegrasyonu, yalnızca disiplinler arası bilgi uygulamasını değil, aynı zamanda bu entegrasyon aracılığıyla yeni bilgi ve becerilerin edinimini de kapsar. Ancak, entegre STEM etkinliklerinin karmaşıklığı, öğrencilerin ilgili disiplinlerdeki hazırbulunuşluk düzeyleriyle uyumlu olmalıdır. Gerekli ön bilgiden yoksun öğrenciler, sürece katılımda zorlanabilir ve motivasyon kaybı yaşayabilirler (Nadelson ve Seifert, 2017). Uygun biçimde yapılandırıldığında ise, entegre STEM deneyimleri, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını derinleştirir, motivasyonlarını artırır ve problem çözme becerilerini başka durumlara transfer edebilmelerini sağlar. Chiu ve Krajcik'e (2020) göre, iyi tasarlanmış STEM entegrasyonları öğrencilerin bilgilerini genelleştirmelerine ve yeni durumlara uygulamalarına olanak tanır; bu da uzun vadeli akademik ve mesleki başarıyı destekler.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde araştırmanın amacı doğrultusunda tasarım odaklı düşünmenin STEM eğitimi doğrultusunda değerlendirilmesine yönelik çalışmalar irdelenecektir.

3.1 Tasarım Odaklı Düşünmeye Dayalı STEM Eğitimi

Tasarım odaklı düşünme (TOD), STEM eğitiminde insan merkezli, problem çözme odaklı bir yaklaşım sunarak yaratıcılığı, empatiyi, iş birliğini ve yeniliği teşvik eden dönüştürücü bir pedagojik çerçeve olarak öne çıkmıştır (Brown, 2009). K-12 ve yükseköğretim düzeyindeki STEM müfredatlarına giderek daha fazla entegre edilen TOD, "empati kurma, tanımlama, fikir üretme, prototipleme ve test etme" gibi yinelemeli süreçleri temel alarak öğrencilere 21. yüzyıl becerileriyle uyumlu, özgün öğrenme deneyimleri kazandırmaktadır (Goldman vd., 2014). Bu bölüm, tasarım odaklı düşünmenin STEM bağlamında nasıl uygulandığını ve öğrenci çıktıları, öğretmen gelişimi ve disiplinlerarası öğrenme ortamları üzerindeki etkilerini inceleyen giderek artan araştırma literatürünü sentezlemektedir.

TOD'nin STEM'deki uygulamaları yapılandırmacı ve deneyimsel öğrenme kuramlarına dayanmaktadır ve mühendislik tasarım süreçleri ile gerçek dünya problem çözme arasında köprü kurmaktadır. TOD'yi empati ve kullanıcı merkezliliği önceleyen bir mühendislik pratiği türü olarak kavramsallaştırmış; "Dive In!" isimli müfredatlarında öğrenciler, suyla ilişkili toplumsal sorunlara yönelik yinelemeli tasarımlar, empati geliştirme ve prototipleme süreçleriyle çözüm üretmişlerdir. TOD'nin gelecek nesil temel fen standartlarıyla uyumu, onu biçimsel eğitimde güçlü bir bütünleştirici araç hâline getirmektedir. Benzer şekilde, Mahil (2016), TOD'nin BAE'deki yaratıcılık merkezi STEM+ laboratuvarında uygulanabilirliğini göstererek teknoloji odaklı ortamlarda ölçeklenebilirliğini ortaya koymuştur. Frear ve Fillip (2019), ortaokul öğrencilerinin üniversite ortamında katıldıkları bir haftalık TOD atölyesinde iş birliği içinde ürün tasarlayıp markalaştırdıkları uygulamanın olumlu çıktılar verdiğini bildirmiştir. Arifin ve Siew (2023) tarafından geliştirilen sosyo bilimsel konu temelli tasarım düşünme modülü ve Pinasa vd. (2018) tarafından

yürütülen yaratıcılık temelli STEM etkinlikleri, TOD'nin öğrenci merkezli sorgulama ve yaratıcılığa yapı kazandırmadaki rolünü desteklemektedir.

Birçok çalışma, TOD'nin öğrencilerin yaratıcı öz yeterliklerini, eleştirel düşünme becerilerini ve tasarım odaklı düşünme eğilimlerini geliştirdiğini göstermektedir. Wingard vd. (2022), insan merkezli TOD atölyesinin ergenlik çağındaki kız öğrencilerin STEM kariyerlerine olan ilgilerini ve özgüvenlerini artırdığını bulmuştur. He vd. (2023), TOD ile bütünleştirilmiş STEM modüllerinin beşinci sınıf öğrencilerinin yaratıcı öz yeterlik ve durumsal ilgilerini anlamlı ölçüde geliştirdiğini raporlamıştır. Yalçın ve Erden (2021), okul öncesi öğrencilerinin TOD tabanlı STEM etkinliklerine katılımının yaratıcılık, empati ve iş birliği alanlarında gelişim sağladığını göstermiştir. Ho (2025) ve Yalçın (2024) gibi erken çocukluk dönemine odaklanan çalışmalar da TOD-STEM tasarımlarının bilimsel süreç becerileri ve 21. yüzyıl öğrenme çıktılarının gelişimine katkı sağladığını ortaya koymuştur. TOD'nin disiplinler arası ve araştırmaya dayalı yapısı hem bilişsel hem de duyuşsal gelişimi desteklemektedir.

TOD, aynı zamanda bilgi işlemsel ve mühendislik temelli düşünme becerilerinin geliştirilmesiyle yakından ilişkilidir. Leonard vd. (2016), Sen vd. (2021) ile Troiano vd. (2019), TOD çerçevesiyle desteklenen robotik ve oyun temelli öğrenme uygulamalarının bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirdiğini göstermiştir. Lin vd. (2021) ile Hsiao vd. (2023), mühendislik tasarım süreçleriyle zenginleştirilmiş STEM proje tabanlı öğrenme uygulamalarının, öğretmen adayları ve lise öğrencilerinde tasarım düşünme ve sistem anlayışı yapılarını güçlendirdiğini raporlamıştır. Subramaniam vd. (2024, 2025), mühendislik tasarım odaklı fizikte düşünme düşünme yolları gibi gelişmiş kavramsal çerçeveler aracılığıyla tasarımı fizik, matematik ve üst düzey bilişle ilişkilendirmiş; bu bütüncül düşünme modelinin pedagojik değerini ortaya koymuştur.

TOD, öğretmenlerin mesleki gelişimi ve yetkinliklerinin artırılmasında da güçlü bir çerçeve sunmaktadır. Wu vd. (2019), sabit ve uyarlanabilir yapılandırmaların öğretmen adaylarının TOD yeterlikleri üzerindeki etkilerini inceleyerek farklı tasarım davranış biçimlerinin değerli çıktılar ürettiğini göstermiştir. Chiu vd. (2021), öz belirleme kuramı temelli bir mesleki gelişim modeli geliştirerek, TOD destekli

eğitimlerin öğretmenlerin öğrenci çeşitliliğine uygun öğrenme ortamları tasarlama kapasitelerini geliştirdiğini belirtmiştir. Mumcu vd. (2023), Durak vd. (2023) ile Şahin vd. (2024), TOD'nin mesleki gelişim süreçlerine entegrasyonunun öğretmenlerin TPACK bileşenleri, BİD becerileri ve iş birliğine dayalı ders planlama yeterliklerini artırdığını vurgulamaktadır. Türkiye bağlamında Öztürk ve Korkut (2023), STEM öğretmenlerine özel empati, ortak tasarım ve bağlamsal geçerlilik temelli yedi adımlı TOD çerçevesi geliştirmiştir.

Bilişsel ve pedagojik kazanımların ötesinde, TOD disiplinlerarası öğrenme ve sosyoduygusal katılımı da teşvik etmektedir. Yeung ve Ng (2024) tarafından kullanılan empati haritaları, özellikle Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları temalı problemlerle ilgili duygu temelli katılımın yapılandırılmasında etkili bir araç sunmaktadır. Hikâyeleştirme (Mou, 2024), görsel tasarım (Mahmud ve Arifin, 2021) ve nesnelerin interneti (Benita vd., 2021) gibi farklı alan ve teknolojilerin TOD ile bütünleşik kullanımı, çerçevenin çok yönlülüğünü ortaya koymaktadır. Chanthahal vd. (2018) ile Mathiphatikul vd. (2019), TOD'nin fizik ve mühendislik bağlamlarında yaratıcı ve eleştirel düşünme gelişimine katkısını göstermiştir. Hsiao vd. (2017, 2023), Arduino ve akıllı ev sistemleriyle yapılan uygulamaların öğrencilerin hem pratik becerilerini hem de soyut düşünme yetilerini zenginleştirdiğini belirtmiştir.

Eşitlik ve kapsayıcılık, TOD'nin eğitimdeki potansiyelini belirleyen önemli boyutlardandır. Simeon vd. (2022), cinsiyet dengesi gözetilerek geliştirilen STEM-TOD modüllerinin hem erkek hem de kız öğrencilerde fizik başarısını artırdığını göstermiştir. Küçükaydın ve Ulum (2025), öğretmen adaylarının STEM öğretiminde yaratıcı problem çözme deneyimlerinin, TOD ile öz yeterlik arasında köprü işlevi gördüğünü vurgulamıştır. Yüksel (2025) de öğretmen adaylarının TOD becerilerinde ve TOD'nin pedagojik değerine olan inançlarında anlamlı artışlar kaydetmiştir. Thomason ve Hsu (2025), TOD eğilimlerinde nicel bir değişiklik tespit etmemelerine rağmen, öğrenci iş birliği, sorumluluk alma ve açık uçlu problem çözme konularında nitel kazanımlar elde edildiğini bildirmiştir.

Bu kapsamlı araştırma literatürü, tasarım odaklı düşünmenin yalnızca pedagojik bir yöntem değil, aynı zamanda hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin bilişsel, yaratıcı ve duyuşsal kapasitelerini geliştiren güçlü bir öğrenme çerçevesi olduğunu

göstermektedir. TOD, STEM disiplinlerinin entegrasyonunu kolaylaştırır, disiplinlerarası okuryazarlığı teşvik eder ve sürdürülebilirlik, eşitlik ve yenilik gibi küresel eğitim hedefleriyle uyum sağlar. Bununla birlikte, TOD modellerinin ölçeklenebilirliği, öğretmen eğitiminin sürdürülebilirliği ve TOD çerçevelerinin farklı eğitim sistemlerine bağlamsal olarak uyarlanması gibi önemli zorluklar da mevcuttur. Gelecekteki araştırmalar, özellikle kaynakları sınırlı eğitim ortamlarında ve uzunlamasına çalışmalar kapsamında, TOD'nin STEM eğitimindeki dönüştürücü potansiyelini daha derinlemesine incelemeye odaklanmalıdır.

STEM Eğitiminde Toplumsal Cinsiyet

Bilim eğitimi bağlamında, özellikle STEM alanlarında toplumsal cinsiyet temelli eşitsizlikler, küresel politika girişimleri, hedefe yönelik müdahaleler ve artan farkındalığa rağmen hâlâ süregelen önemli bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir. Birçok ülkede genel eğitim başarısı açısından cinsiyet uçurumu daralmış olsa da, STEM alanlarındaki katılım, başarı ve mesleki sonuçlara ilişkin belirgin dengesizlikler devam etmektedir (Carrasquilla vd., 2022). Bu eşitsizlikler disiplinler arasında tek tip bir biçimde ortaya çıkmamakta ve yalnızca akademik yetkinlik farklarıyla açıklanamayacak kadar karmaşık bir yapıya sahiptir. Aksine, bu durum erken çocukluktan yükseköğretime ve iş yaşamına kadar eğitim sürecinin tüm kademelerinde etkili olan kültürel, psikolojik, yapısal ve pedagojik faktörlerin etkileşimi sonucu oluşmaktadır.

Çeşitli araştırmalar, fen bilimlerine ve STEM odaklı kariyerlere yönelik tutumların cinsiyete göre farklılaşmaya, genellikle ilköğretimin sonu ile ortaöğretimin başında başladığını göstermektedir. Örneğin, Carrasquilla vd. (2022), erkek öğrencilerin genellikle fen bilimlerine karşı daha olumlu tutumlar sergilediğini, buna karşılık kız öğrencilerin ilgi ve öz yeterlik düzeylerinin yaş ilerledikçe azaldığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Rozgonjuk vd. (2024), kız ve erkek öğrencilerin bilim testlerinde benzer başarılar gösterdiğini, ancak kızların özellikle kimya alanında çok daha yüksek düzeyde konuya özgü kaygı yaşadıklarını bildirmiştir. Bu erken dönemdeki öz güven farklılıkları ve STEM derslerine yönelik duygusal tepkiler, uzun vadeli etkiler yaratmakta; akademik seçimleri ve STEM alanlarında kalıcılığı etkileyen temel belirleyicilerden biri olarak öz yeterlik ve aidiyet hissi ön plana çıkmaktadır.

Ortaöğretim ve yükseköğretime geçişle birlikte bu eşitsizlikler daha da belirginleşmekte, özellikle fizik, mühendislik ve bilgisayar bilimi gibi alanlarda kadın temsiliyeti ciddi biçimde azalmaktadır. Ulusal bağlamlarda yapılan geniş ölçekli analizler, kadınların bu alanlarda düşük temsil oranlarını gözler önüne sermektedir. Örneğin, Amirtham ve Kumar (2021) ile Kombe ve Matete (2025), biyolojik bilimlerde cinsiyet dengesinin artmasına rağmen mühendislik, matematik ve fizik gibi alanların hâlâ büyük ölçüde erkek egemen olduğunu ortaya koymuştur. Corrigan vd. (2023), bazı STEM derslerinde kadın kayıt oranlarında artış olmasına rağmen özellikle fizik derslerinde cinsiyet farklarının son on yılda neredeyse hiç azalmadığını vurgulamıştır. Bu eşitsizlikler yalnızca kayıt oranlarında değil, mezuniyet sonrası mesleki sonuçlarda da kendini göstermektedir. Zajac vd. (2025), Polonya’da yapılan bir çalışmada, STEM mezunları arasında cinsiyet temelli gelir farklarının mezuniyetin ilk yılında dahi mevcut olduğunu ve zamanla arttığını, bu farkların alan kontrolü yapıldıktan sonra dahi sürdüğünü ortaya koymuştur. Bu bulgular, sistematik iş gücü eşitsizliklerinin kadınlar aleyhine devam ettiğini göstermektedir.

Bu desenlerin altında yatan başlıca etmenlerden biri, öz yeterlidir. Öğrencilerin bilimsel görevlerde başarılı olabileceklerine dair inançları, STEM alanlarındaki katılımın ve sürekliliğin güçlü bir belirleyicisi olarak öne çıkmaktadır. Kız öğrenciler genellikle benzer ya da daha yüksek akademik başarıya sahip olmalarına rağmen, erkek öğrencilere kıyasla bilim alanında daha düşük öz yeterlik düzeyi bildirmektedir. Liu (2018) ile Pedersen ve Nielsen (2024), cinsiyet kalıplarına dayalı öz değerlendirmelerin, kız öğrencilerin matematik ve fen bilimlerindeki öz algılarını olumsuz etkilediğini ve bu durumun STEM alanlarında devamlılıklarını engellediğini belirtmiştir. Bu psikolojik faktörler, özellikle aile, akran ve öğretmen aracılığıyla aktarılan sosyal ve kültürel normlarla pekiştirilmektedir. Wang ve Jin (2024), Çin’de geleneksel annelik rolü algılarının kız çocuklarının STEM bölümlerini seçme olasılığını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Diğer çalışmalar da ebeveyn beklentilerinin, rol model sunumunun ve teşviklerin, kız çocuklarının STEM kimliği geliştirme süreçlerinde temel rol oynadığını göstermektedir. Tal vd. (2024) ile Sparks vd. (2023), kız öğrencilerin motivasyonunu, kariyer hedeflerini ve yeterlik algılarını olumlu yönde etkileyen kadın rol modellerin önemine vurgu yapmaktadır.

Aileden gelen etkilerin yanı sıra, öğretmen inançları ve kurumsal uygulamalar da STEM eğitiminde toplumsal cinsiyet normlarının sürdürülmesinde ya da dönüştürülmesinde büyük rol oynamaktadır. Durrani ve Kataeva (2025), Kazakistan'daki STEM öğretmenlerinin çoğunun kız öğrencileri fizik ve bilgisayar bilimi gibi alanlarda daha az yetkin gördüğünü ortaya koymuştur. Bu tür tutumların çoğu zaman öğretmen yetiştirme programlarında ele alınmaması, sınıflarda toplumsal cinsiyete dayalı beklentilerin sürmesine yol açmaktadır. Urrea-Solano (2020) ise üniversite düzeyinde STEM derslerinin çoğunun toplumsal cinsiyet perspektifi içermediğini ve bu durumun kapsayıcı öğrenme ortamlarının oluşumunu sınırlandırdığını belirtmiştir. Ayrıca, eğitim materyalleri de toplumsal cinsiyet kalıplarını yeniden üretebilmektedir. Dele-Ajayi vd. (2020), Nijerya'da yapılan bir ders kitabı analizinde, bilim insanların metin ve görsellerde erkek figürlerle orantısız biçimde temsil edildiğini ve bunun bilimsel mesleklerin maskülen bir imajla sunulmasına neden olduğunu göstermiştir.

Toplumsal cinsiyete dayalı eşitsizliklerin azaltılmasına yönelik müdahale programları umut verici sonuçlar doğurmakla birlikte, uygulama bağlamına duyarlı biçimde hayata geçirilmesi gerekmektedir. Yu vd. (2024), bu tür müdahale programlarının kız öğrencilerin STEM ilgisini artırmada orta düzeyde etkili olduğunu gösteren bir meta-analiz sunmuştur. Ancak, bu etkilerin eğitim düzeyi, bağlam ve uygulama biçimine göre değişiklik gösterdiği anlaşılmaktadır. Sorgulamaya dayalı öğrenme ortamları ve proje tabanlı STEM etkinliklerinin, özellikle kız öğrencilerde, öz güveni ve ilgiyi artırdığı saptanmıştır (Ribeirinha vd., 2024; Zhou vd., 2019). Cinsiyet duyarlı mentorluk ve destekleyici öğrenme ortamlarına maruz kalma da etkili bulunmuştur. Örneğin, White vd. (2021), STEM'de toplumsal cinsiyet ve cinsiyetçilik konularına odaklanan grup içi diyalogların, eleştirel farkındalık kazandırmanın yanı sıra eşitlik savunuculuğu yönünde empati ve motivasyon geliştirdiğini göstermiştir. Sadece kız öğrencilerden oluşan sınıf ortamlarının da özellikle kalıp yargı tehdidinin yüksek olduğu durumlarda koruyucu bir işlev görebileceği görülmektedir. Smith ve White (2025), sosyoekonomik düzeyi düşük bölgelerde tek cinsiyetli okullarda öğrenim gören kız öğrencilerin, karma okullardaki akranlarına kıyasla daha yüksek fen başarıları gösterdiğini ortaya koymuştur.

Güncel araştırma ve uygulamalarda giderek önem kazanan bir diğer yaklaşım ise, toplumsal cinsiyeti diğer kimlik boyutlarıyla birlikte değerlendiren kesişimsel çerçevelerdir. Reznik vd. (2023), Sparks vd. (2023) ile Maloy vd. (2022) tarafından yapılan çalışmalar, STEM alanlarındaki toplumsal cinsiyet eşitsizliklerinin, ırk, sınıf ve cinsel yönelim gibi faktörlerle kesiştiğini ve bu nedenle çok boyutlu, bağlamsal olarak uyarlanmış stratejiler gerektirdiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, ikili cinsiyet anlayışına dayalı analizlerin öğrenci deneyimlerinin çeşitliliğini tam olarak yansıtamadığı eleştirisi yapılmakta; daha kapsayıcı, temsili ve kesişimsel araştırmalara olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

Son olarak, STEM'in tek tip bir alan olarak ele alınmaması gerektiği belirtilmelidir. Katılım oranları ve toplumsal cinsiyet eşitsizlikleri disiplinler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Kadınlar yaşam bilimleri ve sağlıkla ilişkili alanlarda giderek daha fazla temsil edilse de, mühendislik, bilgisayar bilimi ve fizik gibi alanlarda hâlen ciddi bir temsil eksikliği söz konusudur (Corrigan vd., 2023; Pérez-Felkner vd., 2019). Bu içsel disiplin farkları, geniş ölçekli müdahalelerin yetersiz kalabileceğini ve her disipline özgü stratejilerin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Araştırmacılar, STEM alanlarını ayrıştırarak ele almanın, her bir disipline özgü engelleri ve olanakları daha net anlamaya olanak sağladığını ve böylelikle daha hedeflenmiş politika ve eğitim uygulamalarına zemin hazırlayabileceğini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, literatür, STEM eğitiminde toplumsal cinsiyet eşitsizliklerinin toplumsal normlara, kurumsal yapıya ve bireysel psikolojik süreçlere derinlemesine kök saldıığını açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu eşitsizlikler erken yaşta ortaya çıkmakta ve eğitimden işe geçiş sürecine kadar devam etmektedir. Mevcut müdahaleler olumlu sonuçlar üretse de, sürdürülebilir değişim ancak kültürel, bağlamsal ve kesişimsel dinamikleri dikkate alan sistematik çabalarla mümkün olabilir. Bu zorluklarla başa çıkmak için öğretmenleri, politika yapıcılarını, aileleri ve toplumları içeren bütüncül ve koordineli bir yaklaşım gerekmektedir.

3.2 STEM ve Bilgi İşlemsel Düşünme

Bilgi işlemsel düşünme (BİD), başlangıçta yalnızca programlamaya özgü bir beceri olarak ele alınsa da zamanla disiplinler arası bilişsel bir araç hâline gelerek STEM eğitiminin temel yeterliklerinden biri olarak öne çıkmıştır. Literatürde, BİD yalnızca teknik bir yeterlik olarak değil, aynı zamanda bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik bağlamlarında problem çözme, tasarım ve sorgulamayı destekleyen zihinsel bir alışkanlık olarak kavramsallaştırılmaktadır. Swaid (2015), BİD'nin STEM eğitimi içinde evrensel bir tutum olarak gömülmesini ve yükseköğretim müfredatlarının ayrılmaz bir parçası hâline getirilmesini savunmaktadır. Bu yaklaşım, Burbaite vd. (2018) tarafından desteklenmekte; lise düzeyinde STEM temelli bilgisayar bilimi eğitiminin, özellikle Bloom'un yenilenmiş taksonomisiyle uyumlu ve yapılandırılmış öğretim modelleriyle sunulduğunda, BİD yeterliklerini anlamlı şekilde geliştirdiği gösterilmektedir.

Birçok literatür taraması, BİD'nin STEM bağlamında nasıl tanımlandığını, öğretildiğini ve değerlendirildiğini kapsamlı biçimde ele almaktadır. Wang vd. (2022), 55 ampirik çalışmayı sentezledikleri incelemelerinde, BİD'nin çoğunlukla alan-genel tanımlarla ele alındığını, ancak özellikle STEM entegrasyonlarında alan-özel yorumlara yönelik sınırlı ama artan bir eğilim olduğunu ortaya koymuştur. Bulgular, problem temelli öğrenme modellerinin baskın olduğunu ve oyun tasarımı, robotik ve bilgi işlemsel modelleme gibi öğretimsel bağlamların yaygın olarak tercih edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, BİD ve STEM öğrenme çıktılarının nasıl değerlendirildiğine dair önemli farklılıklar bulunduğu ve bütünleştirici ortamlarda eşitlik ve kapsayıcılığı teşvik eden öğretim tasarımlarına yeterince odaklanılmadığı vurgulanmaktadır. Benzer şekilde, Cheng vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen bir meta-analiz, BİD entegrasyonunun STEM öğrenme çıktıları üzerinde büyük ve anlamlı etkiler yarattığını; bu etkilerin müdahale süresi ve "plugged" (teknoloji destekli) ya da "unplugged" (teknolojisiz) etkinlik türlerine göre değiştiğini ortaya koymuştur. Syafei vd. (2023) ise, STEM ve STEAM müdahalelerine odaklanan sistematik incelemelerinde, sanatın dahil edilmesinin yaratıcılık ve tasarım odaklı düşünme bileşenleri sayesinde BİD gelişimini güçlendirdiğini ileri sürmüştür.

Yenilikçi pedagojik yaklaşımlar, BİD'nin STEM'e entegrasyonunda kilit rol oynamaktadır. Ahamad vd. (2024), mobil uygulamalar aracılığıyla fen eğitiminde BİD becerilerini yerleştirmeyi amaçlayan oyun tabanlı bir öğretim çerçevesi önermiştir. Benzer şekilde, Lestari vd. (2025), nehir erozyonu gibi çevresel sorunlar aracılığıyla bilgi işlemsel problem çözmeye odaklanan, araştırma temelli bir STEM müfredatı geliştirmiştir. Bu müdahale, öğrencilerin veri analizi, modelleme ve simülasyon gibi BİD becerilerinde anlamlı gelişmeler sağlamıştır. Kong ve Lao (2017), programlanabilir robotik etkinlikleri kullanarak erken çocukluk eğitiminde sıralama, nedensel çıkarım, koşullu akıl yürütme ve sistem düşünmesini yapılandırılmış şekilde destekleyen bir BİD öğrenme ilerleyişi sunmuştur. Galanti ve Holincheck (2024), öğretmen eğitiminde Model-Çıkarma Etkinliklerinin (MEAs) önemini vurgulamış ve hem "plugged" hem de "unplugged" görevlerin öğretmen adaylarının ısrarcılık, hata ayıklama ve belirsizliğe tolerans gibi becerilerini nasıl geliştirdiğini göstermiştir.

Öğretmen eğitimi ve mesleki gelişim (MG) çalışmaları, STEM eğitimine BİD entegrasyonunun öncelikli bileşenleri arasındadır. Mumcu vd. (2023), 5E öğrenme modelini temel alan bir MG programını incelemiş ve öğretmenlerin veri toplama ve analiz gibi temel BİD öğelerini bütünleştirmede orta düzeyde başarılı olduklarını, ancak otomasyon ve paralelleştirme gibi ileri düzey becerilerde zorlandıklarını ortaya koymuştur. Katılımcılar, disiplinler arası işbirliği ve pedagojik tasarım becerilerinde gelişme bildirmiştir. Slate vd. (2019), içerik ve yöntem derslerine entegre edilen bir öğretmen eğitimi programının, öğretmen adaylarının BİD öğretiminde özgüven ve yeterlik düzeylerini anlamlı biçimde artırdığını belirtmiştir. Dolgopolas ve Dagiene (2024), BİD ve tasarım odaklı düşünmeyi STEM öğretmen eğitiminin çekirdek bileşenleri olarak konumlandıran geliştirilmiş bir TPACK modeli önermiştir. Bu model, özellikle araştırma temelli ve disiplinler arası ortamlarda, matematik ve simülasyon tabanlı yaklaşımların öğretmen eğitimine daha derinlemesine entegre edilmesi gereksinimine yanıt vermektedir.

BİD'nin çeşitli öğrenci gruplarında geliştirilmesine yönelik olarak yürütülen yaygın öğrenme ortamları ve toplumsal erişim girişimleri de umut verici sonuçlar üretmiştir. Gilchrist vd. (2021), BİD ve veri okuryazarlığını ortaokul öğrencilerine tanıtmak için üniversite ortamında yürüttükleri epidemiyoloji temelli bir STEM müfredatı geliştirmiş ve görsel olarak zengin, bağlamsal olarak anlamlı etkinliklerin problem

özme ve matematiksel düşünmeyi geliştirdiğini göstermiştir. Feldhausen vd. (2018), iki farklı STEM sosyal sorumluluk programında öğrencilerin bilgisayar bilimine yönelik öz yeterliklerini ve kavrayışlarını artırdığını ve bu etkinin özellikle yeterince temsil edilmeyen ğrenci gruplarında anlamlı olduğunu bildirmiştir. Li vd. (2025), kırsal lise öğrencileri için geliştirilen Learning by Making (LbyM) girişimi kapsamında nitel açıdan olumlu çıktıları (ör. artan katılım, ğretmen öz yeterliği, yerel bağlamla ilişkilendirme) gözlemlemiştir.

Eşitlik temelli konular da literatürde merkezi bir yer tutmaktadır. González-Gallego vd. (2025), BİD projelerinin ortaöğretime entegrasyonunun, kız ğrencilerin STEM kariyerlerine yönelik ilgilerini artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Vasconcelos vd. (2025), erken çocukluk ğretmen adaylarının, robotik destekli STEM kursuna katılım sonrasında BİD ğretimine ilişkin tutumlarında anlamlı artışlar bildirmiştir. Pewkam ve Chamrat (2022), evrim içi bir STEM ğretmen eğitimi programını değerlendirerek ayırıtırma, soyutlama ve algoritma tasarımı gibi BİD becerilerinde gelişim sağlandığını göstermiştir. Bu alışmalar, ğretmen tutumları, teknik altyapı ve politika uyumunun, BİD'nin ölçeklendirilmesi açısından kritik olduğunu vurgulamaktadır.

Değerlendirme uygulamaları hâlâ gelişmekte olan bir alan olmakla birlikte, bazı çalışmalar önemli katkılar sunmuştur. Özdiñ vd. (2022), "unplugged" programlama etkinliklerinin ğretmen MG ortamlarında BİD değerlendirmesi için nitel gözlemler ve yansıtıcı değerlendirmeler yoluyla nasıl kullanılabileceğini göstermiştir. Wang vd. (2024), tartışma yapılandırmaları ve mekânsal akıl yürütme görevlerinin, ğrencilerin BİD düzeylerini artırırken bilişsel yükü azalttığını gösteren yarı-deneysel bir çalışma yürütmüştür. Chondrogiannis vd. (2021), tarım meslek eğitimi bağlamında ğretmenlerin BİD'yi geliştirmek için deney ve teknoloji temelli problem çözmeye olumlu yaklaştıklarını, ancak yenilikçi pedagojilerin sınırlı biçimde kullanıldığını vurgulamıştır.

BİD'nin disiplinler arası ve disiplinler üstü etkisi, geleneksel STEM alanlarının ötesine uzanan çalışmalarda da açıkça görölmektedir. Pardo (2018), otonom araçlarla ilgili etik ikilemlere yönelik oyun tabanlı simölasyonlar yoluyla, BİD'nin etik karar verme süreçlerinde nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır. Liao vd. (2022), bir sosyal bilim

bağlamında BİD'nin dijital öz yeterlik ve öğrenme doyumu ile birlikte STEM dışı alanlardaki öğrenme deneyimlerini anlamlı biçimde zenginleştirdiğini göstermiştir.

Genel olarak, bu literatür derlemesi, bilgi işlemsel düşünmenin 21. yüzyıl STEM eğitiminin yeniden tasarlanmasında temel bir yapı taşı hâline geldiğini ortaya koymaktadır. BİD yalnızca kodlama veya bilgisayar bilimiyle sınırlı değildir; problem çözme, modelleme, simülasyon ve veri okuryazarlığını disiplinler arası düzeyde destekleyen bilişsel bir çerçevedir. Hem biçimsel hem de yaygın öğrenme ortamlarında gömülü olarak sunulan BİD temelli STEM müfredatları, gerçek dünya uygulamaları ve kapsayıcı öğretim stratejileriyle uyumlu olduğunda olumlu öğrenme çıktıları üretmektedir. Buna karşın, tanım tutarsızlıkları, değerlendirme eksiklikleri ve eşitlik odaklı öğretim tasarımı eksikliği gibi sorunlar devam etmektedir. Bu bağlamda, tüm STEM disiplinleri ve eğitim kademelerine yaygınlaştırılabilir, kapsayıcı ve pedagojik açıdan sağlam BİD entegrasyon modellerinin geliştirilmesine yönelik araştırmalara olan ihtiyaç sürmektedir. Bu tür modeller, öğrencilerin yalnızca teknik açıdan yetkin olmalarını değil, aynı zamanda yaratıcı ve eleştirel düşünebilen bireyler olmalarını da destekleyecektir.

3.3 STEM ve Yaratıcılık

Son yıllarda, STEM eğitimi kapsamında yaratıcı düşünmenin geliştirilmesi, farklı eğitim kademelerinde ve bağlamlarında giderek artan bir önem kazanmıştır. Yaratıcı düşünme, yeni ve değerli fikirler üretebilme becerisi olarak tanımlandığında 21. yüzyılın temel yeterliklerinden biri olarak görülmektedir. Literatürde, araştırmacılar ve eğitimciler, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik öğrenme ortamlarında yaratıcılığı desteklemek amacıyla çeşitli öğretim yaklaşımları, pedagojik çerçeveler ve müfredat yenilikleri üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu çalışmalar, STEM'de yaratıcılığın değeri konusunda genel bir uzlaşmayı yansıtırken, aynı zamanda yaratıcı süreçlerin öğretime etkili biçimde entegre edilmesinin karmaşıklığını da ortaya koymaktadır.

Birçok araştırma, STEM eğitime tasarım odaklı düşünme ve proje tabanlı öğrenmenin entegrasyonunun dönüştürücü potansiyelini vurgulamaktadır. Örneğin, Arifin ve Siew (2023, 2024), sosyo-bilimsel konuların tasarım odaklı düşünmeyle birleştirilmesinin, ortaöğretim öğrencilerinde girişimsel yaratıcılığı anlamlı biçimde

artırdığını göstermektedir. He vd. (2023), tasarım düşünmesi modelinin uygulanmasının öğrencilerin yaratıcı öz yeterliklerini ve durumsal ilgilerini geliştirdiğini bulurken, Elwood ve Jordan (2022), DTAIL gibi tasarım düşünmesi çerçevelerinin öğretim tasarımında yansıtıcı ve yinelemeli öğrenme süreçlerini nasıl desteklediğini göstermiştir. Kuo (2024) ise, üç aşamalı bir STEAM proje tabanlı öğrenme müdahalesinin öğrencilerin farklı düşünme becerilerini, özgünlük düzeylerini ve fikir değerlendirme yetilerini artırdığını bildirmiştir. Bu çalışmalar, tasarım düşünmesinin sorgulama ve yansıtıcı pratiklerle iç içe geçtiğinde yaratıcı düşünmeyi yapılandırılmış fakat esnek bir biçimde desteklediğini ortaya koymaktadır.

Sanat entegrasyonu da STEM eğitimi kapsamında yaratıcılığı destekleyen güçlü bir araç olarak ortaya çıkmış ve geleneksel STEM yaklaşımını STEAM'e dönüştürmüştür. Lindquist vd. (2017), basit makineleri anlamayı derinleştirmek için yaratıcı hareketlerden faydalanırken; Segarra vd. (2018), Burnard vd. (2022) ve Reeve (2019), sanat ile bilimi birbirinden ayrı değil, iç içe geçmiş disiplinler olarak yeniden düşünmeyi önermektedir. Görsel hikâye anlatımı (Mou, 2024), dramatizasyon (Mutlu, 2021) ve bilim temalı tiyatro oyunları (Gillman vd., 2018) gibi yaratıcı pratiklerin öğrenci katılımını ve anlam oluşturmaya artırdığı gösterilmiştir. Monteiro (2025) da, erken çocukluk eğitiminde duygusal olarak duyarlı ve kapsayıcı pedagojilerin öğrencilerin yaratıcı ve işlevsel problem çözme becerilerini artırdığını belirtmiştir. Bu örnekler, farklı yaş ve gelişim düzeylerindeki öğrencilerde yaratıcılığı geliştirmede çoklu duyuşsal etkileşimin önemini vurgulamaktadır.

Literatürde öne çıkan bir diğer tema, öğretmenlerin yaratıcı düşünmeyi modelleme, destekleme ve sürdürme konusundaki rolüdür. Craft vd. (2014), Lasky ve Yoon (2020) ile Pollard vd. (2018), öğretmen inançlarının, tutkularının ve öğrenci perspektiflerini anlama yetilerinin yaratıcı pedagojinin uygulanmasında kritik öneme sahip olduğunu belirtmiştir. Wu vd. (2024), yapısal eşitlik modellemesi yoluyla, öğretmenlerin yaratıcı öz yeterlik ve motivasyon düzeylerinin iş talepleri, destek algısı ve yenilikçi davranışları arasındaki ilişkide aracı rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, yaratıcı STEM öğretiminin yalnızca teknik değil, aynı zamanda duygusal ve ilişkisel bir süreç olduğunu göstermektedir. Murcia vd. (2020), Xanthoudaki ve Blanton (2021) ile Lally ve Sclater (2012) gibi çalışmalar ise öğretmenlerin yaratıcı kapasitelerinin

yansıtıcı, işbirlikçi ve teknolojik olarak desteklenmiş mesleki gelişim programlarıyla geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

STEM bağlamında yaratıcılığın değerlendirilmesi, önemli ancak henüz yeterince gelişmemiş bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Khalil vd. (2023), Wang ve Li (2024) ve Lin vd. (2022) gibi çalışmalar, akıcılık, esneklik ve özgünlük gibi boyutları ölçmek için Torrance Yaratıcı Düşünme Testleri gibi araçlardan özel ölçeklere kadar çeşitli ölçme araçlarını kullanmaktadır. Lin'in Yaratıcılığa Yönelik Aşama-Specific Teknikler Modeli (MCST), özellikle fikir üretimi, değerlendirme ve iyileştirme becerilerini artıran aşamalı bir müfredat önerisi sunmaktadır. Poce vd. (2019) ve Saorín vd. (2017), dijital üretim, tamir ve 3B baskı gibi uygulamalı etkinliklerin, öğrencilerin yaratıcı kapasitelerini anlamlı biçimde artırdığını göstermektedir. Bu çalışmalar, yapılandırılmış öğretim modellerinin, yansıtma ve gözden geçirme fırsatlarıyla birleştirildiğinde, STEM'de yaratıcılığı desteklemede etkili olduğunu göstermektedir.

Bağlamsal ve demografik faktörler (yaş, cinsiyet, başarı düzeyi ve nöroçeşitlilik dahil olmak üzere) STEM'de yaratıcılıkla giderek daha fazla ilişkilendirilmekte ve araştırılmaktadır. Saw vd. (2025), Turner (2022) ve Wingard vd. (2022) gibi çalışmalar, yaratıcı düşünme fırsatlarının öğrenci motivasyonu, kariyer ilgisi ve öz yeterlik üzerindeki etkilerini özellikle kız öğrenciler ve dezavantajlı gruplar için ortaya koymuştur. Koro vd. (2025), nöroçeşitli öğrencilerin dijital-müzikal pedagojiler aracılığıyla yaratıcı bilgi işlemsel düşünmeye nasıl katıldığını inceleyerek bu alana katkı sunmuştur. Bu bulgular, STEM'de yaratıcılığın tek tip bir yapı değil, öğrencilerin kimlikleri, deneyimleri ve eriştikleri öğrenme ortamlarının çeşitliliğinden etkilenen bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır.

Dijital teknolojiler ve sanal ortamlar da yaratıcılık için giderek artan bir şekilde platform olarak kullanılmaktadır. Wannapiroon ve Pimdee (2022), Zhong vd. (2023) ve Behnamnia vd. (2025), sanal sınıflar, kodlama oyuncakları ve dijital hikâye anlatımı araçlarının, özellikle oyunlaştırılmış veya problem temelli bağlamlarda, öğrencilerin yaratıcı düşünme ve yenilikçilik becerilerini desteklediğini göstermektedir. Pinkard vd. (2020), Digital Youth Divas programı kapsamında, kültürel olarak duyarlı, dijital ortamlardaki deneyimlerin öğrencilerin bilgi işlemsel öz algıları ve katılım desenleri

üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, dijital ortamların yaratıcı STEM öğrenimine erişimi artırabileceğini ve yetenek ile ilgi alanlarının farklı biçimlerde ifade edilmesini destekleyebileceğini göstermektedir.

Okul öncesinden yükseköğretime kadar tüm eğitim düzeylerinde ortak bir bulgu ortaya çıkmaktadır: STEM’de yaratıcılık yalnızca arzu edilen bir sonuç değil, anlamlı, kapsayıcı ve geleceğe yönelik öğrenmenin vazgeçilmez bir koşuludur. Kabadayı ve Sönmez (2024), Chen (2023) ve Case (2022) gibi araştırmalar, küçük yaştaki çocukların ve başlangıç seviyesindeki öğrencilerin dahi hayal gücüne dayalı problem çözme ve yansıtıcı sorgulama fırsatlarından büyük ölçüde fayda sağladığını göstermektedir. Ayrıca, yaratıcılık, yalnız başına ortaya çıkan bir beceri değil; iş birliği, eleştirel düşünme ve iletişim gibi diğer 21. yüzyıl yeterlikleriyle yakından ilişkilidir. Norris vd. (2023), Kim vd. (2023) ve Szymanski (2018) gibi çalışmalar, yaratıcılığın ekip çalışması, katılım ve karmaşık problem çözmeyle karşılıklı olarak beslenen bir yapı olduğunu ortaya koymaktadır.

Tüm olumlu gelişmelere rağmen, bazı zorluklar sürmektedir. Han vd. (2022), grup ya da bireysel çalışmanın yaratıcı düşünmeyi desteklemede tek başına üstün olmadığını, bu nedenle dengeli öğretim tasarımlarına ihtiyaç duyulduğunu öne sürmektedir. Maskur vd. (2022) ve Izzah vd. (2023) ise düşük başarı gösteren öğrencilerin yaratıcı STEM yaklaşımlarından daha az fayda sağladığını, bu nedenle farklılaştırılmış desteklerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu pedagojilerin ölçeklenebilirliği ve sürdürülebilirliği, kurumsal bağlılık, öğretmen yetkinliği ve müfredat uyumu gibi faktörlere bağlıdır; bu koşullar ise her bağlamda kolayca sağlanamamaktadır.

Genel olarak, bu geniş kapsamlı literatür STEM eğitime yaratıcı düşünme temelli güçlü bir vizyon sunmaktadır. Dijital hikâye anlatımından tasarım düşünmesine, erken çocukluk robotik etkinliklerinden üniversite seminerlerine, müze temelli tamir atölyelerinden sanal dünyalara kadar birçok farklı bağlamda, araştırmacılar ve eğitimciler, yaratıcılığın öğretilebileceğini, geliştirilebileceğini ve ölçülebileceğini göstermiştir. Ancak bu vizyonun gerçekleşebilmesi için, parça parça müdahalelerin ötesine geçilerek yaratıcılığın sistematik biçimde müfredat tasarımı, öğretmen gelişimi, değerlendirme sistemleri ve politika desteklerine entegre edilmesi gerekmektedir. STEM eğitiminin geleceği, yalnızca öğrencilerin “ne bildiği” değil;

aynı zamanda neyi hayal edebilecekleri, neleri yaratabilecekleri ve dünyayı nasıl dönüştürebilecekleriyle doğrudan ilişkilidir.

Tasarım odaklı düşünme (TOD), STEM eğitiminde yaratıcı düşünmeyi destekleyen güçlü bir pedagojik çerçeve olarak öne çıkmaktadır. Empati kurma, problem tanımlama, fikir üretme, prototipleme ve test etme gibi yinelemeli süreçlere dayanan TOD, öğrencilerin özgün fikirler üretmesini, farklı bakış açıları geliştirmesini ve çözüm odaklı düşünmesini teşvik eder. Bu yaklaşım, yapılandırmacı ve deneyimsel öğrenme kuramlarıyla örtüşerek, bireylerin yaratıcı potansiyellerini harekete geçiren anlamlı öğrenme ortamları sunar. He vd. (2023) ile Arifin ve Siew (2023), TOD ile bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin öğrencilerin yaratıcı öz yeterliklerini ve durumsal ilgilerini geliştirdiğini ortaya koyarken; Wingard vd. (2022) gibi çalışmalar da TOD uygulamalarının özellikle kız öğrencilerde STEM ilgisini ve özgüvenini artırdığını vurgulamaktadır. TOD, yalnızca bireysel yaratıcılığı değil, aynı zamanda iş birliği, empati ve eleştirel düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini bütüncül biçimde desteklemektedir.

Bu bağlamda, TOD'nin yaratıcı düşünmeyi yalnızca desteklemekle kalmayıp, onu sistematik ve yapılandırılmış biçimde geliştirdiği görülmektedir. Elwood ve Jordan (2022), TOD çerçevesinde yansıtıcı ve yinelemeli öğrenme süreçlerinin, öğrencilerin özgünlük düzeylerini ve fikir değerlendirme becerilerini artırdığını belirtirken, Kuo (2024), üç aşamalı TOD tabanlı STEAM projelerinin öğrencilerin yaratıcı düşünme çeşitliliğini derinleştirdiğini göstermiştir. TOD'nin disiplinlerarası doğası, öğretmen adaylarının yaratıcı problem çözme ve öğretim tasarımı becerilerini de geliştirmektedir (Küçükaydın ve Ulum, 2025). Böylece, TOD yalnızca öğrenci merkezli bir öğrenme yöntemi değil; aynı zamanda öğretmen gelişimi, müfredat tasarımı ve yaratıcı değerlendirme süreçlerini besleyen çok yönlü bir dönüşüm aracıdır. TOD ve yaratıcılık arasındaki bu çift yönlü ilişki, STEM eğitiminin geleceğinde inovatif, kapsayıcı ve sürdürülebilir bir vizyonun temellerini atmaktadır.

3.4 STEM Motivasyonu

STEM motivasyonuna yönelik araştırmalar son yirmi yılda önemli ölçüde artış göstermiştir. Bu artış, STEM alanlarında adil erişim, öğrenci katılımı ve uzun vadeli

kariyer sürekliliği gibi konulara yönelik artan endişeleri yansıtmaktadır. Motivasyon; beklenti-değer inançları, öz yeterlik, kimlik, sosyokültürel bağlamlar ve öğretim uygulamaları tarafından etkilenen çok boyutlu bir yapı olarak geniş ölçüde kabul görmektedir.

Araştırmalar, STEM alanında motivasyonel eşitsizliklerin erken yaşlarda başladığını ve toplumsal kalıp yargılarla şekillendiğini sürekli olarak ortaya koymaktadır. Master (2021), toplumsal cinsiyet kalıp yargılarının çocukların yetenek inançları ve aidiyet duyguları üzerindeki etkisini vurgulamakta; bu faktörlerin STEM’e olan ilgilerini etkilediğini ve etkilerin okul öncesi dönemde başlayıp ilerleyen yaşlarda daha belirgin hale geldiğini belirtmektedir. Master vd. (2017) ise altı yaşındaki kız çocuklarının, erkeklerin robotik ve programlamaya daha uygun olduğu yönündeki kalıpları benimsediklerini göstermektedir. Ancak uygulamalı ve kapsayıcı etkinliklere katılım, bu etkileri azaltmakta ve kız çocuklarının öz yeterlik algılarını ile ilgilerini artırmaktadır. Benzer şekilde, Starr (2018) ve Starr ve Leaper (2019), STEM’in “inek dahiler” ile ilişkilendirilmesinin kadınların STEM kimliğini ve motivasyonunu zayıflattığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, dezavantajlı grupların STEM’e katılımını artırmaya yönelik müdahalelerde açık ve örtük kalıp yargıların hedeflenmesinin önemine dikkat çekmektedir.

Sosyokültürel bir bakış açısından, birçok çalışma destekleyici ilişkilerin STEM motivasyonunu beslemede kritik rol oynadığını göstermektedir. Starr ve Leaper (2019), aile ve akran desteğinin kadınların STEM motivasyonu ve kariyer hedeflerini olumlu etkilediğini; buna karşın toplumsal cinsiyet önyargıları olumsuz etkiler yarattığını belirtmektedir. Morales-Chicas vd. (2023) ise Latin kökenli erkek çocukları arasında ailenin temel bir motivasyon kaynağı olduğunu, yapısal eşitsizliklerin bireysel inançlarla nasıl kesiştiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Jumagaliyeva (2024) ve Dökme vd. (2022), sosyokültürel normlara müdahale edilmesini ve kurumsal destek yapılarını geliştirerek kapsayıcı ortamlar oluşturulmasını savunmaktadır.

Diğer çalışmalar öğretmenlerin etkisini ve öğretim tasarımını incelemektedir. Cheng vd. (2020), 3D baskı ve STEM etkinliklerinin öğretmen desteğiyle matematik motivasyonunu artırdığını gösterirken; De Loof vd. (2021), yapılandırılmış ve özerklik

destekleyici öğretim tarzlarının öğrencilerin STEM motivasyonu ve katılımı üzerinde anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Stieha (2024), lisans biyoloji derslerinde kanıta dayalı ve öğrenci merkezli öğretim uygulamalarının içsel motivasyonla güçlü bir biçimde ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Jungert vd. (2020) öğretmen ve ebeveyn coşkusunun öğrenci motivasyonu ve akademik başarısı üzerindeki öngörücü rolünü vurgulamaktadır.

Müdahaleye dayalı birçok çalışma, ders dışı ve informal öğrenme ortamlarının STEM motivasyonunu sürdürme veya artırmadaki önemini ortaya koymaktadır. Stringer vd. (2020) ile Jensen ve Sjaastad (2013), Girls in STEM ve ENT3R gibi programların STEM kimliğini ve motivasyonel inançları güçlendirdiğini göstermektedir. Chittum vd. (2017) tarafından incelenen Studio STEM, öğrencileri gerçek dünya problemlerine dahil ederek daha dirençli bir motivasyon geliştirmiştir. Vennix vd. (2023) ile Hiller ve Kitsantas (2014) da, öğrencilere özerklik, anlamlılık ve özgün deneyimler sağlayan yaygın eğitim ve vatandaş bilimi projelerinin motivasyonel bağlamlar sunduğunu belirtmektedir.

Oyunlaştırma ve dijital öğrenme araçları da motivasyonu artırmada giderek daha büyük rol oynamaktadır. Chen vd. (2023) ile El Mawas vd. (2022), oyunlaştırılmış eğitim robotları ve bilgisayar oyunlarının öğrenme motivasyonu ve yaratıcılığı önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Yahaya vd. (2022) tarafından geliştirilen PRInK modeli, çevresel verileri sanal öğrenmeyle birleştirerek ortaokul öğrencilerinde STEM ilgisini artırmıştır. Benzer şekilde, Ilıc vd. (2024), oyunlaştırılmış öğrenme ve simülasyonların STEM öğreniminde katılım ve motivasyonu güçlendirdiğini belirtmiştir.

Tüm bu gelişmelere rağmen, motivasyondaki eşitsizlikler cinsiyet, sosyoekonomik durum ve coğrafi konum gibi değişkenler açısından sürmektedir. Örneğin, Dönmez vd. (2022) Türkiye’de erkek ve üstün yetenekli öğrencilerin kız öğrencilere göre daha yüksek STEM motivasyonu bildirdiğini; motivasyon düzeyinin ebeveynlerin eğitim düzeyiyle pozitif ilişki gösterdiğini belirtmiştir. Gök (2021), İzmir’de az gelişmiş bölgelerdeki öğrencilerin merkezdekilere göre daha yüksek STEM değerlerine sahip olduğunu; bu durumun bağlamsal ve bölgesel farkları işaret ettiğini ortaya koymuştur. Dere (2024), yapısal eşitlik modeli ile yürüttüğü çalışmada bilimsel tutum, zekâ ve

sosyal desteğin STEM motivasyonunu etkilediğini; rol modellerin ve olumlu öğrenme ortamlarının önemini vurgulamıştır.

Açıksöz vd. (2024) ile Luo vd. (2019) tarafından geliştirilen ölçme araçları, beklenti-değer kuramı ve süreklilik motivasyonu temelli sağlam çerçeveler sunarak STEM motivasyonunun değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu araçlar, müdahalelerin etkililiğini değerlendirme açısından önemli birer rehber işlevi görmektedir. Ayrıca Solanki ve Xu (2018), kadın öğretim elemanlarının öğrenci katılımı ve ilgisinde cinsiyete dayalı farkları azalttığını göstererek, temsil ve rol model olmanın öğrenci motivasyonu üzerindeki etkisini doğrulamaktadır.

Son olarak, Rosenzweig ve Wigfield (2016) ile Achilleos vd. (2019) tarafından yapılan derlemeler, motivasyonel müdahalelerin tasarım, süre ve kuramsal uyum farklılıklarından dolayı bazen karışık sonuçlar verdiğine dikkat çekmektedir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların cinsiyet, yaş ve öğretim tutarlılığı gibi değişkenleri denetlemesi ve müdahaleleri bağlama özgü ihtiyaçlara daha iyi uyarlaması önerilmektedir.

Bu çalışmaların tümü, STEM motivasyonunun kişisel, kültürel ve yapısal faktörlerden etkilenen dinamik bir yapı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, yapısal eşitsizlikleri ele alan, kapsayıcı pedagojileri destekleyen ve bireysel inançlarla aidiyet duygusunu güçlendiren çok boyutlu müdahalelere duyulan ihtiyaç açıkça görülmektedir. Bu unsurların ele alınması, özellikle tarihsel olarak dezavantajlı konumdaki öğrenci grupları arasında STEM alanlarında uzun vadeli katılımın sürdürülebilirliği açısından kritik önem taşımaktadır.

4. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, modeli, çalışma grubu, veri toplama araçları, verilerin toplanması ve veri analizlerine yer verilmiştir

4.1 Araştırmanın Deseni

Bu çalışma, Tasarım Odaklı Düşünme (TOD) yaklaşımıyla gerçekleştirilen STEM uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin bilgi işlemsel düşünme, motivasyon ve yaratıcı düşünme becerileri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma süreci, yarı deneysel desen kullanılarak yürütülmüştür. Deneysel yöntem, bir değişkenin diğer bir değişken üzerindeki etkisini kontrol altında incelemeye olanak tanıyan, bilimsel araştırmalarda sıkça kullanılan bir yaklaşımdır (Büyüköztürk vd., 2008). Deneysel desenler, değişkenler arasındaki farklılıkları ve neden sonuç ilişkilerini ortaya çıkaran araştırma desenleridir (McMillan ve Schumacher, 2010). Bu çalışmada, deneysel desenlerden yarı deneysel desen tercih edilmiştir. Yarı deneysel desen, katılımcıların gruplara tamamen rastgele atanmasının mümkün olmadığı; ancak yine de bağımsız değişkenin etkisinin ölçülmek istendiği durumlar için kullanılan güçlü araştırma desenlerinden biridir (Creswell, 2012). Eğitim araştırmalarının doğası gereği yansız atama yapılması oldukça zor olduğu için yarı deneysel desenler sıklıkla kullanılmaktadır (McMillan ve Schumacher, 2010). Bu yaklaşım, gerçek sınıf ortamlarında müdahale temelli uygulamaların etkililiğini test etme fırsatı sunar. Araştırmada bağımsız değişken olarak Tasarım Odaklı Düşünme yaklaşımıyla geliştirilen STEM uygulamaları belirlenmiştir. Bağımlı değişkenler ise öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme, STEM motivasyonu ve yaratıcı düşünme becerileri olarak tanımlanmıştır. Bu değişkenler arasındaki ilişki, deney ve kontrol gruplarından elde edilen veriler aracılığıyla analiz edilmiştir.

4.2 Çalışma Grubu

Bu araştırmada, tasarım odaklı düşünme yaklaşımı ile geliştirilen STEM uygulamalarının, ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin bilgi işlemsel düşünme, yaratıcı düşünme ve fen bilimleri dersine yönelik motivasyon düzeylerine etkisini incelemek

amacıyla uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sürecinde pilot uygulama ve asıl uygulama için iki farklı çalışma grubu oluşturulmuştur. Çalışma grubunun belirlenmesinde deneklere erişebilme kolaylığı, okulda 7. sınıf seviyesinde iki farklı şubesinin olması ve Matematik ve Bilim Uygulamaları dersi ya da benzeri disiplinlerarası uygulamaların bulunması göz önünde bulundurulmuştur.

Bu kapsamda pilot uygulama için 37 asıl uygulama için 74 Ortaokul 7. sınıf öğrencisi ile belirlenmiştir. Ancak öğrencilerin sınıflardan ayrılması durumundan dolayı (başka okula nakil vb.) 70 katılımcı ile uygulama tamamlanmıştır. Bu noktada son teste katılmayan öğrencilerin verileri analiz dosyasından çıkarılmıştır. Katılımcılara ilişkin bilgiler Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Çalışma Grupları

Gruplar	Cinsiyet		Toplam
	Kız	Erkek	
Pilot Çalışma Grubu	18	19	37
Deney Grubu	17	18	35
Kontrol Grubu	17	18	35

Tablo 4.1. incelendiğinde pilot çalışmaya katılan 37 öğrenci için erkek ve kız grupların benzer dağıldığı görülmektedir. Bunun yanında grup fen bilimleri başarı puanı ortalaması $\bar{X}=85,6$ ’dır. Asıl uygulamada ise deney grubu 17 kız ve 18 erkekten oluşurken kontrol grubu da aynı şekildedir. Fen bilimleri başarı puanlarına bakıldığında ise deney grubunun $\bar{X}=84,45$ ortalaması varken kontrol grubunun $\bar{X}=84,94$ ’tür. Bu noktada grupların eş değer olduğu görülmektedir.

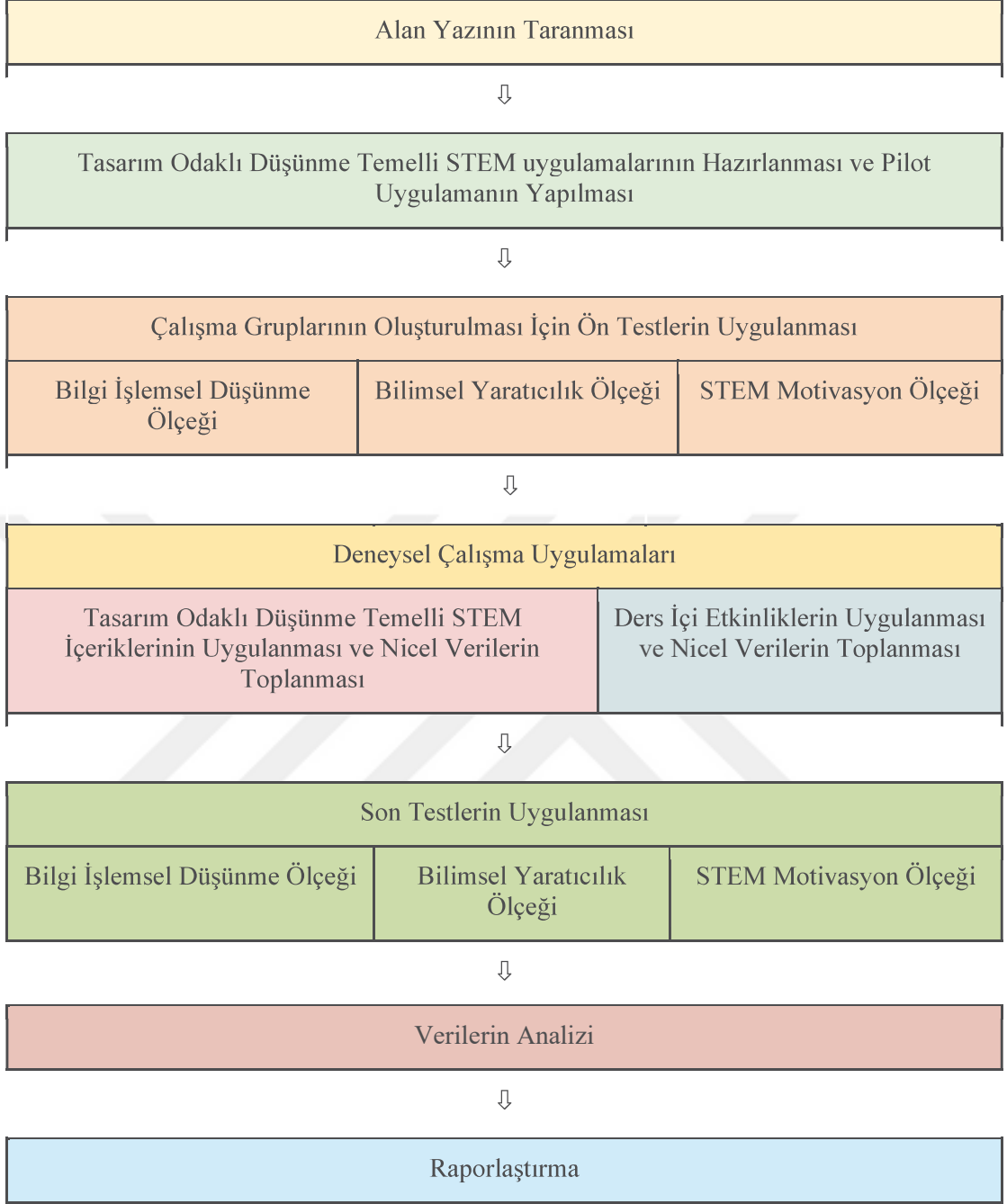
4.3 Araştırma süreci

Bu araştırmada kullanılan yarı deneysel desenin kullanımına yönelik süreç Şekil 4.1.’de verilmiştir. Araştırma süreci ilk olarak alan yazın taramasını içermektedir. Bu süreçte uygulanacak etkinliklere yönelik içeriklerin alan yazın bağlamında incelenmesi yapılmıştır. Araştırmanın başlangıcında hem TOD yaklaşımı hem de STEM eğitimi konularında kapsamlı bir ulusal ve uluslararası literatür taraması

gerçekleştirilmiştir. Alan yazın taraması aşamasını TOD temelli STEM etkinliklerinin hazırlanması ve ölçeklerin ve etkinliklerin pilot uygulamalarının yapılması takip etmiştir. Literatür taraması sonucu TOD etkinliklerin bağlamına ilişkin elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir:

- TOD yaklaşımı, öğrencilerin empati kurma, problem tanımlama, fikir üretme, prototipleme ve test etme süreçlerinde aktif rol almalarını teşvik etmesi ve özellikle çözüm odaklı öğrenme ortamlarının oluşturulmasında katkılar sunmalıdır (Brown, 2009; Goldman vd., 2014).
- STEM eğitiminin, motivasyon (Leaper ve Starr, 2019; Morales-Chicas vd., 2023), BİD (Leonard vd., 2016; Sen vd., 2021; Troiano vd., 2019), problem çözme, yaratıcılık, eleştirel düşünme ve iş birliği gibi 21. yüzyıl becerileri üzerindeki olumlu etkileri (Ho, 2025; Wingard vd., 2022, Yalçın, 2024) göz önünde bulundurulmalıdır.

Elde edilen kuramsal ve uygulamalı bilgiler, etkinliklerin tasarım sürecinde yol gösterici olmuştur. Bu süreçte, öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden, disiplinler arası ilişkilere dayalı ve özgün ürün ortaya koymaya yönlendiren etkinlik örneklerinden yararlanılmıştır. Sonraki aşamada deney öncesi ön testlerin uygulanması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamayı takiben 8 haftalık öğretim süreci (deney ve kontrol gruplarında) yer almıştır. Müdahalelerin ardından son test uygulamaları yapılmış ve verilerin analizi sonrasında, bulguların raporlaştırılması yer almıştır.



Şekil 4.1 Araştırma Süreci

4.4 Uygulama Süreci

Tablo 4.2’de deney ve kontrol gruplarına ilişkin uygulama süreçleri yer almaktadır. Uygulama süreci 2024-2025 Eğitim Öğretim yılı güz döneminde 7. sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Uygulamalar MEB ortaokullarında okutulan Bilim Uygulamaları dersi haftada 2 ders ve her ders 45 dakika kapsamında gerçekleştirilmiştir. Tablo incelendiğinde toplam uygulama sürecinin 10 hafta sürdüğü görülmektedir. Yarı

deneysel uygulama sürecinde kontrol grubuna bilim uygulamaları dersi müfredatı uygulanmıştır. Deney grubuna ise araştırmacı tarafından geliştirilmiş TOD yaklaşımı ile yapılandırılmış STEM uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Deney grubu uygulama sürecinde kullanılan etkinlikler için ilgili alan yazın dâhilinde taranmış, aday etkinlikler belirlenmiş ve uzman görüşlerine de başvurularak 8 etkinliğe karar verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, TOD yaklaşımı ile yapılandırılmış STEM uygulamaları toplamda 10 haftalık bir süreçte yürütülmüştür. Uygulamanın ilk haftasında, katılımcılara yönelik ön testler uygulanmış ve TOD-STEM yaklaşımı hakkında genel bilgilendirme yapılmıştır. Takip eden 8 hafta boyunca uygulamalar, ortaokul fen bilimleri ders saatinde “Bilim Uygulamaları” dersi çatısı altında gerçekleştirilmiştir. Sürecin son haftasında ise son testler uygulanarak öğrencilerin gelişimleri değerlendirilmiştir.

2. ve 9. haftalar arasında gerçekleştirilen uygulamalar, Tasarım Odaklı Düşünme (TOD) yaklaşımının temel adımlarına uygun şekilde yapılandırılmıştır. Öğrenciler her hafta, gerçek yaşamdan alınmış bir problem durumunu empati kurarak analiz etmiş; problemi tanımlamış, çözüm önerileri üretmiş, fikirlerini prototiplemiş ve test ederek değerlendirme süreçlerini yürütmüştür. Bu uygulama dizisi boyunca öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, yaratıcılıkları ve problem çözme yaklaşımları desteklenmiş; STEM alanlarına yönelik ilgi ve motivasyonlarının gelişimi hedeflenmiştir.

1. Hafta – Ön Testlerin Uygulanması ve Bilgilendirme

Bu haftada, uygulamaya katılan öğrencilere yönelik olarak bilgi işlemsel düşünme becerileri, bilimsel yaratıcılık düzeyleri ve STEM motivasyonları üzerine odaklanan ön testler uygulanmıştır. Bu ölçme araçları sayesinde, öğrencilerin başlangıç düzeydeki düşünme stratejileri, yaratıcı problem çözme eğilimleri ve STEM motivasyonları belirlenmiştir. Ardından, öğrencilere Tasarım Odaklı Düşünme (TOD) yaklaşımı hakkında genel bir bilgilendirme yapılmıştır. Bu kapsamda empati kurma, problemi tanımlama, fikir üretme, prototipleme ve test etme aşamaları tanıtılmış; bu sürecin bilimsel süreç becerileri ile nasıl bütünleştiği açıklanmıştır. Ayrıca STEM yaklaşımının disiplinler arası yapısı, günlük yaşamla ilişkisi ve gerçek dünya

problemlerine çözüm üretmedeki önemi öğrencilere örneklerle aktarılmıştır. Bu hafta, hem ölçme değerlendirme süreciyle hem de kuramsal bilgilendirme ile öğrencilerin uygulama sürecine hazırlıklı ve motive şekilde başlamalarını amaçlamıştır.

2. Hafta – Hayvan Barınağı / Kuş Evi Tasarımı

İlk haftada, öğrencilere yönelik ön testler uygulanarak başlangıç düzeyleri belirlenmiştir. Ardından, hayvanların yaşam ortamları ve korunma gereksinimleri üzerine düşünerek empati geliştirilmiştir. Çevrelerinde barınmaya ihtiyaç duyan hayvanlar tartışılmış, problemler tanımlanmıştır. İkinci derste öğrenciler, kuşlar için barınak oluşturma fikrinden yola çıkarak çeşitli tasarım önerileri sunmuş; karton, ahşap parçalar ve doğal malzemeler kullanarak kuş evi prototipleri oluşturmuştur. Hazırlanan yapılar okul bahçesindeki ağaçlara asılarak test edilmiştir.



Şekil 4.2 Hayvan Barınağı Etkinliğine İlişkin Görseller

3. Hafta – Rüzgar Türbini Tasarımı

Öğrenciler, yenilenebilir enerji kaynakları ve özellikle rüzgar enerjisinin önemi hakkında bilgilendirilmiştir. Rüzgar türbinlerinin enerji üretimindeki rolü ve çalışma prensipleri tartışılmıştır. Ardından, farklı pervane kanat tasarımlarının enerji verimliliği üzerindeki etkisi üzerine fikirler üretilmiş ve karton bardak, pipet gibi malzemelerle türbin prototipleri hazırlanmıştır. Saç kurutma makinesi ile testler yapılarak tasarımların performansı değerlendirilmiştir.



Şekil 4.3 Rüzgar Türbini Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

4. Hafta – Sokak Lambası Tasarımı

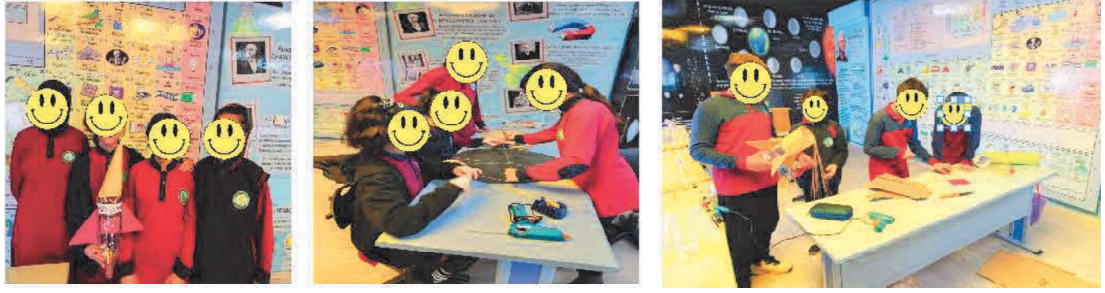
Bu hafta, güvenli şehir yaşamı ve sokak aydınlatmasının önemi üzerine odaklanılmıştır. Işık kirliliğinin canlılara ve gökyüzü gözlemine etkileri tartışılmış, öğrenciler empati kurarak gece görüşüne ihtiyaç duyan bireyleri düşünmüştür. İkinci ders saatinde, sensörlü LED sistemleri kullanılarak sokak lambası prototipleri hazırlanmış ve ortam karardığında otomatik olarak yanacak şekilde devre kurulumu yapılmıştır. Işık şiddeti ölçerlerle testler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4 Sokak Lambası Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

5. Hafta – Havacılık ve Uzay: Roketimi Tasarlıyorum

Öğrenciler, uzay araçlarının yapıları ve görevleri hakkında bilgilendirilmiştir. Uzay keşfinin önemi üzerine tartışmalar yapılmış ve öğrenciler, en yükseğe çıkabilecek ve en uzun süre havada kalabilecek roket tasarımı üzerinde fikir yürütmüştür. PET şişelerden gövde, çöp poşetinden paraşüt parçaları kullanılarak roket prototipleri oluşturulmuş; su ve hava basıncıyla çalışan fırlatma rampası aracılığıyla deneysel fırlatmalar yapılmıştır.



Şekil 4.5 Roket Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

6. Hafta – Mars Aracı Tasarımı

Mars gezegeninin yüzey koşulları, sıcaklık, yerçekimi ve zemin yapısı gibi faktörler öğrencilere tanıtılmıştır. Öğrenciler, bu çevresel şartlara uygun keşif araçları için empati kurarak tasarım problemleri belirlemiştir. İkinci ders saatinde tekerlekli ve sürtünmeli yüzeylerde hareket edebilecek motorlu keşif aracı prototipleri hazırlanmıştır. Prototipler zemin üzerinde test edilerek iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 4.6 Mars Aracı Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

7. Hafta – Biyomimikri: Güneş Enerjili Oyuncak Böcek

Doğadaki canlılardan ilham alarak teknoloji geliştirme fikri olan biyomimikri öğrencilerle tartışılmıştır. Güneş enerjisiyle çalışan canlı sistemlerden esinlenerek, öğrenciler casus böcek benzeri bir model geliştirme fikri üzerinde çalışmıştır. İkinci derste güneş pili, motor ve çeşitli dekoratif malzemeler kullanılarak oyuncak böcek prototipleri hazırlanmış ve güneş altında hareket ettirilerek test edilmiştir.



Şekil 4.7 Güneş Böceği Etkinliğine İlişkin Görseller

8. Hafta – Kulemi Tasarlıyorum

Depreme ve rüzgara dayanıklı yapıların mühendislik özellikleri tartışılmış; sağlamlık, yük dağılımı ve esneklik kavramları üzerinden empati geliştirilmiştir. Öğrenciler, uzun ve sağlam kuleler tasarlama hedefiyle fikirler üretmiştir. Çubuk makarna ve marshmallow kullanarak kule prototipleri oluşturulmuş, ağırlık ve darbe dayanımı test edilmiştir.



Şekil 4.8 Kule Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

9. Hafta – Güvenli Kask

Bu haftada baş yaralanmalarının önlenmesi ve kask kullanımının önemi üzerine empati çalışmaları yapılmıştır. Öğrenciler, çeşitli günlük yaşam kazalarını örneklerle tartışarak korunma yöntemlerini değerlendirmiştir. İkinci ders saatinde ise köpük, karton, sünger ve balon gibi malzemelerle koruyucu başlık tasarımları gerçekleştirilmiş, yumurta koruma testi uygulanmıştır. Bir öğrenci üzerinde denemeler yapılarak tasarımların işlevselliği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9 Güvenli Kask Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

10. Hafta – Son Test ve Değerlendirme

Son haftada, öğrencilere uygulama süreci boyunca edindikleri kazanımları değerlendirmek amacıyla son testler uygulanmıştır. Bu testler aracılığıyla öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, yaratıcılıkları ve problem çözme yeteneklerindeki gelişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, öğrenciler uygulamalar hakkındaki görüşlerini paylaşarak sürece yönelik dönütlerde bulunmuşlardır. Kontrol grubuna yönelik gerçekleştirilen STEM etkinliklerine ilişkin uygulama süreci aşağıda sunulmuştur.

Tablo 4.2 Deney ve kontrol grubu uygulama süreçleri

Hafta	Deney Grubu Etkinlik	Kontrol Grubu Etkinlik
1	Hayvan Barınağı	Roket Tasarımı
2	Rüzgar Türbini Tasarımı	Uçak Modeli Tasarımı
3	Sokak lambası tasarımı	Ressam Karalama Robotu
4	Havacılık ve Uzay Roketimi Tasarlıyorum	Biyomekanik El Modeli
5	Mars aracı tasarlama	Ulaşım Aracı Tasarımı
6	Biyomimikri-Güneş enerjisi	Periskop Tasarımı
7	Kulemi tasarlıyorum	Mancınık Tasarımı
8	Güvenli Kask	Newton Renk Çarkı

1. Hafta – Ön Test ve Bilgilendirme

Bu haftada öğrencilere yönelik ön test uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Özellikle bilgi işlemsel düşünme, bilimsel yaratıcılık ve STEM motivasyonu alanlarında hazırlanmış ölçme araçları kullanılarak öğrencilerin başlangıç düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın genel çerçevesi hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Öğrencilere STEM uygulamalarının amacı, disiplinler arası yapısı ve günlük yaşamla ilişkisi anlatılmıştır. Sürecin başlangıcında öğrencilerin düşünme becerileri, problem çözme eğilimleri ve STEM'e yönelik tutumları ölçülerek uygulamalara hazırlanmaları sağlanmıştır.

2. Hafta – Roket Tasarımı

Öğrencilere roketlerin çalışma prensipleri ve Newton'un hareket yasaları anlatılmıştır. Gruplar oluşturulmuş, roket şablonları dağıtılmış, gerekli malzemeler seçilmiş ve öğrenciler modellerini boyamıştır. İkinci derste roketler kesilip monte edilmiştir. Kalın pipet roketin arka kısmına yapıştırılmış, ince pipet yardımıyla fırlatılmış ve gözlemler sınıfla paylaşılmıştır.

3. Hafta – Uçak Modeli Tasarımı

Aerodinamik yapılar ve uçuş prensipleri üzerine tartışmalar yapılmıştır. Karton, pipet ve ataç kullanılarak model çizimi ve kesimi gerçekleştirilmiştir. Uçuş denemeleri yapılmış; performansı etkileyen faktörler tartışılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

4. Hafta – Ressam Karalama Robotu

Çizim robotlarının çalışma mantığı, DC motor ve elektrik devresi kavramları anlatılmıştır. Öğrenciler kendi robotlarını hazırlamış, robotlar çalıştırılmış ve titreşimle çizim yapma süreci gözlemlenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 4.10 Ressam Karalama Robotu Etkinliğine İlişkin Görseller

5. Hafta – Biyomekanik El Modeli

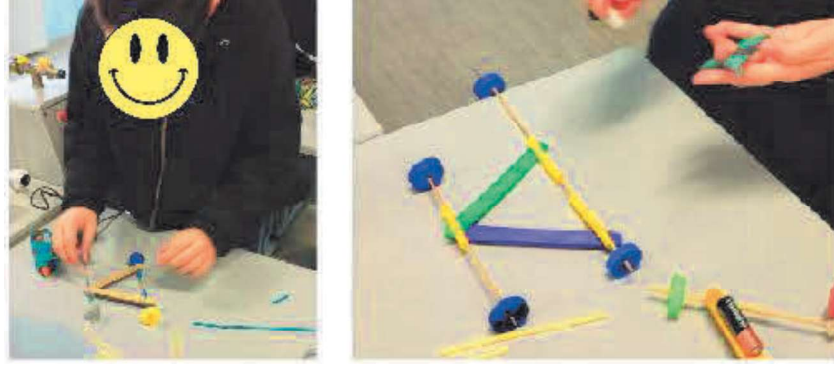
İnsan elinin yapısı ve hareket mekanizması incelenmiş, karton, ip ve pipet kullanılarak el modeli tasarlanmıştır. Parmak hareketleri test edilmiş ve model üzerinde iyileştirmeler yapılmıştır.



Şekil 4.11 Biyomekanik El Modeli Etkinliğine İlişkin Görseller

6. Hafta – Ulaşım Aracı Tasarımı

Hava ve su direnci kavramları öğrencilere açıklanmış, bu dirençlerin hareketli nesneler üzerindeki etkileri örneklerle gösterilmiştir. PET şişe, kapak ve karton kullanılarak araç tasarımı yapılmış ve sürtünme etkileri test edilmiştir. Elde edilen bulgular tartışılmıştır.



Şekil 4.12 Ulaşım Aracı Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

7. Hafta – Periskop Tasarımı

Yansıma kuralları ve ayna çeşitleri hakkında bilgi verilmiş, karton ve ayna kullanılarak periskop şablonları oluşturulmuştur. Görsel testler yapılmış ve periskopun kullanım alanları üzerine tartışmalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.13 Periskop Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

8. Hafta – Mancınık Tasarımı

Kuvvet ve enerji türleri öğrencilere açıklanmış, çubuk, kaşık ve lastik gibi malzemelerle mancınık tasarımları gerçekleştirilmiştir. Atış denemeleri yapılmış, enerji dönüşümü gözlemlenmiş ve sonuçlar birlikte değerlendirilmiştir.



Şekil 4.14 Mancınık Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

9. Hafta – Newton Renk Çarkı

Renklerin ışıkla oluşumu, ana ve ara renklerin birleşimi hakkında bilgiler verilmiştir. Kartondan daireler hazırlanmış, dilimlere ayrılarak renklendirilmiş ve kesilerek çark oluşturulmuştur. Kurşun kalemle döndürülen çarkta beyaz ışık gözlemlenmiş, deney sonuçları yorumlanmıştır.



Şekil 4.15 Newton Çarkı Tasarımı Etkinliğine İlişkin Görseller

10. Hafta – Son Test Uygulamaları

Uygulamanın sonunda, öğrencilere yönelik son testler uygulanarak bilgi işlemsel düşünme, bilimsel yaratıcılık ve STEM motivasyonları açısından gelişimleri değerlendirilmiştir. Öğrencilerin süreç boyunca edindikleri kazanımlar analiz edilmiş, uygulamaya ilişkin görüşleri alınmış ve genel bir değerlendirme yapılmıştır.

4.5 TOD Temelli STEM Etkinlikleri Geliştirme Süreci

Araştırma sürecinde kullanılacak ve uzman görüşüne sunulan etkinlikler aşağıda belirtilmiştir. Etkinliklerin geliştirilmesi sürecinde alan yazından yola çıkılarak tasarım odaklı STEM uygulamaları için özgün etkinlikler geliştirilmiştir. Geliştirilen etkinliklerde tasarım odaklı düşünme döngüsüne yönelik işlem basamakları STEM yaklaşımından yola çıkılarak düzenlenmiştir. Bu noktada bireyin hem tasarım odaklı düşünmeyi hem de STEM uygulamalarını kullanarak günlük hayattaki problemlerine çözüm bulmaları hedeflenmektedir. Araştırma sürecinde, *Tasarım Odaklı Düşünme yaklaşımı* çerçevesinde 10 farklı STEM etkinliği tasarlanmıştır. Her bir etkinlik, öğrencilerin *empati kurma, problem tanımlama, fikir üretme, prototip geliştirme ve test etme* gibi temel aşamalardan geçmesini sağlamayı amaçlamıştır. Örneğin, bir etkinlikte öğrencilerden, "geri dönüşüm malzemeleri kullanarak çevre dostu bir taşıma aracı tasarlamaları" istenmiştir. Bu süreçte öğrenciler hem teknik bilgi hem de yaratıcı çözümler geliştirmek için birlikte çalışmışlardır. Etkinlikler, problem çözme süreçlerini kolaylaştırmak ve öğrencilerin yaratıcılıklarını artırmak için yapılandırılmıştır.

Mühendislik tasarım döngüsü ve TOD, her ikisi de yaratıcı problem çözme süreçlerine dayansa da amaç, odak ve süreç açısından belirgin farklılıklar taşımaktadır. Mühendislik tasarım döngüsü, genellikle ürün odaklı, teknik bir problemi çözmeye yönelik olarak tanımlanmış aşamalı bir süreçtir; bu süreç ihtiyaçların belirlenmesi, çözüm fikirlerinin geliştirilmesi, prototipleme, test etme ve iyileştirme gibi adımları içerir (Öztürk, 2020). Bu yaklaşım, işlevsellik ve verimlilik gibi teknik ölçütlere odaklanırken, tasarım odaklı düşünme daha çok kullanıcı ihtiyaçlarını ve deneyimlerini merkeze alır. Tasarım odaklı düşünme süreci, empati kurma, problemi tanımlama, fikir üretme, prototipleme ve test etme adımlarından oluşur (Brown, 2009) ve kullanıcıya duyarlılık ile yenilikçiliği ön planda tutar. Dolayısıyla mühendislik tasarım döngüsü daha teknik ve rasyonel bir yaklaşım sunarken, tasarım odaklı düşünme empati temelli, insan odaklı ve çokdisiplinli bir yaratıcılık süreci olarak öne çıkar (Razzouk & Shute, 2012).

TOD temelli STEM etkinlikleri disiplinlerarası bir yaklaşım gerektirmekte ve problem çözme süreçlerini desteklemektedir. Bu doğrultuda, etkinliklerin yapılandırılmasında etkinliklerin bilimsel süreç becerileri, yaratıcı ve algoritmik düşünme, mühendislik döngüsü kullanımı gibi tasarım odaklı düşünme ile doğrudan ilişkili olan temel unsurları kapsayacak unsurlar belirlenmiştir. Bu bağlamda geliştirilen etkinliklerde yer alması hedeflenen özellikler bilimsel süreç becerilerini kazandırmayı sağlamaları, yaratıcı düşünme becerisini kazandırmayı sağlamaları, algoritmik düşünme becerisini kazandırmayı sağlamaları, mühendislik döngüsünü kullanmaya yönelik bireye katkı sağlamaları, günlük yaşam problemlerine yönelik farkındalık sağlamaları, model oluşturma ve tasarım yapmayı sağlamak, kazanımların edinilmesine olanak sağlamaları, disiplinlerarası becerileri kullanmaya katkı sağlamaları olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle, etkinliklerin günlük yaşam problemlerine yönelik farkındalık kazandırması ve model oluşturma gibi süreçlere olanak sağlaması, öğrencilerin problem tanımlama ve çözüm üretme aşamalarında tasarım odaklı bir yaklaşım geliştirmelerine katkı sunmaktadır. Bunun yanı sıra, robotik ve kodlama becerileri ile teknolojinin entegrasyonunu destekleyen unsurlar, STEM eğitiminin teknolojik boyutunu güçlendirmekte ve öğrencilerin disiplinlerarası bir bakış açısı kazanmalarını sağlamaktadır. Bu kriterler, etkinliklerin tasarım odaklı düşünme becerilerini geliştirme amacını desteklerken, STEM eğitime yönelik bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Bu maddeler alan yazın taranarak belirlenmiştir. Bu hedef ölçütler etkinliklere yönelik uzman değerlendirmelerinde de temel unsurlar olarak ele alınmıştır. Uzmanlar belirlenirken, Fen Eğitiminde lisansüstü eğitimlerini tamamlamış ve STEM konularında akademik çalışmalara sahip olmaları ölçüt olarak kullanılmıştır. Tablo 4.3'te uzmanların tasarlanan etkinliklere ilişkin değerlendirmelerine yer verilmiştir. Hazırlanan tüm dinleme metinleri için kapsam geçerlilik oranı (KGO) ve indeksi (KGİ) hesaplanmıştır. KGO, -1 (mutlak red) ile +1 (mutlak kabul) arasında bir değere sahiptir. Uzmanların tamamı ölçekteki herhangi bir maddeyi “Uygun” olarak derecelendirirse o maddenin KGO değeri 1 olur. Ancak hata payı veya şans eseri olabilme göz önüne alınarak bu değer 0,99 kabul edilmiştir. Bu durumda katılımcıların yarısından fazlası ölçekteki herhangi bir maddeyi “Uygun” olarak derecelendirirse KGO 0 ile 0,99 arası bir değer alacaktır. KGO eşitliğine göre; uzmanların yarısı ölçekteki maddeye ilişkin “Uygun” şeklinde görüş bildirdiklerinde KGO=0, yarısından fazlası “Uygun” şeklinde görüş bildirmiş ise KGO>0 ve uzmanların

yarısından azı “Uygun” şeklinde görüş bildirmiş ise $KGO < 0$ olacaktır. Eğer KGO oranı 0 (sıfır) veya negatif (sıfırdan küçük) değer alıyorsa bu şekilde bir değere sahip maddenin kapsam geçerliliği yoktur. Dolayısıyla ölçekteki bu maddeler doğrudan elenir (Ayre ve Scally 2014).

Tablo 4.3 Uzman Görüşü Sonuçları

Etkinlik	Ölçütler	F 1	F2	F3	F4	F5
Hayvan	Uygun	7	10	8	9	6
Barınağı	Düzeltilmeli	2	0	2	1	4
Tasarımı	Uygun Değil	1	0	0		0
	Kapsam geçerlilik oranı	0,70	1,00	0,80	0,90	0,60
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,80				
Hava	Uygun	9	10	10	9	8
Kirliliğini	Düzeltilmeli	1	0	0	1	2
Ölçelim	Uygun Değil	0	0	0	0	0
	Kapsam geçerlilik oranı	0,90	1,00	1,00	0,9	0,8
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,92				
Rüzgar	Uygun	8	9	6	10	10
Türbini	Düzeltilmeli	1	1	2	0	0
Tasarımı	Uygun Değil	1	0	2	0	0
	Kapsam geçerlilik oranı	0,80	0,90	0,60	1,00	1,00
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,86				
Uzay	Uygun	10	9	8	10	10
roketimi	Düzeltilmeli	0	1	2	0	0
tasarlıyorum	Uygun Değil	0	0	0	0	0
	Kapsam geçerlilik oranı	1,00	0,90	0,80	1,00	1,00
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,94				
Mars aracı	Uygun	9	9	8	10	9
tasarlama	Düzeltilmeli	1	1	2	0	0
	Uygun Değil	0	0	0	0	1
	Kapsam geçerlilik oranı	0,90	0,90	0,80	1,00	0,90
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,90				

Tablo 4.3'ün Devamı

Etkinlik	Ölçütler	F 1	F2	F3	F4	F5
Biyomimikri- Güneş enerjisi	Uygun	8	9	9	9	10
	Düzeltilmeli	1	1	1	1	0
	Uygun Değil	1	0	0	0	0
	Kapsam geçerlilik oranı	0,80	0,90	0,90	0,90	1,00
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,90				
Kulemi tasarlıyorum	Uygun	8	9	8	8	10
	Düzeltilmeli	1	1	1	2	0
	Uygun Değil	1	0	1	0	0
	Kapsam geçerlilik oranı	0,80	0,90	0,80	0,80	1,00
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,86				
Güvenli Kask	Uygun	9	9	7	6	10
	Düzeltilmeli	1	1	2	2	0
	Uygun Değil	0	0	1	2	0
	Kapsam geçerlilik oranı	0,90	0,90	0,70	0,60	1,00
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,86				
Akıllı çöp kutusu	Uygun	9	9	10	10	8
	Düzeltilmeli	1	1	0	0	2
	Uygun Değil	0	0	0	0	0
	Kapsam geçerlilik oranı	0,90	0,90	1,00	1,00	0,80
	Kapsam geçerlilik indeksi	0,92				

Tablo incelendiğinde etkinliklerin kapsam geçerlilik indeksleri 0,82 ile 0,94 aralığındadır. Bu noktada uzmanlar tarafından 10 etkinlik için verilen düzeltmeler gerçekleştirilmiştir. Etkinlik geliştirme sürecinde yapılan iyileştirme aşağıda verilen örnek üzerinde açıklanacaktır.

Hayvan barınağı etkinliği kapsamında uzman görüşleri doğrultusunda çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Birinci uzman, etkinliğin "Robotik ve kodlama becerisine katkı sağlar" maddesi açısından uygun olmadığını belirtmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, etkinliğin robotik kodlamaya uygun hale getirilmesi amacıyla ders

sürecine sensörler yardımıyla ölçüm yapma uygulamaları eklenmiştir. Bu düzenleme, katılımcıların robotik teknolojilerle tanışmasını sağlamakla birlikte STEM etkinlikleri için önemli bir bileşen olan teknolojik becerilerin kazandırılmasını desteklemektedir.

Bununla birlikte, "Teknolojinin entegrasyonunu kolaylaştırır" maddesi için verilen düzeltme doğrultusunda etkinliğe robotik uygulamalar dâhil edilmiştir. Bu kapsamda, öğrencilerin robotik teknolojileri kullanarak hayvan barınağındaki sorunlara yönelik yaratıcı çözümler üretmeleri hedeflenmiştir. Bu yenilik, etkinliğin teknolojik entegrasyon seviyesini artırırken katılımcılara daha kapsamlı bir öğrenme deneyimi sunmuştur.

Bir diğer düzeltme ise "Yaratıcı düşünme becerisini kazandırmayı sağlar" maddesi ile ilgili olmuştur. Uzman görüşü doğrultusunda, yaş grubunun bireysel yetenekleri dikkate alınarak sabit model tercih edilmiştir. Bunun temel nedeni, yaş grubunun soyut düşünme ve özgün tasarım becerilerinde karşılaşabileceği zorlukların önüne geçmektir. Ancak yaratıcılığı artırmak ve bireysel farklılıkları desteklemek amacıyla, etkinliğe "ortama uyum sağlayacak şekilde kamuflaj yapma" bölümü eklenmiştir. Bu düzenleme, katılımcıların çevresel faktörleri göz önünde bulundurarak estetik ve işlevsel tasarımlar geliştirmelerine olanak sağlamıştır.

Bu değişiklikler, etkinliğin belirlenen kriterlere uyumunu artırmış ve katılımcılara daha nitelikli bir öğrenme ortamı sunmuştur. Ayrıca, uzman görüşlerinin etkinlik süreçlerine entegre edilmesi, uygulamanın pedagojik ve teknolojik açıdan daha güçlü bir yapıya kavuşmasını sağlamıştır.

Uzman değerlendirmeleri sonucu son hali verilen etkinliklerin eşleştiği program çıktıları Tablo 4.4'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde etkinliklerin çoğunlukla fiziksel olaylar ve canlılar ve yaşam konu alanı ve tüm sınıf seviyelerine uygun olduğu görülmekle birlikte düzenlemeler yapılarak farklı sınıf seviyelerinde de kullanılabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.4 TOD Temelli STEM Etkinliklerine Yönelik Belirtke Tablosu

Etkinlik içeriği	Kazanım
Hayvan Barınağı Tasarımı	F.5.2.1.1. Canlılara örnekler vererek benzerlik ve farklılıklarına göre sınıflandırır. F.5.6.1.1. Biyoçeşitliliğin doğal yaşam için önemini sorgular F.7.6.2.3. Bitki ve hayvanlarda büyüme ve gelişmeye etki eden temel faktörleri açıklar. F.7.6.2.4. Bir bitki veya hayvanın bakımını üstlenir ve gelişim sürecini rapor eder.
Hava Kirliliğini Ölçelim	F.5.6.2.2. Yakın çevresindeki veya ülkemizdeki bir çevre sorununun çözümüne ilişkin öneriler sunar. F.5.6.2.3. İnsan faaliyetleri sonucunda gelecekte oluşabilecek çevre sorunlarına yönelik çıkarımda bulunur. F.5.6.2.4. İnsan-çevre etkileşiminde yarar ve zarar durumlarını örnekler üzerinde tartışır.
Rüzgar Türbini Tasarımı	F.6.4.4.1. Fosil yakıtların sınırlı olduğu ve yenilenemez enerji kaynaklarından biri olduğu belirtilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi örnekler verilerek vurgulanır. F.7.3.3.3. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar.
Sokak Lambası Tasarımı	F.7.1.1.4. b. Işık kirliliğine değinilir. F.7.7.1.6. Özgün bir aydınlatma aracı tasarlar.
Uzay roketimi tasarlıyorum	F.5.3.2.3. Günlük yaşamda sürtünmeyi artırma veya azaltmaya yönelik yeni fikirler üretir. F.7.3.3.3. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar.

Tablo 4.4'ün Devamı

Etkinlik içeriği	Kazanım
Mars aracı tasarlama	F.6.1.1.1. Güneş sistemindeki gezegenleri birbirleri ile karşılaştırır. F.6.3.1.2. Bir cisme etki eden birden fazla kuvveti deneyerek gözlemler. F.7.1.1.1. Uzay teknolojilerini açıklar. F.7.1.1.2. Uzay kirliliğinin nedenlerini ifade ederek bu kirliliğin yol açabileceği olası sonuçları tahmin eder. F.7.1.1.3. Teknoloji ile uzay araştırmaları arasındaki ilişkiyi açıklar. F.7.3.3.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır. F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar.
Biyomimikri-Güneş enerjisi	F.7.5.1.4. Güneş enerjisinin günlük yaşam ve teknolojideki yenilikçi uygulamalarına örnekler verir. F.7.5.1.5. Güneş enerjisinden gelecekte nasıl yararlanılacağına ilişkin ürettiği fikirleri tartışır.
Kulemi tasarlıyorum	F.5.6.3.2. Yıkıcı doğa olaylarından korunma yollarını ifade eder. F.6.3.1.2. Bir cisme etki eden birden fazla kuvveti deneyerek gözlemler. F.6.3.1.3. Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri, cisimlerin hareket durumlarını gözlemleyerek karşılaştırır.

Tablo 4.4'ün Devamı

Güvenli Kask	F.7.3.1.1. Kütleye etki eden yer çekimi kuvvetini ağırlık olarak adlandırır. F.7.3.3.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır. F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar.
Akıllı çöp kutusu tasarımı	F.7.4.5.1. Evsel atıklarda geri dönüştürülebilen ve dönüştürülemeyen maddeleri ayırt eder. F.7.4.5.2. Evsel katı ve sıvı atıkların geri dönüşümüne ilişkin proje tasarlar. F.7.4.5.3. Geri dönüşümü, kaynakların etkili kullanımı açısından sorgular. F.7.4.5.4. Yakın çevresinde atık kontrolüne özen gösterir.

4.6 Tasarım odaklı düşünme temelli STEM etkinliği tasarımı: hayvan barınağı örneği

Bu etkinlikte “Doğada yaşayan canlılar için barınaklar hayati bir öneme sahiptir. Özellikle kuşlar, kendilerini ve yavrularını dış etkenlerden korumak için farklı yapılar inşa ederler. Ancak şehirleşme, orman tahribatı ve iklim değişikliği gibi faktörler, kuşların doğal barınaklarını kaybetmelerine neden olmaktadır. Bu bağlamda, kuş gözlemcisi Aybüke öğretmen, ormanda yaşayan farklı kuş türlerinin uygun yuvalarının olmadığını fark eder ve bu soruna çözüm geliştirmek amacıyla öğrencilerinden kuş yuvaları tasarlama ister.” bağlamı doğrultusunda öğrenciler hem doğayı daha yakından tanıyacak hem de bilimsel ve mühendislik süreçlerini kullanarak bir problem çözmeye çalışacaklardır. Bağlamın verilmesinden sonra tasarım odaklı düşünme yaklaşımı doğrultusunda problemi empati kurarak anlamaları, çeşitli çözüm önerileri geliştirmeleri, seçtikleri çözümü prototip haline getirerek test

etmeleri ve değerlendirme yapmaları için rehberlik eden bir süreç gerçekleştirilecektir. Tasarım odaklı düşünme yaklaşımı temelinde aşağıdaki basamaklar öğrenciler tarafından ele alınacaktır.



Şekil 4.16 Hayvan Barınağı Tasarımı

Bu hafta, öğrenciler Tasarım Odaklı Düşünme (TOD) yaklaşımına göre yapılandırılmış kuş evi tasarımı etkinliğini gerçekleştirmiştir. Empati aşamasında, öğrencilerin kuşların yaşam alanlarını anlamaları için farkındalık kazanmaları sağlanmıştır. Bu kapsamda öğrenciler, kuş türleri ve yuvalama alışkanlıklarını araştırmış, kuşların barınma ihtiyacına yönelik belgesel ve videolar izlemiş, park ve bahçelerde gözlemler yaparak kuşların barınma alışkanlıklarına ilişkin veriler toplamıştır. "Eğer bir kuş olsaydınız nasıl bir yuvada yaşamak isterdiniz?" sorusu eşliğinde empati kurmaları desteklenmiş ve bu veriler sınıf ortamında tartışılmıştır.

Problemi tanımlama aşamasında, öğrenciler kuş yuvalarının işlevi, yapı özellikleri, kullanılacak malzemeler ve çevresel yerleşim koşulları hakkında araştırmalar yapmış; kuş yuvalarının nasıl olması gerektiğine dair problem cümleleri oluşturmuştur. Fikir üretme aşamasında öğrenciler, 3-4 kişilik gruplar hâlinde beyin fırtınası yaparak farklı tasarım fikirleri geliştirmiş, seçilen fikirleri teknik çizimle detaylandırmış ve ölçüleri belirleyerek tasarımlarını yazılı olarak açıklamıştır.

Prototipleme aşamasında, öğrenciler kontrplak, ahşap tutkalı, boya ve doğal süslemeler gibi malzemeler kullanarak kuş evi prototiplerini oluşturmuştur.

Test etme aşamasında öğrenciler kuş evlerini okul bahçesindeki ağaçlara yerleştirerek işlevselliklerini gözlemlemiş; kapı açıklığı, dayanıklılık ve kuşların erişimi gibi kriterleri test etmiştir. Değerlendirme aşamasında, kuş evleri işlevsellik, malzeme kullanımı, estetik tasarım ve dış koşullara dayanıklılık gibi ölçütlere göre sınıf ortamında sunularak değerlendirildi.

Bu etkinlik, STEM eğitimi ve tasarım odaklı düşünme süreçlerini birleştirerek öğrencilere problem çözme, yaratıcılık ve iş birliği becerilerini kazandırmaktadır. Öğrencilerin süreç boyunca gözlem yapmaları, veri toplamaları ve sonuçlarını değerlendirmeleri, fen okuryazarlığı ve analitik düşünme becerilerinin gelişmesine de katkıda bulunacaktır.

4.7 Kontrol Grubunda Uygulanan Etkinliklerin Planlama Süreci

Kontrol grubunda yer alan öğrencilerle, bilim uygulamaları dersi kapsamında yapılandırılmış, öğretim programındaki kazanımlarla uyumlu etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikler, fen bilimleri öğretim programı ve bilim uygulamaları öğretim programında yer alan bilgi ve becerilerin günlük yaşamla ilişkilendirilerek kavratılmasını amaçlamaktadır. Etkinliklerin seçiminde, öğrencilerin yaş düzeyine, müfredatla olan uyumuna ve bilimsel süreç becerilerini geliştirme potansiyeline dikkat edilmiştir. Bilimsel kavramların günlük yaşamla ilişkilendirilmesi, öğrencilerin anlamlı öğrenme gerçekleştirmelerine katkı sağlamak amacıyla temel alınmıştır (Driver vd., 1994). Etkinlikler, aynı zamanda disiplinler arası yaklaşımla ele alınarak bilim-teknoloji-toplum-çevre (BTÇÇ) bağlamında

düşünme becerilerini geliştirmeye yöneliktir (Bybee, 2013). Aşağıda kontrol grubuna uygulanan etkinlikler ve bu etkinliklerin ilişkilendirildiği kazanımları içeren belirtke tablosu sunulmaktadır.

Tablo 4.5’de Bilim Uygulamaları dersi kapsamında uygulanan etkinliklerin kazanım özelliklerine yer verilmiştir. Tabloda yer alan etkinlikler, fen eğitiminin temel hedeflerinden biri olan bilimsel okuryazarlık düzeyinin artırılmasını destekleyici niteliktedir. Etkinliklerin her biri, öğrencilere deneyimleme, gözlem yapma, model oluşturma ve tahmin yürütme gibi bilimsel süreç becerilerini kazandırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca kazanımların sadece kavramsal düzeyde değil, bilişsel ve duyuşsal alanlarda da öğrencilere yansıtılmasına dikkat edilmiştir. Bu bağlamda, etkinliklerin disiplinler arası yapılandırılması, öğrencilerin fen bilgisiyle birlikte mühendislik, teknoloji ve toplum odaklı düşüncelerini destekleyerek bütüncül öğrenme deneyimleri sunmuştur (National Research Council, 2012). Kontrol grubunda kullanılan bu etkinlikler, yapılandırılmış ancak yenilikçi olmayan uygulamalar yoluyla öğrencilerin fen okuryazarlığını desteklemek amacıyla yürütülmüştür.

Tablo 4.5 Bilim Uygulamaları Dersi Kapsamında Uygulanan Etkinliklere Yönelik Belirtke Tablosu

Etkinlik içeriği	Kazanım
Uzaya yolculuk	SBU.7.3. Bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi açıklar.
roket modeli	SBU.7.8. Disiplinler arası ilişkileri kullanır.
tasarlama	F.7.1.1.1. Uzay teknolojilerini açıklar.
	F.7.1.1.2. Uzay kirliliğinin nedenlerini ifade ederek bu kirliliğin yol açabileceği olası sonuçları tahmin eder.
	F.7.1.1.3. Teknoloji ile uzay araştırmaları arasındaki ilişkiyi açıklar

Tablo 4.5'in Devamı

Etkinlik içeriği	Kazanım
Havanın gücü uçak modeli tasarımı	F.7.3.3.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır. F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar. SBU.7.2. Farklı toplum ve kültürlerin bilimsel bilginin gelişimine olan katkısını tartışır. SBU.7.3. Bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. SBU.7.8. Disiplinler arası ilişkileri kullanır.
Ressam Karalama Robotu	F.7.7.1.4. Elektrik enerjisinin devrelere akım yoluyla aktarıldığını açıklar. F.7.7.1.5. Bir devre elemanının uçları arasındaki gerilim ile üzerinden geçen akımı ilişkilendirir. SBU.7.2. Farklı toplum ve kültürlerin bilimsel bilginin gelişimine olan katkısını tartışır. SBU.7.3. Bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. SBU.7.8. Disiplinler arası ilişkileri kullanır
Biyomekanik el modeli tasarlama	F.6.2.1.1. Destek ve hareket sistemine ait yapıları örneklerle açıklar. F.6.3.1.2. Bir cisme etki eden birden fazla kuvveti deneyerek gözlemler. SBU.7.2. Farklı toplum ve kültürlerin bilimsel bilginin gelişimine olan katkısını tartışır. SBU.7.3. Bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. SBU.7.8. Disiplinler arası ilişkileri kullanır

Tablo 4.5'in Devamı

Etkinlik içeriği	Kazanım
Ulaşım Aracı Tasarımı	F.5.3.2.3. Günlük yaşamda sürtünmeyi artırma veya azaltmaya yönelik yeni fikirler üretir. F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar. F.7.3.3.3. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar. SBU.7.2. Farklı toplum ve kültürlerin bilimsel bilginin gelişimine olan katkısını tartışır. SBU.7.3. Bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. SBU.7.8. Disiplinler arası ilişkileri kullanır
Periskop tasarımı	F.5.5.2.1. Işığın düzgün ve pürüzlü yüzeylerdeki yansımalarını gözlemleyerek çizimle gösterir. F.7.5.2.1. Ayna çeşitlerini gözlemleyerek kullanım alanlarına örnekler verir. F.7.5.2.2. Düz, çukur ve tümsek aynalarda oluşan görüntüleri karşılaştırır. SBU.7.2. Farklı toplum ve kültürlerin bilimsel bilginin gelişimine olan katkısını tartışır. SBU.7.3. Bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. SBU.7.8. Disiplinler arası ilişkileri kullanır

Tablo 4.5'in Devamı

Etkinlik içeriği	Kazanım
Mancınık Tasarımı	F.6.3.1.3. Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri, cisimlerin hareket durumlarını gözlemleyerek karşılaştırır. F.7.3.1.1. Kütleyle etki eden yer çekimi kuvvetini ağırlık olarak adlandırır. F.7.3.3.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır. F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar.
Newton Renk Çarkı Tasarlama	F.7.5.1.2. Beyaz ışığın tüm ışık renklerinin bileşiminden oluştuğu sonucunu çıkarır. F.7.5.1.3. Gözlemleri sonucunda cisimlerin, siyah, beyaz ve renkli görünmesinin nedenini, ışığın yansıması ve soğurulmasıyla ilişkilendirir. F.6.7.2.1. Bir elektrik devresindeki ampulün parlaklığının bağlı olduğu değişkenleri tahmin eder ve tahminlerini deneyerek test eder. SBU.7.2. Farklı toplum ve kültürlerin bilimsel bilginin gelişimine olan katkısını tartışır. SBU.7.3. Bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi açıklar. SBU.7.8. Disiplinler arası ilişkileri kullanır

4.8 Veri Toplama Araçları

Araştırma problemlerine cevap verme sürecinde veri toplama araçları bilgi işlemsel düşünme ölçeği, bilimsel yaratıcılık ölçeği ve STEM motivasyon ölçeği uygulanmıştır. Bu ölçeklere ilişkin bilgiler bu bölümde sunulmuştur.

4.8.1 Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği

Araştırmada kullanılan BİD Ölçeği (Computational Thinking Scale for Computer Literacy Education - CTSCLE), Tsai vd. (2021) tarafından geliştirilmiştir. Karalar & Alparslan (2021) tarafından Türkçeye uyarlanmıştır. Ölçek, BİD becerilerinin alan-genel değerlendirilmesi amacıyla tasarlanmış ve problem çözme süreçlerinin farklı alanlarda nasıl uygulanabileceğini ölçmeyi hedeflemiştir. Ölçek, "Soyutlama", "Parçalama (Decomposition)", "Algoritmik Düşünme", "Değerlendirme" ve "Genelleme" olmak üzere beş alt boyutta toplam 19 maddeden oluşmaktadır. Her bir alt boyut, farklı BİD becerilerini kapsamaktadır. Soyutlama, problemlerin ortak kalıplarını analiz etme; parçalama, büyük problemleri yönetilebilir parçalara ayırma; algoritmik düşünme, çözüm adımlarını düzenleme; değerlendirme, en etkili çözümü belirleme; genelleme ise bir çözümün benzer problemlere uygulanabilirliğini düşünme becerilerini ölçmektedir.

Ölçek, 5'li Likert tipi bir değerlendirme formatına sahiptir (1: Kesinlikle Katılmıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum). Ölçeğin orijinal geliştirme çalışmasında toplam varyansın %64,03'ünü açıkladığı ve tüm ölçek için Cronbach alfa katsayısının 0,91 olduğu rapor edilmiştir. Alt boyutlar için ise bu değerler 0,74 ile 0,83 arasında değişmektedir. Bu sonuçlar, ölçeğin yüksek derecede güvenilir ve geçerli olduğunu göstermektedir.

Türkçe'ye uyarlanmış ölçeğin geçerlik ve güvenilirlik analizleri Karalar ve Alparslan (2021) tarafından yapılmış. Ölçeğin geçerlik ve güvenilirliği, doğrulayıcı faktör analizi (DFA) ve Cronbach alfa katsayısı hesaplamalarıyla değerlendirilmiştir. DFA sonuçları, ölçeğin faktör yapısının Türkçe veriyle uyumlu olduğunu göstermiştir. RMSEA değeri 0,057, CFI ve TLI değerleri 0,95 olarak bulunmuş ve faktör yüklerinin her bir maddede 0,30'un üzerinde olduğu görülmüştür. Alt boyutlar için Cronbach alfa

katsayıları 0,74 ile 0,90 arasında değişirken, toplam ölçek için bu değer 0,96 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, ölçeğin Türkçe versiyonunun hem geçerli hem de güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir.

4.8.2 Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği

Bilimsel yaratıcılık, bireylerin bilimsel bilgi, süreç ve ürün geliştirme süreçlerinde özgün ve yaratıcı fikirler üretme yeteneğini ifade etmektedir. Bu bağlamda Hu ve Adey (2002) tarafından geliştirilen Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği (BYÖ), bilimsel yaratıcılığı ürün, süreç ve özellik olarak üç ana boyutta ele almaktadır. Bu boyutlar, bilimsel bilgi, teknik ürün, bilimsel problem çözme, düşünme ve hayal etme gibi alt unsurları içermektedir. Ayrıca yaratıcılığın akıcılık (çok sayıda fikir üretebilme), esneklik (farklı ve çeşitli fikirler üretebilme) ve orijinallik (nadir ve özgün fikirler üretebilme) gibi temel özellikleri de ölçeğin kapsamına dahil edilmiştir. BYÖ ilk olarak İngiltere’de 160 öğrenci üzerinde test edilmiş ve güvenilir bir araç olduğu belirlenmiştir. Ölçeğin iç tutarlılık katsayısı (Cronbach alpha) 0.89 olarak rapor edilmiştir, bu da ölçeğin güvenilir bir değerlendirme aracı olduğunu göstermiştir. Ölçek, bilimsel yaratıcılığı ölçmek için geliştirilen yedi maddeden oluşmaktadır. Her bir madde, öğrencilerin farklı yaratıcı yönlerini ölçmeye yönelik olarak tasarlanmıştır.

Yaratıcılık Ölçeği’nin Türkçe’ye uyarlanması süreci Deniz Çeliker ve Balım (2012) tarafından gerçekleştirilmiştir. Türkçe’ye uyarlanmış ölçeğin geçerlik ve güvenirlik analizleri kapsamlı bir şekilde yürütülmüştür. Ölçeğin iç tutarlılık katsayısı (Cronbach alpha) 0,86 olarak bulunmuş ve bu değer ölçeğin güvenilir bir ölçüm aracı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, madde-toplam korelasyon katsayıları 0,37 ile 0,74 arasında değişmiş, ölçeğin tüm alt boyutlarının aynı yapıyı ölçtüğünü belirlenmiştir. Üst %27 ve alt %27 grupları arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir; bu durum ölçeğin bireyler arası farkları ayırt etme yeteneğinin güçlü olduğunu göstermektedir. Ölçeğin test-tekrar test güvenirlik katsayısı ise 0,91 olarak hesaplanmıştır.

BYÖ, öğrencilerin bilimsel yaratıcılık düzeylerini ölçmek için tasarlanmış yedi maddeden oluşmaktadır. Her bir madde, bilimsel yaratıcılığın belirli bir yönünü değerlendirmeyi hedeflemektedir. Birinci madde, nesnelerin bilimsel amaçlarla yaratıcı bir şekilde nasıl kullanılabileceğini ölçerken, ikinci madde, öğrencilerin

bilimsel problemleri keşfetme ve soru oluşturma becerilerini değerlendirmektedir. Diğer maddeler, teknik ürün geliştirme, bilimsel hayal gücünü ölçme, yaratıcı problem çözme ve deney tasarlama gibi becerilere odaklanmaktadır.

Ölçekte verilen cevaplar, akıcılık (cevap sayısı), esneklik (fikir çeşitliliği) ve orijinallik (cevapların nadirliği) boyutlarında değerlendirilmektedir. Örneğin, bir cevabın %5’lik dilime girmesi durumunda 2 puan, %10’luk dilime girmesi durumunda ise 1 puan verilmektedir. Daha sık verilen cevaplar ise sıfır puan almaktadır. Bu sistem, öğrencilerin özgün fikir üretme becerilerinin objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

BYÖ, ortaokul öğrencilerinin bilimsel yaratıcılık düzeylerini ölçmek için geçerli ve güvenilir bir araçtır. Bu ölçek, öğrencilerin bilimsel yaratıcılık potansiyellerini anlamak ve bu potansiyelleri geliştirmek için etkili bir araç olarak görülmektedir.

4.8.3 STEM Motivasyon Ölçeği

STEM Motivasyon Ölçeği (Science-Technology-Engineering-Mathematics Motivation Scale), Luo vd. (2019) tarafından geliştirilmiş ve ortaokul öğrencilerinin bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına yönelik motivasyonlarını değerlendirmek için hazırlanmıştır. Bu ölçek, öğrencilerin STEM alanlarına duyduğu motivasyonu ve bu alanlarla ilgili ilgilerini belirlemeyi hedeflemektedir. Ölçek, toplamda 25 maddeden oluşmakta ve bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik olmak üzere dört alt boyutta değerlendirme yapmaktadır.

Ölçek, 4’lü Likert tipi bir değerlendirme formatına sahiptir (1: Asla, 4: Sıklıkla). Bilim boyutunda yer alan maddeler, öğrencilerin bilimsel araştırmalara, doğa olaylarına ve bilim insanlarına olan ilgisini ölçerken; teknoloji boyutu, teknolojik cihazların kullanımı ve geliştirilmesi ile ilgili motivasyonları değerlendirmektedir. Mühendislik boyutunda öğrencilerin tasarım ve üretim süreçlerine ilgisi ele alınırken, matematik boyutunda ise matematiksel düşünme ve problem çözme becerilerine yönelik ilgileri ölçülmektedir. Orijinal ölçeğin güvenilirlik analizi sonucunda Cronbach alpha katsayısı 0,91 olarak bulunmuş ve ölçeğin yüksek iç tutarlılığa sahip olduğu belirlenmiştir.

STEM Motivasyon Ölçeği'nin Türkçe'ye uyarlanmasını Dönmez (2020) gerçekleştirmiştir. Türkçe'ye uyarlanan ölçeğin güvenilirlik analizleri sonucunda tüm ölçek için Cronbach alpha katsayısı 0,84 olarak hesaplanmıştır. Alt boyutlar için ise güvenilirlik katsayıları şu şekilde bulunmuştur: bilim boyutu için 0,69, teknoloji boyutu için 0,72, mühendislik boyutu için 0,72 ve matematik boyutu için 0.80. Bu değerler, ölçeğin genel olarak yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Doğrulamalı faktör analizi (DFA) sonuçları, ölçeğin orijinalde olduğu gibi dört boyutlu yapısını koruduğunu ortaya koymuştur. DFA analizinde, RMSEA değeri 0,076, CFI değeri 0,89 ve AGFI değeri 0,82 olarak bulunmuş, bu değerler ölçeğin kabul edilebilir uyum düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, ölçeğin Türkçe versiyonunun geçerli ve güvenilir bir ölçüm aracı olduğunu ortaya koymaktadır.

STEM Motivasyon Ölçeği, öğrencilerin STEM alanlarına yönelik ilgilerini, ders içi ve ders dışı motivasyonlarını ve kariyer tercihlerini değerlendirmek için etkili bir araç olarak görülmektedir. Eğitim programlarının öğrencilerin STEM motivasyonları üzerindeki etkisini değerlendirmek, farklı sosyoekonomik gruplardaki motivasyon farklılıklarını incelemek ve STEM eğitimi süreçlerini iyileştirmek amacıyla kullanılabileceği ön görülmektedir.

Ölçeğin her bir maddesi, öğrencilerin ilgili alandaki davranışlarını ve tutumlarını ölçmeye yönelik olarak tasarlanmıştır. Örneğin, bilim boyutundaki maddeler, öğrencilerin bilimsel programlara katılımını ve bilim insanlarıyla ilgili araştırmalar yapma sıklığını değerlendirirken, mühendislik boyutundaki maddeler öğrencilerin tasarım ve üretim süreçlerine yönelik ilgisini ölçmektedir.

Türkçe'ye uyarlanmış STEM Motivasyon Ölçeği, öğrencilerin STEM alanlarına yönelik motivasyonlarını değerlendirmek için geçerli ve güvenilir bir araç olarak görülmektedir. Eğitimciler, bu ölçeği kullanarak STEM alanlarındaki motivasyon eksikliklerini belirleyebilir ve öğrencilerin bu alanlara olan ilgisini artırmaya yönelik stratejiler geliştirebilirler.

4.9 Veri Analizi

Çalışma sürecinde verilerin analizinde nicel yöntem kullanılmıştır. Bu süreçte nicel analizlerde SPSS programından yararlanılmıştır. “STEM Motivasyon Ölçeği” dörtlü likert tipindedir. Bu ölçekte sıklıkla ibaresi işaretlenirse 4 puan, bazen işaretlenirse 3 puan, çok az işaretlenirse 2 puan ve asla işaretlenirse 1 puan alınmaktadır. Toplamda 25 sorudan alınabilecek en yüksek puan 100 iken en düşük puan 25’tir. “Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği” beşli likert tipindedir. Bu ölçekte kesinlikle katılıyorum ibaresi işaretlenirse 5 puan, katılıyorum işaretlenirse 4 puan, kararsızım işaretlenirse 3 puan, katılmıyorum işaretlenirse 2 puan ve kesinlikle katılmıyorum işaretlenirse 1 puan alınmaktadır. Toplamda 19 sorudan alınabilecek en yüksek puan 95 iken en düşük puan 19’dur.

“Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği” açık uçlu 7 sorudan oluşmaktadır. Bu nedenle öncelikle açık uçlu sorular kodlanmıştır. Puanlamaya başlamadan her soru için tüm cevaplar frekanslar olarak listelenmektedir. Bunlar ham fikirler olarak isimlendirilmektedir. Farklı şekilde ifade edilmiş aynı fikirler birleştirilerek düzenlenmiş fikirler olarak kategorize edilmiştir. Öğrencilerin yaratıcılık puanları hesaplanırken ilk dört soruda akıcılık, esneklik ve orijinallik puanları toplanmaktadır. Beşinci soruda akıcılık ve orijinalliğin birleşimi olarak bir tek puan verilmektedir. Altıncı soruda esneklik ve orijinallik puanları toplanmaktadır. Yedinci sorunun puanlanmasında ise elma toplama makinesinin işlevlerine odaklanılmaktadır. Bu makinenin işlevleri arasında elmaları ulaşmayı, elmaları bulmayı, elmaları toplamayı, elmaları zemine taşımayı, elmaları ayıklamayı, elmaları taşıma aracına koymayı ve diğer ağaca hareket etmeyi içerebilmektedir. Bilimsel yaratıcılık testinin değerlendirme ölçütleri Tablo 4.6’da sunulmuştur.

Çalışma sürecinde etkinliklerin pilotlanması aşamasında öğrenciler ile görüşmeler yapılmıştır. Bunun yanında gözlemci notları da incelenmiştir.

Tablo 4.6 Bilimsel Yaratıcılık Testi Değerlendirme Ölçütleri (Baysal vd., 2013)

	Alt İçeriği	Akıcılık	Esneklik Puanı/Esneklik Puanı için Sınıflar	Özgünlük puanı
Soru 1	Alışılmadık Durumlar	Üretilen her cevap için 1 puan	Önerilen her değişik cevap için 1 puan (1) genel kullanım araçları (2) cam çeşitleri (3) fizik (4) kimya (5) biyoloji / sağlık / tıp (6) teknoloji / cihaz	%5'den daha az kişide rastlanan her bir cevap için 2 puan, %5-%10 arası için 1 puan
Soru 2	Problemi Keşfetme	Üretilen her cevap için 1 puan	Önerilen her değişik cevap için 1 puan (1) gezegen tarihi (2) gezegenin yapısı (3) uzaylılar (4) yarar (5) yaşama yeri olarak düşünme	%5'den daha az kişide rastlanan her bir cevap için 2 puan, %5-%10 arası için 1 puan
Soru 3	Ürün Geliştirme	Üretilen her cevap için 1 puan	Önerilen her değişik cevap için 1 puan (1) estetik (2) güvenlik (3) hız / enerji (4) işlevsellik (5) konfor / rahatlık	%5'den daha az kişide rastlanan her bir cevap için 2 puan, %5-%10 arası için 1 puan
Soru 4	Bilimsel Hayal Gücü	Üretilen her cevap için 1 puan	Önerilen her değişik cevap için 1 puan (1) canlılar (2) genel hayat ve fizik kanunları (3) gezegen ve doğa (4) insan ve hayatı (5) sosyal yaşam (6) ulaşım, araçlar ve icatlar	%5'den daha az kişide rastlanan her bir cevap için 2 puan, %5-%10 arası için 1 puan
Soru 5	Problemi Çözme	%5'den (45 kişiden) daha az kişide rastlanan her bir cevap için 3 puan %5- %10 arası (45 kişi ile 90 kişi arası) kişi için 2 puan %10'dan (90 kişi) daha fazla kişide rastlanan cevap için 1 puan (akıcılık ve özgünlüğün birleşimi)		
Soru 6	Fen Deneyi	Verilen her bir metot için en fazla 9 puan (aletler için 3, prensip için 3, prosedür için 3 puan). Bir cevap iki mükemmel metodu öneriyorsa toplam 18 puan.		
				%5'inden (45 metot) az olan metotlara 4 puan %5-%10 (45-90 metot) arasına 2 puan.

Tablo 4.6'nın Devamı

Soru 7	Ürün tasarımı	Makinenin verilen her bir ayrı fonksiyonu için 3'er puan.	Kapsamlı bir genel izlenime dayalı olarak 1 ila 5 arasında bir puan
--------	---------------	---	---

Bilimsel Yaratıcılık Testi Değerlendirme Ölçütleri, bilimsel yaratıcılığı değerlendirmek amacıyla kullanılan farklı alt boyutlara yönelik puanlama kriterlerini sunmaktadır. Tablo, akıcılık, esneklik ve özgünlük puanlarının nasıl belirlendiğini detaylandırmaktadır. Sorular, alışılmadık durumlar, problemi keşfetme, ürün geliştirme, bilimsel hayal gücü, problemi çözme, fen deneyi ve ürün tasarımı gibi kategorilere ayrılmıştır. Her bir soru için üretilen cevaplar, belirlenen kriterlere göre puanlanarak bilimsel yaratıcılık düzeyinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Uygulamada ölçekte elde edilen en yüksek puan 66 olarak belirlenmiştir. Bu puan akıcılıktan alınabilecek puanlara göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Bu araştırmada, birden fazla bağımsız değişkenin (faktörün) bir bağımlı değişken üzerindeki etkilerini ve bu faktörler arasındaki olası etkileşimleri incelemek amacıyla Çok faktörlü varyans analizi kullanılmıştır. Çok faktörlü varyans analizi farklı faktörlerin hem tek başına (ana etkiler) hem de birlikte (etkileşim etkileri) bağımlı değişken üzerindeki etkilerini istatistiksel olarak test etmeye olanak sağlayan güçlü bir analiz yöntemidir. Araştırmanın deneysel deseninde grup (deney, kontrol), cinsiyet (kız, erkek) ve zaman (ön test, son test) olmak üzere üç faktör yer almakta olup bu yapı $2 \times 2 \times 2$ faktöriyel desen olarak modellenmiştir. Analiz öncesinde, çok faktörlü varyans analizinin temel varsayımları kontrol edilmiştir. Analizler SPSS 25.0 paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiş ve elde edilen çıktılar Wilks' Lambda, F değeri ve anlamlılık düzeyi (p) istatistiksel göstergelerle yorumlanmıştır.

4.10 Geçerlik-Güvenirlik Çalışmaları

Bu kısımda araştırma sürecinin, veri toplama araçlarının ve veri analizi süreçlerinin geçerlik-güvenirlik çalışmalarına ilişkin detaylar verilmiştir.

4.10.1 İç Geçerlik Tehditlerinin Kontrol Altına Alınması

Johnson ve Christensen (2004) deneysel araştırmalarda araştırmacıların çalışmanın iç geçerliliğini zedeleyebilecek olası dışsal etkenlere karşı dikkatli olmaları gerektiğini vurgulamaktadır. Araştırmacılar, özellikle çalışmanın iç geçerliliğini tehdit edebilecek potansiyel olarak zihin karıştırıcı değişkenlerin etkilerine karşı dikkatli olunması belirtmektedir. Bu tür tehditler arasında tarihsel olaylar (history), bireysel gelişimsel değişiklikler (maturation), test etkisi (testing effect), ölçüm araçlarıyla ilgili sorunlar (instrumentation), ve regresyon etkisi (regression to the mean) yer almaktadır (Fraenkel ve Wallen, 2000). Bu çalışma kapsamında söz konusu tehditler dikkate alınmış ve her birine yönelik alınan önlemler aşağıda ayrıntılı şekilde açıklanmıştır:

Tarih (History): İç geçerliliği tehdit eden tarihsel olaylar, araştırma sürecinde önceden öngörülemeyen ve deneysel grupların performansını etkileyebilecek nitelikteki dışsal gelişmelerdir. Bu bağlamda, çalışmada bağımlı değişkenin ölçüldüğü ön test ile son test arasındaki süreçte, katılımcıların bilişsel ya da duyuşsal performanslarını etkileyebilecek beklenmedik bir olay ya da müdahale gerçekleşmemiştir. Bu nedenle tarihsel tehdit faktörü etki göstermemiştir.

Olgunlaşma (Maturation): Katılımcıların zaman içinde gelişen yaşa bağlı fiziksel, bilişsel ya da duygusal değişimlerinin bağımlı değişken üzerindeki etkisi, olgunlaşma tehdidi olarak tanımlanmaktadır. Fraenkel ve Wallen'e (2000) göre bu tür değişiklikler deneysel sürecin doğal bir parçası olabilir. Ancak bu çalışmada uygulama süresi kısa tutulmuş ve katılımcıların gelişim düzeylerinde anlamlı bir farklılaşma yaratabilecek zaman aralığı söz konusu olmadığından, olgunlaşma etkisinin iç geçerliliği tehdit etmediği sonucuna varılmıştır.

Test Etkisi (Testing Effect): Ön testin katılımcılar üzerinde oluşturabileceği öğrenme, hatırlama ya da alışkanlık gibi etkiler, son test sonuçlarını yapay biçimde yükseltebilir. Bu araştırmada bu tür bir tehditten kaçınmak amacıyla, ön test ve son testte kullanılan sorular aynı amaca hizmet eden fakat içerik açısından farklılaştırılmış maddelerden oluşturulmuştur. Böylelikle öğrencilerin belirli soruları hatırlayarak avantaj elde etmesi engellenmiş, test etkisi kontrol altına alınmıştır.

Enstrümantasyon (Instrumentation): Ölçme araçlarında ya da ölçüm yöntemlerinde süreç içinde meydana gelebilecek değişiklikler, sonuçların güvenilirliğini zedeleyebilir. Bu çalışmada kullanılan ölçme araçlarında uygulama öncesinde ve sonrasında herhangi bir değişiklik yapılmamış, ölçme araçlarının aynı standartlarda uygulanmasına özen gösterilmiştir. Bu sayede enstrümantasyon tehdidi en aza indirilmiştir.

Regresyon Etkisi (Regression to the Mean): Aşırı uç değer gösteren katılımcıların sonraki testlerde ortalamaya yakın puanlar alma eğiliminde olmaları, regresyon etkisi olarak bilinmektedir. Bu durum, özellikle deney grubundaki çok yüksek ya da çok düşük başarıya sahip bireylerin son testte farklı performans sergilemelerine yol açabilir. Ancak bu çalışmada elde edilen veriler, ön testte çok düşük ya da çok yüksek puan alan bireylerin son testte puanlarının belirgin şekilde ortalamaya yönelmediğini göstermektedir. Dolayısıyla regresyon etkisinin çalışma bulgularını etkilemediği değerlendirilmiştir.

4.10.2 Veri Analizi Sürecine İlişkin Güvenirlik Çalışmaları

Bir araştırmanın güvenilirliği; (1) zaman içerisinde tutarlılık göstermesi (süreklilik), (2) bağımsız uzmanlar ya da puanlayıcılar arasında yüksek düzeyde uyum sağlanması (puanlayıcı tutarlılığı) ve (3) elde edilen verilerin iç tutarlılığı ile güvence altına alınabilir (Patton, 2002; Miles ve Huberman, 1994). Creswell'e (2012) göre, nitel araştırmalarda güvenilirliği sağlamak amacıyla verilerin birden fazla kodlayıcı tarafından analiz edilmesi ve bu analizler arasında yüksek düzeyde görüş birliği sağlanması önemlidir.

Bu doğrultuda, Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği'nden elde edilen verilerin analiz sürecine, fen eğitimi alanında doktora derecesine sahip ve yaratıcı düşünme ile STEM konularında akademik uzmanlığı bulunan iki bağımsız araştırmacı dâhil edilmiştir. Kodlayıcılar arası uyum oranı, Miles ve Huberman'ın (1994) önerdiği formül kullanılarak hesaplanmış ve %92 olarak belirlenmiştir. Kodlama güvenirliliğinin kabul edilebilir düzeyde olması için bu oranın en az %80 olması gerekmektedir (Miles ve Huberman, 1994). Bu bağlamda, çalışmada elde edilen kodlayıcılar arası tutarlılığın

yüksek düzeyde olduğu ve güvenilirlik açısından yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Uyum sağlanamayan kodlar üzerinde araştırmacılar tarafından yeniden değerlendirme yapılmış, görüş ayrılıkları tartışılarak giderilmiş ve ortak bir fikir birliğine ulaşılmıştır.

4.10.3 Yarı Deneyisel Uygulamaya Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Yapılan çalışmada ölçüm güvenilirliğini belirlemek için Cronbach Alfa Katsayısı hesaplanarak tabloda verilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan veri toplama araçları arasında STEM Motivasyon Ölçeği, Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği, Bilimsel Yaratıcılık Ölçeğinin güvenilirlik çalışmalarına ilişkin detaylar Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’te verilmiştir.

Tablo 4.7 Yarı Deneyisel Uygulamanın Ön Testine Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Ölçek	Cronbach Alfa Katsayısı
STEM Motivasyon Ölçeği	0,859
Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği	0,915
Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği	0,657

Tablo incelendiğinde ön test uygulamasında STEM Motivasyon Ölçeği için, 0,859 için, Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği için, 0,915 ve Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği için, 0,657’dir. Taber (2018), 0,60–0,70 arası değerlerin kabul edilebilir olduğunu belirtmiştir. Bu noktada ölçümün güvenilir olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.8 Yarı Deneyisel Uygulamanın Son Testine Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Ölçek	Cronbach Alfa Katsayısı
STEM Motivasyon Ölçeği	0,881
Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği	0,893
Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği	0,678

Tablo incelendiğinde son test uygulamasında STEM Motivasyon Ölçeği için, 0,881 için, Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği için, 0,893 ve Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği için, 0,678’dir. Bu sonuçlara göre ölçümün güvenilir olduğu belirlenmiştir. Taber (2018),

0,60–0,70 arası değerlerin kabul edilebilir olduğunu belirtmiştir. Bu noktada ölçümün güvenilir olduğu belirlenmiştir.

4.10.4 Yarı Deneyesel Uygulamaya Yönelik Normallik Testi Sonuçları

Araştırma kapsamında uygulanan ölçeklere yönelik normallik dağılımı tabloda sunulmuştur. Uygulama sürecine veri kaybı olmamıştır.

Tablo 4.9 Yarı Deneyesel Uygulamaya Yönelik Ön Test Normallik Analizi Sonuçları

Ölçekler	$\bar{X}$	ss	Çarpıklık		Basıklık	
			Katsayı	Std. Hata	Katsayı	Std. Hata
BİD Ölçeği	63,0143	15,5437	-0,963	0,287	0,400	0,566
STEM						
Motivasyon	65,9000	9,6326	-0,344	0,287	-0,024	0,566
Ölçeği						
BY Ölçeği	30,3429	8,5021	0,882	0,287	0,407	0,566

Ön test ölçek puanlarının normallik analizine göre basıklık ve çarpıklık katsayıları incelenmiş olup birçok kaynakta (Çokluk vd., 2014; Tabachnick ve Fidell, 2007) geçerli olarak kabul edilen -1,5 ile +1,5 arasında olduğu tespit edilmiştir. Ön test ölçek puanlarının tamamı için sonuçların normal dağılım gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.10 Yarı Deneyesel Uygulamaya Yönelik Son Test Normallik Analizi Sonuçları

Ölçekler	$\bar{X}$	ss	Çarpıklık		Basıklık	
			Katsayı	Std. Hata	Katsayı	Std. Hata
BİD Ölçeği	70,1286	8,8381	0,154	0,287	0,380	0,566
STEM						
Motivasyon	73,7429	10,9235	-0,759	0,287	0,914	0,566
Ölçeği						
BY Ölçeği	36,5000	13,6824	0,565	0,287	-0,556	0,566

Son test ölçek puanlarının da normallik analizine göre basıklık ve çarpıklık katsayıları incelenmiş olup birçok kaynakta (Çokluk vd., 2014; Tabachnick ve Fidell, 2007) geçerli olarak kabul edilen -1,5 ile +1,5 arasında olduğu tespit edilmiştir. Son test ölçek puanlarının tamamı için sonuçların normal dağılım gösterdiği görülmektedir.

4.11 Pilot Uygulama Süreci ve Çalışmaya yansımaları

Etkinliklerin uygulanabilirliğini ve etkinliğini değerlendirmek amacıyla pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama süreci, Kastamonu ilinde bir ortaokulda uygulanmıştır. Bu süreçte, etkinliklerin tasarlandığı gibi uygulanıp uygulanmadığı, öğrencilerin etkinliklere olan tepkileri ve karşılaştıkları zorluklar analiz edilmiştir. Pilotlama sırasında:

- *Gözlemci notu:* Öğretmenler, öğrencilerin etkinliklere katılım düzeylerini ve süreç boyunca sergiledikleri davranışları gözlemlemiştir.
- *Öğrenci görüşmeleri:* Öğrencilere, etkinliklerin ilgi çekiciliği, zorluk derecesi ve faydaları hakkında sorular sorulmuştur.

Pilot uygulama sonucunda, bazı etkinliklerin süreleri kısaltılmış, kullanılan materyaller sadeleştirilmiş ve talimatlar daha anlaşılır hale getirilmiştir.

Pilot uygulama 2023-2024 Eğitim Öğretim yılı bahar döneminde 7. sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Pilot uygulama geliştirilen ders içeriklerinin anlaşılabilirliğinin ortaya konulması, uygulama güçlükleri ve amaca uygunluk açısından önemlidir. Bunun yanında pilot uygulama verilerin analizi sürecinde gerçekleştirilecek adımları ve ölçeklerin bu süreçte istenilenleri ölçme durumlarına yönelik bilgi sağlayacaktır. Pilot çalışma sonrasında elde edilen çıkarımlara dayalı olarak çeşitli düzenlemelere gidilmiştir.

Pilot uygulama sürecinde Kastamonu Merkez ilçede yer alan bir okulda 37 öğrenci ile 10 haftada gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde Tablo 4.6’da gösterilen sıra ile etkinlikler uygulanmıştır. Etkinliklerin bu sırada uygulanmasının temel nedeni bireyin

tasarım aşamalarını yakından uzağa ilkesine göre keşfetmesine olanak sağlaması ve sürece uyum sağlamasıdır.

4.11.1 Pilot Uygulama Sürecinde Ölçeklerin Ön Test-Son Test Sonuçları

Pilot uygulamaya başlanmadan önce çalışma için belirlenen ölçekler ön test olarak uygulanmıştır. Uygulanan ölçeklere ilişkin normallik analizleri tabloda verilmiştir. Pilot uygulamaya katılan 37 öğrenciye ilişkin bilgiler veri setini oluşturmuştur. Veri seti incelendiğinde herhangi bir kayıp verilerin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 4.11 Ön Test-Son Test Puanlarının Normallik Dağılım Sonuçları

Ölçekler	$\bar{X}$	SS	Çarpıklık		Basıklık	
			Katsayı	Std. Hata.	Katsayı	Std. Hata.
STEM Motivasyon Ölçeği (Ön Test)	67,45	7,73	-0,032	0,388	0,201	0,759
Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği (Ön Test)	68,29	8,85	-0,613	0,388	0,860	0,759
Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği (Ön Test)	35,67	4,42	0,030	0,388	0,012	0,759
STEM Motivasyon Ölçeği (Son Test)	77,97	7,11	0,044	0,388	-0,937	0,759
Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği (Son Test)	70,24	7,46	-0,319	0,388	0,402	0,759
Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği (Son Test)	40,86	4,47	0,401	0,388	-0,028	0,759

Ölçek puanlarının normallik analizine göre basıklık ve çarpıklık katsayıları incelenmiş olup birçok kaynakta (Çokluk vd., 2014; Tabachnick ve Fidell, 2007) geçerli olarak kabul edilen -1,5 ile +1,5 arasında olduğu tespit edilmiştir. Tüm uygulamalar için sonuçlar normal dağılım göstermektedir.

Ön testler ile son testler arasında oluşan anlamlı farklılık belirlemek için eşleştirilmiş grup t-Testi uygulanmıştır. Yapılan analizlere ilişkin bulgular Tablo 4.12’te verilmiştir.

Tablo 4.12 Ön Test-Son Test Puanları Arasında Farklılık Olup Olmadığını Belirlemek İçin Yapılan Eşleştirilmiş Grup t-Testi Sonuçları

Uygulanan Test	Ölçüm	N	$\bar{X}$	SS	sd	t	p
STEM Motivasyon Ölçeği	Ön Test	37	67,4595	7,73015	36	-13,167	0,000
	Son Test	37	77,973	7,11214			
Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği	Ön Test	37	68,2973	8,85019	36	-6,092	0,000
	Son Test	37	70,2432	7,46252			
Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği	Ön Test	37	35,6757	4,42878	36	-17,312	0,000
	Son Test	37	40,8649	4,47314			

Tablo 4.12 incelendiğinde STEM Motivasyon Ölçeği için ön test ($\bar{X}$ =67,459) ile son test ($\bar{X}$ =77,973) arasında son test lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($t(36)=-13,167$, $p<0,000$). Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği için ön test ($\bar{X}$ =68,297) ile son test ($\bar{X}$ =70,243) arasında son test lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($t(36)=-6,092$, $p<0,000$). Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği için ön test ($\bar{X}$ =35,657) ile son test ($\bar{X}$ =40,864) arasında son test lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($t(36)=-17,312$, $p<0,000$).

Bu sonuçlara göre uygulanan içeriklerin istenilen yönde bir değişime yol açtığı görülmektedir.

4.11.2 Pilot Uygulamaya Yönelik Gözlemci Notları

Pilot uygulama sürecinde görev alan uygulayıcı Tasarım Odaklı Düşünme alanında eğitimler almış ve STEM üzerine akademik çalışmalar yürütmüştür. Etkinlik uygulama sürecine başlamadan önce öğrencilere TOD temelli STEM uygulamalarına yönelik bilgilendirme yapılmıştır. Bu bilgilendirme sürecinde tasarım odaklı düşünmenin ne demek olduğu sandalye tasarımı üzerinden anlatılmıştır. Tasarımcıların bir sandalye tasarlarlarken nelere dikkat ettikleri, süreci nasıl yönettikleri Tasarım Odaklı Düşünmenin aşamaları olan empati kurma, problemi tanımlama, fikir üretme, prototipleme, test etme ve değerlendirme aşamaları üzerinden örneklendirilmiştir.

Uygulayıcı “Hayvan Barınağı Tasarımı” etkinliğini için süreci “öğrenciler öncelikle ihtiyacı olduğu düşündükleri tasarımları arkadaşlarıyla konuşarak nasıl bir tasarım istediklerini belirtip problemi tanımladılar. Fikir üretme aşamasında daha cesur davranıp farklı fikir üretip çizim yapabildiler. Prototipleme aşamasında barınağın kamufle olmasına hayvanın korunmasına yönelik tasarımlar öne çıktı. Ayrıca hayvanın beğenebileceği renkler üzerine tasarımlar gerçekleştirdiler.” şeklinde açıklamıştır. Etkinlik ile ilgili olarak “Öğrenciler prototipleme sürecinde silikon tabancası ve maket bıçağı kullandılar. Bu süreçte el ve kas becerilerinin yeterince gelişmemiş ve deneyim eksikliği olduğu görüldü.” ifadesini kullanmıştır.

“Hava Kirliliğini Ölçelim” etkinliği süreci ile ilgili ise uygulayıcı “Bu uygulama yazılım temellidir. Öğrencilerin bilgisayar kullanımına yönelik ön öğrenmeleri, temel yeterliliklerin zayıf olması noktasında öğrencileri zorlamıştır.” ifadesini kullanmıştır. Ayrıca uygulayıcı “Bu konu öğrencilere soyut geldi. Özellikle empati ve problemi tanımlama aşamasının sorunlar oluştu.” demiştir. Uygulayıcı asıl sorunla ise prototipleme aşamasında karşılaştığını belirtmiştir. Öğrencilerin elektronik devre elemanlarını tanımadıkları için sistem tasarımını yapamadıkları belirtilmiştir.

“Rüzgâr Türbini Tasarımı” etkinliği süreci ile ilgili olarak uygulayıcı “Öğrencilerin en çok eğlendikleri ve uygun tasarımlar ürettikleri etkinliklerden birisidir.” ifadesini

kullanmıştır. Uygulayıcı empati aşaması ile ilgili olarak “doğa dostu tasarruflu ve yüksek enerji üreten ürünler ortaya çıkarma öne çıktı.” demiştir.

“Sokak Lambası Tasarımı” etkinliği süreci ile ilgili olarak uygulayıcı “Öğrencilerin farklı tasarımlar yaptılar. Ampuller yerine led lamba kullanarak prototipleme aşamasında tasarımlarını güçlendirdiler.” ifadesini kullanmıştır.

“Uzay Roketimi Tasarlıyorum” etkinliği ile ilgili olarak uygulayıcı “Öğrenciler roketlerini en üst yüksekliğe çıkaracak ve havada en fazla duracak şekilde tasarımlar yapıldı.” ifadesini kullanmıştır. Ayrıca uygulayıcı “Öğrenciler fikirlerini özgürce prototipleme şansı buldular.” demiştir.

“Mars aracı tasarlama” etkinliği ile ilgili olarak uygulayıcı “Öğrenciler bu etkinlikte fikir üretme ve prototipleme aşamasında zorlandılar.” ifadesini kullanmıştır. Uygulayıcı “Çalışma öncesinde geçmişten geleceğe uzay araçlarını tanıtan bir video izletilerek öğrencilerin bu araçlar hakkında fikir edinmeleri sağlandı.” demiştir.

“Biyomimikri-Güneş enerjisi” etkinliği ile ilgili olarak uygulayıcı “Öğrenciler etkinlik öncesinde biyomimikri kavramı ile ilgili kısmını ilk kez duydukları için anlama ve kavrama zorluğu yaşadılar.” ifadesini kullanmıştır. Bu noktada uygulayıcı tarafından biyomimikri kavramı açıklanmıştır.

“Kulemi tasarlıyorum” etkinliğinde süreç ile ilgili bir sorun olmadığı belirtilmiştir. Bu etkinlikte uygulayıcı “Test etme aşamasında zorluklar yaşandı. Öğrencilerin tasarımları amaca yönelikti ancak testte taşınacak ağırlığın konulması noktasında sorunlar yaşandı.” demiştir.

“Güvenli kask” etkinliğinde uygulayıcı “Öğrenciler bu etkinlikte malzemeleri tanımakta ve sınıflamakta zorlandılar.” ifadesini kullanmıştır. Bunun yanında uygulayıcı “Tasarımlarını sonrasında değiştirmek zorunda kaldılar.” demiştir.

“Akıllı çöp kutusu tasarımı” etkinliğinde ise uygulayıcı “Öğrencilerin robotik konusundaki temelleri zayıftır. Bu nedenle prototipleme aşamasında sorunlar

görüldü.” İfadesini kullandı. Ayrıca uygulayıcı “Etkinlikte robotik okuryazarlık temel alan bilgisi olan öğrenciler diğer öğrencilere karşı baskıcı bir rol takındılar.” demiştir.

Etkinliklerin geneli bağlamında ise öğrencilerin empati ve fikir üretme aşamasında kendilerini ifade etmekte zorluk çektiği ve fikir üretme aşamasına katılmadığı veya çekindiği grup lideri olarak kabul ettikleri öğrencilerin fikirlerini onayladığı uygulayıcı tarafından dile getirilmiştir. Bu sorunu gidermek için ise kapalı kutu tekniği ya da padlet gibi kişinin kimlik bilgilerinin ortaya çıkmadığı ve arkadaşlarının eleştirilerine maruz kalmadığı yöntemlerin kullanması düşünülmektedir.

4.11.3 Pilot Uygulama Öğrenci Görüşleri

Pilot uygulama sürecinin sonunda üç öğrenci ile etkinlikler üzerine görüşmeler yapılmıştır. Burada her etkinlik için öğrencilerden “.... etkinliğinde seni en çok zorlayan yönler nelerdir?” sorusu için cevap aranmıştır. Öğrenciler çalışma grubundan rastgele seçilmiştir. Sonrasında Ö1, Ö2 ve Ö3 şekline kodlanmıştır. Ö1 derslerinde başarılı bir öğrencidir. Bunun yanında Ö2 ise dersleri ortalama düzeydedir. Ö3’ün akademik bir beklentisi yoktur. Ayrıca her öğrenci farklı bir grupta etkinliğe katılmıştır. Bu kapsamda tabloda belirtilen dönüşler elde edilmiştir.

Tablo 4.13 Pilot Uygulama Sonrası Etkinliklere Yönelik Öğrenci Görüşleri

Etkinlikler	Ö1’e ait Görüş	Ö2’ye ait Görüş	Ö3’e ait Görüş
Hayvan Barınağı Tasarımı	Tasarım oluşturmak zordu. Grup çalışması yapmak zordu.	Malzeme seçiminde zorladım.	Grupta görüşlerimi pek dinlemediler.
Hava Kirliliğini Ölçelim	Algoritmamızı tam oluşturamadık.	Yazılımı uzun ve zorluydu.	Yazılım konusunda yeterince bilgim yoktu zorlandım.
Rüzgar Türbini Tasarımı		Malzeme seçiminde zorlandık.	Fikir üretme fikri bizi zorladı.

Tablo 4.13'ün Devamı

Etkinlikler	Ö1'e ait Görüş	Ö2'ye ait Görüş	Ö3'e ait Görüş
Sokak Lambası Tasarımı	Empati kurarken zorlandım. Problemi tanımlamada zorlandım.	Malzeme seçiminde zorlandık.	Bence herhangi bir sorun yoktu arkadaşlarıma yardım ettim.
Mars aracı tasarlama	Malzeme seçiminde zorlandık.	Mars hakkında bilgim yeterli olmadığı için zorlandım.	Fikir üretme fikri bizi zorladı.
Güvenli Kask	Malzemelerin özellikleri noktasında bilmediğim şeyler olduğunu fark ettim. Bu da beni zorladı.		Grupta görüşlerimi pek dinlemediler.
Akıllı çöp kutusu tasarımı	Prototipi yapmakta zorlandık.	Yazılım yorucu ve anlaşılmazdı.	

Tablo incelendiğinde öğrencilerin ön bilgi eksiklikleri nedeniyle yaşadıkları problemler bulunduğu tespit edilmiştir. Bundan sonra ise yazılım noktasındaki bilgi eksikliği bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca öğrencilerin malzemeleri tanımada da zorlandıkları görülmektedir. Bunların dışında ise alt grup öğrencilerin gruba adapte olmakta zorlandıkları görülmektedir.

4.12 Pilot Uygulama Sonrası Değişiklikler

Pilot uygulama sürecine yönelik uygulayıcı ve öğrenci görüşleri incelenmiştir. Bunun yanında ön test ve son test puanları karşılaştırılmıştır. Etkinliklerle ilgili sorunun yaşandığı aşama ve yapılan değişiklikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4.14 Pilot Uygulama Sonrası Belirlenen Sorunlar ve Yapılan Değişiklikler

	Empati	Tanımlama	Tasarlama	Prototipleme	Test Etme	Yapılan Değişiklik
Hayvan Barınağı Tasarımı	Öğrenci: Grup içi etkileşimden kaynaklı zorluklar		Öğrenci: Tasarılma sürecindeki zorluklar.	Gözlemci notu: maket bıçağı ve silikon tabancası kullanmada yaşanan zorluklar		Çalışma öncesinde öğrencilere silikon tabancası ve maket bıçağı kullanma konusunda bilgi verilecektir.
Hava Kirliliğinin Ölçümü	Gözlemci notu: Soyut bir konu olması	Gözlemci notu: Soyut bir konu olması		Gözlemci notu: Elektronik devre elemanlarını tanımadıkları için sistem tasarımında yaşanan zorluklar Öğrenci: Yazılım konusundaki bilgi eksiklikleri		Etkinliğin öğrencilere temel robotik ve elektronik bilgilerin verilmesini n zaman alacağına n dolayı uygulama noktasında sorun yaratacağından çıkarılacaktır.
Rüzgar Türbini Tasarımı	Öğrenci: Fikir üretme noktasında yaşanan zorluklar			Öğrenci: Malzeme seçiminde yaşanan zorluklar		

Tablo 4.14'ün Devamı

	Empati	Tanımlama	Tasarlama	Prototipleme	Test Etme	Yapılan Değişiklik
Mars aracı tasarlama	Gözlemci notu: Ön bilgi eksikliği Öğrenci: Fikir üretme noktasında yaşanan zorluklar Ön bilgi eksikliğinden kaynaklı zorluklar	Gözlemci notu: Ön bilgi eksikliği		Öğrenci: Malzeme seçiminde yaşanan zorluklar		Ön bilgileri destekleyici videolar ve bilgi notları süreç öncesinde öğrencilere sunulacaktır.
Biyomimikri-Güneş enerjisi	Gözlemci notu: Ön bilgi eksikliği	Gözlemci notu: Ön bilgi eksikliği				Ön bilgileri destekleyici videolar ve bilgi notları süreç öncesinde öğrencilere sunulacaktır.
Kulemi tasarlıyorum					Gözlemci notu: Tasarım eksiklikleri	
Güvenli Kask	Gözlemci notu: Ön bilgi eksikliği Öğrenci: Ön bilgi eksikliğinden kaynaklı zorluklar	Gözlemci notu: Ön bilgi eksikliği				Ön bilgileri destekleyici videolar ve bilgi notları süreç öncesinde öğrencilere sunulacaktır.

Tablo 4.14'ün Devamı

Empati	Tanımlama	Tasarlama	Prototipleme	Test Etme	Yapılan Değişiklik
Akıllı çöp kutusu tasarımı			Gözlemci notu: Elektronik devre elemanlarını tanımadıkları için sistem tasarımında yaşanan zorluklar Öğrenci: Yazılım konusunda ki bilgi eksiklikleri		Etkinliğin öğrencilere temel robotik ve elektronik bilgilerin verilmesinin zaman alacağından dolayı uygulama noktasında sorun yaratacağından çıkarılacaktır.

Tablo incelendiğinde uygulayıcı gözlemlerinin en çok ön bilgi eksikliği ve temel yeterlilikler üzerine odaklandığı görülmektedir. Bu durum öğrencilerle yapılan görüşlerde de ortaya çıkmıştır. Bu noktada uygulamalar öncesinde ön bilgileri artıracak video ve bilgi içerikleri öğrencilere sunulacaktır. Bunun yanında robotik içerikler barındıran etkinlikler temel bilgi eksikliğini giderilmesinin zaman alacağından dolayı çıkarılmıştır.

4.13 Etik Durumlar

Tüm katılımcılar, araştırmaya gönüllü olarak katılmış ve bu doğrultuda yasal ve etik gereklilikler doğrultusunda sorumlu kişilerden yazılı onamları alınmıştır (Ek E). Araştırma kapsamında katılımcılara herhangi bir fiziksel, psikolojik ya da sosyal zarar verebilecek bir uygulamaya yer verilmemiştir. Araştırma süreci boyunca tüm katılımcılara çalışma hakkında eşit ve şeffaf bilgi sunulmuş, kişisel verileri gizlilik ilkesine uygun şekilde korunmuştur. Katılımcıların kimlik bilgileri anonimleştirilmiş ve elde edilen veriler yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılmıştır.

Bu araştırmada, veri toplama sürecini yürüten uygulayıcı ile araştırmayı planlayan ve analiz eden araştırmacı aynı kişidir. Bu durum, uygulama sürecine yönelik derinlemesine gözlem yapma, süreci yakından izleme ve katılımcı tepkilerini doğrudan değerlendirme açısından avantaj sağlamıştır. Ancak aynı zamanda, araştırmacının sürece doğrudan müdahil olması, veri yorumlamada öznellik riskini artıracıebileceğinden, bu durum göz önünde bulundurularak veri analizi aşamasında nesnelliği korumaya zen gösterilmiştir. Araştırmacı, verilerin sistematik şekilde analiz edilmesine ve elde edilen bulguların yorumlanmasında bilimsel nesnelliğe dikkat etmiştir.



5. BULGULAR

Araştırma sonucu elde edilen bulgular bu bölümde verilmiştir.

5.1 Bilgi İşlemsel Düşünmeye Yönelik Bulgular

Bu bölümde, bilgi işlemsel düşünme becerilerinin geliştirilmesine yönelik yapılan bir uygulamanın etkililiği değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında öğrencilerin ön test ve son test puanları üzerinden, deney ve kontrol gruplarına ayrılmış iki farklı grubun, ayrıca cinsiyet değişkenine göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu analiz süreci, tekrarlı ölçümler için Çok Faktörlü Varyans Analizi (Repeated Measures GLM) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırma tasarımı 2 (zaman: ön test, son test) $\times$ 2 (grup: deney, kontrol) $\times$ 2 (cinsiyet: kız, erkek) şeklinde yapılandırılmıştır.

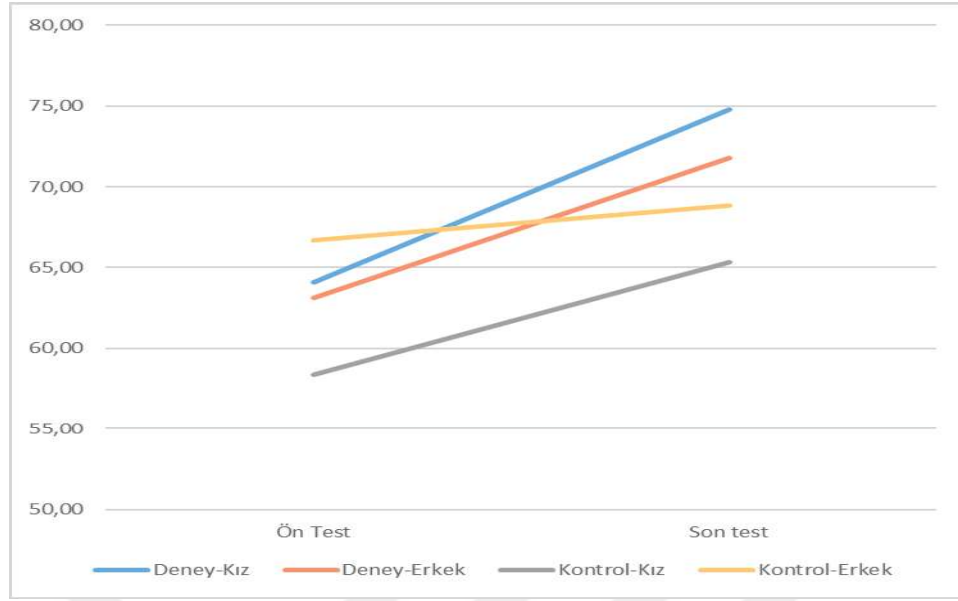
Deney ve kontrol gruplarında yer alan kız ve erkek öğrencilerin, uygulama öncesi ve sonrası bilgi işlemsel düşünme ölçeğinden aldıkları puanlara ilişkin betimsel istatistikler Tablo 5.1’de yer almaktadır.

Tablo 5.1 Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeğine İlişkin Gruplara Ait Sonuçlar

Değişken	Ön Test			Son Test		
	n	$\bar{X}$	ss	n	$\bar{X}$	ss
Deney (Kız)	17	64,117	15,008	17	74,764	8,242
Deney (Erkek)	18	63,111	11,772	18	71,777	5,374
Deney (Toplam)	35	63,600	13,249	35	73,228	6,979
Kontrol (Kız)	18	58,388	19,366	18	65,333	7,186
Kontrol (Erkek)	17	66,705	15,201	17	68,823	11,392
Kontrol(Toplam)	35	62,428	17,722	35	67,028	9,488

Tablo 5.1 incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarına ait ön test ve son test puan ortalamalarının belirgin bir farklılık gösterdiği görülmektedir. Deney grubu özelinde değerlendirildiğinde, öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerilerinde anlamlı bir gelişim kaydettikleri anlaşılmaktadır. Deney grubundaki kız öğrencilerin ön test puan ortalaması $\bar{X}= 64,12$ iken son testte bu değer $\bar{X}= 74,76$ 'ya yükselmiştir. Bu artış, uygulamanın özellikle kız öğrenciler üzerinde etkili olduğunu ve bilgi işlemsel düşünme becerilerinde kayda değer bir gelişim sağladığını göstermektedir. Ayrıca standart sapmanın azalması, gelişimin öğrenciler arasında daha dengeli gerçekleştiğine işaret etmektedir. Erkek öğrencilerde ise ön test puanı $\bar{X}= 63,11$ iken son testte $\bar{X}= 71,78$ 'e çıkmıştır. Bu da uygulamanın erkek öğrenciler üzerinde de olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Genel olarak deney grubunun toplam puanı $\bar{X}= 63,60$ 'tan $\bar{X}= 73,23$ 'e yükselmiştir. Bu gelişim, deney grubundaki öğrencilerin uygulama süreci sonunda bilgi işlemsel düşünme becerilerini önemli ölçüde geliştirdiğini göstermektedir.

Kontrol grubunda ise daha sınırlı bir gelişim gözlemlenmiştir. Kız öğrencilerde ön test ortalaması $\bar{X}= 58,39$ iken son testte bu değer $\bar{X}= 65,33$ 'e yükselmiştir. Bu artış, doğal gelişime bağlı sınırlı bir ilerleme olarak değerlendirilebilir. Ancak standart sapmaların yüksekliği, gelişimin tüm öğrencilerde eşit düzeyde gerçekleşmediğini ve bireysel farklılıkların etkili olduğunu göstermektedir. Erkek öğrencilerde ise ön testte $\bar{X}= 66,71$ olan ortalama, son testte $\bar{X}= 68,82$ 'ye yükselmiş, ancak bu artış deney grubundaki gelişimle kıyaslandığında oldukça sınırlı kalmıştır. Kontrol grubunun toplam ortalamasının $\bar{X}= 62,43$ 'ten $\bar{X}= 67,03$ 'e yükselmesi de deneysel müdahale olmadan da sınırlı bir gelişim yaşandığını göstermektedir. Ancak bu gelişimin büyüklüğü ve dağılımı deney grubuna kıyasla anlamlı düzeyde düşüktür.



Şekil 5.1 Bilgi İşlemsel Düşünme Testi Gruplarına Göre Değişim

Genel değerlendirme yapıldığında, uygulamanın bilgi işlemsel düşünme becerileri üzerinde belirgin bir etkisi olduğu görülmektedir. Deney grubundaki hem kız hem de erkek öğrenciler anlamlı gelişim gösterirken, kontrol grubundaki artışlar daha çok doğal gelişim düzeyinde kalmıştır. Bu bulgular, uygulamanın öğrencilerin bilişsel becerilerini geliştirmede etkili bir araç olduğunu desteklemekte ve özellikle kız öğrenciler üzerinde daha belirgin olumlu etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Müdahale süreciyle desteklenen öğrenme ortamlarının, öğrencilerin düşünme becerilerini daha sistemli ve tutarlı bir biçimde geliştirdiği sonucuna ulaşılabilir.

Tablo 5.2 Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeğine İlişkin Takip Ölçümünde Kontrol Grubuna Göre Ortalama Farklar

Değişken	Ortalama Fark	F	p
Bilgi İşlemsel Düşünme (Zaman Etkisi)	7,11	13,94	<0,001*
Zaman × Grup Etkileşimi	-	1,82	0,182
Zaman × Cinsiyet Etkileşimi	-	0,80	0,374
Zaman × Grup × Cinsiyet Etkileşimi	-	0,14	0,709

Tablo 5.2 incelendiğinde, bilgi işlemsel düşünme becerisine yönelik zaman etkisinin anlamlı olduğu görülmektedir ($F_{(1,66)} = 13,94$, $p < 0,001$). Bu durum, öğrencilerin genel olarak son testte daha yüksek puanlar aldığı ve uygulama süreci sonunda bilgi işlemsel düşünme becerilerinde anlamlı bir gelişim gösterdiklerini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, uygulamanın genel olarak etkili olduğunu göstermesi açısından önemlidir.

Zaman ve grup değişkenlerinin etkileşimi incelendiğinde, bu etkileşim istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır ($F_{(1,66)} = 1,82$, $p = 0,182$). Ancak tanımlayıcı istatistiklere bakıldığında, deney grubunda yer alan öğrencilerin son test puanlarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

Zaman ve cinsiyet arasındaki etkileşim anlamlı bulunmamıştır ($F_{(1,66)} = 0,80$, $p = 0,374$). Bu sonuç, kız ve erkek öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerilerindeki gelişim düzeylerinin benzer olduğunu göstermektedir. Uygulama, cinsiyete bağlı farklılık yaratmamıştır.

Üçlü etkileşim (zaman $\times$ grup $\times$ cinsiyet) de istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F_{(1,66)} = 0,14$, $p = 0,709$). Bu bulgu, hem grup hem de cinsiyet faktörleri birlikte ele alındığında, uygulamanın etkisinin anlamlı düzeyde değişmediğini göstermektedir.

5.2 Bilimsel Yaratıcılığa Yönelik Bulgular

Bu bölümde, yaratıcılığın geliştirilmesine yönelik yapılan bir uygulamanın etkililiği değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında öğrencilerin ön test ve son test puanları üzerinden, deney ve kontrol gruplarına ayrılmış iki farklı grubun, ayrıca cinsiyet değişkenine göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu analiz süreci, tekrarlı ölçümler için Çok Faktörlü Varyans Analizi (Repeated Measures GLM) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırma tasarımı 2 (zaman: ön test, son test) $\times$ 2 (grup: deney, kontrol) $\times$ 2 (cinsiyet: kız, erkek) şeklinde yapılandırılmıştır.

Deney ve kontrol gruplarında yer alan kız ve erkek öğrencilerin, uygulama öncesi ve sonrası yaratıcılık ölçeğinden aldıkları puanlara ilişkin betimsel istatistikler Tablo 5.3’de yer almaktadır.

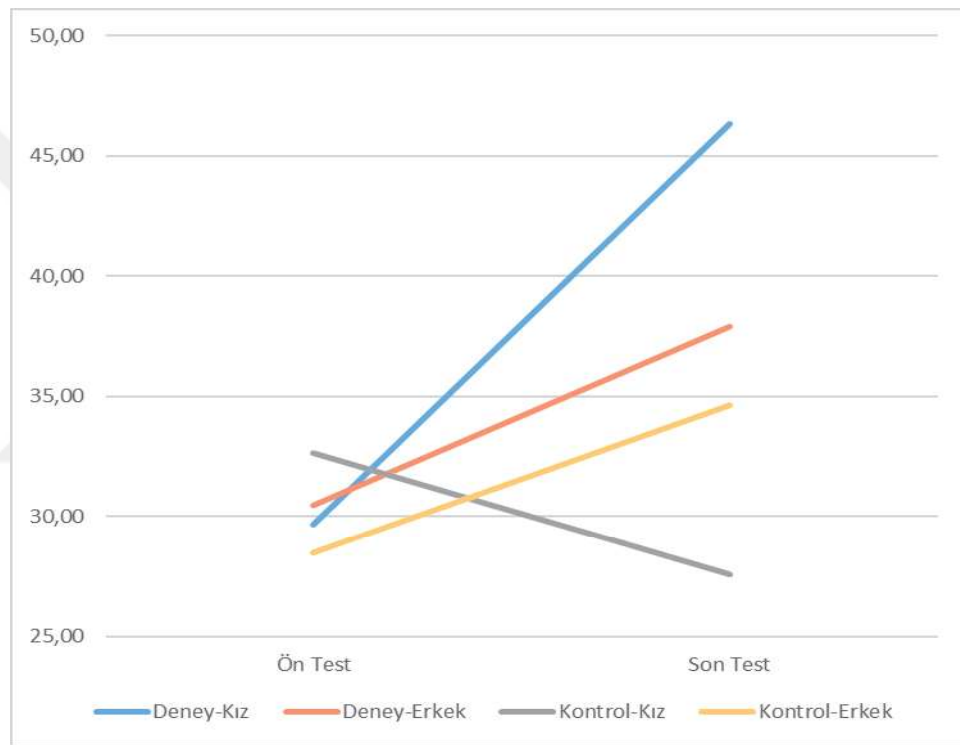
Tablo 5.3 Bilimsel Yaratıcılık Ölçeğine İlişkin Gruplara Ait Sonuçlar

Değişken	Ön Test			Son Test		
	n	$\bar{X}$	ss	n	$\bar{X}$	ss
Deney (Kız)	17	29,647	8,880	17	46,352	14,722
Deney (Erkek)	18	30,444	8,562	18	37,888	12,072
Deney (Toplam)	35	30,057	8,598	35	42,000	13,903
Kontrol (Kız)	18	32,666	7,300	18	27,555	7,429
Kontrol (Erkek)	17	28,470	9,381	17	34,647	13,346
Kontrol(Toplam)	35	30,628	8,520	35	31,000	11,151

Tablo 5.3 incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarının yaratıcılık ölçeğine ilişkin ön test ve son test puan ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir. Deney grubu özelinde değerlendirildiğinde, öğrencilerin yaratıcılık düzeylerinde uygulama süreci sonunda önemli bir gelişim kaydettikleri anlaşılmaktadır. Deney grubundaki kız öğrencilerin ön test puan ortalaması $\bar{X}=29,65$ iken, son testte bu değer $\bar{X}=46,35$ 'e yükselmiştir. Bu dikkat çekici artış, uygulamanın özellikle kız öğrencilerin yaratıcılık becerilerini destekleme açısından oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, standart sapmanın artması gelişimin bireyler arasında farklı hızlarda gerçekleşmiş olabileceğini, ancak genel eğilimin olumlu yönde olduğunu göstermektedir. Deney grubundaki erkek öğrencilerin ön test puanı ortalama $\bar{X}=30,44$ iken, son testte bu değer $\bar{X}=37,89$ 'a yükselmiştir. Bu gelişim, kız öğrencilerdeki kadar güçlü olmasa da, uygulamanın erkek öğrenciler üzerinde de olumlu bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Deney grubunun genel ortalaması da $\bar{X}=30,06$ 'dan $\bar{X}=42,00$ 'ye yükselmiş ve bu durum uygulamanın tüm grup üzerinde anlamlı bir etki yarattığını göstermiştir.

Kontrol grubu verileri incelendiğinde ise bazı farklılıkların olduğu, ancak bu farklılıkların sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Kontrol grubundaki kız öğrenciler ön testte $\bar{X}=32,67$ puan alırken, son testte bu değer $\bar{X}=27,56$ 'ya düşmüştür. Bu düşüş,

uygulamaya katılmayan öğrencilerde yaratıcı düşünme düzeyinin zamanla azaldığını veya öğrenme sürecinde yeterince desteklenmediğini düşündürmektedir. Erkek öğrencilerde ise ön test puanı $\bar{X}= 28,47$ iken, son testte bu değer $\bar{X}= 34,65$ 'e yükselmiştir. Bu artış belirli bir gelişime işaret etse de, deney grubuna kıyasla daha sınırlı bir etki olduğu açıktır. Kontrol grubunun toplam puanı ön testte $\bar{X}= 30,63$ iken, son testte yalnızca $\bar{X}= 31,00$ 'e çıkmıştır. Bu küçük artış, doğal gelişim sürecine bağlı olarak değerlendirilebilir. Ancak bu gelişimin büyüklüğü, deney grubundaki belirgin artışla kıyaslandığında oldukça düşük düzeyde kalmaktadır.



Şekil 5.2 Yaratıcılık Testi Gruplarına Göre Değişim

Genel değerlendirme yapıldığında deney grubunda gözlemlenen yüksek düzeyli artışlar, uygulamanın öğrencilerin yaratıcılık düzeylerini anlamlı şekilde artırdığını göstermektedir. Buna karşın kontrol grubunda ya sınırlı bir gelişim ya da gerileme olduğu görülmekte; bu durum, uygulamanın yaratıcılık becerilerini destekleyici etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 5.4 Bilimsel Yaratıcılık Ölçeğine İlişkin Takip Ölçümünde Kontrol Grubuna Göre Ortalama Farklar

Değişken	Ortalama Fark	F	p
Yaratıcılık (Zaman Etkisi)	6,16	24,491	<0,001
Zaman × Grup Etkileşimi	11,57	20,527	<0,001
Zaman × Cinsiyet Etkileşimi	-	0,158	0,692
Zaman × Grup × Cinsiyet Etkileşimi	-	16,265	<0,001

Tablo 5.4 incelendiğinde, yaratıcılık ölçeğine ilişkin zaman etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($F_{(1,66)} = 24,49$, $p < 0,001$). Bu bulgu, öğrencilerin genel olarak son testte daha yüksek puanlar aldığını ve uygulama süreci sonunda yaratıcılık düzeylerinde anlamlı bir artış gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, uygulamanın öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini destekleyici ve geliştirici bir etkiye sahip olduğunu göstermesi açısından önemli bir bulgudur.

Zaman ve grup değişkenlerinin etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F_{(1,66)} = 20,53$, $p < 0,001$). Bu bulgu, deney ve kontrol gruplarının zaman içerisindeki değişimlerinin farklılaştığını, dolayısıyla uygulamanın deney grubunda daha etkili olduğunu göstermektedir. Tanımlayıcı istatistikler de bu durumu desteklemekte; deney grubundaki öğrencilerin son testte kontrol grubuna göre daha yüksek yaratıcılık puanlarına ulaştığı gözlemlenmektedir. Bu sonuç, uygulamanın özellikle deney grubunda yaratıcı düşünme becerileri üzerinde olumlu ve anlamlı bir katkı sağladığını göstermektedir.

Zaman ve cinsiyet etkileşimi incelendiğinde, bu etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($F_{(1,66)} = 0,16$, $p = 0,692$). Bu durum, uygulamanın kız ve erkek öğrenciler üzerinde benzer düzeyde etkili olduğunu ve cinsiyete bağlı anlamlı bir farklılık yaratmadığını göstermektedir. Öğrencilerin yaratıcılık becerilerindeki gelişimi, cinsiyetten bağımsız olarak benzer bir eğilim göstermiştir.

Son olarak, zaman, grup ve cinsiyet arasındaki üçlü etkileşim de anlamlı bulunmuştur ($F_{(1,66)} = 16,27$, $p < 0,001$). Bu bulgu, uygulamanın etkisinin hem gruba hem de cinsiyete göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle, uygulamanın yaratıcılık üzerindeki etkisi, hem öğrencinin deney ya da kontrol grubunda yer almasına hem de cinsiyetine bağlı olarak anlamlı şekilde değişmektedir. Bu sonuç, uygulamanın özellikle belirli alt gruplarda (örneğin deney grubundaki kız öğrencilerde) daha belirgin etkiler yarattığını düşündürmektedir. Bu bağlamda, uygulamaların planlanmasında bireysel farklılıkların göz önünde bulundurulması gerektiği söylenebilir.

5.3 STEM Motivasyona Yönelik Bulgular

Bu bölümde, motivasyonun geliştirilmesine yönelik yapılan bir uygulamanın etkililiği değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında öğrencilerin ön test ve son test puanları üzerinden, deney ve kontrol gruplarına ayrılmış iki farklı grubun, ayrıca cinsiyet değişkenine göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu analiz süreci, tekrarlı ölçümler için Çok Faktörlü Varyans Analizi (Repeated Measures GLM) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırma tasarımı 2 (zaman: ön test, son test) $\times$ 2 (grup: deney, kontrol) $\times$ 2 (cinsiyet: kız, erkek) şeklinde yapılandırılmıştır.

Deney ve kontrol gruplarında yer alan kız ve erkek öğrencilerin, uygulama öncesi ve sonrası STEM Motivasyon ölçeğinden aldıkları puanlara ilişkin betimsel istatistikler Tablo 5.5’de yer almaktadır.

Tablo 5.5 STEM Motivasyon Ölçeğine İlişkin Gruplara Ait Sonuçlar

Değişken	Ön Test			Son Test		
	n	$\bar{X}$	ss	n	$\bar{X}$	sd
Deney (Kız)	17	61,352	9,164	17	81,705	4,766
Deney (Erkek)	18	67,055	6,457	18	75,944	6,254
Deney (Toplam)	35	64,285	8,290	35	78,742	6,227

Tablo 5.5'in Devamı

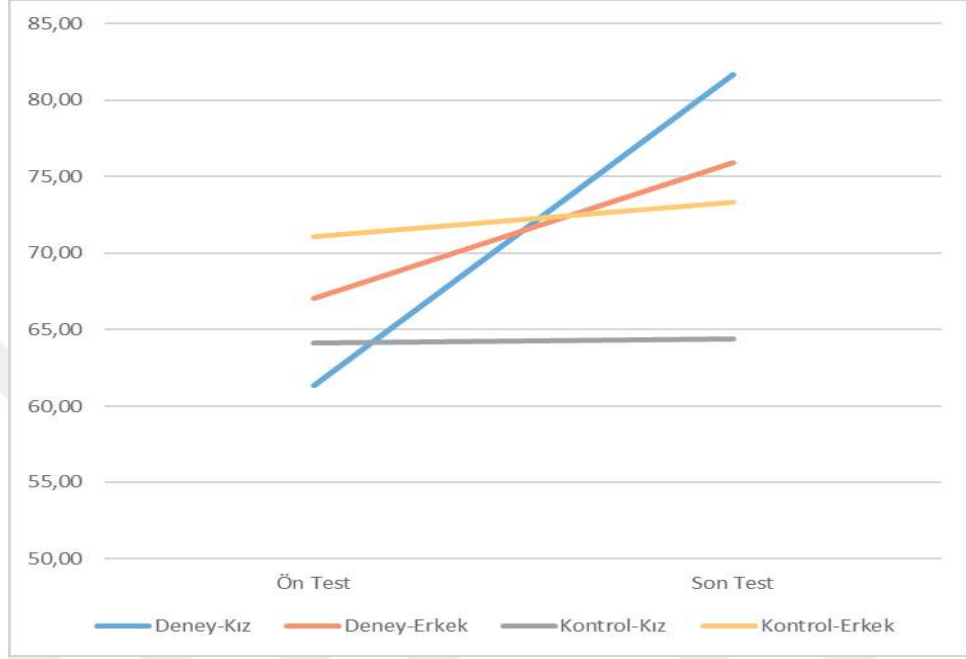
Değişken	Ön Test			Son Test		
	n	$\bar{X}$	ss	n	$\bar{X}$	sd
Kontrol (Kız)	18	64,111	9,190	18	64,388	10,771
Kontrol (Erkek)	17	71,117	11,229	17	73,352	12,474
Kontrol(Toplam)	35	67,514	10,686	35	68,742	12,324

Tablo 5.5 incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarına ait STEM motivasyon ölçeği ön test ve son test puan ortalamaları arasında belirgin farklılıkların olduğu görülmektedir. Deney grubu özelinde değerlendirildiğinde, öğrencilerin STEM motivasyon düzeylerinde uygulama süreci sonunda anlamlı bir artış yaşandığı dikkat çekmektedir. Deney grubundaki kız öğrencilerin ön testteki ortalama puanı $\bar{X}=61,35$ iken, son testte bu değer $\bar{X}=81,71$ 'e yükselmiştir. Bu dikkat çekici artış, uygulamanın özellikle kız öğrencilerin STEM alanlarına olan ilgisini ve motivasyonunu artırmada oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, standart sapmanın azalması (9,16'dan 4,77'ye) bu gelişimin gruptaki bireyler arasında daha homojen bir şekilde gerçekleştiğine işaret etmektedir.

Deney grubundaki erkek öğrencilerin ön test puanı $\bar{X}=67,06$ iken, son testte bu değer $\bar{X}=75,94$ 'e yükselmiştir. Bu gelişim, kız öğrencilerdeki kadar yüksek olmasa da, erkek öğrencilerde de uygulamanın anlamlı ve olumlu bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Deney grubunun toplam puanı incelendiğinde ise, ortalamanın $\bar{X}=64,29$ 'dan $\bar{X}=78,74$ 'e yükseldiği görülmektedir. Bu genel artış, uygulamanın deney grubu öğrencilerinin tamamı üzerinde güçlü bir STEM motivasyonu etkisi yarattığını doğrulamaktadır.

Kontrol grubu verileri incelendiğinde ise daha sınırlı bir değişim gözlemlenmektedir. Kontrol grubundaki kız öğrencilerin ön test ortalaması $\bar{X}=64,11$ iken, son testte bu değer yalnızca $\bar{X}=64,39$ 'a çıkmıştır. Bu küçük artış, motivasyon düzeyinde belirgin bir gelişme olmadığını ve uygulamaya katılmayan öğrencilerde doğal süreçle sınırlı bir değişim gerçekleştiğini düşündürmektedir. Erkek öğrencilerde ise $\bar{X}=71,12$ olan ön test puanı, son testte $\bar{X}=73,35$ 'e yükselmiştir. Bu artış, belirli bir gelişim eğilimini

gösterse de deney grubundaki artışlara kıyasla oldukça düşük düzeyde kalmaktadır. Kontrol grubunun genel ortalaması, $\bar{X}=67,51$ 'den $\bar{X}=68,74$ 'e çıkmış olup, bu sınırlı değişim STEM motivasyonunda kayda değer bir ilerlemenin sağlanamadığını göstermektedir.



Şekil 5.3 STEM Motivasyon Testi Gruplarına Göre Değişim

Genel olarak değerlendirildiğinde, deney grubunda uygulanan eğitim sürecinin öğrencilerin STEM motivasyonlarını artırmada etkili olduğu, bu etkinin kız öğrencilerde daha yüksek düzeyde gözlemlendiği söylenebilir. Kontrol grubundaki değişimlerin sınırlı kalması, uygulamanın etkisini daha da belirgin kılmaktadır. Bu bulgular, STEM temelli müdahalelerin öğrencilerin motivasyonel eğilimleri üzerinde anlamlı bir etki yarattığını ve bu tür uygulamaların özellikle kız öğrenciler için güçlü bir destek unsuru olabileceğini göstermektedir.

Tablo 5.6 STEM Motivasyon Ölçeğine İlişkin Takip Ölçümünde Kontrol Grubuna Göre Ortalama Farklar

Değişken	Ortalama Fark	F	p
STEM Motivasyon (Zaman Etkisi)	14	43,459	<0,001
Zaman × Grup Etkileşimi	10	30,791	<0,001
Zaman × Cinsiyet Etkileşimi	-	3,895	0,053
Zaman × Grup × Cinsiyet Etkileşimi	7,7	7,764	0,007

Tablo 5.6 incelendiğinde, STEM motivasyonuna ilişkin zaman etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($F_{(1,66)} = 43,46$, $p < 0,001$). Bu bulgu, öğrencilerin genel olarak son testte daha yüksek motivasyon puanları aldığını ve uygulama süreci sonunda STEM motivasyon düzeylerinde anlamlı bir artış yaşandığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuç, uygulamanın öğrencilerin STEM alanlarına yönelik ilgilerini ve katılımlarını artırıcı bir etkide bulunduğunu ortaya koyması açısından önemli kabul edilebilir.

Zaman ve grup değişkenlerinin etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F_{(1,66)} = 30,79$, $p < 0,001$). Bu bulgu, deney ve kontrol gruplarının zaman içerisindeki değişimlerinin farklılık gösterdiğini ve uygulamanın özellikle deney grubunda daha etkili olduğunu göstermektedir. Tanımlayıcı istatistikler de bu durumu desteklemektedir; deney grubundaki öğrencilerin son testte kontrol grubuna kıyasla daha yüksek STEM motivasyon puanlarına ulaştığı görülmektedir. Bu sonuç, uygulamanın STEM motivasyonunu artırıcı etkisinin deney grubunda daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.

Zaman ve cinsiyet etkileşimi incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlılığa oldukça yakın bir sonuç elde edilmiştir ($F_{(1,66)} = 3,90$, $p = 0,053$). Bu durum, uygulamanın kız ve erkek öğrenciler üzerindeki etkisinin kısmen farklılaştığını ancak bu farklılığın %5 anlamlılık düzeyinin biraz üzerinde kaldığını göstermektedir. Başka bir deyişle, cinsiyete bağlı olarak STEM motivasyonunda bazı değişiklikler gözlemlenmiş olsa da

bu fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmemektedir. Bu nedenle, uygulamanın etkisinin büyük ölçüde cinsiyetten bağımsız olduğu söylenebilir.

Son olarak, zaman, grup ve cinsiyet arasındaki üçlü etkileşim anlamlı bulunmuştur ($F_{(1,66)} = 7,76, p = 0,007$). Bu bulgu, uygulamanın etkisinin hem grup hem de cinsiyet faktörlerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle, STEM motivasyonundaki gelişmeler öğrencinin deney ya da kontrol grubunda bulunmasına ve aynı zamanda cinsiyetine göre farklılık göstermektedir. Bu sonuç, uygulamanın özellikle belirli alt gruplarda—örneğin deney grubundaki kız öğrencilerde—daha güçlü etkiler yarattığını düşündürmektedir. Bu doğrultuda, STEM eğitime yönelik planlamalarda bireysel farklılıkların ve toplumsal cinsiyet perspektifinin dikkate alınması gerektiği söylenebilir.

5.4 Bulguların Genel Özeti

Araştırma kapsamında bilgi işlemsel düşünme, yaratıcılık ve STEM motivasyonu değişkenlerine yönelik olarak deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin ön test ve son test puanları karşılaştırılmıştır. Bilgi işlemsel düşünme becerilerine ilişkin elde edilen bulgular, deney grubundaki öğrencilerin uygulama sonrasında bilgi işlemsel düşünme puanlarında artış yaşadığını, kontrol grubundaki öğrencilerde ise bu artışın daha sınırlı düzeyde gerçekleştiğini göstermektedir. Deney grubunda yer alan hem kız hem de erkek öğrencilerde gelişim gözlenmiş olup, bu gelişimin grup genelinde tutarlı olduğu görülmektedir. Kontrol grubunda ise bireyler arası farklılıkların daha belirgin olduğu, bazı öğrencilerde sınırlı gelişim yaşanırken bazı öğrencilerde puanların değişmediği veya çok az arttığı anlaşılmaktadır.

Yaratıcılığa yönelik bulgular incelendiğinde, deney grubundaki öğrencilerin yaratıcılık düzeylerinde uygulama sonrasında anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, hem kız hem de erkek öğrencilerde görülmekle birlikte, bazı alt gruplarda daha yüksek düzeyde olmuştur. Kontrol grubunda ise yaratıcılık puanlarında ya sınırlı bir artış yaşandığı ya da bazı alt gruplarda düşüşlerin gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu durum, deney ve kontrol grupları arasındaki değişimin yönü ve büyüklüğü açısından

farklılık olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, yaratıcılık değişkeni özelinde grup ve cinsiyet etkileşimlerinin anlamlılık düzeyine ulaştığı bulunmuştur.

STEM motivasyonuna yönelik elde edilen veriler, deney grubundaki öğrencilerin uygulama sonrasında motivasyon puanlarında anlamlı bir yükselme olduğunu göstermektedir. Bu yükseliş hem kız hem de erkek öğrencilerde görülmekle birlikte, bazı cinsiyet gruplarında daha belirgin bir artış söz konusudur. Kontrol grubundaki öğrencilerde ise STEM motivasyonu açısından sınırlı düzeyde değişim yaşandığı, bazı gruplarda motivasyon düzeylerinin sabit kaldığı veya çok az yükseldiği belirlenmiştir. STEM motivasyonu değişkenine ilişkin analizlerde zaman etkisinin yanı sıra grup ve cinsiyet etkileşimlerinin bazı kombinasyonlarında da anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, uygulama süreci sonunda deney grubundaki öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme, yaratıcılık ve STEM motivasyonu düzeylerinde olumlu yönde değişim gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda ise bu değişimlerin daha sınırlı düzeyde gerçekleştiği ve bazı değişkenlerde belirgin gelişim gözlenmediği tespit edilmiştir. Ayrıca, cinsiyet ve grup değişkenlerinin etkileşimine dayalı farklılıkların bazı değişkenlerde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

6. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde, bulgular, ilgili literatürdeki benzer çalışmaların bulgularıyla karşılaştırılarak tartışılmış; araştırmanın amacı ve alt problemleri doğrultusunda yapılandırılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlara dayalı olarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

6.1 TOD Süreçlerinin BİD Becerisine Etkilerine ilişkin Bulguların Tartışılması

Bu çalışmanın bulguları, Tasarım Odaklı Düşünme (TOD) temelli STEM müdahalesinin, öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme (BİD) becerilerini geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç, BİD yeterliliklerinin geliştirilmesi amacıyla STEM eğitime tasarım odaklı pedagojilerin entegrasyonunun önemini vurgulayan artan sayıda araştırma ile örtüşmektedir (Cheng vd., 2023; Jun vd., 2017; Wang vd., 2022). Empati ve yaratıcılığa dayalı insan merkezli, yinelemeli bir problem çözme süreci olan TOD (Brown, 2008), algoritmik akıl yürütme ve eleştirel düşünme becerilerinin gelişimini desteklemek için umut vadeden bir öğretim çerçevesi sunmaktadır. Araştırmacılar, karmaşık ve disiplinler arası problemlerin çözümünde tasarım düşünme ile bilgi işlemsel düşünme arasındaki uyuma giderek daha fazla vurgu yapmakta, ancak bu iki çerçevenin özgün ontolojik temellere sahip ayrı bilişsel yapılar olduğunu da belirtmektedirler (Kelly ve Gero, 2021).

Son yıllarda, BİD'in STEM alanlarına önemli ölçüde entegre edildiği görülmektedir. BİD yalnızca dijital bir beceri olarak değil, bilimsel ve teknik disiplinlerde geçerli temel bir sorgulama yöntemi olarak kabul edilmektedir (Lee vd., 2020; Li vd., 2020). Soyutlama, ayrıştırma, algoritmik mantık ve yinelemeli problem çözme gibi bileşenleri kapsayan BİD, tüm öğrenciler için gerekli temel bir yeterlik olarak çerçevelenmektedir (Angeli ve Giannakos, 2020; Wing, 2006). Birçok araştırmacı, bu düşünme biçiminin mantıksal düşünme ve yaratıcılığı artırmadaki rolünü (Aiken vd., 2012; Bers, 2010; Liu vd., 2011; Sengupta vd., 2013) ve 21. yüzyılın zorluklarına öğrencileri hazırlamadaki potansiyelini (Fessakis ve Prantsoudi, 2019; ISTE, 2016; Zhao vd., 2022) vurgulamıştır.

Bu çalışma kapsamında gözlemlenen BİD'deki anlamlı kazanımlar, TOD temelli yaklaşımların BİD gelişimini destekleyen etkili bir pedagojik strateji olabileceğini göstermektedir. Tasarım süreçlerinin empati kurma, fikir üretme, prototipleme ve test etme gibi yinelemeli doğası, bilgi işlemsel problem çözmenin temel işlemleriyle örtüşmekte ve öğrencilere özgün, aktarılabilir öğrenme deneyimleri sunmaktadır. Ayrıca TOD'un yaratıcılık, iş birliği ve yansıtıcı düşünme gibi öğeleri vurgulaması, bilgi işlemsel düşünmeyi disiplinler arası ve üstbilişsel bir beceri olarak tanımlayan güncel yaklaşımlarla da örtüşmektedir.

Önemli bir bulgu olarak, bu çalışmada yapılan cinsiyete dayalı analizler, erkek ve kız öğrenciler arasında BİD kazanımları açısından anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu durum, STEM eğitiminde toplumsal cinsiyet eşitliği literatürüne katkı sağlamakta ve kapsayıcı, tasarım temelli STEM öğretiminin farklı demografik gruplar arasında eşitliği sağlamada etkili olabileceğini düşündürmektedir. Oysa önceki araştırmalar STEM'e yönelik ilgi, öz yeterlik ve kimlik gibi alanlarda cinsiyete dayalı ve çoğunlukla ebeveyn rolleri (Carrasquilla vd., 2022), akran normları (van der Vleuten vd., 2019) ve öğretmen beklentileri (Durrani ve Kataeva, 2025) gibi sosyokültürel etkenlerle şekillenen dirençli eşitsizlikleri ortaya koymuştur. Bu bağlamda, bu çalışmanın bulguları sınıf içi öğretim tasarımının eşitliği artırmada etkili olabileceğine işaret etmektedir.

BİD kazanımlarında cinsiyete bağlı farkların olmaması, Syafei vd. (2023) ile Bahr (2024) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen bulgularla da örtüşmektedir. Bu araştırmalar, uygulamalı ve iş birliğine dayalı STEM etkinliklerinin her iki cinsiyet için de benzer düzeyde katılım ve başarı sağladığını göstermektedir. Bu durum, TOD temelli öğretim çerçevelerinin tüm öğrencileri anlamlı problem çözme süreçlerine dâhil ederek kapsayıcı öğrenme ortamları yaratma ve bilgi işlemsel görevlerde özgüven geliştirme potansiyelini desteklemektedir.

Bununla birlikte, kısa vadeli kazanımlarda cinsiyet açısından nötr etkilerin gözlemlenmesi, STEM'de tam anlamıyla toplumsal cinsiyet eşitliğine ulaşıldığı anlamına gelmemelidir. Zajac vd. (2025), Xu (2015) ve Petrenko ve Cadil (2024) tarafından vurgulandığı gibi, eğitimde başarıda eşitliğin sağlanması, STEM

kariyerlerinde uzun vadeli katılımda da eşitliğin olduğu anlamına gelmez. Mentorlara erişim eksikliği, teknik yetkinliğe dair toplumsal cinsiyet stereotipleri ve kariyer yönlendirmedeki farklılıklar gibi yapısal ve kültürel engeller, erkekler ve kadınlar için STEM alanlarında farklı kariyer yollarını şekillendirmeye devam etmektedir (Kombe ve Matete, 2025; Pérez-Felkner vd., 2019). TOD temelli STEM eğitimi BİD'yi geliştirmede ve cinsiyet dengeli öğrenme çıktılarına desteklemede etkili görünse de, kalıcı bir eşitlik için kapsamlı bir yaklaşım gerekmektedir. Bu yaklaşım, öğretmenlerin toplumsal cinsiyet önyargılarını fark etmesi ve bunlara karşı koyması için mesleki gelişim (Durrani ve Kataeva, 2025), öğretim materyallerinde çeşitli rol modellerin kullanılması (Tal vd., 2024), kültürel olarak duyarlı pedagojilerin benimsenmesi (Lim vd., 2021) ve eşitsizliği sürdüren kurumsal uygulamaların dönüştürülmesini (Smith ve White, 2025) içerebileceği düşünülmektedir.

6.2 TOD destekli STEM Uygulamalarının Yaratıcı Düşünme Becerilerine Etkisine İlişkin Bulguların Tartışılması

Bu araştırmanın bulguları, Tasarım Odaklı Düşünme (TOD) temelli STEM müdahalelerinin, kontrol grubundaki akranlarına kıyasla öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini anlamlı ölçüde geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, TOD temelli yaklaşımların öğrenenleri yinelemeli, açık uçlu ve özgün problem çözme süreçlerine dâhil ederek yaratıcılığı destekleme potansiyelini vurgulamaktadır. Bulgular, STEM eğitiminde yaratıcı düşünmenin 21. yüzyılın temel yeterliklerinden biri olarak ele alındığı giderek büyüyen bir literatürle örtüşmektedir. Tasarım odaklı düşünme ve proje tabanlı öğrenmenin STEM ortamlarına entegrasyonunun, özellikle sosyobilimsel sorgulama, yansıtıcı yineleme ve girişimcilik odaklı düşünme süreçleri aracılığıyla öğrencilerin yaratıcı potansiyelini geliştirdiği pek çok çalışmada gösterilmiştir (Arifin ve Siew, 2024; Chang ve Tsai, 2024; Elwood ve Jordan, 2022; Kuo, 2024; Yalçın ve Erden, 2024).

Özellikle tasarım odaklı düşünmenin yapısal esnekliği, farklı düşünme yollarının, özgünlüğün ve kendini ifade etmenin gelişimine elverişli bir ortam sunmakta; bu beceriler ise geleneksel STEM öğretiminde genellikle ihmal edilmektedir (Dolata ve Schwabe, 2016; Latorre-Coscolluela vd., 2021). Sanatın (STEAM) ve çok modlu

yaklaşımların (örneğin dramatizasyon, görsel hikâyeleştirme) dâhil edilmesi, farklı öğrenen gruplarının yaratıcı ifade ve anlam üretme yollarını genişleterek bu etkiyi daha kapsayıcı hâle getirmektedir (Monteira, 2025; Mutlu, 2021; Segarra vd., 2018). Bu nedenle, elde edilen bulgular, TOD temelli STEM öğretiminin yalnızca yaratıcılığı artırmakla kalmayıp aynı zamanda eğitime yönelik daha geniş ve kapsayıcı bir yenilik anlayışını da desteklediğini göstermektedir.

Dikkat çekici bir diğer bulgu ise, yaratıcı düşünme becerilerinin gelişiminde cinsiyete dayalı anlamlı bir fark gözlenmemesidir. Bu sonuç, STEM alanlarında süregelen cinsiyet temelli ve çoğunlukla sosyokültürel beklentiler ve kapsayıcı olmayan öğrenme deneyimlerine sınırlı erişimle şekillenen katılım ve öz güven farklılıklarının varlığı (Carrasquilla vd., 2022; Rozgonjuk vd., 2024) dikkate alındığında oldukça umut vericidir. Bu çalışmada gözlemlenen eşitlikçi sonuçlar, tasarım odaklı düşünmenin toplumsal cinsiyete duyarlı pedagojik bir çerçeve olarak işlev görebileceğini ortaya koyan diğer araştırmalarla örtüşmektedir. Örneğin, Simeon vd. (2022), cinsiyet dengesi gözetilen STEM-TOD modüllerinde hem erkek hem kız öğrencilerin öğrenme çıktılarında iyileşmeler gözlemlemiştir; Küçükaydın ve Ulum (2025) ise TOD ile STEM öğretim öz yeterliği arasındaki ilişkide yaratıcı problem çözmenin aracı rolünü vurgulamıştır. Ayrıca, Yüksel (2025), TOD uygulamalarına sürekli maruz kalan öğretmen adaylarında hem tasarım becerilerinin hem de pedagojik inançların güçlendiğini göstererek TOD'un öğretmen gelişimi açısından dönüştürücü potansiyelini ortaya koymuştur. Buna ek olarak, Thomason ve Hsu (2025), TOD eğilimlerinde istatistiksel olarak ölçülebilir bir değişim olmasa bile öğrencilerin öz yönelim, iş birliği ve açık uçlu görevlerdeki ısrarcılık gibi niteliksel kazanımlarının belirgin olduğunu raporlamıştır. Bu tür bulgular, TOD'un etkisinin yalnızca bilişsel kazanımlarla sınırlı kalmadığını; aynı zamanda kapsayıcı eğitimin temel bileşenlerinden olan duyuşsal ve ilişkisel alanları da kapsadığını göstermektedir.

Bu bağlamda, mevcut çalışma, TOD temelli STEM müdahalelerinin yaratıcı düşünme gelişimini desteklemede etkili ve eşitlikçi bir yaklaşım sunduğuna dair anlayışa katkı sağlamaktadır. Ancak, literatürde de sıkça vurgulandığı gibi, kısa vadeli çıktılarda gözlemlenen eşitlik, uzun vadeli akademik ve mesleki eşitliği garanti etmemektedir (Petrenko ve Cadil, 2024; Xu, 2015). Öğretim programı tasarımı, öğretmen

beklentileri ve çeşitli rol modellerin görünürlüğü gibi yapısal faktörler, öğrencilerin yaratıcı ve teknik disiplinlere yönelimini hâlâ önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, TOD'un yaratıcı beceri gelişiminde eşitliği sağlamada umut vadetmesi önemli olsa da, bu etkinin daha geniş ölçekte sürdürülebilmesi, öğretim programlarına sistematik entegrasyonu, öğretmenlerin sürekli mesleki gelişimi ve kapsayıcı pedagojilere kurumsal bağlılık gibi unsurların sağlanmasına bağlıdır (Durrani ve Kataeva, 2025; Lim vd., 2021; Smith ve White, 2025).

6.3 TOD destekli STEM Uygulamalarının STEM Motivasyonuna Etkilerine İlişkin Bulguların Tartışılması

Araştırma bulguları TOD (Tasarım Odaklı Düşünme) temelli STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM motivasyonunu (özellikle de kız öğrenciler arasında) anlamlı düzeyde artırdığını göstermektedir. Deney grubunda gözlemlenen motivasyonel artışlar, deneyime dayalı, tasarım odaklı ve öğrenci merkezli STEM etkinliklerinin öğrenci ilgisini ve katılımını artırabileceğine dair önceki bulgularla uyumludur (Julià ve Antolí, 2019; Rosenzweig ve Wigfield, 2016). Özellikle kız öğrencilerde gözlemlenen belirgin motivasyonel gelişmeler, Master'ın (2021) çalışmasında vurguladığı gibi, olumsuz toplumsal cinsiyet stereotiplerini etkisiz hâle getirmek için kapsayıcı ve etkin öğrenme ortamlarının önemini ortaya koymaktadır.

Birçok çalışma, STEM motivasyonunun yalnızca öğretim programı içeriğinden değil, aynı zamanda psiko-sosyal ve bağlamsal etkenlerden de etkilendiğini göstermektedir. Örneğin Leaper ve Starr (2019), toplumsal cinsiyet önyargısının kadınların STEM motivasyonu üzerindeki olumsuz etkisine dikkat çekerken, aile ve akran desteğinin bu etkileri dengeleyici bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Bu bağlamda, iş birliğine dayalı, açık uçlu sorgulamaları ve yaratıcı katılımı teşvik eden TOD temelli STEM müdahaleleri (Chen vd., 2023; Jumagaliyeva, 2024), kız öğrencilerin bu tür önyargıları içselleştirmesini önleyebilecek öğrenme ortamları sunarak aidiyet ve yeterlilik duygularını güçlendirebilir.

Bu çalışmada elde edilen toplumsal cinsiyet temelli etki, Dönmez vd. (2022) tarafından yürütülen araştırmasının önerisiyle örtüşmektedir. Bu çalışmada, Türkiye

ortaokul kız öğrencilerinin STEM motivasyonunun erkeklere göre daha düşük olduğu bildirilmiş ve bu farkın kapatılması için özel müdahalelerin gerekliliği vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Dere (2024), kadın bilim öğrencilerinin motivasyonunun araştırmaya yönelik olumlu tutumlar, STEM kimliği ve çoklu zekâ algısıyla yakından ilişkili olduğunu göstermiştir. Jumagaliyeva (2024) ise, kızların STEM motivasyonunun sürdürülebilirliği için otonomi gelişimi ve toplumsal cinsiyet normlarına meydan okuyan sistemsel desteğin önemine dikkat çekmiştir.

Ayrıca, Stringer vd. (2020) ile Master vd. (2017), özenle tasarlanmış STEM zenginleştirme programlarının ve erken yaşta edinilen olumlu deneyimlerin, özellikle ortaokul düzeyindeki kız öğrenciler arasında kalıplaşmış yargılara dayalı motivasyon düşüşünü dengeleyebileceğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, mevcut çalışmada uygulanan TOD temelli STEM etkinliklerinin de benzer biçimde, kız öğrencilerin potansiyellerini görünür kılan anlamlı ve tasarım merkezli görevler aracılığıyla bir “motivasyon dengeleyicisi” işlevi gördüğü söylenebilir.

TOD uygulamalarının genel olarak STEM motivasyonunu artırdığı yönündeki bulgu, Higde ve Aktamış’ın (2022) çalışmalarıyla da desteklenmektedir. Bu araştırmalar, disiplinler arası STEM etkinliklerinin sadece bilişsel kazanımlar sağlamadığını, aynı zamanda tutumsal ve motivasyonel faydalar da sağladığını göstermektedir. Morales-Chicas vd. (2023) ile Closon ve Nyssen (2025) ise, kurumsal destek, mentorluk olanakları ve adil öğretim uygulamalarının, özellikle azınlık ve kız öğrencilerin STEM’e yönelik kalıcı ilgisini sürdürebilmesinde kritik rol oynadığını vurgulamaktadır.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, kapsayıcı ve tasarım temelli STEM uygulamalarının motivasyonel kazanımlar açısından özellikle kız öğrenciler için önemli fırsatlar sunduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, TOD ilkelerinin yalnızca ilgi ve katılımı artırmakla kalmayıp aynı zamanda STEM eğitiminde toplumsal cinsiyet eşitliğini teşvik eden stratejik bir pedagojik araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Gelecek müdahale çalışmalarında, bu tür uygulamaların öğrencilerin beklenti-değer inançlarını (Eccles ve Wigfield, 2002), STEM kimliklerini (Starr, 2018) ve uzun vadeli kariyer hedeflerini nasıl şekillendirdiği; ayrıca sınıf iklimi (Starr

vd., 2020) ve öğretmen coşkusu (Jungert vd., 2020) gibi bağlamsal değişkenlerle nasıl etkileşim içinde olduğu daha ayrıntılı biçimde incelenmelidir.

6.4 Sonuçlar

Bu çalışmanın bulguları, TOD temelli STEM eğitiminin, öğrencilerin BİD, yaratıcı düşünme ve STEM motivasyonlarını artırmada etkili olduğuna dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Bu sonuçlar, 21. yüzyıl öğrenenleri için hem bilişsel hem de duyuşsal yeterlikleri geliştirmede TOD çerçevelerinin STEM öğretime entegrasyonunun pedagojik değerini doğrulamaktadır.

İlk olarak, deney grubunda gözlemlenen anlamlı BİD gelişimi, tasarım düşünmesinin yinelemeli problem çözme süreçleri ile bilgi işlemsel düşünmenin soyutlama, ayrıştırma ve algoritmik akıl yürütme gibi temel bileşenleri arasındaki yapısal uyumu desteklemektedir. Ayrıca, BİD kazanımlarında cinsiyete dayalı anlamlı bir farkın gözlenmemesi, TOD temelli yaklaşımların cinsiyetten bağımsız olarak öğrencilere eşit öğrenme fırsatları sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu bulgu dikkatle yorumlanmalıdır; çünkü uzun vadeli STEM katılımını etkileyen yapısal ve sosyokültürel engeller varlığını sürdürmektedir. Bu nedenle, TOD sınıf düzeyinde eşitliği desteklese de bu ilerlemenin sürdürülebilirliği için daha kapsamlı sistemsel çabalara ihtiyaç duyulmaktadır.

İkinci olarak, çalışma TOD temelli STEM müdahalelerinin öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini anlamlı biçimde geliştirdiğini ortaya koymuştur. Özgün ve açık uçlu tasarım görevleri aracılığıyla öğrencilerde akıcılık, özgünlük ve öz ifade becerileri gelişmiş; bu beceriler, geleneksel STEM programlarında çoğu zaman yeterince vurgulanmamaktadır. Ayrıca, yaratıcı çıktılarda cinsiyete dayalı farkın bulunmaması, TOD temelli uygulamaların kapsayıcı potansiyelini vurgulamaktadır. Ancak, literatürde kısa vadeli eşitliğin sürdürülebilirliği için kapsayıcı öğretim programı tasarımı, öğretmenlerin mesleki gelişimi ve çeşitli rol modellerin görünürlüğüne kurumsal düzeyde bağlılık gerektiği sıkça vurgulanmaktadır.

Üçüncü olarak, çalışma TOD temelli STEM öğretiminin öğrencilerin STEM motivasyonunu anlamlı düzeyde artırdığını ve bu etkinin özellikle kız öğrenciler

arasında belirgin olduğunu göstermiştir. Ortaokul döneminde kız öğrencilerin STEM ilgisinin genellikle azaldığına dair tutarlı bulgular göz önüne alındığında, bu sonuç kritik önemdedir. Bu çalışmada gözlemlenen motivasyonel artış, tasarım temelli öğrenmenin öz yönelim, anlamlılık ve yaratıcılık vurgusu yoluyla daha kapsayıcı ve ilgi çekici STEM ortamları oluşturarak güçlü bir dengeleyici rol üstlenebileceğini göstermektedir.

6.5 Öneriler

Bu çalışmanın bulgularına dayanarak, TOD temelli STEM eğitiminin etkililiğini ve eşitlikçi yapısını artırmaya yönelik bazı öneriler değerlendirilmiştir. Birincisi, öğretim programı geliştiricileri ve eğitim paydaşları, bilişsel ve yaratıcı düşünmenin gelişimini destekleyen, özgün ve disiplinler arası öğrenme ortamları oluşturmak amacıyla TOD ilkelerinin STEM müfredatına sistematik biçimde entegrasyonunu önceliklendirmelidir. İkinci olarak, öğretim tasarımı eşitliği temel alan bir anlayışla planlanmalıdır. Bu kapsamda, özellikle kız öğrencilerin karşılaştığı dezavantajları gidermek amacıyla etkinliklerin öğretim programına entegre edilmesi, farklı ve görünür rol modellere ulaşımın sağlanması ve tüm öğrencilerin öğrenme sürecinde kendilerini temsil edilmiş ve değerli hissettikleri öğrenme ortamlarının oluşturulması önemlidir. Üçüncüsü, araştırmacılar, TOD temelli STEM müdahalelerinin öğrencilerin kimlik gelişimi, öz yeterlikleri ve uzun vadeli STEM hedefleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla boylamsal çalışmalara odaklanmalıdır. Bu çalışmalar, özellikle cinsiyete bağlı dezavantajlı gruplar arasında TOD'un dönüştürücü potansiyelini daha iyi ortaya koyacaktır. Dördüncü olarak, TOD temelli STEM uygulamalarının her bir aşamasında öğrencilerin gözlemlenmesine yönelik detaylı araştırmalar yapılması, sürecin derinlemesine anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Bu araştırmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Achilleos, A. P., Mettouris, C., Yeratziotis, A., Papadopoulos, G. A., Pllana, S., Huber, F., ... ve Dinnyés, A. (2018). SciChallenge: a social media aware platform for contest-based STEM education and motivation of young students. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 98-111.
- Açıksöz, A., Dökme, I., ve Önen, E. (2024). Development and validation of STEM motivation scale for middle school students. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 11(4), 699–720. <https://doi.org/10.21449/ijate.1401339>
- Ahamad, N. A. N., Ismail, I., Zain, N. H. M., ve Ismail, M. (2024, May). Computational thinking in game-based learning for STEM education. In *2024 IEEE 14th Symposium on Computer Applications ve Industrial Electronics (ISCAIE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Aiken, J. M., Caballero, M. D., Douglas, S. S., Burk, J. B., Scanlon, E. M., Thoms, B. D., ve Schatz, M. F. (2013, January). Understanding student computational thinking with computational modeling. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1513, No. 1, pp. 46-49). American Institute of Physics.
- Amirtham, N. S., ve Kumar, A. (2021). Gender parity in STEM higher education in India: A trend analysis. *International Journal of Science Education*, 43(12), 1950–1964. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1946867>
- Anderson, J. ve Li, Y. (2020). *Integrated Approaches to STEM Education: An International Perspective*. Springer.
- Angeli, C., ve Giannakos, M. (2020). Computational thinking education: Issues and challenges. *Computers in Human Behavior*, 105, 106185
- Arifin, S., ve Siew, N. M. (2023). Integration of Socioscientific Approach and Design Thinking: An Entrepreneurial Creative Thinking Module for STEM Education. *Journal of Baltic Science Education*, 22(5), 767-780.
- Arifin, S., ve Siew, N. M. (2024). Fostering Entrepreneurship-STEM Creative Thinking among Secondary School Students. *Problems of Education in the 21st Century*, 82(6), 785-800.
- Ayre, C., ve Scally, A. J. (2014). Critical values for Lawshe’s content validity ratio: revisiting the original methods of calculation. *Measurement and evaluation in counseling and development*, 47(1), 79-86.
- Bahr, T. (2024, May). An Analysis of Gender Differences of Interdisciplinary STEM Students' Interest, Motivation, Self-Concept and Vocational Orientations. In *2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1-5). IEEE.

- Baysal, Z., Kaya, N., ve Üçüncü, G. (2013). İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinde bilimsel yaratıcılık düzeyinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 38(38), 55-64.
- Behnamnia, N., Kamsin, A., Ismail, M., ve Hayati, S. (2025). Relationship between creative thinking and outcomes in a digital STEM-based learning environment: A mixed methods case study. *Thinking Skills and Creativity*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101816>
- Belkin, D. (2015). Skills gap found in college students. *Wall Street Journal*.
- Benita, F., Virupaksha, D., Wilhelm, E., ve Tunçer, B. (2021). A smart learning ecosystem design for delivering Data-driven Thinking in STEM education. *Smart Learning Environments*, 8, 1-20.
- Bers, M. U. (2010). The TangibleK robotics program: Applied computational thinking for young children. *Early Childhood Research ve Practice*, 12(2), n2.
- Braha, D., ve Maimon, O. (1997). The design process: Properties, paradigms, and structure. *IEEE Transactions on Sys, Man, and Cybernetics*, 27(2), 146–166
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard business review*, 86(6), 84.
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard business review*, 86(6), 1-10.
- Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. Harper Business.
- Brown, T., ve Wyatt, J. (2010). Design thinking for social innovation. *Development Outreach*, 12(1), 29–31. https://doi.org/10.1596/1020-797X_12_1_29
- Bruner, J. S. (2009). *The process of education*. Harvard University Press.
- Buchanan, R. (1992). Wicked problems in design thinking. *Design Issues*, 8(2), 5. <https://doi.org/10.2307/1511637>
- Burbaitė, R., Drasutė, V., ve Štuikys, V. (2018, April). Integration of computational thinking skills in STEM-driven computer science education. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1824-1832). IEEE.
- Burnard, P., Colucci-Gray, L., ve Cooke, C. (2022). Transdisciplinarity: Re-visioning how sciences and arts together can enact democratizing creative educational experiences. *Review of Research in Education*, 46(1), 166-197.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. 20. Baskı, Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.

- Campbell, C., Speldewinde, C., Howitt, C. J., ve MacDonald, A. (2018). STEM practice in the early years. *Creative Education*, 9(1), 11-25.
- Carrasquilla, M., Santaolalla Pascual, E., ve Muñoz San Roque, I. (2022). The gender gap in STEM education. *Revista de Educación*, (396), 149–172. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533>
- Case, A. (2022). Using Computer Game Software in a First-Year Seminar and its Effects on Students' Creative Self-Efficacy, Creative Personal Identity, and Insight Problem Solving Abilities. *TechTrends*, 66(4), 631-642.
- Chang, Y. S., ve Tsai, M. C. (2024). Effects of design thinking on artificial intelligence learning and creativity. *Educational Studies*, 50(5), 763-780.
- Chanthala, C., Santiboon, T., ve Ponkham, K. (2018, January). Instructional designing the STEM education model for fostering creative thinking abilities in physics laboratory environment classes. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1923, No. 1). AIP Publishing.
- Chen, X. (2023). University-school interaction in implementing game-based learning for creative thinking development. *Education and Information Technologies*, 28(2), 1833-1848.
- Chen, J. C., Huang, Y., Lin, K. Y., Chang, Y. S., Lin, H. C., Lin, C. Y., ve Hsiao, H. S. (2020). Developing a hands-on activity using virtual reality to help students learn by doing. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(1), 46-60. <https://doi.org/10.1111/jcal.12389>
- Chen, T. I., Lin, S. K., ve Chung, H. C. (2023). Gamified Educational Robots Lead an Increase in Motivation and Creativity in STEM Education. *Journal of Baltic Science Education*, 22(3), 427-438.
- Cheng, L., Antonenko, P., Ritzhaupt, A., Dawson, K., Miller, D., MacFadden, B., Grant, C., Sheppard, T., ve Ziegler, M. (2020). Exploring the influence of teachers' beliefs and 3D printing integrated STEM instruction on students' STEM motivation. *Computers ve Education*, 158, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103983>
- Cheng, L., Wang, X., ve Ritzhaupt, A. D. (2023). The effects of computational thinking integration in STEM on students' learning performance in K-12 education: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 61(2), 416-443.
- Chittum, J. R., Jones, B. D., Akalin, S., & Schram, Á. B. (2017). The effects of an afterschool STEM program on students' motivation and engagement. *International journal of STEM education*, 4, 1-16.
- Chiu, T. K., Chai, C. S., Williams, P. J., ve Lin, T. J. (2021). Teacher professional development on self-determination theory–based design thinking in STEM education. *Educational technology ve society*, 24(4), 153-165.

- Chiu, M. H., ve Krajcik, J. (2020). Reflections on Integrated Approaches to STEM Education: An International Perspective. In: J. Anderson ve Y. Li (Eds) *Integrated approaches to STEM education. Advances in STEM education*. Springer.
- Chondrogiannis, E., Symeonaki, E., Papachristos, D., Loukatos, D., ve Arvanitis, K. G. (2021). Computational thinking and STEM in agriculture vocational training: A case study in a Greek vocational education institution. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(1), 230-250.
- Closon, C., ve Nyssen, M. (2025). In galit s de genre: hommes alli s dans les STEM  motivations et freins. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 31(1), 19-30.
- Corrigan, E., Williams, M., ve Wells, M. A. (2023). High school enrolment choices  Understanding the STEM gender gap. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 23(3), 403 421. <https://doi.org/10.1007/s42330-023-00285-y>
- Craft, A., Hall, E., ve Costello, R. (2014). *Passion: Engine of creative teaching in an English university? Thinking Skills and Creativity*, 13, 91 105.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (4th ed.). Pearson Education.
- Cross, N., Dorst, K., ve Roozenburg, N. (1992). *Research in design thinking: Proceedings of a workshop meeting held at the faculty of industrial design engineering*, Delft University of Technology, The Netherlands, May 29-31, 1991.
-  apık, C., G z m, S. ve Aksayan, S. (2018). K lt rlerarası  l ek uyarlama a amaları, dil ve k lt r uyarlaması: G ncellenmi  rehber. *FNJN Florence Nightingale Journal of Nursing*, 26(3), 199-210. <https://doi.org/10.26650/FNJN39748>
-  okluk,  .,  ekercio lu, G., ve Büyüköztürk,  . (2014). Sosyal bilimler için  ok de i kenli istatistik SPSS ve LISREL uygulamaları, yapısal e itlik modeli [Multivariate statistics for the social sciences, SPSS and LISREL applications, structural equation modeling]. *Pegem Yayıncılık*.
- Dam, ve Siang. (2018). *The 5 stages in the design thinking process*. The Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stagesin-the-design-thinking-process>
- Dele-Ajayi, Opeyemi, Jill Bradnum, Tom Prickett, Rebecca Strachan, Femi Alufa, and Victor Ayodele. "Tackling gender stereotypes in STEM educational resources." In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1-7. IEEE, 2020. <https://doi.org/nan>
- De Loof, H., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., ve Van Petegem, P. (2021). Teachers' motivating style and students' motivation and engagement in STEM: The

- relationship between three key educational concepts. *Research in Science Education*, 51, 109-127.
- Dell’Era, C., Magistretti, S., Cautela, C., Verganti, R., ve Zurlo, F. (2020). Four kinds of design thinking: From ideating to making, engaging, and criticizing. *Creativity and Innovation Management*, 29(2), 324–344
- Deniş Çeliker, H., ve Balım, A. G. (2012). Bilimsel Yaratıcılık Ölçeğinin Türkçeye Uyarlama Süreci ve Değerlendirme Ölçütleri. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 1-21. <https://doi.org/10.12780/UUSBD111>
- Dere, Z. (2024). Do scientific attitude and intelligence affect motivation towards STEM? Structural equation modelling. *Frontiers in Psychology*, 15, 1481229.
- Dewey, J. (1997). *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education*. The Free Press, New York
- Dewey, J. (2007). *Experience and education*. Free Press.
- Dolata, M., ve Schwabe, G. (2016). *Design thinking in IS research projects. In design thinking for innovation*. Cham: Springer.
- Dolgopolas, V., ve Dagiene, V. (2024). Competency-based TPACK approaches to computational thinking and integrated STEM: A conceptual exploration. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(6), e22788.
- Dosi, C., Rosati, F., ve Vignoli, M. (2018). Measuring design thinking mindset. In DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0493> (pp.1991–2002).
- Dökme, I., Açiksöz, A., ve Koyunlu-Ünlü, Z. (2022). Investigation of STEM fields motivation among female students in science education colleges. *International Journal of STEM Education*, 9(1), . <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00326-2>
- Dönmez, İ. (2020). STEM motivasyon ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 486-510.
- Dönmez, I., İdin, S., ve Gürbüz, S. (2022). Determining lower-secondary students' STEM motivation: A profile from Turkey. *Journal of Baltic Science Education*, 21(1), 38–51. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.38>
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J. Mortimer, E., ve Scott, P. (1994) “Constructing Scientific Knowledge”, *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.
- Durak, H. Y., Atman Uslu, N., Canbazoglu Bilici, S., ve Güler, B. (2023). Examining the predictors of TPACK for integrated STEM: Science teaching self-efficacy, computational thinking, and design thinking. *Education and Information Technologies*, 28(7), 7927-7954.

- Durrani, N., ve Kataeva, Z. (2025). STEM teachers' agency for gender equality in STEM education: A mixed-methods study. *International Journal of Educational Research*, 131, Article 102585. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2025.102585>
- Eccles, J. S., ve Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53(1), 109-132.
- El Mawas, N., Trúchly, P., Podhradský, P., Medvecký, M., ve Muntean, C. H. (2022). Impact of game-based learning on STEM learning and motivation: Two case studies in Europe. *Knowledge Management & E-Learning: an international journal*, 14(4), 360-394.
- Elwood, K., ve Jordan, M. (2022). Development of the Design Thinking and Instructional Lessons (DTAIL) model: a creative approach for teachers. *Educational Technology Research and Development*, 70(5), 1781-1807. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10140->
- Feldhausen, R., Weese, J. L., ve Bean, N. H. (2018, February). Increasing student self-efficacy in computational thinking via STEM outreach programs. In *Proceedings of the 49th ACM technical symposium on computer science education* (pp. 302-307).
- Fessakis, G., ve Prantsoudi, S. (2019). Computer science Teachers' perceptions, beliefs and attitudes on computational thinking in Greece. *Informatics in Education*, 18(2), 227-258.
- Fraenkel, J. R., ve Wallen, N. E. (2000). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw.
- Frear, L., ve Fillip, C. (2019). Delving into design: Using design thinking in Stem curriculum environments. In ICERI2019 Proceedings (pp. 9226-9226). IATED.
- Galanti, T. M., ve Holincheck, N. M. (2024). Integrating computational thinking in elementary STEM using the engineering design process. *School Science and Mathematics*, 124(4), 279-286.
- Gilchrist, P. O., Alexander, A. B., Green, A. J., Sanders, F. E., Hooker, A. Q., ve Reif, D. M. (2021). Development of a pandemic awareness STEM outreach curriculum: Utilizing a computational thinking taxonomy framework. *Education Sciences*, 11(3), 109.
- Gillman, D., Farrow, S., ve Hartman, D. (2018). How Science Plays Are Building Interdisciplinary Bridges in the Classroom and Inspiring Undergraduate Research and Creative Activity. *Scholarship and Practice of Undergraduate Research*, 1(4), 51-58. <https://doi.org/10.18833/spur/1/4/8>
- Goldman, S., Carroll, M., Zielezinski, M. B., Loh, A., Ng, E. S., ve Bachas-Daunert, S. (2014, June). Dive in! An integrated design thinking/STEM curriculum. In *2014 ASEE Annual Conference ve Exposition* (pp. 24-440).

- Goldman, S., ve Kabayadondo, Z. (Eds.). (2017). *Taking design thinking to school*. Routledge.
- González-Gallego, S., Hernández-Pérez, M., Alonso-Sánchez, J. A., Hernández-Castellano, P. M., ve Quevedo-Gutiérrez, E. G. (2025). A critical examination of the underlying causes of the gender gap in STEM and the influence of computational thinking projects applied in secondary school on STEM Higher Education. *Frontiers in Education* 10.
- Han, J., Park, D., Hua, M., ve Childs, P. R. (2022). Is group work beneficial for producing creative designs in STEM design education?. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2801-2826.
- Hallström, J., ve Ankiewicz, P. (2023). Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. *Frontiers in Education (Lausanne)*, 8.
- He, W., Yan, J., Wang, C., Liao, L., ve Hu, X. (2023). Exploring the impact of the design thinking model on fifth graders' creative self-efficacy, situational interest, and individual interest in STEM education. *Thinking Skills and Creativity*, 50, 101424.
- Henriksen, D., Mehta, R., ve Mehta, S. (2019). Design thinking gives STEAM to teaching: A framework that breaks disciplinary boundaries. In M. S. Khine, ve S. Areepattamannil (Eds.), *STEAM education* (pp. 57–78). Springer
- Henriksen, D., Richardson, C., ve Mehta, R. (2017). Design thinking: A creative approach to educational problems of practice. *Thinking skills and Creativity*, 26, 140–153.
- Higde, E., ve Aktamış, H. (2022). The effects of STEM activities on students' STEM career interests, motivation, science process skills, science achievement and views. *Thinking Skills and Creativity*, 43, 101000.
- Hiller, S. E., ve Kitsantas, A. (2014). The effect of a horseshoe crab citizen science program on middle school student science performance and STEM career motivation. *School Science and Mathematics*, 114(6), 302-311.
- Ho, T. E. (2025). Outcomes of an integrated STEM with design thinking module on preschoolers' science process skills. *Journal of Early Childhood Research*, 1476718X251325675.
- Honey, M., Pearson, G., ve Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research* (Vol. 500). Washington, DC: National Academies Press.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., ve Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International journal of STEM education*, 5, 1-18.
- Hsiao, H. S., Chang, Y. C., Lin, K. Y., Chen, J. C., Lin, C. Y., Chung, G. H., ve Chen, J. H. (2023). Applying the design thinking model to hands-on mechatronics STEM activities for senior high school students to improve the learning

- performance and learning behavior. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4), 1389-1408.
- Hsiao, H. S., Chen, J. C., Lin, C. Y., Zhuo, P. W., ve Lin, K. Y. (2019). Using 3D printing technology with experiential learning strategies to improve pre-engineering students' comprehension of abstract scientific concepts and hands-on ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 178-187. <https://doi.org/10.1111/jcal.12319>
- Hsiao, H. S., Yu, K. C., Chang, Y. S., Chien, Y. H., Lin, K. Y., Lin, C. Y., ... ve Lin, Y. W. (2017, November). The study on integrating the design thinking model and STEM activity unit for senior high school living technology course. In *2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF)* (pp. 383-390). IEEE.
- Hu, W., ve Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403. <https://doi.org/10.1080/09500690110098912>
- Ilić, J., Ivanović, M., ve Klašnja-Milićević, A. (2024). Effects of digital game-based learning in stem education on students' motivation: a systematic literature review. *Journal of Baltic Science Education*, 23(1), 20.
- International Society for Technology in Education (ISTE) (2016). *CT Leadership toolkit*. Retrieved from <http://www.iste.org/docs/ct-documents/ctleadership-toolkit.pdf?sfvrsn=4>.
- Izzah, S., Sudarmin, Wiyanto, ve Wardani, S. (2023). Analysis of Science Concept Mastery, Creative Thinking Skills, and Environmental Attitudes After Ethno-STEM Learning Implementation. *International Journal of Instruction*, 16(3), 777-796.
- Jensen, F., ve Sjaastad, J. (2013). A Norwegian out-of-school mathematics project's influence on secondary students' STEM motivation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11, 1437-1461.
- Johansson-Sköldberg, U., Woodilla, J., ve Cetinkaya, M. (2013). Design thinking: Past, present and possible futures. *Creativity and Innovation Management*, 22(2), 121-146.
- Johnson, B., ve Christensen, L. (2004). *Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches*. 2nd ed., Needham Heights, MA: Allyn & Bacon
- Julia, C., ve Antolí, J. Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 303-327.
- Jumagaliyeva, A. (2024). Unveiling the motivations of female STEM students in Kazakhstan. *European Education*, 56(3-4), 183-197. <https://doi.org/10.1080/10564934.2024.2448818>

- Jun, S., Han, S., ve Kim, S. (2017). Effect of design-based learning on improving computational thinking. *Behaviour ve Information Technology*, 36(1), 43-53.
- Jungert, T., Levine, S., ve Koestner, R. (2020). Examining how parent and teacher enthusiasm influences motivation and achievement in STEM. *Journal of Educational Research*, 113(4), 275–282. <https://doi.org/10.1080/00220671.2020.1806015>
- Kabadayi, G., ve Sönmez, D. (2024). The effects of a robotics program on preschool-students' creative thinking skills. *Hacettepe University Journal of Education*, 39(3), 260-270. <https://doi.org/10.16986/HUJE.2024.522>
- Karalar, H., ve Alpaslan, M. M. (2021). Assessment of Eighth Grade Students' Domain-General Computational Thinking Skills. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 5(1), 35–47. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v5i1.126>
- Kelly, N., ve Gero, J. S. (2021). Design thinking and computational thinking: A dual process model for addressing design problems. *Design Science*, 7, e8.
- Kelley, T. R., ve Sung, E. (2017). Sketching by design: Teaching sketching to young learners. *International Journal of Technology and Design Education*, 27, 363–386.
- Khalil, R. Y., Tairab, H., Qablan, A., Alarabi, K., ve Mansour, Y. (2023). STEM-based curriculum and creative thinking in high school students. *Education Sciences*, 13(12), 1195.
- Kim, J., Im, H., Ahn, D., ve Cho, S. (2023). How Does an Inquiry-Based Instructional Approach Predict the STEM Creative Productivity of Specialized Science High School Students?. *Education Sciences*, 13(8) . <https://doi.org/10.3390/educsci13080773>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., Wong, B., Hong, H. Y., Koh, J. H. L., Chai, C. S., ... ve Hong, H. Y. (2015). *Design thinking and education* (pp. 1-15). Springer Singapore.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B. B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., ve Ryan, M. (2003). Problem-Based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design(tm) into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547.
- Kombe, G. G., ve Matete, R. E. (2025). Bridging the gender gap: A comprehensive study of gender parity trends in STEM fields in higher education institutions in Tanzania 2018–2024. *International Journal of Science Education*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2464827>

- Kong S. C., ve Lao C. C., (2017, December). Computational thinking development through programmable robotics activities in STEM education in primary schools. In *International Conference on Computers in Education*.
- Koro, M., Vasquez, A. M., Reutlinger, C., ve McLeod, C. (2025). Polyphony of (Analytical) Scores, Co-Design, and Creative Methodologies. *International Journal of Art ve Design Education*.
- Kuo, H. C. (2024). Transforming Tomorrow: A Practical Synthesis of STEAM and PBL for Empowering Students' Creative Thinking. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-27.
- Küçükaydın, M. A., ve Ulum, H. (2025). The mediating role of creative problem solving between design thinking and self-efficacy in STEM teaching for STEM teacher candidates. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-17.
- Lahiri, A., Cormican, K., ve Sampaio, S. (2021). Design thinking: From products to projects. *Procedia Computer Science*, 181, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.114>
- Lally, V. I. C., ve Sclater, M. (2012). The inter-life project: Inter-cultural spaces for young people to use creative practices and research to assist with life changes and transition. *Research in Comparative and International Education*, 7(4), 480-502.
- Lasky, D., ve Yoon, S. (2020). A creative classroom for everyone: An introduction to a small 'c' creativity framework. *Thinking skills and creativity*, 36, 100660.
- Latorre-Coscolluela, C., Vázquez-Toledo, S., Rodríguez-Martínez, A., ve Liesa-Orús, M. (2020). Design thinking: Creativity and critical thinking in college. *Revista electrónica de investigación educativa*, 22.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, 28(4).
- Leaper, C., ve Starr, C. (2019). Helping and hindering undergraduate women's STEM motivation: Experiences with STEM encouragement, STEM-related gender bias, and sexual harassment. *Psychology of Women Quarterly*, 43(2), 165–183. <https://doi.org/10.1177/0361684318806302>
- Lee, I., Grover, S., Martin, F., Pillai, S., ve Malyn-Smith, J. (2020). Computational thinking from a disciplinary perspective: Integrating computational thinking in K-12 science, technology, engineering, and mathematics education. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09803-w>.
- Leicht-Scholten, C., ve Steuer-Dankert, L. (2020). Educating engineers for socially responsible solutions through design thinking. In *Design Thinking in Higher Education*, 229–246. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5780-4_11

- Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R., Mitchell, M., Fashola, O. S., Hubert, T., ve Almughyirah, S. (2016). Using robotics and game design to enhance children's self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 860-876.
- Lestari, W., Dafik, Susanto, ve Kurniati, D. (2024, December). RBL-STEM learning activity framework: Improving students' computational thinking skills for solving strong rainbow antimagic coloring and its application scheme to analyzing river erosion using STGNN. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3148, No. 1, p. 040025). AIP Publishing LLC.
- Li, L., Huang, C.-W., Morgan, C., Luttgen, K., Chow, E., ve Yang, S. (2025). Empowering rural students through computational thinking and real-world STEM applications: insights from an innovative high school curriculum. *Frontiers in Education*, 9.
- Li, T., ve Zhan, Z. (2022). A systematic review on design thinking integrated learning in K-12 education. *Applied Sciences*, 12(16), 8077.
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., ve Duschl, R. A. (2019). Design and design thinking in STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 2(2), 93–104.
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., ve Duschl, R. A. (2020). On computational thinking and STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 3(2), 147–166. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00044-w>.
- Liang, J. "Grace", Mitchell, T., ve Scott, J. (2020). Statewide school redesign: Integrating design thinking and the four disciplines of execution as a continuous school improvement process. *Journal of Cases in Educational Leadership*, 24(1), 15–27. <https://doi.org/10.1177/1555458920975462>
- Liao, C. H., Chiang, C. T., Chen, I. C., ve Parker, K. R. (2022). Exploring the relationship between computational thinking and learning satisfaction for non-STEM college students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 43.
- Liedtka, J. (2014). Innovative ways companies are using design thinking. *Strategy ve Leadership*, 42(2), 40-45. <https://doi.org/10.1108/SL-01-2014-0004>
- Lim, J. H., Wang, Y., Wu, T., Li, Z., ve Sun, T. (2021). Walking on gender tightrope with multiple marginalities: Asian international female students in STEM graduate programs. *Journal of International Students*, 11(3), 647-665.
- Lin, K. Y., Hsiao, H. S., Williams, P. J., ve Chen, Y. H. (2019). Effects of 6E-oriented STEM practical activities in cultivating middle school students' attitudes toward technology and technological inquiry ability. *Research in Science ve Technological Education*, 38(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1561432>

- Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., ve 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.
- Lin, L., Shadiey, R., Hwang, W. Y., ve Shen, S. (2020). From knowledge and skills to digital works: An application of design thinking in the information technology course. *Thinking Skills and Creativity*, 36, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100646>
- Lin, Y. N., Chang, Y. L., Chiu, F. C., ve Lai, C. M. (2022). Development and Evaluation of Model of Creative Stage-Specific Techniques. *Journal of Research in Education Sciences*, 67(1), 33-61
- Lindquist, W. P., James-Hassan, M., ve Lindquist, N. C. (2017). Exploring simple machines with creative movement. In *Cases on STEAM education in practice* (pp. 86-117). IGI Global.
- Liston, M. (2022). Designing and building toys: A model of incorporating both the engineering design and design thinking processes in the elementary classroom. *The Elementary STEM Journal*, 26(4), 11-16.
- Liu, C. C., Cheng, Y. B., ve Huang, C. W. (2011). The effect of simulation games on the learning of computational problem solving. *Computers ve Education*, 57(3), 1907-1918.
- Liu, R. (2018). Gender-math stereotype, biased self-assessment, and aspiration in STEM careers: The gender gap among early adolescents in China. *Comparative Education Review*, 62(4), 522-541. <https://doi.org/10.1086/699565>
- Luchs, M. G. (2015). A brief introduction to design thinking. *Design thinking: New product development essentials from the PDMA*, 1-12.
- Luo, T., Wang, J., Liu, X., ve Zhou, J. (2019). Development and application of a scale to measure students' STEM continuing motivation. *International Journal of Science Education*, 41(14), 1885-1904. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1647472>
- Lynch, M., Kamovich, U., Longva, K. K., ve Steinert, M. (2019). Combining technology and entrepreneurial education through design thinking: Students' reflections on the learning process. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 1-11.
- Mahil, S. (2016, April). Fostering STEM+ education: Improve design thinking skills. In *2016 IEEE global engineering education conference (EDUCON)* (pp. 125-129). IEEE.
- Mahmud, S. N. D., ve Arifin, N. R. (2021, November). Systemic Design Thinking in Urban Farming I-STEM Teaching and Learning Module. In *2021 2nd SEA-STEM International Conference (SEA-STEM)* (pp. 34-37). IEEE.

- Maloy, J., Kwapisz, M. B., ve Hughes, B. E. (2022). Factors influencing retention of transgender and gender nonconforming students in undergraduate STEM majors. *CBE—Life Sciences Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1187/cbe.21-05-0136>
- Maskur, R., Suherman, S., Andari, T., Sri Anggoro, B., Muhammad, R. R., ve Untari, E. (2022). The Comparison of STEM approach and SSCS learning model for secondary school-based on K-13 curriculum: The impact on creative and critical thinking ability.
- Master, A. (2021). Gender stereotypes influence children's STEM motivation. *Child Development Perspectives*, 15(3), 203–210. <https://doi.org/10.1111/cdep.12424>
- Master, A., Cheryan, S., Moscatelli, A., ve Meltzoff, A. (2017). Programming experience promotes higher STEM motivation among first-grade girls. *Journal of Experimental Child Psychology*, 160, 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.03.013>
- Mathiphatikul, T., Bongkotphet, T., ve Dangudom, K. (2019, February). Learning management through engineering design process based on STEM education for developing creative thinking in equilibrium topic for 10th grade students. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1157, No. 3, p. 032015). IOP Publishing.
- McCurdy, R. P., Nickels, M. L., ve Bush, S. B. (2020). Problem-based design thinking tasks: Engaging student empathy in STEM. *The electronic journal for research in science ve mathematics education*, 24(2), 22-55.
- McMillan, J. H., ve Schumacher, S. (2010). *Research in Education: Evidence-Based Inquiry, MyEducationLab Series*. Pearson.
- Micheli, P., Wilner, S. J., Bhatti, S. H., Mura, M., ve Beverland, M. B. (2019). Doing design thinking: Conceptual review, synthesis, and research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, 36(2), 124–148. <https://doi.org/10.1111/jpim.12466>
- Miles, M. B., ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.
- Monteira, S. F. (2025). Creative Approaches for Inclusive STEM Learning in Early Years. *Early Childhood Education Journal*, 1-14.
- Morales-Chicas, J., Ortiz, J., Tanimura, D., ve Kouyoumdjian, C. (2023). Understanding Latino boys' motivation to pursue STEM while navigating school inequalities. *Journal of Latinos and Education*, 22(3), 1268–1280. <https://doi.org/10.1080/15348431.2021.1944864>
- Mou, T. Y. (2024). The practice of visual storytelling in STEM: Influence of creative thinking training on design students' creative self-efficacy and motivation. *Thinking Skills and Creativity*, 51, 101459.

- Mumcu, F., Uslu, N. A., ve Yıldız, B. (2023). Teacher development in integrated STEM education: Design of lesson plans through the lens of computational thinking. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3443-3474.
- Murcia, K., Pepper, C., Joubert, M., Cross, E., Wilson, S. (2020). A framework for identifying and developing children's creative thinking while coding with digital technologies. *Issues in Educational Research*, 30(4), 1395-1417.
- Mutlu, A. (2021). An activity based on an inquiry-driven creative drama: "stray animals need some shade". *Science Activities*, 58(1), 1-12.
- Nadelson, L. S., ve Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.
- Norris, C. M., Taylor, T. A., ve Lummis, G. W. (2023). Fostering collaboration and creative thinking through extra-curricular challenges with primary and secondary students. *Thinking Skills and Creativity*, 48, 101296.
- Özdiñç, F., Kaya, G., Mumcu, F., ve Yıldız, B. (2022). Integration of computational thinking into STEM activities: An example of an interdisciplinary unplugged programming activity. *Science Activities*, 59(3), 151-159.
- Öztürk, A. (2020). *Co-developing STEM activities through design thinking approach for fifth graders* (Unpublished doctoral dissertation). Middle East Technical University.
- Öztürk, A. (2021). Meeting the challenges of STEM education in K-12 education through design thinking. *Design ve Technology Education*, 26(1), 70–88
- Öztürk, A., ve Korkut, F. (2023). Design thinking customized to support STEM teachers: Co-developing and implementing STEM activities for fifth graders in Turkey. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4), 1409-1447.
- Panke, S. (2019). Design thinking in education: Perspectives, opportunities, and challenges. *Open Education Studies*, 1, 281-306.
- Pappas, I. O., Mora, S., Jaccheri, L., ve Mikalef, P. (2018, April). Empowering social innovators through collaborative and experiential learning. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1080–1088. IEEE, 2018.
- Pardo, A. M. S. (2018). Computational thinking between philosophy and STEM—Programming decision making applied to the behavior of “moral machines” in ethical values classroom. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 13(1), 20-29.

- Pedersen, J. V., ve Nielsen, M. W. (2024). Gender, self-efficacy and attrition from STEM programmes: Evidence from Danish survey and registry data. *Studies in Higher Education*, 49(1), 47–61. <https://doi.org/10.1080/03075079.2023.2220702>
- Perez-Felkner, L., Thomas, K., Nix, S., Hopkins, J., ve D'Sa, M. (2019). Are 2-year colleges the key? Institutional variation and the gender gap in undergraduate STEM degrees. *Journal of Higher Education*, 90(2), 181–209. <https://doi.org/10.1080/00221546.2018.1486641>
- Petrenko, O., ve Cadil, J. (2024). Can successful female STEM graduates contribute to narrowing the gender pay gap in the EU?. *European Journal of Education*, 59(2), e12641.
- Pewkam, W., ve Chamrat, S. (2022). Pre-service teacher training program of STEM-based activities in computing science to develop computational thinking. *Informatics in Education*, 21(2), 311-329.
- Piaget, J., ve Inhelder, B. (1974). *The child's conception of quantities* (trans. A. J. Pomerans). Routledge ve Kegan Paul
- Pinasa, S., Siripun, K., ve Yuenyong, C. (2018, January). Developing design-based STEM education learning activities to enhance students' creative thinking. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1923, No. 1). AIP Publishing.
- Pinkard, N., Martin, C., ve Erete, S. (2020). Equitable approaches: opportunities for computational thinking with emphasis on creative production and connections to community. *Interactive Learning Environments*, 28(3), 347-361. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636070>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Sage Publications.
- Plattner, H., Meinel, C., ve Leifer, L. (2015). *Design thinking: Understand–improve–apply*. Springer Science ve Business Media
- Poce, A., Amenduni, F., ve De Medio, C. (2019). From tinkering to tinkering. Tinkering as critical and creative thinking enhancer. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 15(2).
- Pollard, V., Hains-Wesson, R., ve Young, K. (2018). Creative teaching in STEM. *Teaching in Higher Education*, 23(2), 178-193.
- Razzouk, R., ve Shute, V. J. (2012). What is design thinking and why is it important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348.
- Reeve, J. (2019). Talking to myself: reflections on ReframingA conversation reflecting on my experiences of using creative practice (specifically the Reframing technique) within a STEM context. *Higher Education Pedagogies*, 4(1), 256-261.

- Reynante, B.M., Selbach-Allen, M.E., ve Pimentel, D.R. (2020) Exploring the promises and perils of integrated STEM through disciplinary practices and epistemologies. *Science ve Education*, 29, 785–803.
- Reznik, G., Massarani, L., ve Barton, A. C. (2023). Informal science learning experiences for gender equity, inclusion and belonging in STEM through a feminist intersectional lens. *Cultural Studies of Science Education*, 18(3), 959–984. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10149-4>
- Ribeirinha, T., Baptista, M., ve Correia, M. (2024). Investigating the impact of STEM inquiry-based learning activities on secondary school students' STEM career interests: A gender-based analysis using the social cognitive career framework. *Education Sciences*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/educsci14101037>
- Roehrig, G. H., Rouleau, M. D., Dare, E. A., ve Ring-Whalen, E. (2022). Uncovering core dimensions of K-12 integrated STEM. *Research in Integrated STEM Education*, 1(1), 5-29.
- Rosenzweig, E., ve Wigfield, A. (2016). STEM motivation interventions for adolescents: A promising start, but further to go. *Educational Psychologist*, 51(2), 146–163. <https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1154792>
- Roth, K., Globocnik, D., Rau, C., ve Neyer, A. K. (2020). Living up to the expectations: The effect of design thinking on project success. *Creativity and Innovation Management*, 29(4), 667–684. <https://doi.org/10.1111/caim.12408>
- Rotherham, A., ve Willingham, D. (2009). To work, the 21st century skills movement will require keen attention to curriculum, teacher quality, and assessment. *Educational Leadership*, 9, 15–20.
- Rowe, P. G. (1991). *Design thinking*. MIT Press.
- Rozgonjuk, D., Täht, K., Soobard, R., Teppa, M., ve Rannikmäe, M. (2024). The S in STEM: Gender differences in science anxiety and its relations with science test performance-related variables. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00504-4>
- Saorín, J. L., Melian-Díaz, D., Bonnet, A., Carrera, C. C., Meier, C., ve De La Torre-Cantero, J. (2017). Makerspace teaching-learning environment to enhance creative competence in engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 23, 188-198
- Saw, G. K., Lin, S., Kunisaki, L. T., Culbertson, R., ve Megyesi-Brem, K. (2025). Adolescents' Perceived Opportunities for Creative Thinking, Creative Thinking Competency Belief and Career Interest in STEM: Joint Consideration of Situated Expectancy-Value Beliefs and Gender. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Sen, C., Ay, Z. S., ve Kiray, S. A. (2021). Computational thinking skills of gifted and talented students in integrated STEM activities based on the engineering design

- process: The case of robotics and 3D robot modeling. *Thinking Skills and Creativity*, 42, 100931.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., ve Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and information technologies*, 18, 351-380.
- Segarra, V. A., Natalizio, B., Falkenberg, C. V., Pulford, S., ve Holmes, R. M. (2018). STEAM: Using the arts to train well-rounded and creative scientists. *Journal of microbiology ve biology education*, 19(1), 10-1128.
- Shute, V. J., ve Becker, B. J. (2010). Innovative assessment for the 21st century. *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6530-1>
- Simeon, M. I., Samsudin, M. A., ve Yakob, N. (2022). Effect of design thinking approach on students' achievement in some selected physics concepts in the context of STEM learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 185-212.
- Smith, E., ve White, P. (2025). Gender, participation and attainment in STEM: A comprehensive overview of long-term trends in the United Kingdom. *British Educational Research Journal*, 51(2), 802–825. <https://doi.org/10.1002/berj.4102>
- Slate, J. E., Adler, R. F., ve Hibdon, J. E. (2019). Scott T. Mayle, Hanna Kim, and Sudha Srinivas Northeastern Illinois University. *Integrating Digital Technology in Education: School-University-Community Collaboration*, 55.
- Solanki, S. M., ve Xu, D. (2018). Looking beyond academic performance: The influence of instructor gender on student motivation in STEM fields. *American Educational Research Journal*, 55(4), 801-835.
- Sparks, D. M., Przymus, S. D., Silveus, A., De la Fuente, Y., ve Cartmill, C. (2023). Navigating the intersectionality of race/ethnicity, culture, and gender identity as an aspiring Latina STEM student. *Journal of Latinos and Education*, 22(4), 1355–1371. <https://doi.org/10.1080/15348431.2021.1958332>
- Starr, C., ve Leaper, C. (2019). Do adolescents' self-concepts moderate the relationship between STEM stereotypes and motivation?. *Social Psychology of Education*, 22(5), 1109–1129. <https://doi.org/10.1007/s11218-019-09515-4>
- Starr, C. R. (2018). “I’m not a science nerd!” STEM stereotypes, identity, and motivation among undergraduate women. *Psychology of Women Quarterly*, 42(4), 489-503.
- Starr, C. R., Hunter, L., Dunkin, R., Honig, S., Palomino, R., ve Leaper, C. (2020). Engaging in science practices in classrooms predicts increases in undergraduates' STEM motivation, identity, and achievement: A short-term longitudinal study. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1093-1118.

- Stieha, V., Earl, B., Hagens, H., Haynes, M., Ulappa, A., Bond, L., ve Oxford, J. T. (2024). An exploration of the relationship between active learning and student motivation in STEM: A mixed methods study. *Advances in Physiology Education*, 48(3), 621-638.
- Stringer, K., Mace, K., Clark, T., ve Donahue, T. (2020). STEM focused extracurricular programs: Who's in them and do they change STEM identity and motivation?. *Research in Science ve Technological Education*, 38(4), 507–522. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1662388>
- Subramaniam, R. C., L'Fontaine, C., Bralin, A., Morphew, J., Rebello, C. M., ve Rebello, S. (2024). Characterising STEM Ways of Thinking in Engineering Design (ED)-based tasks.
- Subramaniam, R. C., Morphew, J. W., Rebello, C. M., ve Rebello, N. S. (2025). Presenting STEM ways of a thinking framework for engineering design-based physics problems. *Physical Review Physics Education Research*, 21(1), 010122.
- Swaid, S. I. (2015). Bringing computational thinking to STEM education. *Procedia Manufacturing*, 3, 3657-3662.
- Syafe'i, S. S., Widarti, H. R., Dasna, I. W., ve Wonorahardjo, S. (2023). STEM and STEAM Affects computational thinking skill: A systematic literature review. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 208-216.
- Szymanski, A. (2018). Prototype problem solving activities increasing creative learning opportunities using computer modeling and 3D printing. *Creativity and Technology in Mathematics Education*, 323-344.
- Şahin, E., Sarı, U., ve Şen, Ö. F. (2024). STEM professional development program for gifted education teachers: STEM lesson plan design competence, self-efficacy, computational thinking and entrepreneurial skills. *Thinking Skills and Creativity*, 51, 101439.
- Tabachnick, B. G., ve Fidell, L. S. (2007). *Experimental designs using ANOVA* (Vol. 724). Belmont, CA: Thomson/Brooks/Cole.
- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in science education*, 48, 1273-1296.
- Tal, M., Lavi, R., Reiss, S., ve Dori, Y. J. (2024). Gender perspectives on role models: Insights from STEM students and professionals. *Journal of Science Education and Technology*, 33(5), 699–717. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10114-y>
- Thomason, D., ve Hsu, P. L. (2025). The effect of a STEM integrated curriculum on design thinking dispositions in middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-39.
- Troiano, G. M., Snodgrass, S., Argımak, E., Robles, G., Smith, G., Cassidy, M., ... ve Hartevelde, C. (2019, June). Is my game OK Dr. Scratch? Exploring

- programming and computational thinking development via metrics in student-designed serious games for STEM. In *Proceedings of the 18th ACM international conference on interaction design and children* (pp. 208-219).
- Tsai, M. J., Liang, J. C., ve Hsu, C. Y. (2021). The computational thinking scale for computer literacy education. *Journal of Educational Computing Research*, 59(4), 579-602.
- Turner, J. (2022). We See the Stars: Young Black Girls' Creative Imaginings of Intersectional STEM Futures through Art. *Educational Forum*, 86(4), 396-407. <https://doi.org/10.1080/00131725.2022.2101827>
- Urrea-Solano, M. E., Merma-Molina, G., Hernandez-Amoros, M. J., ve Gavilan-Martin, D. (2020). The treatment of gender in STEM subject guides: What are the compilers' thoughts on the issue? *14th International Technology, Education and Development Conference (INTED2020)*, 2104–2110. <https://doi.org/nan>
- van Der Vleuten, C. P., ve Schuwirth, L. W. (2019). Assessment in the context of problem-based learning. *Advances in Health Sciences Education*, 24(5), 903-914.
- Vasconcelos, L., Arslan-Ari, I., Miller, B., ve Gonzalez-Tapia, R. (2025). Robotics in early childhood STEM education (REC-STEMEd): The impact on preservice teachers' attitudes and intentions toward computational thinking. *Education and Information Technologies*, 1-28.
- von Thienen, J., Clancey, W., Corazza, G., ve Meinel, C. (2018). Theoretical foundations of design thinking. Part I: John E. Arnold's creative thinking theories. In H. Plattner, C. Meinel, ve L. Leifer (Eds.), *Design thinking research: Understanding innovation*. Springer
- Vasquez, J., Sneider, C., ve Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Vennix, J., den Brok, P., ve Taconis, R. (2023). Motivation style of K–12 students attending outreach activities in the STEM field: A person-based approach. *Learning Environments Research*, 26(1), 129-143.
- Wang, F., Huang, J., Zheng, X. L., Wu, J. Q., ve Zhao, A. P. (2024). STEM activities for boosting pupils' computational thinking and reducing their cognitive load: Roles of argumentation scaffolding and mental rotation. *Journal of Research on Technology in Education*, 1-20.
- Wang, B., ve Li, P. P. (2024). Digital creativity in STEM education: the impact of digital tools and pedagogical learning models on the students' creative thinking skills development. *Interactive Learning Environments*, 32(6), 2633-2646.
- Wang, C., Shen, J., ve Chao, J. (2022). Integrating computational thinking in STEM education: A literature review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1949–1972. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10227-5>

- Wang, T., ve Jin, T. (2024). Parental gender role attitudes and children's college major choices in STEM. *Higher Education*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10734-024-01313-y>
- Wannapiroon, N., ve Pimdee, P. (2022). Thai undergraduate science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) creative thinking and innovation skill development: a conceptual model using a digital virtual classroom learning environment. *Education and Information Technologies*, 27(4), 5689-5716.
- White, B. A., Miles, J. R., ve Frantell, K. A. (2021). Intergroup dialogue: A justice-centered pedagogy to address gender inequity in STEM. *Science Education*, 105(2), 232–254. <https://doi.org/10.1002/sce.21599>
- White, S. K. (2020). What is design thinking? An agile method for innovation. CIO.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Wingard, A., Kijima, R., Yang-Yoshihara, M., ve Sun, K. (2022). A design thinking approach to developing girls' creative self-efficacy in STEM. *Thinking Skills and Creativity*, 46, 101140.
- Wu, B., Hu, Y., ve Wang, M. (2019). Scaffolding design thinking in online STEM preservice teacher training. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2271-2287.
- Wu, B., Song, Y., Zuo, M., Zhai, L., ve Zhang, M. (2024). Job stressors and the innovative work behaviour of STEM teachers: serial multiple mediation role of creative self-efficacy and creative motivation. *Asia Pacific Journal of Education*, 1-19.
- Xanthoudaki, M., ve Blanton, A. (2021). Creative Learning in STEM: towards the design of an approach between theory and reflective practice. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 17(3), 33-42. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135559>
- Xu, Y. (2015). Focusing on women in STEM: A longitudinal examination of gender-based earning gap of college graduates. *The Journal of Higher Education*, 86(4), 489-523.
- Yahaya, J., Fadzli, S., Deraman, A., Yahaya, N., Halim, L., Rais, I., ve Ibrahim, S. (2022). PRInK: Environmental virtual interactive based education and learning model for STEM motivation. *Education and Information Technologies*, 27(4), 4771–4791. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10794-8>
- Yalçın, V. (2024). Design-Oriented Thinking in STEM education: Exploring the Impact on Preschool Children's Twenty-First-Century Skills. *Science ve Education*, 33(4), 901-922.

- Yalçın, V., ve Erden, Ş. (2021). The effect of STEM activities prepared according to the design thinking model on preschool children's creativity and problem-solving skills. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100864.
- Yeung, W. L., ve Ng, O. L. (2024). Using empathy maps to support design-thinking enhanced transdisciplinary STEM innovation in K-12 setting. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(4), 1325-1350.
- Yu, W., He, J., Luo, J., ve Shu, X. (2024). Interventions for gender equality in STEM education: A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(6), 2558–2573. <https://doi.org/10.1111/jcal.12928>
- Yüksel, A. O. (2025). Design-Based STEM Activities in Teacher Education and Its Effect on Pre-service Science Teachers' Design Thinking Skills. *Journal of Science Education and Technology*, 1-15.
- Zajac, T., Magda, I., Bożykowski, M., Chłoń-Domińczak, A., ve Jasiński, M. (2025). Gender pay gaps across STEM fields of study. *Studies in Higher Education*, 50(1), 126–139. <https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2330667>
- Zhao, L., Liu, X., Wang, C., ve Su, Y. S. (2022). Effect of different mind mapping approaches on primary school students' computational thinking skills during visual programming learning. *Computers ve Education*, 181, 104445
- Zhong, H. X., Lai, C. F., Chang, J. H., ve Chiu, P. S. (2023). Developing creative material in STEM courses using integrated engineering design based on APOS theory. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4), 1627-1651.
- Zhou, S., Zeng, H., Xu, S., Chen, L., ve Xiao, H. (2019). Exploring changes in primary students' attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) across genders and grade levels. *Journal of Baltic Science Education*, 18(3), 466–480. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.466>.



EKLER

EK A. Bilgi İşlemsel Düşünme Ölçeği Maddeleri

No	Maddeler
1	Problemleri çözerken detaylara odaklanmak yerine bütüne odaklanırım.
2	Genellikle farklı problemler arasındaki ilişkileri düşünürüm.
3	Genellikle bir problemin ana (önemli) noktalarını bulmaya çalışırım.
4	Genellikle farklı problemlerin ortak yönlerini belirlemeye çalışırım.
5	Genellikle problemlerin parçalarına ayrılıp ayrılmadığını düşünürüm.
6	Genellikle bir problemin yapısını düşünürüm.
7	Genellikle büyük bir problemi parçalarına nasıl ayırabileceğimi düşünürüm.
8	Bir problemin çözümü için adım adım izlenecek aşamaları anlamaya alışkınım.
9	Genellikle bir probleme etkili çözümler bulmaya çalışırım.
10	Genellikle bir problem çözümünün adımlarını belirlemeye çalışırım.
11	Genellikle bir problem için nasıl çözüm bulunacağını bulmaya çalışırım.
12	Bir problem için doğru çözümü bulma eğilimindeyim.
13	Genellikle bir problemin en iyi çözümünü düşünürüm.
14	Genellikle bir problem için en etkili çözümü bulmaya çalışırım.
15	Genellikle bir problemin hızlı çözümünü düşünürüm.
16	Yeni bir problemle karşılaştığımda, problemi deneyimlerime göre çözmeye çalışırım.
17	Genellikle farklı problemleri aynı yolla çözmeye çalışırım.
18	Genellikle bir problem çözümünün farklı problemlerin çözümünde nasıl uygulanabileceğini düşünürüm.
19	Genellikle farklı problemleri çözmek için bildiğim bir çözüm yolunu uygulamaya çalışırım.

EK B. Bilimsel Yaratıcılık Ölçeği Maddeleri

Madde 1: Bir cam parçasını bilimsel olarak hangi farklı şekillerde kullanabileceğinizi lütfen aşağıya yazınız. Örneğin; “bir test tüpü yapılabilir”.

Madde 2: Eğer bir uzay gemisi ile seyahat edip farklı bir gezegene gitme imkânınız olsa hangi bilimsel soruları araştırmak istersiniz? Lütfen merak ettiğiniz soruları düşünerek bu gezegene dair yazabildiğiniz kadar çok soru yazınız. Örneğin; “gezegen de hiç yaşayan varlık var mı?”

Madde 3: Sıradan bir bisikleti daha ilginç daha kullanışlı ve daha güzel yapma olanağınız olsaydı neler yapardınız? Lütfen yazınız. Örneğin; “Lastikleri parlatıcı yapılabilir böylece gece görülebilir.”

Madde 4: Eğer yerçekimi kuvveti olmasaydı sizce dünyada neler olurdu? Örneğin; “insanlar uçabilirdi.”

Madde 5: Bir kareyi en fazla kaç farklı yöntem kullanarak dört eşit parçaya bölebilirsiniz? Aşağıya çizip gösteriniz.

Madde 6: Size iki tür peçete verilseydi hangisinin daha iyi olduğunu nasıl test edersiniz? Bunu yapmak için lütfen aklınıza gelen tüm yöntemleri, kullanacağınız araçları ve basit bir anlatımla nasıl bir yol izleyeceğinizi yazınız.

Madde 7: Lütfen bir elma toplama makinesi tasarlayınız. Tasarladığınız makinenin resmini çizerek her parçanın adını ve ne tür bir işlevi olduğunu belirtiniz.

EK C. STEM Motivasyon Ölçeği Maddeleri

-
- 1 Bilgisayarımda bilimsel araştırmaları, bilim insanlarını, doğayı veya çevre olaylarını okurum.
 - 2 Cep telefonumda bilimsel araştırmaları, bilim insanları, doğa ya da çevreyi araştırmam.
 - 3 Bilimsel araştırma, bilim adamları, doğa veya çevre ile ilgili bir TV şovu gördüğümde kanalı değiştiririm.
 - 4 Bilimsel araştırmalar, bilim insanları, doğa ya da çevre (bölümler dahil) hakkındaki dergi, makale ya da kitaplarını okurum.
 - 5 Hayvanlar, bitkiler, gökyüzü veya diğer olaylarını gözlemlerim.
 - 6 Bilimsel araştırmalar, bilim insanları, doğa veya çevre ile ilgili TV programları izlerim.
 - 7 Boş zamanlarımda küçük bilimsel deney tasarımlarını yaparım.
 - 8 Bir öğeyi kullanmayı (saat, cep telefonu veya ev aleti vb.) öğrenmek için oynarım ya da içini açarım.
 - 9 Bir öğeyi kullanmayı (saat, cep telefonu veya ev aleti vb.) öğrenmek için talimatları okurum veya bilgilere erişirim.
 - 10 Bir şeyler ters gittiğinde (bir alet bozulduğunda), nedenini bulmaya çalışırım.
 - 11 Bir yanlış gittiğinde (bir alet bozulduğunda), tamir etmeye çalışırım.
 - 12 (yeni bir alet aldığım) aletin nasıl çalıştığını öğrenmek için başkalarına sorarım.
 - 13 Bir aletin veya ürünün üretim aşamalarını internetten kontrol ederim.
 - 14 Bir şeyler ters gittiğinde (bir alet bozulduğunda), kendim çözmeye çalışmak yerine hemen yardım isterim.
 - 15 Boş zamanlarımda modelleri, makineleri veya cihazları sökmeye çalışırım.
 - 16 (çizerek veya uygulayarak) bir alet ya da materyal tasarımını geliştirmeye çalışırım.
 - 17 Boş zamanlarımda elimdeki malzeme ve materyalleri bir araya getirmeye veya yeni bir model oluşturmaya çalışırım.
 - 18 Boş zamanlarımda makine veya elektrikli aletleri (çalar saat, Mouse vb.) monte etmeye çalışırım.
 - 19 Bir öğe tasarlamaya çalışıyorum (çizerek veya uygulayarak)
 - 20 Satranç veya su doku gibi hesaplama veya muhakeme gerektiren matematik oyunlarını oynarım.
 - 21 Günlük yaşamdaki problemleri çözerken, tahmin yeteneğimi kullanırım (mekânın büyüklüğü gibi).
 - 22 Ders dışı matematik problemlerini bulmak için inisiyatif (bir kimsenin, alınması gerekli kararı öncelikle ve kendiliğinden alabilmek konusundaki yeterliliği) kullanırım ve çözmeye çalışırım.
 - 23 Bilgisayarımdan matematik veya matematik alanlarında çalışan kişileri ararım.
 - 24 Cep telefonumdan matematik veya matematikler ile ilgili içerikleri ararım.
 - 25 Matematik veya matematikçiler hakkında bir bilimsel dergi ya da kitap okurum.
-

EK D. Ders Planları

Ders Planı 1 : Hayvan Barınağı Tasarımı

Planlama	
Açıklama	Hayvanların kışın ormanda barınabilecekleri, ormanın doğal dokusuna uygun barınaklar tasarlayarak, hem görsel beceriyi arttırmak hem de hayvanlar için yaşam alanı oluşturmak.
Tema	Canlılarda Üreme, Büyüme ve Gelişme / Canlılar ve Yaşam
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	Doğada canlıların yaşam alanlarından biri barınaklardır. Özellikle kuşlar kendilerini ve yavrularını tehlikelerden korumak için farklı yapılardan barınaklar oluşturmaktadır. Kuş gözlemcisi Aybüke ormanda yaşayan farklı tür kuşların uygun yuvalarının olmadığını gözlemlemiştir. Kuşlar için bir yuva tasarımı yapmak istemektedir.
Görev	Uygulama öncesinde öğrencilerin kuşların yuvalarının nasıl yaptığı büyüklüğü ve kuşların sevdiği renklerin neler olduğu konusunda öğrencilerin araştırma yapması istenir. Kuş yuva tasarımlarının araştırılması istenir. Kendi çevrelerinde gözlemleyebilecekleri kuş yuvalarının araştırmaları istenir.
Teknik Bilgiler	Kuş yuvaları çok çeşitlidir. Yuva yapımında kullanılan malzeme, yuvanın biçimi, büyüklüğü kuşun cinsine göre değişir. Kimi kuşlar birkaç çalı çırpıyı yere yığarak yuva yaparlar. Deniz kıyısında yaşayan birtakım kuşların yuvası ise birkaç çakıl taşı ile biraz ottan ibarettir. Bazı kuşlar da yuva yapmazlar, kaya kovuklarına yumurtlarlar, yavrularını orada çıkarırlar, yavruları büyüyünceye kadar o kaya kovuğunu kendilerine yuva sayarlar.

	Ağaç kovuklarını kendilerine yuva edinen kuşlar da vardır. Ağaçkakanlar kurumuş ağaçları oyarak kendilerine yuva yaparlar. Birçok kuşlar ise, uzun emeklerle, çok ustalıklı yuvalar yaparlar. Bunlar insanı şaşırtacak düzgünlükteki yuvalarını içgüdüleriyle kurarlar. Kuşlardan çoğu yuvalarının çevresindeki belirli bir bölgeyi kendi yurtları sayar. Bu bölge küçük de olabilir, büyük de. Bu, kuşların âdetlerine, yaşayışlarına bakar. Kuşlar yuvalarının çevresinde kendilerine yurt edindikleri bölgeye başka kuşları sokmazlar. Yabancı bir kuşun bu bölgeye girmek istemesi kavgaya yol açar. Deniz kıyısında yaşayan kuşların yuvası birbirine çok yakındır, sınırları, kuşların yuvada otururken gagalarını en çok uzatabildikleri yere kadardır, onun dışına karışmazlar. Buna karşılık, kartalların yurt edindikleri bölgeler kilometrelerce uzağa kadar gider. Yuva yapmadan önce dişi kuş yurt edineceği bölgeyi seçer. Çok defa yuva yapmak için başka kuşlarla dövüşmek zorunda kalır.
Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, Temel tasarım okuryazarlığı Canlıların özelliklerini bilir. Malzeme özelliklerini tanır
STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri • Canlılarla örnekler vererek benzerlik ve farklılıklarına göre sınıflandırır. • Canlılar; bitkiler, hayvanlar, mantarlar ve mikroskobik canlılar olarak sınıflandırılır. • Bitki ve hayvanlarda büyüme ve gelişmeye etki eden temel faktörleri açıklar. • Bir bitki veya hayvanın bakımını üstlenir ve gelişim sürecini rapor eder. Teknoloji • Simülasyon ortamında akış oluşturma • Üç boyutlu tasarıma yönelik temel kavramları açıklar. • Kullanılan üç boyutlu tasarım programının ara yüzünü ve özelliklerini tanır. • Basit düzeyde üç boyutlu çizimler yapar. Model tasarımı yapar.

	• Belirli bir amaca yönelik özgün tasarım ürünü geliştirir. • Üç boyutlu yazıcıları ve üç boyutlu yazıcıların kullanıldığı alanları açıklar. Mühendislik • Çevreyi tanıma çevrenin özelliklerine göre tasarım yapma • Disiplinler arası ilişkileri kullanır. • Üç boyutlu model tasarlayarak yapar. • Ürün oluşturmada “mühendislik tasarım ve girişimcilik sürecini” uygular. Sanat Farklı malzemeler ile kuşların ilgisini çekebilecek yuva modell oluşturma Boyama yapma Matematik M.5.2.4.1. Dikdörtgenin alanını hesaplar, santimetrekare ve metrekareyi kullanır M.6.3.3.1. Çember çizerek merkezini, yarıçapını ve çapını tanır. M.5.2.3.2. Üçgen ve dörtgenlerin çevre uzunluklarını hesaplar, verilen bir çevre uzunluğuna sahip farklı şekiller oluşturur. M.6.3.2.1. Üçgenin alan bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. M.7.3.3.3. Dairenin ve daire diliminin alanını hesaplar.
Uygulama	
Etkinlik Süreci	Bu çalışmada öğrencilerin tasarım odaklı düşünme süreçlerini kullanarak hayvanlar için doğal bir barınak tasarımları amaçlanmaktadır. TOD; herhangi bir problemin empati kurularak, tanımlanarak, fikirler üretilerek, protipleme yapılarak ve test edilerek o problemin çözümüne katkıda bulunma sürecidir. TOD çalışmalarına amaç, somut bir ürün ortaya koymak değil, bir problemi çözmek için tanımlanan basamakları takip ederek problemi çözmeye odaklanma sürecidir. Bu etkinlikte ürün tasarımı değil, tasarım odaklı düşünme yaklaşımını kullanarak kuş evi tasarımı yapacaklardır. Ayrıca öğrenciler kuşların yaşayacağı ortama ait verileri takip etmek için robotik sensörleri kullanabilirler.

Empati	- Etkinliğe girişte katılımcıların dikkatini çekmek için Türkiye Kuşları'na ait fotoğraflardan oluşan slayt gösterisi öğrencilere izlettirilerek Türkiye'nin biyoçeşitliliğine vurgu yapılacaktır. Ayrıca insan faaliyetleri sonucu zarar gören kuşlar ile ilgili video da (https://www.youtube.com/watch?v=mYsJESXhnu0) öğrencilerle paylaşılacaktır. Öğrencilere "Siz bir kuş olsaydınız nasıl bir evde yaşamak isterdiniz?" sorusu yöneltilecektir. Bu aşamada doğada bulunan kuşların yuva tasarımları araştırılması istenecektir.
Problemi Tanımlama	Bu aşamada Kuş evi nedir?, Hangi amaç için yapılır? Kullanışlılığı yüksek kuş evleri nasıl olmalıdır? Kuş evlerinin önemi, güvenliği kuşların ilgisini çekmesi için nasıl olmalıdır?" vb. gibi konularda katılımcılara bilgi verilecektir. – Öğrencilerden yaşayan kuşları tanımaları, kuşların boyutları ve yaşam alanı tercihleri incelemeleri istenecektir. Bu noktada öğrencilerden günlük yürüyüşlerde yaptıkları gözlemleri kullanmaları ve internetten faydalanmaları beklenmektedir. Öğrenciler tarafından kuş evinde özellikler olmalıdır." gibi problem cümleleri yazmaları istenir.
Fikir Üretme	Sınıfta gruplar oluşturulacaktır. Oluşturulan gruplar seçtikleri kuşa uygun bir tasarım için beyin fırtınası ile çok sayıda fikirler üretecekler ve fikirleri içinden gerçekleşmesi mümkün olan ve fikirler oylamaya tutularak beş tanesini çeceklerdir. Tasarımlarına yönelik gerekçelendirmeleri de yapmaları gerekmektedir
Prototip Tasarlama	Her gruba gerekli malzemeler dağıtılarak öğrencilerin oylama sonucu yapılmasına karar verdiği tasarım için malzeme seçimi yapılacaktır. Kuş evine ait parçaları, silikon, ağaç tutkalı, zımba yardımıyla birleştirmesi sağlanacaktır. Uygun ahşap boya ile çeşitli renklerle bir kompozisyon oluşturacak şekilde renklendirilen kuş evlerinin çatı kısmı kozalak ve dal parçalarıyla süslenilecektir.

Test Etme	Tasarımı arkadaşları ile sağlamlık testi yapılır. Kuşların girebileceği büyüklük kontrol edilir. Tasarımı tamamlanan kuş evleri çevrelerdeki ağaçlara (en az 2 en çok 5m yüksekliğinde) güvenli bir şekilde asılacaktır.
Değerlendirme	• En sevdiğin çözüm önerisi neydi? Neden? • Hangi çözüm önerisini çöpe atmalıyız? Neden? • Hangi çözüm önerilerini birleştirmeliyiz? Neden? • En beğendin çözüm önerisini daha da geliştirmek için ne yapmalıyım? • Bunların haricinde bana söylemek istediğin bir başka konu var mı?
Materyaller	- 2 adet (23cm,23cm,23cm,15cm ebatlarında) 5mmlik kontrplak – 8 adet 15x15cm kare 5mm lik kontrplak – 8 adet 24x24cm kare 5mm lik kontrplak – 16 adet 15x18 cm dikdörtgen 5mm lik kontrplak - Çekiç, çiviler

Ders Planı 2 : Rüzgar Türbini

Planlama	
Açıklama	Rüzgar türbini tasarlıyorum
Tema	Enerji
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	Yaşadığınız bölge elektriğini kömürden enerji sağlayan enerji istasyonlarından elde etmektedir. Elektrik üreten şirket yetkilileri kömür kaynaklarının tükendiğini ve elektrik üretmek için farklı yollara ihtiyaç olduğunu belirttiler. Düşük şiddetdeki rüzgarlarda dahi çalışabilen ve düşük maliyetli Rüzgar türbinlerinin elektrik enerjisi üretmede faydalı olabileceği görüşü öne çıkmaktadır. Siz uzman mühendislerden bugün yerel şirketlerin ricası üzerinde farklı fikirler ve çözüm önerileri bekliyoruz ! Takım halinde basit malzemeleri kullanarak bir rüzgar türbini tasarımı ortaya koyunuz.
Görev	Uygulama öncesinde rüzgar tribünleri konusunda öğrencilerin araştırma yapması istenir. Rüzgar tribünleri kanat sistemleri boyutları çalışma prensiblerinin araştırılması istenir. Kendi çevrelerinde rüzgar tribünü kurulabilecek konumların nerede olacaklarını araştırmaları istenir.
Teknik Bilgiler	Rüzgar türbinleri, rüzgardaki hareket enerjisini önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir.
Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, robotik okuryazarlığı, temel tasarım okuryazarlığı

STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri - Güç santrallerinde elektrik enerjisinin nasıl üretildiğini açıklar. - Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır. - Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar. Teknoloji - Algodot ile Simülasyon ortamında akış oluşturma Mühendislik Günlük hayattan bir problemi tanımlar. - Problemin günlük hayatta kullanılan veya karşılaşılan araç, nesne veya sistemleri geliştirmeye yönelik olması istenir. - Bu aşamada problemin malzeme, zaman ve maliyet kriterleri kapsamında ele alınması beklenir. - c. Problemlerin, eğitim-öğretim döneminin başından itibaren farklı dersler kapsamında yer alan konularla ilişkili olması tercih edilebilir. • Problem için muhtemel çözümler üretir ve bunları karşılaştırarak kriterler kapsamında uygun olanı seçer. • Ürünü tasarlar ve sunar. - Ürün tasarımı ve yapımı okul ortamında yapılır. - Öğrencilerden, ürün geliştirme aşamasında deneme yapmaları, bu denemeler sonucunda elde ettikleri nitel ve nicel verileri, gözlemleri kaydetmeleri ve grafik okuma veya oluşturma becerileriyle değerlendirmeleri beklenmektedir. Sanat - Pervanenin çizimlerinde farklı sanat yaklaşımlarını kullanır. Matematik - Doğru orantılı iki çokluk arasındaki ilişkiyi ifade eder. - Doğru orantılı iki çokluğa ait orantı sabitini belirler ve yorumlar. - Çemberin ve çember parçasının uzunluğunu hesaplar. - Verilere ilişkin çizgi grafiği oluşturur ve yorumlar.
Uygulama	

Empati	Etkinliğe girişte katılımcıların dikkatini çekmek için daha önceden eğitmen tarafından hazırlanmış olan Türkiye enerji kaynakları haritası öğrencilere gösterilerek Türkiye'nin Enerji üretim ağına yönelik fikir edinmeleri sağlanır. İnsanların enerji olmadan nasıl yaşayacakları sorulur. Kanat yapısından dolayı kuşların doğal göç yollarında bulunan ülkemizde kuşların kanatlara çarpması ile ilgili bilgiler verilir.
Problemi Tanımlama	Siz olsaydınız enerji problemine yönelik nasıl bir rüzgar türbini tasarlardınız? Rüzgar türbinine yönlendirme yapılır. Rüzgar santrallerinin çalışma şekli ve özellikleri araştırılması istenir.
Fikir Üretme	Öğrenci dörder kişilik gruplara ayrılarak çok sayıda fikir üretmeleri istenir. Rüzgar türbinin daha verimli(daha düşük şiddette rüzgarda çalışma ve daha az ses çıkarma kuşlara zarar vermeme) yapma konusunda ürettikleri fikirlerden beş tanesini çizmeleri istenir. Fikirleri gerekçelendirilerek açıklamaları ve tartışmaları beklenir.
Prototip Tasarlama	Öğrencilerin çizdiği tasarımlardan uygun olanı grup içinde oylanarak belirlenir. Grup içinde malzemeler dağıtılır. Seçilen malzemeler ile tasarımlarını tamamlamaları beklenir.
Test Etme	Saç kurutma makinesinin birinci ayarda 30 cm uzaklıkta çalıştırılır. Dinamodan elde edilen elektrik akımı ampermetre ile ölçülür. Öğrencilere tasarımlarını güncelleme imkanı verilir.
Değerlendirme	Tasarımları tamamladıktan sonra katılımcıların sunum yapmaları sağlanır. Sunum sonrasında ölçümler yapılarak akım üretme düzeyi belirlenir. Ayrıca akran değerlendirmesi yapılarak katılımcıların görüşleri alınır.
Materyaller	• Karton levhalar-mukavva • Farklı renklerde kartonlar • Cetvel • Farklı boyda karton kutular (Süt kutusu, meyve suyu kutusu da olabilir) • Bant • Makas

	• Dinamo • Akım ölçer • İp • Çeşitli boy ve renklerde kâğıtlar • Maket bıçağı • Pet şişe • Tahta çubuklar (dondurma çubukları), • Pipet • Kağıt bardak • El işi kağıdı • Plastik tabak • Oyun hamuru • Silikon tabancası ve silikon • Pet şişe kapakları • Likit yapıştırıcı • Renkli plastik boncuklar • Plastik şeffaf dosya • Paket lastiği • Alüminyum folyo • İspirto boya kalemleri renkli • Strafor köpük • Plastik poşet • Çöp şiş • Rüzgar türbinin dönerek taşınması beklenen yük
--	---

Ders Planı 3 : Sokak Lambası Tasarımı

Planlama	
Açıklama	Bu etkinlikte mühendislik döngüsünü kullanarak günlük hayatta karşılaşılabilecekleri bir problem durumuna yaratıcı ve yenilikçi çözümler bulmaları amaçlanmaktadır.
Tema	Uzay ve Evren
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	Yiğit gökyüzü gözlemi yapılacak bir alanda mühendis olarak çalışmaktadır. Ancak geceleri gökyüzünde yıldızları gözlemlemekte zorluklar yaşamaktadır. Bunun sebebinin ise bulunduğu alanda yapılan aydınlatmadan kaynaklandığını belirlemiştir. Siz uzman mühendislerden Yiğit'e yardımcı olacak fikir ve çözüm önerileri bekliyoruz. Takım halinde basit malzemeleri kullanarak bir sokak lambası tasarımı ortaya koyunuz.
Görev	Uygulama öncesinde sokak lambaları konusunda öğrencilerin araştırma yapması istenir. Sokak lamblarının şekil, büyüklükleri ve çalışma prensiblerinin araştırılması istenir. Kendi çevrelerinde ışık kirliliğinin etkilerini araştırmaları istenir.
Teknik Bilgiler	Aydınlatma araçlarının gereksiz ve yanlış kullanımı kirliliğe 12 neden olur. Işık kirliliği, çevre kirliliklerinin küresel ve en hızlı büyüyen türlerinden biridir. Işığın canlılara doğrudan zarar vermesine sebep olacak biçimde, yanlış ve aşırı yönlendirilmesine ışık kirliliği adını veriyoruz. İnsanlara, bitkilere ve hayvanlara verdiği zararların yanı sıra ışık kirliliği, astronomi çalışmalarını da ciddi ölçüde olumsuz etkiliyor. Milyonlarca yıldır Güneş ışığının doğal ritmine uyum sağlayacak biçimde evrimleşmiş tüm canlıların biyolojik dengesi, modern dünyanın sebep olduğu ışık kirliliği yüzünden bozuluyor.

Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, robotik okuryazarlığı, Temel tasarım okuryazarlığı
STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri F.7.1.1.4. b. Işık kirliliğine değinilir.” kazanımları ile doğrudan örtüşmektedir Teknoloji - Algado ile Simülasyon ortamında akış oluşturma Mühendislik - Günlük hayattan bir problemi tanımlar. - Problemin günlük hayatta kullanılan veya karşılaşılan araç, nesne veya sistemleri geliştirmeye yönelik olması istenir. - Bu aşamada problemin malzeme, zaman ve maliyet kriterleri kapsamında ele alınması beklenir. - c. Problemlerin, eğitim-öğretim döneminin başından itibaren farklı dersler kapsamında yer alan konularla ilişkili olması tercih edilebilir. • Problem için muhtemel çözümler üretir ve bunları karşılaştırarak kriterler kapsamında uygun olanı seçer. • Ürünü tasarlar ve sunar. - Ürün tasarımı ve yapımı okul ortamında yapılır. - Öğrencilerden, ürün geliştirme aşamasında deneme yapmaları, bu denemeler sonucunda elde ettikleri nitel ve nicel verileri, gözlemleri kaydetmeleri ve grafik okuma veya oluşturma becerileriyle değerlendirmeleri beklenmektedir. Sanat : - Farklı bağlama biçimlerinin yapılması - Estetik tasarımlar oluşturma Matematik - Doğru orantılı iki çokluk arasındaki ilişkiyi ifade eder. - Doğru orantılı iki çokluğa ait orantı sabitini belirler ve yorumlar. - Çemberin ve çember parçasının uzunluğunu hesaplar. Verilere ilişkin çizgi grafiği oluşturur ve yorumla

Uygulama	
Empati	Etkinliğe başlamadan önce katılımcılara ışık kirliliği hakkında neler bildikleri sorulur ve konu ile ilgili ilgi çekici 2 dk'lık bir video izletilir. Katılımcılara bir devrede seri bağlı ampul sayısı değiştikçe ampul parlaklığının nasıl değişeceği sorulur. Burada amaç katılımcıların önceden bildikleri bilgileri etkinlikle birleştirmelerini sağlamaktır.
Problemi Tanımlama	Her gruba ampuller, bağlantı kabloları, duyu, anahtar dağıtılır ve öğretmenlerden tahminlerini test ederek gözlemlerini kaydetmeleri istenir. Sonrasında katılımcılara gereksiz ve aşırı aydınlatmaların ışık kirliliğine yol açtığı bilgisi verilerek ampul sayısı ve yapacakları tasarım arasında ilişki kurmaları istenir. Her gruba beyaz fon kartonu, alüminyum folyo ve siyah fon kartonu ve ışık kaynağı dağıtılır. Bu maddeleri ışığı yansıtma ve soğurma durumlarına göre sıralamaları ve test ederek gözlemlerini kaydetmeleri istenir.
Fikir Üretme	Öğrenci dörder kişilik gruplara ayrılarak çok sayıda fikir üretmeleri istenir. Beyin fırtınası yoluyla sokak lambası tasarımı konusunda ürettikleri fikirlerden beş tanesini çizmeleri istenir. Fikirleri gerekçelendirilerek açıklamaları ve tartışmaları beklenir
Prototip Tasarlama	Bu aşamada katılımcılara çevreye duyarlı bir belediye başkanı olduğu ve katılımcıların da birer mühendis oldukları, onlardan etkinliğin başında yaptıkları gözlemleri de dikkate alarak mümkün olduğunca ışık kirliliği yaratmayacak birer sokak lambası tasarımları istendiği hikayeleştirilerek anlatılır. Katılımcılar, önce yapacakları tasarımları bireysel olarak çizerler ve kullanacakları malzemelere karar verirler. Tasarımlarda ışık kirliliğini engellemenin önemli olduğu kadar tasarımın(görselliğin) da önemli olduğu vurgulanır. Daha sonra grup üyeleri kendi aralarında tasarımlarının güçlü ve zayıf yönlerini tartışarak tek bir model çizerler. Ve çizdikleri modeli hazırlarlar. Eğer hazırladıkları modellerde işlemeyen yerler varsa onları çizimlerinin yanlarına renkli kalemle not olarak düzeltmeleri istenir.
Test Etme	Sokak lambaları modellerini yapıp son halini verdikten sonra lüksmetre ile etrafa yaydıkları ışık miktarını belirlerler. Daha sonra yaptıkları sokak lambalarını tüm sınıfta tanıtırlar.

Değerlendirme	Işık kirliliğini önlemek için en uygun tasarım ve en estetik(sanatsal) yapan gruplar tüm katılımcıların oy birliği ile belirlenir. Tasarıma yönelik neleri beğendikleri tasarımın özgün tarafı nedir soruları sorulur. Tasarımda neyi değiştirmek istersiniz?
Materyaller	- Silikon tabancası - Renkli kartonlar(özellikle siyah) - Mukavva - Pipet - Bağlantı kabloları - Duy - Ampul - Pil yatağı - Pil - Anahtar - A4 kağıdı - Kalem - Minik tornavida - Makas - Sıvı yapıştırıcı - Şeffaf bant - Lazer - Lüksmetre(yada nova 5000 ışık ölçer probuyla, yada vernier yine ışık ölçer probuyla)

Ders Planı 4: Havacılık ve Uzay Roketimi Tasarlıyorum

Planlama	
Açıklama	Hava direncini azaltacak basit malzemeler ile roket modeli tasarlamak
Tema	Kuvvet ve Enerji / Enerji Dönüşümleri
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	Türk Uzay Ajansı'nda çalışan mühendisler Ay'a yapılacak yolculuk için kullanılacak bir roket tasarlamak istemektedirler. Burada ki sorun yakıt miktarını az kullanmak gereklidir. Hava direnci ise roketin hareketinin zıt yönünde etki etmektedir. Dolayısıyla roketin hızını yavaşlatmakta dış yüzeyinin ısınmasına sebep olmaktadır. Oluşabilecek sorunların önüne geçmek için havanın direncini azaltmak ve iniş esnasında daha uzun süre havada kalmak için farklı tasarımlara ihtiyaç duymaktadırlar. Sizler de Türk Uzay Ajansı'nda çalışan uzman mühendislersiniz tasarımlarınızı ve fikirlerinizi ile yardımcı olmanız bekleniyor
Görev	Uygulama öncesinde roketlerin çalışma prensipleri konusunda öğrencilerin araştırma yapması istenir. Hava direncini azaltmak için veya artırmak için yapılacakların araştırılması istenir. Uzay yolculuğunda kullanılan roket modellerinin araştırmaları istenir. Uzay yolcuğu esnasında yaşanan kazaları araştırmaları istenir.
Teknik Bilgiler	Uyduları ve uzay aracını, tonlarca yakıt taşıyan roketlere koyarak uzaya fırlatıyoruz. Yakıtlar, rokete Dünya yüzeyinden uzaklaşmaya yetecek kadar enerji verir. Dünya'nın kütle çekimi nedeniyle, en büyük, en ağır uzay aracı, en büyük roketlere ve en itici güce ihtiyaç duyar. 300 yıldan daha uzun bir süre önce, Isaac Newton adlı bir bilim insanı, nesnelerin nasıl hareket ettiğini açıklayan üç temel yasa ortaya koydu. Bu yasalardan biri, uygulanan her kuvvet için bu kuvvete eşit ve zıt bir

	tepki olduğunu söyler. Roketlerin nasıl çalıştığının arkasındaki en önemli fikir budur. Roketin altından dumanlar roketin itici gazlarının yanmasından kaynaklanan alevler, sıcak gazlar ve dumandır. Egzozdan çıkan bu sıcak gazlar ve dumanlar, roketin motorundan yere doğru bir kuvvet uygular. Etki kuvveti budur. Buna karşılık olarak, roket yerden kalkarak ters yönde hareket etmeye başlar. Tepki gücü budur. Roket havalandığında Dünya'nın kütle çekimi roketi aşağı çekmeye devam eder. Roket, yakıtlarını yakıp egzozdan dışarı attığında, bu, itme adı verilen yukarı doğru bir kuvvet yaratır. Roketi fırlatmak için, roketi yukarı iten itme kuvvetinin roketi aşağı çeken kütle çekimi kuvvetinden daha büyük olması gerekir yani yeterli itici kuvvete ihtiyacı vardır.
Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, robotik okuryazarlığı, temel tasarım okuryazarlığı Elektrik devresi bağlama
STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri F.7.1.1.1. Uzay teknolojilerini açıklar. <i>b. Türkiye'nin uzaya gönderdiği uydulara ve görevlerine değinilir.</i> F.7.1.1.3. Teknoloji ile uzay araştırmaları arasındaki ilişkiyi açıklar. F.7.3.3.3. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar. a. Hava veya su direncinin farklı taşıtların tasarımındaki etkisine değinilir. Teknoloji - Algodo ile Simülasyon ortamında akış oluşturma Mühendislik Günlük hayattan bir problemi tanımlar. - Problemin günlük hayatta kullanılan veya karşılaşılan araç, nesne veya sistemleri geliştirmeye yönelik olması istenir. - Bu aşamada problemin malzeme, zaman ve maliyet kriterleri kapsamında ele alınması beklenir.

	- c. Problemlerin, eğitim-öğretim döneminin başından itibaren farklı dersler kapsamında yer alan konularla ilişkili olması tercih edilebilir. • Problem için muhtemel çözümler üretir ve bunları karşılaştırarak kriterler kapsamında uygun olanı seçer. • Ürünü tasarlar ve sunar. - Ürün tasarımı ve yapımı okul ortamında yapılır. Öğrencilerden, ürün geliştirme aşamasında deneme yapmaları, bu denemeler sonucunda elde ettikleri nitel ve nicel verileri, gözlemleri kaydetmeleri ve grafik okuma veya oluşturma becerileriyle değerlendirmeleri beklenmektedir Sanat • Roketin tasarımı ve çizimi • Farklı malzemeler kullanılarak özgün bir ürün ortaya çıkarımı Matematik • Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. • Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar, sıklık tablosu ve sütun grafiğinde gösterir. - Sıklık tablosu veya sütun grafiği ile gösterilmiş verileri yorumlamaya yönelik problemleri çözer..
Uygulama	
Empati	Etkinliğe girişte katılımcıların dikkatini çekmek için daha önceden eğitimci tarafından hazırlanmış olan Space x firmasının uzaya gönderdiği roketleri gösteren video öğrencilere gösterilerek roketlerin düşüşünü patlamasında neler hissettikleri sorulur. Roketlerin tasarımlarına yönelik fikir edinmeleri sağlanır.
Problemi Tanımlama	Siz olsaydınız hava direncini azaltacak nasıl bir roket tasarlardınız.? Hava direncini artırmak ve havada daha fazla kalması için nasıl bir paraşüt tasarlıyorsunuz. Roketlerin çalışma prensiplerinin araştırılması istenir.
Fikir Üretme	Öğrenci dörder kişilik gruplara ayrılarak roket tasarımı için çok sayıda fikir üretmeleri istenir. Roketlerin havada kalma süresinin konusunda ürettikleri fikirlerden beş tanesini çizmeleri istenir. Fikirleri gerekçelendirilerek açıklamaları ve tartışmaları beklenir.
Prototip Tasarlama	Öğrencilerin çizdiği tasarımlardan uygun olanı grup içinde oylanarak belirlenir.

	Grup içinde malzemeler dağıtılır. Seçilen malzemeler ile tasarımlarını tamamlamaları beklenir.
Test Etme	Roket rampası ile fırlatılan roketler havada en uzun kalma süresi ölçülür. Öğrencilere tasarımlarını test etmeleri ve değişiklik yapma imkanı verilir.
Değerlendirme	Tasarımları tamamladıktan sonra katılımcıların sunum yapmaları sağlanır. Sunum sonrasında En çok beğendiğin tasarım nedir? Tasarımında çalışmayan özellik nedir soruları sorulur?
Materyaller	• Pet şişe • Farklı renklerde el işi kağıtları • Cetvel • Bant • Makas • İp • Karton • Maket bıçağı • Tahta çubuklar (dondurma çubukları), • Pipet • Plastik tabak • Alüminyum folyo • Silikon tabancası ve silikon • Pet şişe kapakları • Sıvı yapıştırıcı • Renkli plastik boncuklar • Telli ipler şönil • Paket lastiği • Ispirto boya kalemleri renkli • Strafor köpük • Plastik poşet • Çöp poşeti • Çöp şiş

Ders Planı 5 :Mars Aracı Tasarlıyorum

Planlama	
Açıklama	Bu etkinlikte mühendislik döngüsünü kullanarak günlük hayatta karşılaşılabilecekleri bir problem durumuna yaratıcı ve yenilikçi çözümler bulmaları amaçlanmaktadır.
Tema	Madde ve Doğası/ Enerji Dönüşümleri
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	Türk Uzay ajansında çalışan mühendisler uzay araçlarının Dünya dışında daha rahat hareket edebilmesi için farklı tekerlek yapıları ve araçlar kullanmaktadırlar. NASA'nın Mars'a gönderdiği uzay araçlarının tekerleğinde meydana gelen parçalanmalar yüksek maliyetli projeleri riske sokmuştur. Böyle bir durumla karşılaşmak istemeyen mühendisler fikirleriniz ve çözüm önerilerinizle destek olmanız beklenmektedir.
Görev	Bu etkinlikte öğrencilerden beklenen tasarım, Mars'ta görev yapacak Mars'ın yer şekillerini ve hava koşullarını gözeterek dayanıklı ulaşım aracı tasarımıdır. Öğrenciler, Mars uzay aracı tasarlarken öğrencilerin tasarım odaklı düşünme basamaklarını (empati kurma, problemi tanımlama, fikir üretme, prototipleme, test etme) kullanmaları sağlanacaktır. Öğrencilerin zor koşullara dayanıklı ve geleceğin teknolojisi olacak bu teknolojiyi tasarlarken yetenekleri ve becerileri gelişecektir. Mars'a yapılan uzay yolcularını sürtünme kuvvetinin etkilerini araştırmaları istenmelidir?.
Teknik Bilgiler	Mars'ın yüzeyinde şu anda NASA'nın 26 Kasım 2011'de Mars'a gönderdiği ve 6 Ağustos 2012'den beri görev yapan Curiosity, 5 Mayıs 2018'de Mars'a gönderdiği ve 26 Kasım 2018'den beri görev yapan InSight, 30 Temmuz 2020'de Mars'a gönderdiği ve 18 Şubat 2021'den beri görev yapan Perseverance uzay araçları bulunuyor. Ayrıca Çin Uzay Ajansının 23 Temmuz 2020'de Mars'a gönderdiği ve 14 Mayıs 2021'de görevine başlayan Zhurong adlı uzay aracı da Mars'ın yüzeyindeki çalışmalarına

	devam ediyor..
Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, robotik okuryazarlığı, temel tasarım okuryazarlığı Elektrik devresi bağlama Algoritma yazabilme becerisi
STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri F.7.1.1.3. Teknoloji ile uzay araştırmaları arasındaki ilişkiyi açıklar. F.7.3.3.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır. F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar. a. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisinin örneklendirilmesinde sürtünmeli yüzeyler, hava direnci ve su direnci dikkate alınır. b. Sürtünen yüzeylerin ısındığı, basit bir deneyle gösterilerek kinetik enerji kaybının ısı enerjisine dönüştüğü vurgulanır. F.7.3.3.3. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar. a. Hava veya su direncinin farklı taşıtların tasarımındaki etkisine değinilir. Teknoloji • Algodoo ile Simülasyon ortamında akış oluşturma Mühendislik Günlük hayattan bir problemi tanımlar. - Problemin günlük hayatta kullanılan veya karşılaşılan araç, nesne veya sistemleri geliştirmeye yönelik olması istenir. - Bu aşamada problemin malzeme, zaman ve maliyet kriterleri kapsamında ele alınması beklenir. - c. Problemlerin, eğitim-öğretim döneminin başından itibaren farklı dersler kapsamında yer alan konularla ilişkili

	olması tercih edilebilir. • Problem için muhtemel çözümler üretir ve bunları karşılaştırarak kriterler kapsamında uygun olanı seçer. • Ürünü tasarlar ve sunar. - Ürün tasarımı ve yapımı okul ortamında yapılır. - Öğrencilerden, ürün geliştirme aşamasında deneme yapmaları, bu denemeler sonucunda elde ettikleri nitel ve nicel verileri, gözlemleri kaydetmeleri ve grafik okuma veya oluşturma becerileriyle değerlendirmeleri beklenmektedir. Sanat Estetik ve ergonomic tasarımlar geliştirme Matematik • Ondalık gösterimleri verilen sayıları sayı doğrultusunda gösterir ve sıralar. • Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. • Araştırmam sorularına ilişkin verileri toplar, sıklık tablosu ve sütun grafiğinde gösterir. • Sıklık tablosu veya sütun grafiği ile gösterilmiş verileri yorumlamaya yönelik problemleri çözer.
Uygulama	
Empati	Etkinliğe başlamadan önce katılımcılara ve konu ile ilgili ilgi çekici "How Nasa Reinvented the Wheel" adlı İngilizce orijinal dilindeki 2 dk'lık bir video izletilir. Katılımcılara aşağıdaki sorular sorulur. • Videoda dikkatinizi çeken şeyler neler oldu? • Videoda yer alan çalışmaların nedeni sizce nedir? • NASA'nın Mars Projesi'nde siz olsaydınız ne düşündünüz? • Gelecekte bu tekerlekler ve lastikler nasıl farklılıklar gösterebilir
Problemi Tanımlama	Öğrenciler gözlemlerini analiz edip Nasa çalışanlarının gerçekte nasıl bir araç yapısına ya da tekerleğe ihtiyacı olduğunu tespit etmeye çalışacaklardır. Tanımlama adımıyla ortaya çıkarılan problem analiziyle birlikte, hangi problemlere çözüm bulunması gerektiğine dair karar alınmaya başlanmalıdır. Bu süreç, problemle ilgili fikir üretme evresine doğal olarak destek sağlamaktadır.
Fikir Üretme	Öğrencilerden belirledikleri probleme yönelik çözümler üretmeleri istenir. Bu aşamada beyin fırtınası yönteminden faydalanılabilir. Öğrencilere her fikrin değerli olduğu, akıllarına gelen her fikri not

	almalarının faydalı olacağı söylenmelidir. Gruplara yapışkanlı not kâğıtları dağıtılır. Beyin fırtınası yöntemiyle öğrenciler akıllarına gelen her fikri not alırlar. Tüm fikirler toplandığında öğrenciler, grup içinde buldukları çözümleri gruplandırır. Öğrenciler belirledikleri çözümlerden 5'ini çalışma kâğıdına çizer. Çizimler tamamlandıktan sonra grup içinde ya da diğer gruplarla çözümler paylaşılır. Öğrenciler kendi çözümleri ile ilgili geri bildirim alır.
Prototip Tasarlama	Bu aşamada katılımcılardan Uzay aracı prototip geliştirmeleri istenir. Prototip oluşturulurken olabildiğince basit malzemeler kullanılır. Bu aşamada öğrencilerin somut modeller oluşturmaları önemlidir. Öğrencilerden 3D yazıcılar ile de modelleme yapmaları ve Algodoo programı ile sanal ortamda modellerini denemelerini sonrasında ise basit malzemelerden kullanarak üç boyutlu haline dönüştürmeleri beklenmektedir.. Yine prototipleme aşamasında öğrencilerden tahmini ürün maliyeti hesaplamaları, gerçek boyut/prototip boyutu oranlamaları gibi hesaplamalar istenebilir.
Test Etme	Uzay aracı tasarımını farklı rampa ve zeminlerde kullanarak sistemin çalışmasını kontrol eder. Daha sonra yaptıkları uzay aracını en uzağa gidecek şekilde veya özgün kısımlarını sınıf ortamında tanıtımını yaparlar.
Değerlendirme	Farklı gruptaki arkadaş arasında, Tasarımda en çok neyi beğendin? Tasarımın özgün tarafı nedir? Tasarımında değiştirmek istersen neyi değiştirirsin? soruları sorulur. Yapılan tasarımlar ve tanıtımlar neticesinde tasarımlar arasında oylama yapılır ve en iyi tasarım belirlenir.
Materyaller	- Silikon tabancası - Renkli kartonlar(özellikle siyah) - Mukavva - Pipet, A4 kağıdı - Kalem, Minik tornavida - Makas, Sıvı yapıştırıcı - Şeffaf bant, Sarı Dc motor - Çöp kovası, Led ışıklar, Yeterince kablo - Balon, Pervane, Tel, Pet şişe kapakları

Ders Planı 6: Biyomimikri-Güneş enerjisi

Planlama	
Açıklama	Bu etkinlikte mühendislik döngüsünü kullanarak günlük hayatta karşılaşılabilecekleri bir problem durumuna yaratıcı ve yenilikçi çözümler bulmaları amaçlanmaktadır.
Tema	Işığın Madde ile Etkileşimi / Işığın Soğurulması
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	Dünya’da çıkan karmaşa ve savaşlar neticesinde fosil yakıtlar kullanamaz hale gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılması bu çerçevede güneş enerjisi ile çalışan özel araç tasarımları ihtiyacı öne çıkmaktadır. Sizlerden Güneş enerjisi ile çalışan doğadan ilham alınarak tasarımı yapılan araç tasarlamanızı bekliyoruz.
Görev	Uygulama öncesinde biyomimikri nedir? Biyomimikrinin araçlara uygulama nelerdir? konusunda öğrencilerin araştırma yapması istenir. Güneş enerjisi ile çalışan araçların sorunları nelerdir? araştırılması istenir. Algoritmik düşünmeyi ve sensörlerin kullanmaları araştırmaları istenir..
Teknik Bilgiler	Biyomimikri, bilim insanlarının ve tasarımcıların çözmeye çalıştıkları birçok problemin çözümlerinin doğada mevcut olduğu, ayrıca bu çözümlerin milyonlarca yıldır test edilerek işlerliğinin, verimliliğinin kanıtlanmış olduğu temeline dayanıyor. Bu çözümler orada dururken, ortada olmayan, hiç denenmemiş çözümler üretmeye çalışmanın hem zor bir iş olduğunu hem de o kadar uzun zamandır denenmiş çözümlerden daha iyi olamayacaklarını savunuyor.

Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, robotik okuryazarlığı, temel tasarım okuryazarlığı
STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri F.7.5.1.4. Güneş enerjisinin günlük yaşam ve teknolojiye yenilikçi uygulamalarına örnekler verir. Kaynakların etkili kullanımı bakımından güneş enerjisinin önemi vurgulanır. F.7.5.1.5. Güneş enerjisinden gelecekte nasıl yararlanılacağına ilişkin ürettiği fikirleri tartışır. Teknoloji • Algoritma hazırlama • LDR sensor kullanma • Simülasyon ortamında akış oluşturma • Mblock ile kodlama yapma Mühendislik Günlük hayattan bir problemi tanımlar. - Problemin günlük hayatta kullanılan veya karşılaşılan araç, nesne veya sistemleri geliştirmeye yönelik olması istenir. - Bu aşamada problemin malzeme, zaman ve maliyet kriterleri kapsamında ele alınması beklenir. - c. Problemlerin, eğitim-öğretim döneminin başından itibaren farklı dersler kapsamında yer alan konularla ilişkili olması tercih edilebilir. • Problem için muhtemel çözümler üretir ve bunları karşılaştırarak kriterler kapsamında uygun olanı seçer. • Ürünü tasarlar ve sunar. - Ürün tasarımı ve yapımı okul ortamında yapılır. • Öğrencilerden, ürün geliştirme aşamasında deneme yapmaları, bu denemeler sonucunda elde ettikleri nitel ve nicel verileri, gözlemleri kaydetmeleri ve grafik okuma veya oluşturma becerileriyle değerlendirmeleri beklenmektedir Yazılım geliştirme Sanat • Estetik tasarımlar hazırlama • Farklı sanat dallarını kullanarak çizimler yapma

	Matematik • Ondalık gösterimleri verilen sayıları sayı doğrultusunda gösterir ve sıralar. • Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. • Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar, sıklık tablosu ve sütun grafiğinde gösterir. • Sıklık tablosu veya a sütun grafiği ile gösterilmiş verileri yorumlamaya yönelik problemleri çözer.
Uygulama	
Empati	Etkinliğe başlamadan önce katılımcılara biyomimikri nedir ve konu ile ilgili ilgi çekici 2 dk'lık bir video izletilir. Katılımcılara izledikleri videoda dikkatini çeken kısımlar belirtmesi istenir. Fosil yakıt tüketiminin bitmesi neticesinde nasıl bir araçla yolculuk yapabileceğini nelere ihtiyaç duyacaklarını belirtmeleri istenir. Burada amaç katılımcıların önceden bildikleri bilgileri etkinlikle birleştirmelerini sağlamaktır.
Problemi Tanımlama	Siz olsaydınız güneş enerjisi ile çalışan nasıl bir araç tasarlardınız? Aracınızın en büyük özelliği ne olurdu? Aracınızın daha hızlı yol alması için nelere dikkat ederdiniz? Sensörleri kullanarak güneş enerjisinden daha uzun süre faydalanabilecek bir araç tasarlamak için nasıl bir algortima yazmalıyız?
Fikir Üretme	Öğrenci dörder kişilik gruplara ayrılarak algoritmanın nasıl olacağı hakkında çok sayıda fikir üretmeleri istenir. Beyin fırtınası yoluyla güneşe doğru hareket eden doğadan ilham alınarak tasarlanan araç konusunda ürettikleri fikirlerden beş tanesini çizmeleri istenir. Fikirleri gerekçelendirilerek açıklamaları ve tartışmaları beklenir
Prototip Tasarlama	Bu aşamada katılımcılardan güneş panelini motora bağlayarak hareket ettirmeleri Farklı hayvan ve bitkilerin özelliklerini taklit ederek sürtünmesi az ve güneşe bakan pannelle araç tasarımları yapmaları beklenmektedir. Katılımcılar, önce yapacakları tasarımları bireysel olarak çizerler ve kullanacakları malzemelere karar verirler. Tasarımlarda önemli olduğu kadar tasarımın(görselliğin) da önemli olduğu vurgulanır. Daha sonra grup üyeleri kendi aralarında tasarımlarının güçlü ve zayıf yönlerini

	tartışarak tek bir model çizerler. Ve çizdikleri modeli hazırlarlar. Eğer hazırladıkları modellerde işlemeyen yerler varsa onları çizimlerinin yanlarına renkli kalemlerle not alarak düzeltmeleri istenir. Algılayıcı sensörler belirlenerek devre kurulur. Öğrenci sensörlere göre algoritmalarını yazarak modeline son halini verir.
Test Etme	Aracın güneş ışığında hareket etmesi sağlanır. tasarımını farklı ürünleri kullanarak sistemin çalışmasını kontrol eder. Daha sonra yaptıkları biyomimikri yöntemiyle güneş piliyle çalışan aracın hangi canlıdan örnek alındığı vs özellikleri tüm sınıfta tanıtırlar.
Değerlendirme	Farklı gruptaki arkadaş arasında, Tasarımda en çok neyi beğendin? Tasarımın özgün tarafı nedir? Tasarımında değiştirmek istersen neyi değiştirirsin? soruları sorulur. Yapılan tasarımlar ve tanıtımlar neticesinde tasarımlar arasında oylama yapılır ve en iyi tasarım belirlenir.
Materyaller	- Silikon tabancası, Renkli kartonlar(özellikle siyah), Mukavva - Pipet, Anahtar, A4 kağıdı, Kalem, Minik tornavida, Makas - Sıvı yapıştırıcı, Şeffaf bant, Arduinio uno, Ldr, Servo motor - Güneş pili, Led ışıklar, Yeterince kablo, Pet şişe kapakları, Şiş

Ders Planı 7: Kule tasarımı

Planlama	
Açıklama	Bu etkinlikte mühendislik döngüsünü kullanarak günlük hayatta karşılaşılabilecekleri bir problem durumuna yaratıcı ve yenilikçi çözümler bulmaları amaçlanmaktadır.
Tema	Kuvvet ve Enerji dönüşümleri
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	Yiğit Türkiye'nin en büyük kulelerinden birisi olan KuleKastamonu'nun tasarımında ve inşasında görevli mühendislerden birisidir. Proje kapsamında en yüksek ve tepesinde helikopter iniş alanı olan bir kule tasarlaması gerekmektedir. Örnek tasarım olarak http://www.mitastelecom.com/tr/page/urunler/ozel-tasarlanmis-kuleler/23 https://tr.pinterest.com/gnaydnglseren/kule/ https://www.youtube.com/watch?v=OfiPIJzau1k kuleleri incelemiştir. Yapılacak kule için uzman mühendisler olarak elinizdeki sınırlı malzemeler ile tasarımınızı yaparak kuleyi hayata geçirmeniz gerekmektedir. Kulede tasarımınızda size verilen bant ve 10 adet makarnadan yararlanmalısınız. Kuleniz en üst kısımda 2 adet 1 TL parayı taşımalıdır. Tasarımınızı çizmeniz ve yapısını gerekçelendirmeniz gereklidir.
Görev	Binalar neden yıkılır? Gökdelenler nasıl ayakta durabiliyor? Uygulama öncesinde kule tasarımında nelere dikkat edilmesi gerektiği konusunda araştırma yapılması istenir. Kulelerde dayanımı etkileyen faktörlerin araştırılması istenir. Dikey yönlü kuvvetlerin etkileri hesaplanmalıdır.

Teknik Bilgiler	Katılımcılar kitapçığımızın bu bölümünde yer alan görselleri analiz edip, soruları cevaplayarak binaların dengede kalmasının arkasındaki bilimi keşfederler. ‘Germe’ ve ‘sıkıştırma’ kuvvetlerinin ne anlama geldiği, günlük hayatta rastlanılan farklı köprü tasarımlarında bu kuvvetlerin etkilerinin nasıl değiştiğini görseller üzerinde çizimler yaparak fark ederler.
Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, robotik okuryazarlığı, temel tasarım okuryazarlığı
STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri F.7.3.2.2. Enerjiyi iş kavramı ile ilişkilendirerek, kinetik ve potansiyel enerji olarak sınıflandırır. a. Potansiyel enerji, çekim potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi şeklinde sınıflandırılır. Teknoloji • Algoritma hazırlama • Simülasyon ortamında akış oluşturma Mühendislik • Tasarım döngüsü ile kulenin şeklini ve taşıyacağı yükü belirlemek • Yazılım geliştirme Sanat • Görsel olarak estetik bir yapı oluşturmak Matematik • Ondalık gösterimleri verilen sayıları sayı doğrultusunda gösterir ve sıralar. • Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. • Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar, sıklık tablosu ve sütun grafiğinde gösterir. • Sıklık tablosu veya sütun grafiği ile gösterilmiş verileri yorumlamaya yönelik problemleri çözer.

Uygulama	
Empati	Etkinliğe başlamadan önce katılımcılara kuleler hakkında neler bildikleri sorulur ve konu ile ilgili ilgi çekici 2 dk'lık bir video izletilir. Kuleler yıkılınca ne hissedersiniz? Kuleler nasıl yapardınız malzemeler sorulur. Burada amaç katılımcıların önceden bildikleri bilgileri etkinlikle birleştirmelerini sağlamaktır.
Problemi Tanımlama	Siz olsaydınız nasıl bir kule tasarımı yapardınız?. Yıkılmayan bir kule tasarımı nasıl yapılır? Empati kurma basamağının ardından çalışma grupları yaptıkları görüşmeler ışığında problem kavramaya çalışır. Kendi gruplarındaki arkadaşları ile yaptıkları görüşmelerden yola çıkarak çalışma arkadaşının kuleden beklentilerini ve problemleri analiz ederler.
Fikir Üretme	Katılımcılar belirlenen kriterlere göre çok sayıda fikir üretir ve fikirlerini kağıda çizer. Tasarım sürecini kolaylaştırmanın önemini vurgulamak ve farklı tasarım örneklerinden edindikleri bilgileri kendi yaratıcılıkları ile bir araya getirmelerini sağlamaları için aşağıdaki kaynak linkler katılımcılarla paylaşılır. https://www.youtube.com/watch?v=mBHJtWbsiaAveab_channel=DesignSquadGlobal https://makefuncreating.com/posts/how-to-build-a-tall-spaghetti-and-marshmallow-tower/ https://www.wikihow.com/Build-a-Spaghetti-Tower https://www.youtube.com/watch?v=P9ccF56Vj1sveab_channel=TeachEngineering Burada kulenin uzunluğu, sağlamlığı önemli olduğu kadar tasarımın(görselliğin) da önemli olduğu vurgulanır. Daha sonra grup üyeleri kendi aralarında tasarımlarının güçlü ve zayıf yönlerini tartışarak tek bir model çizerler. Ve çizdikleri modeli hazırlarlar. Eğer hazırladıkları modellerde işlemeyen yerler varsa onları çizimlerinin yanlarına renkli kalemlerle not alarak düzeltmeleri istenir.

	Tasarımınızı çizmeniz gerekmektedir. • Dayanıklılık-1: Kule sağa sola yatmadan, sallanmadan desteksiz ve dik bir şekilde dengede durabilmeli. • Dayanıklılık-2: İki adet 1TL madeni paranın, kule üzerinde yapılacak para yuvası üzerinde sabit, düşmeden durabilmeli. Kule paranın ağırlığını dengeleyecek nitelikte olmalı. • Kule tepesine yerleştirilecek para yuvası: spagetti ve bant kullanılarak yapılmalı. Para yuvası, dayanıklı ve sabit olmalı. • Yükseklik: Elinizdeki malzemelerle mümkün olan en uzun kuleyi tasarlamalısınız.
Prototip Tasarlama	Bu aşamada katılımcıların en fazla 15 adet spaghetti ve en az miktarda bant kullanarak en yüksek kuleyi tasarlamaları beklenir. Tasarımlarında beklenen kriterler tasarım süreci öncesi katılımcılarla paylaşılır.
Test Etme	Katılımcılarımızın kendi tasarımlarını beklentileri karşılayıp karşılamadıkları doğrultusunda test edilir. Kulelerin dayanıklılığı için para yuvalarına 2 adet 1 TL koyulur ve dengede kalıp kalmadığı kontrol edilir Ayrıca en uzun kule hedefi için kulelerini cetvel yardımıyla ölçerek, elde ettikleri verileri ilgili tabloya eklerler. Her katılımcı kendi tasarladığı kulesinin uzunluğunu paylaşarak ilgili veri tablosuna ekler. Matematiksel verilerden yararlanarak sınıfın kulelerinin yükseklik ortalaması hesaplar. Böylece öğrencilerimiz sınıflarına ait kule uzunluğu ortalaması ile kendi kulelerinin uzunluğunu kıyaslama ve tasarımlarının uzunluk kriterini karşılayıp karşılayamadığı analiz edebilir.
Değerlendirme	Farklı gruptaki arkadaş arasında, Tasarımda en çok neyi beğendin? Tasarımın özgün tarafı nedir? Tasarımında değiştirmek istersen neyi değiştirirsin? soruları sorulur. Tasarımınızla ilgili en çok beğendiğiniz ve beğenmediğiniz özellikler nelerdir? Kuleyi tekrar tasarlayacak olsanız neleri değiştirirdiniz? Çizim aşamasında tahmin ettiğiniz kule uzunluğu ile yaptığınız kulenin uzunluğu birbirine ne kadar yakın? Yakın değilse sizce neden böyle oldu?

	En uzun kuleyi tasarlama hedefinizde sizi sınırlandıran /zora sokan/alıkoyan hangi faktörler oldu? Yapılan tasarımlar ve tanıtımlar neticesinde tasarımlar arasında oylama yapılır ve en iyi tasarım belirlenir.
Materyaller	- Makarna - Bant - Makas - Cetvel - 2 adet madeni para



Ders Planı 8: Güvenli Kask

Planlama	
Açıklama	Bu etkinlik, öğrencilerin baş yaralanmalarına karşı koruyucu bir kask tasarlayarak empati kurma, yaratıcı düşünme ve mühendislik temelli problem çözme becerilerini geliştirmelerini amaçlar..
Tema	Denetleyici ve düzenleyici sistemler Sürtünme Kuvveti
Seviye	7. sınıf
Süre	40+40= 80 dakika
Hazırlık	
Gerçek Yaşamdan Senaryo Ortamı	<u>Bu STEM etkinliğinde, derste beynin yapısı, fonksiyonları ve kaza durumunda hasar görebilecek bölümlerini inceledik. Şimdi bir biyomedikal mühendisi olduğunuzu hayal edin ve size verilen problemi çözmek için nasıl bir kask tasarladınız?</u>
Görev	Kendinizi bir Biyo-medikal mühendisi olarak hayal edin ve çocukların bisiklet kullanırken düşmesi durumunda epilepsi olmamaları için nasıl bir kask üretirdiniz? Kafatasını temsilen haşlanmış yumurta kullanacaksınız.
Teknik Bilgiler	Sivil alanda kask, özellikle sportif etkinliklerde sporcunun maruz kalabileceği yaralanmaları en aza indirmek amacıyla kullanılır. İlk yapılan kasklar 1970’li yıllarda deri kullanılarak yapılmıştır. Ulaşım ve trafikte kask kullanımı kaza anında olası hayati risk oranını en aza indirmeyi amaçlamaktadır, pek çok ülkede motosiklet binicilerinin kask takması zorunludur. Özellikle kaskların kolay elde edilebilir olduğu gelişmiş devletlerde bisiklet binicileri de yaygın olarak kask kullanırlar. 1990’lardan beri kasklar, fiber ile kuvvetlendirilip hafifletilmiş reçine ve plastikten üretilmektedir.
Önkoşul Beceriler	Temel fen okuryazarlığı, Temel tasarım okuryazarlığı Temel matematik okuryazarlığı
STEM Öğrenme Çıktıları	Fen Bilimleri • Sürtünme kuvveti • Enerji dönüşümleri • Denetleyici ve düzenleyici sistemler Teknoloji • Algoritma hazırlama

	Mühendislik - Tasarım döngüsü ile kullanarak bir kaskın şeklini, malzeme yapısını ve darbe karşısındaki koruyuculuğunu belirlemek Sanat - Görsel olarak estetik bir yapı oluşturmak Matematik - Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. - Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar, sıklık tablosu ve sütun grafiğinde gösterir. - Sıklık tablosu veya sütun grafiği ile gösterilmiş verileri yorumlamaya yönelik problemleri çözer.
Uygulama	
Empati	Etkinliğe başlamadan önce katılımcılara kazalar hakkında neler bildikleri sorulur ve konu ile ilgili ilgi çekici 2 dk'lık bir video izletilir. Öğrencilerin baş yaralanmaları, kask kullanımı ve güvenlik önlemleri ile ilgili günlük hayatta karşılaşılabilecekleri durumlar üzerine düşünceleri sağlanır. Öğrenciler, kaza anlarında kaskların nasıl koruma sağladığını anlamak amacıyla görsel materyaller izler, kask kullanan bireylerle röportaj yapar ya da kendi deneyimlerini paylaşır. Öğrenciler, 'Eğer bir bisiklet kazasında başınızı korumanız gerekseydi, nasıl bir tasarım tercih ederdiniz?' sorusuna cevap arayarak empati kurar.
Problemi Tanımlama	Siz olsaydınız nasıl bir kule tasarımı yapardınız?. Yıkılmayan bir kule tasarımı nasıl yapılır? Empati kurma basamağının ardından çalışma grupları yaptıkları görüşmeler ışığında problem kavramaya çalışır. Kendi gruplarındaki arkadaşları ile yaptıkları görüşmelerden yola çıkarak çalışma arkadaşının kuleden beklentilerini ve problemleri analiz ederler.
Fikir Üretme	Öğrenciler, küçük gruplar halinde beyin fırtınası yaparak farklı güvenli kask fikirleri oluşturur. Her grup, elde ettiği fikirleri değerlendirerek en uygun tasarım üzerinde karar verir. Kullanılacak malzemeler, şekil, renk ve kaskın özgün özellikleri tartışılır. Öğrenciler fikirlerini desteklemek için çizimler yapar ve tasarım kararlarını yazılı şekilde açıklar.
Prototip Tasarlama	Bu aşamada gruplar, belirledikleri tasarımı uygun malzemeler (sünger, mukavva, karton, balon, kumaş süngervb.) kullanarak modellemesini yapar. Kaskın koruma düzeyini artıracak iç dolgu, dış yüzey ve kayış sistemleri gibi detaylar tasarıma dahil edilir..

	Tasarımlarında beklenen kriterler tasarım süreci öncesi katılımcılarla paylaşılır.
Test Etme	Hazırlanan kask prototipleri bir test düzeneğinde (örneğin içi haşlanmış yumurta olan bir model baş üzerine bırakılarak) denenir. Kaskın darbe karşısındaki performansı gözlemlenir. Elde edilen veriler not alınır, eksiklikler değerlendirilerek gerekli iyileştirmeler yapılır. Sonuçlar, işlevsellik, dayanıklılık ve estetik açıdan tartışılır. Geliştirilmesi gereken kısımlar yeniden düzenlenir.
Değerlendirme	Tasarladığınız kaskta en çok beğendiğiniz özellik nedir? Bu özelliğin tasarımınız açısından neden önemli olduğunu açıklayınız. Tasarımınızın özgün (benzersiz) tarafı sizce nedir? Diğer gruplardan farklı olarak hangi fikri geliştirdiniz? Tasarımınızı yeniden yapacak olsanız hangi bölümü değiştirmek isterdiniz? Neden? Tasarımınızın en işlevsel olmayan (zayıf) yanı neydi? Bu durumu nasıl fark ettiniz? Çizim veya planlama aşamasında kaskın koruyuculuğu hakkında yaptığınız tahminle, uygulama sırasında elde ettiğiniz gerçek sonuçlar arasında fark var mıydı? Bu farkın sebebi ne olabilir? En güvenli kaskı tasarlamak için sizi zorlayan veya sınırlayan faktörler nelerdi? (örneğin: malzeme seçimi, zaman, tasarım karmaşıklığı vb.) Tasarımlar tamamlandıktan sonra her grup sınıf önünde sunum yapar. Ardından, yapılan sunumlar ve test sonuçlarına göre tasarımlar arasında oylama yapılır ve “en etkili güvenli kask tasarımı” sınıfça seçilir.
Materyaller	- Karton - Esnek lastik - Büyük düz sünger - Küçük baloncuklu naylon - Bulaşık süngeri - Bant - Makas - Cetvel