

T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

YENİDEN KAVRAMSALLAŞTIRILMIŞ AİLE
BENZERLİK YAKLAŞIMINA DAYALI BİLİMİN
DOĞASI ÖĞRETİMİNİN BİLİMİN DOĞASI
GÖRÜŞLERİNE VE SORGULAYICI ÖĞRENME
BECERİSİ ALGILARINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKLİME PELİN AYDINLI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ÜMİT DURUK

ADYAMAN, 2025

ÖZET

YENİDEN KAVRAMSALLAŞTIRILMIŞ AİLE BENZERLİK YAKLAŞIMINA DAYALI BİLİMİN DOĞASI ÖĞRETİMİNİN BİLİMİN DOĞASI GÖRÜŞLERİNE VE SORGULAYICI ÖĞRENME BECERİSİ ALGILARINA ETKİSİ

Aklime Pelin AYDINLI

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Adıyaman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Haziran/2025

Danışman: Doç. Dr. Ümit DURUK

Geleneksel yaklaşımlar, bilimin çok boyutlu yapısını aktarmada yetersiz kalmaktadır. Bu eksikliği gidermek üzere geliştirilen Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerlik Yaklaşımı (ABY), bilimi yalnızca bilgi üretimi olarak değil; sosyal, kültürel ve etik yönleriyle de ele almaktadır. Sorgulayıcı öğrenme ise öğrencilerin aktif katılımını ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. ABY'nin bu öğrenme süreciyle birlikte uygulanmasının, öğrencilerin bilimin doğasına yönelik görüşleri ile sorgulayıcı öğrenme becerilerine olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, araştırmanın amacı, ABY'ye dayalı fen öğretiminin ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin bilimin doğasına yönelik görüşleri ile sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerine ilişkin algılarına etkisini incelemektir. Araştırmanın çalışma grubunu ise Adıyaman ili Kahta ilçesindeki bir devlet ortaokulunda öğrenim gören 42 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada nicel ve nitel verilerin birlikte olduğu iç içe gömülü karma desen kullanılmıştır. Nicel veriler, 'ABY Öğrenci Anketi' ve 'Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği' kullanılarak; nitel veriler ise ön test ve son test olarak uygulanan görüşmeler yoluyla toplanmıştır. Uygulama sürecinde deney grubuna 8 hafta boyunca ABY temelli öğretim uygulanırken, kontrol grubunda dersler MEB'in mevcut fen öğretim programına göre işlenmiştir. Elde edilen nicel veriler, bir veri analiz programı aracılığıyla analiz edilmiş; gruplar arası karşılaştırmalar bağımsız örneklemeler için t-testi ve ilişkili örneklemeler t-testi ile nitel veriler ise anahtar kelimeler ve kodlar yardımıyla betimsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları, bilimin doğası öğretiminin öğrencilerin bilimin doğasına ilişkin tüm kategorilerde anlamlı düzeyde gelişim sağladığını; bu etkinin özellikle bilimin amaç ve değerleri ile bilimsel bilgi kategorilerinde daha belirgin olduğunu ve aynı zamanda öğrencilerin sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerine yönelik algılarını artırmada da etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, araştırma sürecinde mühendislik tasarım süreci ve sosyobilimsel argümantasyonla desteklenen etkinliklerin, öğrencilerin bilimsel bilgiye dayalı çözüm üretme, tasarım odaklı düşünme, çok yönlü problem çözme ve kanıta dayalı gerekçelendirme becerilerini geliştirdiği görülmüştür. Öğrencilerin, bilimsel sorgulama adımlarını mühendislik süreçleri ve sosyobilimsel tartışmalarla birlikte deneyimlemesi, bilimin doğasına ilişkin kavramları daha işlevsel, eleştirel ve toplumsal bağlam temelli bir biçimde anlamlandırmalarına katkı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeniden kavramsallaştırılmış aile benzerlik yaklaşımı; Bilimsel sorgulama; Mühendislik; Sosyobilimsel argümantasyon

ABSTRACT

THE EFFECT OF NATURE OF SCIENCE INSTRUCTION BASED ON THE RECONCEPTUALIZED FAMILY RESEMBLANCE APPROACH ON NATURE OF SCIENCE VIEWS AND PERCEPTIONS OF INQUIRY LEARNING SKILLS

Aklime Pelin AYDINLI

Department of Mathematics and Science Education Adıyaman University,

Graduate Education Institute, June/2025

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ümit DURUK

Traditional approaches have often been inadequate in conveying the multidimensional nature of science. To address this shortcoming, the Reconceptualized Family Resemblance Approach was developed, which considers science not only as the production of knowledge but also in terms of its social, cultural, and ethical dimensions. Inquiry-based learning, on the other hand, aims to enhance students' active participation and scientific thinking skills. It is believed that implementing the Reconceptualized Family Resemblance Approach approach in combination with inquiry-based learning can positively influence students' views on the nature of science and their perceptions of inquiry-based learning skills. The aim of the research is to examine the effect of Reconceptualized Family Resemblance Approach -based science instruction on 7th grade middle school students' views of the nature of science and their perceptions of inquiry-based learning skills. Experimental and control groups consisted of 42 students attending a public middle school in the Kahta district of Adıyaman province. An embedded mixed design, integrating both quantitative and qualitative data, was employed in the research. Quantitative data were collected using the "Reconceptualized Family Resemblance Approach Student Questionnaire" and the "Inquiry-Based Learning Skills Perception Scale"; qualitative data were collected through pre and post interviews with students. During the implementation process, the experimental group received Reconceptualized Family Resemblance Approach -based instruction for eight weeks, while the control group followed the standard science curriculum prescribed by the Ministry of National Education. The quantitative data were analyzed using a statistical analysis software program; independent samples t-tests and paired samples t-tests were used for group comparisons. Qualitative data were analyzed through descriptive analysis based on keywords and coding. The findings revealed that instruction on the nature of science led to significant improvement in students' views across all Reconceptualized Family Resemblance Approach categories, with the most notable gains in the categories of scientific knowledge and the aims and values of science. The implementation was also found to be effective in enhancing students' perceptions of their inquiry-based learning skills. Furthermore, the activities supported by the engineering design process and socioscientific argumentation during the research process were found to enhance students' abilities in evidence-based problem solving, design-oriented thinking, multifaceted reasoning, and evidence-based justification. Engaging in scientific inquiry processes integrated with engineering design and socioscientific argumentation contributed to students' functional, critical, and context-based understanding of the nature of science.

Keywords: Reconceptualized family resemblance approach; Scientific inquiry; Engineering; Socioscientific argumentation

TEŞEKKÜR

Bu tezin yazım sürecinde, verilerin toplanmasından analizine kadar her aşamada bana rehberlik eden; bilgi ve deneyimlerini paylaşan, geri bildirimleriyle düşünme sürecimi derinleştiren, akademik birikimiyle çalışmama yön veren değerli danışmanım Doç. Dr. Ümit Duruk'a,

Tez savunma jürisinde yer alarak sürece yapıcı değerlendirmeleriyle katkı sağlayan Prof. Dr. Abuzer Akgün'e, yol gösterici yaklaşımları ve bilimsel bir bakış açısıyla sürece verdiği destek için Minnesota Üniversitesi öğretim üyesi Selin Akgün'e,

Bu süreç boyunca uzakta olsalar da sevgileriyle her zaman yanımda hissettiren, bana sabırla destek veren, inançları ve verdikleri güçle her adımda moral kaynağım olan annem Sema Dikbaş'a, babam Mehmet Dikbaş'a ve kardeşim Nuray Dikbaş'a,

Araştırmanın uygulama aşamasında, değerli katkılarını sunarak sürece anlam katan, istekleriyle bu araştırmayı zenginleştiren ve bu araştırmanın en değerli parçalarından biri haline gelen Bölükyayla Ortaokulu'ndaki öğrencilerime ve araştırmanın sorunsuz bir şekilde ilerlemesini sağlayan, sürecin her aşamasında anlayış ve destek gösteren değerli idarecilerime,

Ve son olarak, bu süreç boyunca sabrı ve sevgisiyle her an yanımda olan, inancını hiç yitirmeden beni motive eden, teknik desteğiyle her adımımı kolaylaştıran en büyük destekçim ve yol arkadaşım sevgili eşim Ahmed Aydın'ya,

İçtenlikle teşekkür ederim.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Adıyaman Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
(İmza)

Aklime Pelin AYDINLI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	14
1.1. Problem Durumu.....	14
1.2. Problem Cümlesi	20
1.2.1. Alt problemler	20
1.3 Araştırmanın Önemi	21
1.4. Araştırmanın Amacı.....	27
1.5. Araştırma Sınırlılıkları	27
1.6. Araştırmanın Varsayımları	27
1.7. Tanımlar	28
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	30
2.1. Fen Eğitiminde Bilimin Doğası	30
2.2. Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerlik Yaklaşımı	35
2.2.1. Amaçlar ve değerler	37
2.2.2. Bilimsel pratikler	38
2.2.3. Yöntemler ve yöntemsel kurallar	40
2.2.4. Bilimsel bilgi	41
2.2.5. Sosyal-kurumsal sistemler.....	43
2.3. Fen Eğitiminde Bilimsel Sorgulamaya Dayalı Öğrenme	45
2.4. Fen Eğitiminde Mühendislik Tasarım.....	51
2.4.1. Mühendislik tasarım süreci.....	53
2.4.1.1. Problemi belirleme.....	54

2.4.1.2. Problemi araştırma	55
2.4.1.3. Olası çözümler geliştirme	55
2.4.1.4. En iyi çözümü seçme	56
2.4.1.5. Prototipi yapılandırma	56
2.4.1.6. Çözüm/leri test etme ve değerlendirme.....	57
2.4.1.7. Çözüm/leri sunma	57
2.4.1.8. Yeniden tasarlama	57
2.5. Fen Eğitiminde Mühendislik Tasarım ve Bilimsel Sorgulama Süreci.....	58
2.6. Sosyobilimsel Argümantasyon	60
2.7. Alan Yazın Özeti.....	65
3. MATERYAL VE YÖNTEM	77
3.1. Araştırma Modeli	77
3.2. Çalışma Grubu	78
3.3. Araştırmacı Rolü	78
3.4. Veri Toplama Araçları.....	79
3.4.1. Nicel veri toplama araçları.....	79
3.4.2. Nitel veri toplama araçları	80
3.5. Araştırmanın Uygulama Süreci	82
3.5.1. Deney grubuna ait uygulama	83
3.5.2. Kontrol grubuna ait uygulama	88
3.6. Veri Analizi	89
3.6.1. Nicel verilerin analizi.....	89
3.6.2. Nitel verilerin analizi	89
4. BULGULAR	92
4.1. Nicel Bulgular	92
4.1.1. Güvenirlik incelenmesi	92
4.1.2. Normallik incelenmesi	93
4.3. Kontrol Grubu ile Deney Grubu Ölçek Puanlarının Karşılaştırılması	97
4.2. Nitel Bulgular.....	101
4.2.1. Birinci alt probleme ilişkin nitel bulgular	101
4.2.2. İkinci alt probleme ilişkin nitel bulgular	119
4.2.3. Üçüncü alt probleme ilişkin nitel bulgular	128
5. TARTIŞMA	136
5.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Tartışma.....	136

5.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Tartışma.....	142
5.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Tartışma	151
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	155
6.1. Sonuçlar.....	155
6.2. Öneriler	157
KAYNAKÇA	160
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLER DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Bilimsel sorgulama bileşenlerini hedefleyen anket soruları (Ledermen vd., 2014).	81
Tablo 3.2. Haftalık etkinlik planlaması ve ABY kategorilerine yönelik kazanımlar	87
Tablo 4.1. ABY Öğrenci Anketi ve alt boyutlarının güvenirlik incelemesi	92
Tablo 4.2. Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ve alt boyutlarının güvenirlik incelemesi	93
Tablo 4.3. ABY Öğrenci Anketi ve alt boyutlarının normallik incelemesi	94
Tablo 4.4. Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ve alt boyutlarının normallik incelemesi	95
Tablo 4.5. Kontrol grubu ön test puanları ile deney grubu ön test puanlarının karşılaştırması	98
Tablo 4.6. Kontrol grubunun ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması	99
Tablo 4.7. Kontrol grubu son test puanları ile deney grubu son test puanlarının karşılaştırılması	99
Tablo 4.8. Deney grubunun ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması	100
Tablo 4.9. ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu ön test sonuçları	102
Tablo 4.10. ABY görüşme sorularının sosyal-kurumsal sistemlere ait deney grubu ön test sonuçları	105
Tablo 4.11. ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu son test sonuçları	107
Tablo 4.12. ABY görüşme sorularının sosyal-kurumsal sistemlere ait deney grubu son test sonuçları	111
Tablo 4.13. Kontrol grubu ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması	119
Tablo 4.14. Deney grubu ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması	120
Tablo 4.15. Kontrol ve deney grubuna ait ön test puanlarının karşılaştırılması	121
Tablo 4.16. Kontrol ve deney grubuna ait son test puanlarının karşılaştırılması	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Aile benzerliği yaklaşımı çarkı (Erduran ve Dagher, 2014a)	36
Şekil 2.2. Bilimin amaç ve değerleri (Erduran ve Dagher, 2014a)	37
Şekil 2.3. Benzen halkası benzetmesi (Erduran ve Dagher, 2014a)	39
Şekil 2.4. Kanıtların uyumlu kullanımı (Erduran ve Dagher, 2014a)	40
Şekil 2.5. Bilgi gelişimi ve anlayış (Erduran ve Dagher, 2014a)	42
Şekil 2.6. NASA mühendislik tasarım döngüsü (NASA, 2015).	54
Şekil 2.7. Toulmin Argüman Modelinin (TAP) şematik gösterimi (Toulmin, 1958)	64
Şekil 4.1. Kontrol grubuna ait ABY Öğrenci Anketi ön test (a) ve son test (b) puanları normal dağılım grafiği	95
Şekil 4.2. Deney grubuna ait ABY Öğrenci Anketi ön test(a) ve son test(b) puanları normal dağılım grafiği	96
Şekil 4.3. Kontrol grubuna ait Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ön test (a) ve son test (b) puanları normal dağılım grafiği	96
Şekil 4.4. Deney grubuna ait Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ön test (a) ve son test (b) puanları normal dağılım grafiği	97
Şekil 4.5. Ö5 ve Ö8'in "Kim Haklı?" etkinlik kağıdı	114
Şekil 4.6. Ö1 ve Ö13'in "Marie Curie" etkinlik kağıdı	115
Şekil 4.7. Ö12 ve Ö16'nın "Kim Haklı?" etkinlik kağıdı	116
Şekil 4.8. Ö2 ve Ö15'in "Kim Haklı?" etkinlik kağıdı	117
Şekil 4.9. Ö2, Ö14, Ö17 ve Ö19'un "Karışımların Ayırıştırılması" etkinliği	123
Şekil 4.10. Ö1, Ö3, Ö6 ve Ö8'in "Karışımların Ayırıştırılması" etkinliği	124
Şekil 4.11. Ö7, Ö11, Ö12 ve Ö18'in "Karışımların Ayırıştırılması" etkinliği	124
Şekil 4.12. "Karışımların Ayırıştırılması" etkinliğinden örnekler	125
Şekil 4.13. Ö1, Ö6, Ö13, Ö18 ve Ö19 "Mühendislik Tasarım Süreci" çalışma kağıdı	126
Şekil 4.14. "Mühendislik Tasarım Süreci" çalışma kağıdı kanıt örnekleri	127
Şekil 4.15. "Mühendislik Tasarım Süreci" çalışma kağıdı kanıt örneği	127
Şekil 4.16. "Mühendislik Tasarım Süreci" müzakere basamağı örneği	128
Şekil 4.17. Ö7'nin ABY görüşme soruları örneği	129
Şekil 4.18. Ö7 "Kim Haklı?" etkinlik kağıdı örneği	130
Şekil 4.19. Ö1 "Mühendislik Tasarım Süreci" ürünü	131
Şekil 4.20. Ö5 "Bilimsel Sorgulama Süreci Hakkında Görüşler Formu" örneği	132

Şekil 4.21. ABY ile ilişkili süreç döngüsü.....	135
--	-----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABY	: Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerlik Yaklaşımı
AVD	: Bilimin Amaçları ve Değerleri
BB	: Bilimsel Bilgi
BD	: Bilimin Doğası
BDE	: Bilimsel Değerler
BP	: Bilimsel Pratikler
EBA	: Eğitim Bilişim Ağı
FRA	: Aile Benzerlik Yaklaşımı
FS	: Finansal Sistemler
MEB	: T. C. Milli Eğitim Bakanlığı
MTS	: Mühendislik Tasarım Süreci
MTTFE	: Mühendislik Tasarım Temelli Fen Eğitimi
NASA	: National Aeronautics and Space Administration - Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NRC	: National Research Council - Ulusal Araştırma Konseyi
PE	: Profesyonel Etkinlikler
PGY	: Politik Güç Yapıları
SBA	: Sosyobilimsel Argümantasyon
SBK	: Sosyobilimsel Konular
SD	: Sosyal Değerler
SKE	: Sosyal Kurumlar ve Etkileşimler
SKS	: Bilimin Sosyal-Kurumsal Sistemleri
SKY	: Sosyal Kabul ve Yayılım
STEM	: Fen- Teknoloji- Mühendislik- Matematik
STS	: Bilim-Teknoloji ve Toplum Yaklaşımı
TAP	: Toulmin Argüman Modeli
YYK	: Bilimin Yöntemler ve Yöntemsel Kuralları

1. GİRİŞ

Araştırmanın giriş bölümünde problem durumuna, araştırmanın önemine, amacına, sorularına, sınırlıklarına, varsayımlarına ve tanımlara yer verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Bilim ve teknolojide yaşanan hızlı gelişim ve değişime uyum sağlamak isteyen herkes için eğitim, günlük hayatı kolaylaştırırken aynı zamanda bireyleri iş dünyasına hazırlamayı amaçlar. 21. yüzyılın en önemli hedeflerinden biri, öğrencilerin yetişkin olduklarında karşılaşacakları zorluklarla başa çıkabilmeleri için fen, matematik ve dil gibi bilişsel becerilerin yanında, tüm bilişsel süreçlerin uygulanmasını destekleyecek bilişsel olmayan potansiyellerini de ortaya çıkaracak becerilerini geliştirmektir (NRC, 2012). Bu bağlamda, bilişsel beceriler kadar önemli olan iletişim, iş birliği, eleştirel düşünme ve öz denetim gibi bilişsel olmayan beceriler de okullarda geliştirilebilir. Bu becerilere sahip bireyler için eğitim sonrasında toplumda var olma süreci belirleyici bir faktör olacağından bu konunun üzerinde durulması büyük önem taşımaktadır. Diğer bir açıdan bakıldığında, 21. yüzyılda teknolojik, ekonomik ve toplumsal değişimler göz önünde bulundurulduğunda, bireylerden beklenen beceri ve bilgilerin de değiştiği görülmektedir. Bu nedenle, ilerleyen yıllarda bireylere kazandırılması gereken yetkinliklerin yeniden değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Günümüz dünyasında öğrencilere doğrudan bilgi vermek en son yapılması gereken şeydir. Bunun yerine, bilginin nasıl kullanılacağını, anlamlandırılacağını ve en önemlisi bilginin nasıl ayırt edileceğini öğretmek daha temel bir gereklilik haline gelmiştir. Ayrıca, bilginin doğrudan aktarılmasının ötesinde, yaşam becerilerinin kazandırılması da öğrencileri destekleyecek ve 21. yüzyıl eğitiminde onları hayata daha iyi hazırlayacaktır (Çoban, Bozkurt ve Kan, 2019).

21. yüzyılda bilim ve teknoloji hızla gelişirken, bireylerin yalnızca bilgiye erişmesi değil, bu bilgiyi anlamlandırarak etkili bir şekilde kullanması da büyük önem taşımaktadır. Fen eğitimi, öğrencilere bilimsel kavramları öğretmenin ötesinde, onları sorgulayıcı, analitik düşünebilen, sosyobilimsel olaylara karşı fikirlerini sunabilen ve problem çözme yetkinliklerine sahip bireyler olarak yetiştirmeyi amaçlar. NRC (2012) bilimsel okuryazarlığın yalnızca bilgi edinmekten ibaret olmadığını, bireylerin bilimsel yöntemleri kavrayarak kanıta dayalı kararlar almasını sağladığını vurgulamaktadır. Bu bağlamda, fen eğitimiyle kazandırılan eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği ve karar verme gibi beceriler, 21. yüzyılın değişen ihtiyaçlarına uyum sağlamada temel bir rol oynar. Bilimin doğasının temel öğeleri olan

sorgulama, şüphecilik ve mantıksal akıl yürütme, modern dünyada bireylerin hem akademik hem de günlük yaşamda karşılaştıkları karmaşık problemleri çözmelerine yardımcı olur.

Bilimin doğasına ilişkin geleneksel öğretim yaklaşımları, uzun yıllar boyunca belirli ve evrensel kabul edilen özellikler çerçevesinde şekillenmiştir. Bu anlayışa göre bilim; yalnızca deney ve gözleme dayanan doğrulanabilir bilgi üreten ve toplumsal etkilerden bağımsız bir etkinlik olarak sunulmuştur. Oysa bu yaklaşım, bilimsel bilgi üretiminin gerçekte nasıl işlediğini ve bilimsel etkinliklerin sosyal, kültürel ve tarihsel bağlamlarla nasıl iç içe olduğunu büyük ölçüde göz ardı etmektedir. Öğrencilerin bilimsel bilgiyi kesin ve değişmez olarak algılaması bilimin doğasına yönelik yüzeysel ve ezberci bir anlayış geliştirmelerine neden olmuş; bu da onların bilimsel süreçleri anlamlandırma, sorgulama ve bilimle toplum arasındaki etkileşimi kavrama becerilerini sınırlamıştır (Lederman, 2007; McComas ve Oslon, 1998; Abd-El-Khalick ve Lederman, 2000).

Bununla birlikte, geleneksel öğretim yaklaşımlarının çoğunlukla bilgiyi doğrudan aktarmaya ve öğrencilerin pasif alıcılar olarak rol aldığı öğretmen merkezli yöntemlere dayanması, öğrencilerin bilimin doğasını derinlemesine anlamalarını engellemekte ve öğrenmeyi çoğu zaman yüzeysel düzeyde tutmaktadır (Duruk, Kocabük ve Cavus, 2022). Bilimin doğasını etkili şekilde öğretmenin önünde ise çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Öncelikle, öğretmenlerin bilimin doğasına ilişkin kavramsal bilgileri genellikle yetersiz veya hatalıdır; bu da sınıf içi uygulamalara doğrudan yansımaktadır. Ayrıca, sorgulama temelli öğretim yöntemlerinin yeterince kullanılmaması, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmesini ve bilimin dinamik, değişebilir doğasını kavramasını güçleştirmektedir. Öğretim programlarının yoğunluğu ve sınav odaklı yapı, öğretmenlerin bilimin doğasına yeterince zaman ayırmasını engelleyen önemli bir başka etkidir. Öğrencilerin bilimsel bilgiye dair önceden sahip oldukları yerleşik yanlış kavramlar da öğretim sürecinde güçlük yaratmaktadır. Bunun yanı sıra, öğretmenlerin kullanabileceği özgün öğretim materyallerinin ve senaryoların sınırlı olması uygulamayı zorlaştırmaktadır. Tüm bu etkenlere ek olarak, öğretmen yetiştirme programlarında bilimin doğasına yeterince yer verilmemesi, bu konunun öğretimini sistematik biçimde ele almayı daha da zorlaştırmaktadır. Tüm bu sorunlar, özellikle bazı araştırmacıların da vurguladığı şekilde, bilimin doğasının öğretiminde daha esnek, bütüncül ve bağlamsal yaklaşımlara olan ihtiyacı gündeme getirmiştir (Irzik ve Nola, 2011; Hodson ve Wong, 2017).

Son yıllarda bu ihtiyaçlar doğrultusunda Irzik ve Nola (2011) tarafından önerilen Aile Benzerlik Yaklaşımı (FRA), bilimsel etkinlikleri belirli sabit niteliklerle sınıflandırmak yerine, Wittgenstein'in "aile benzerliği" kavramından yola çıkarak, bilimin birbirine benzer ancak tam olarak örtüşmeyen birçok özelliğe sahip olduğunu savunur. Bu çerçeve, farklı bilim dallarının

epistemik özelliklerinin yanı sıra, onları şekillendiren sosyal ve kurumsal bağlamlara da dikkat çeker. Ancak bu model, eğitim bağlamında doğrudan uygulanabilir bir yapıya sahip olmadığından, Erduran ve Dagher tarafından eğitimsel gereksinimlere uygun olarak yeniden yapılandırılmış ve Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerlik Yaklaşımı (ABY) adını almıştır (Erduran ve Dagher, 2014a).

ABY, yalnızca bilgi üretim süreci olarak değil, aynı zamanda bilimsel değerler, bilim insanlarının rolleri, toplumsal sorumluluklar, etik ilkeler ve bilim kurumlarının işleyişi gibi çok sayıda sosyal-kurumsal öğeyi de içeren bir sistem olarak tanımlar. Kaya ve Erduran'ın (2016a) çalışmalarında özellikle vurgulandığı üzere, ABY modeli öğretmenlerin bilimsel düşünmeyi yalnızca kavramsal düzeyde değil, aynı zamanda bilimsel topluluğun nasıl çalıştığını, bilimsel bilginin nasıl tartışıldığını ve toplumla nasıl etkileşim kurduğunu da öğretebilmelerine olanak sağlar. Bu yaklaşım, bilimi daha dinamik, bağlamsal ve çok boyutlu bir olgu olarak ele alarak öğrencilerin bilimle daha gerçekçi ve eleştirel bir ilişki kurmasına imkân tanır. Ayrıca ABY, farklı bilim dallarının farklı epistemik ve sosyal yapılar taşıdığını kabul ederek, bilimi tek tip bir sistem olarak sunma zorunluluğunu ortadan kaldırır. Bu yönüyle, öğrencilerin hem biyoloji hem fizik gibi farklı bilimsel disiplinleri kendi bağlamları içinde değerlendirebilmeleri desteklenmiş olur. Öğrencilere yalnızca bilimsel içerik değil, bilimsel bilginin nasıl üretildiği, toplumsal etkilerinin neler olduğu ve bilim insanlarının bu süreçteki sorumlulukları gibi unsurlar da kazandırılabilir. Böylece ABY, bilimsel okuryazarlığı yalnızca içerik bilgisi düzeyinde değil, aynı zamanda eleştirel düşünme, karar verme ve etik değerlendirme gibi üst düzey becerileri de kapsayacak şekilde genişletmektedir. Bu nedenle, ABY gibi çağdaş yaklaşımların eğitim programlarına entegrasyonu, bilimsel okuryazarlığın güçlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimin doğasına ilişkin kavramların öğrencilere kazandırılmasında yalnızca teorik bilgi sunmak yeterli değildir (Duruk ve Akgün, 2020). Öğrencilerin, bilimsel süreçleri ve bilim insanlarının nasıl çalıştığını anlayabilmeleri için sorgulamaya dayalı öğrenme ortamlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Windschitl, 2004; Duschl ve Grandy, 2013). Bilimsel okuryazarlığın geliştirilmesi, öğrencilerin yalnızca bilimsel bilgiyi ezberlemesiyle değil, aynı zamanda bilimsel sorular sormayı, kanıta dayalı akıl yürütmeyi ve bilimsel argümantasyonu benimsemeleriyle mümkündür. Bu noktada, sorgulama temelli öğrenme, bilimsel düşünme becerilerinin gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır (Hmelo-Silver, Duncan ve Chinn, 2007; Osborne, 2014). Öğrencilerin bilimsel süreçleri içselleştirebilmeleri için yalnızca bilginin aktarılması değil, aynı zamanda araştırma, keşif ve sorgulamaya dayalı etkinliklerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, bilimsel sorgulama yaklaşımı, bilimin doğası

eğitiminde etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Llewellyn, 2013; Minner, Levy ve Century, 2010). Sorgulama, öğrencilere yalnızca bilimsel bilginin sonuçlarını öğretmekten öte, bilginin nasıl üretildiğini ve geliştirildiğini anlama fırsatı sunar. Bu nedenle, fen eğitiminde daha fazla yer verilmesi gereken temel bileşenlerden biridir (Crawford, 2007; Bybee, 2014).

Bilimin doğasının daha kapsamlı ve etkili bir şekilde öğretilmesi için, bilimsel süreçlerin sosyobilimsel argümantasyon ve kanıta dayalı öğrenme ile desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Sosyobilimsel argümantasyon, öğrencilerin bilim ve toplum arasındaki etkileşimi daha iyi anlamalarına, bilimsel bilginin etik ve toplumsal boyutlarını değerlendirmelerine olanak tanırken (Sadler ve Zeidler, 2005; Simon, Erduran ve Osborne, 2006), kanıta dayalı öğrenme ise öğrencilerin bilimsel iddiaları desteklemek için verileri analiz etme ve yorumlama becerilerini geliştirmektedir (Berland ve McNeill, 2010). Sosyobilimsel konular üzerine yapılan tartışmalar, öğrencilerin bilimsel bilgiyi yalnızca teknik bir olgu olarak görmesinin ötesine geçerek, bilimsel kararların ekonomik, politik ve etik boyutlarını da kavramalarını sağlamaktadır. Böylece, öğrenciler yalnızca bilimsel süreçleri öğrenmekle kalmaz, aynı zamanda bilimsel bilgiyi sosyal bağlamda kullanma becerisi de kazanırlar. Bu iki yaklaşımın birleşimi, öğrencilerin bilimsel bilgiyi sadece ezberlemek yerine, eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmelerini ve bilimsel tartışmalarda bilinçli kararlar verebilmelerini sağlamaktadır (Sadler, 2004; Duruk, 2020b).

Benzer şekilde, sorgulama süreçlerinin mühendislik tasarım süreçleriyle entegre edilmesi, öğrencilere problem çözme, yaratıcılık ve sistematik düşünme gibi beceriler kazandırmaktadır (Kolodner, Gray ve Fasse, 2003; Dym vd., 2005). Ancak mevcut öğretim uygulamalarında, mühendislik tasarımı genellikle ya yalnızca teknik bir faaliyet olarak sunulmakta ya da fen bilimlerinden kopuk bir biçimde ele alınmaktadır (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025). Bu durum, öğrencilerin disiplinler arası düşünme becerilerini geliştirmesini ve bilimsel süreçleri gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirmesini zorlaştırmaktadır. Mühendislik tasarım süreçleri, öğrencilere gerçek dünya problemleriyle başa çıkma deneyimi sunarken, bilimsel sorgulama becerileri ise bu problemlere yönelik sistematik ve kanıta dayalı çözümler üretmelerini teşvik etmektedir. Özellikle, öğrencilerin belirli bir problem çerçevesinde çözüm üretmeye çalışmaları, onların hipotez geliştirme, test etme ve revize etme gibi bilimsel süreç becerilerini doğal bir şekilde deneyimlemelerine olanak tanır.

Bu bağlamda, mühendislik uygulamalarının yalnızca ürün üretimine indirgenmeden, bilgi üretme süreçlerini de kapsayacak biçimde ele alınması, öğrencilerin bilimsel akıl yürütme ve karar verme becerilerini güçlendirmektedir (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025). Ancak birçok öğretim ortamında bu süreçler yalnızca ürün geliştirmeye indirgenmekte, öğrencilerin “neden”

sorusunu sorma ve süreç içinde alternatifler üretme gibi bilişsel becerileri geri planda kalmaktadır (Crismond ve Adams, 2012). Oysa mühendislik tasarımı, öğrencilere gerçek dünya problemleriyle başa çıkma deneyimi sunarken, bilimsel sorgulama süreci bu problemlere yönelik sistematik ve kanıta dayalı çözümler geliştirmelerini teşvik eder. Bu çerçevede, öğrencilerin belirli bir probleme çözüm üretmeye çalışmaları, hipotez geliştirme, test etme, değişkenleri belirleme ve çözüm yollarını gözden geçirme gibi bilimsel süreç becerilerini doğal bir şekilde kullanmalarını sağlar. Bu nedenle, mühendislik tasarımının yalnızca ürüne değil, sürece de odaklanan bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025). Böyle bir yaklaşım, geleneksel öğretim yöntemlerinden farklı olarak, öğrencilerin bilim ve mühendisliği dinamik ve iç içe geçmiş disiplinler olarak görmelerini sağlayarak, onların yaratıcı, eleştirel, analitik ve düşünme kapasitelerini artırır (Wendell, 2008).

Sosyobilimsel argümantasyon ve kanıta dayalı öğrenme, öğrencilerin bilimsel düşünme, eleştirel analiz, karar verme ve etik sorgulama becerilerini geliştirirken (Zohar ve Nemet, 2002; Osborne vd., 2016), mühendislik tasarım süreçleriyle desteklenen sorgulama temelli öğrenme ise problem çözme, yaratıcı düşünme ve iş birliği çalışma becerilerini artırmaktadır (Wendell ve Rogers, 2013; Purzer vd., 2015). Bu süreçlerin etkili bir biçimde harmanlanması, yalnızca teknik çözüm üretimi değil; aynı zamanda mühendislik kararlarının etik, sosyal ve politik sonuçlarını da değerlendirme becerilerini geliştirmeyi mümkün kılmaktadır (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025). Günümüz bilim ve teknoloji odaklı dünyasında bu beceriler giderek daha önemli hale gelmekte ve öğrencilerin akademik başarılarının yanı sıra günlük yaşamda karşılaşabilecekleri karmaşık problemleri çözme yetilerini de geliştirmektedir. Bu nedenle, fen eğitimi müfredatında bu yaklaşımların birlikte ele alınması, öğrencilerin hem akademik başarılarını hem de gerçek dünya problemlerine yönelik çözüm üretme kapasitelerini geliştirecektir.

Özellikle son yıllarda, bilimsel eğitimde yapılan önemli bir değişiklik, bilimin doğasının öğretiminde yalnızca bilimsel bilginin değil, aynı zamanda bilimsel süreçlerin, karar verme süreçlerinin ve toplumsal bağlamın da dikkate alınması gerektiği yönündeki yaklaşımlardır. Sosyobilimsel argümantasyon ve kanıta dayalı öğrenme, bu bağlamda önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır. Sosyobilimsel argümantasyon, öğrencilerin bilimsel bilgiyi yalnızca teknik bir bilgi olarak görmelerinin ötesine geçmelerini ve bilimsel bilgiyi sosyal ve etik bağlamda değerlendirmelerini sağlamaktadır (Sadler ve Zeidler, 2004; Simon, Erduran ve Osborne, 2006). Kanıta dayalı öğrenme ise öğrencilerin bilimsel iddiaları desteklemek için verileri analiz etme ve yorumlama becerilerini geliştirmektedir (Berland ve McNeill, 2010). Ancak bu

yaklaşımların etkili olabilmesi için, bilimsel süreçlerin daha derinlemesine ele alınması gereklidir.

Bu noktada, mühendisliğin doğasına dair kavramsal çerçeveler de eğitimde yerini almalı ve öğrencilerin mühendislik bilgisi üretim süreçlerini de keşfetmeleri sağlanmalıdır (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025; Pleasants, 2023). Bununla birlikte, bilimsel sorgulama, mühendislik tasarımı ve bilimin doğasına ilişkin kavramsal çerçeveler, çoğunlukla birbirinden ayrı tutularak eğitimde yeterince bütünsel bir yaklaşım sergilenmemektedir. Bu eksikliklerin üstesinden gelmek ve öğrencilerin hem bilimsel düşünme hem de problem çözme becerilerini geliştirebilmek için eğitimde yeniden kavramsallaştırılmış aile benzerlik yaklaşımı (ABY) önemli bir alternatif sunmaktadır. ABY, bilimin doğasını tek bir boyutla sınırlamadan, bilimsel bilginin doğası, bilimsel süreçler ve bilim-toplum etkileşimlerini bir arada değerlendiren bütüncül bir perspektif geliştirmektedir (Irzik ve Nola, 2011). Bu yaklaşım, benzer şekilde mühendisliğin doğasını da bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal boyutlarıyla ele alarak, öğrencilere mühendislik süreçlerinin toplumsal sorumluluk, değer çatışmaları ve bilgi üretimi bağlamında nasıl şekillendiğini anlamaları için güçlü bir kuramsal çerçeve sunmaktadır (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025). Bu yaklaşım, bilimsel eğitimde derinlemesine ve kapsamlı bir anlayış kazandırırken, mühendislik tasarım süreçleri ve sorgulama temelli öğretimi de entegre ederek daha etkili bir öğrenme ortamı sunmaktadır.

Ancak bu bütüncül yaklaşımın, müfredatlara ve öğretim uygulamalarına nasıl entegre edileceği ve öğretmenlerin bu yeni yaklaşımlara nasıl adapte olacağı konusunda ciddi zorluklar bulunmaktadır. Bu eksiklikler, öğretmenlerin inovatif öğretim stratejilerini uygulama konusunda yaşadıkları bilgi ve deneyim eksikliklerinden, müfredatların zaman yetersizliği gibi yapısal sorunlara kadar uzanmaktadır (Krajcik ve Shin, 2014). Ayrıca, ABY'nin, mühendislik tasarımı ve bilimsel sorgulama gibi süreçlerle nasıl etkili bir şekilde entegre edileceği konusunda alan yazında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, ABY'nin ve mühendislik tasarımı ile sorgulama temelli öğretimin birleşimi, öğrencilerin hem bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerini hem de günlük yaşamda karşılaşacakları karmaşık problemleri çözme kapasitelerini artırmalarını sağlamaktadır (Doppelt vd., 2008; Wendell, 2008). Bu nedenle, ABY çerçevesinin eğitimde daha geniş bir şekilde uygulanması, bilimsel okuryazarlığın güçlendirilmesi açısından kritik bir önem taşımaktadır.

Geleneksel öğretim uygulamaları fen eğitiminin temel hedeflerinden biri olan öğrencilerin bilimsel düşünme ve sorgulama becerilerine ulaşmada yetersiz kalmaktadır. Özellikle, bilimsel bilginin yalnızca ezberlenmesi yerine, bilimsel süreçlerin, karar alma mekanizmalarının ve bilimin toplumsal yönlerinin anlaşılması gerektiği giderek daha fazla

vurgulanmaktadır. Bu noktada, bilimin doğasına bütüncül bir bakış sunan ABY, fen öğretiminde yeni bir pencere açmaktadır (Irzik ve Nola, 2011; Kaya ve Erduran, 2016a). Buna rağmen, eğitim sistemlerinde ABY'nin öğretim programlarına entegrasyonu sınırlı düzeyde kalmakta, öğretmenlerin bu yaklaşıma yönelik bilgi ve deneyim eksiklikleri uygulama sürecini zorlaştırmaktadır. Öte yandan, sorgulama temelli öğretim ve mühendislik tasarımı gibi yenilikçi yaklaşımların birleştirilmesi, öğrencilerin kavramsal gelişimlerini ve problem çözme becerilerini desteklemektedir (Doppelt vd., 2008). Bu tür entegre öğretim uygulamaları, öğrencilerin hem bilimsel sorgulama yapmalarını hem de gerçek yaşam problemlerine çözüm üretmelerini mümkün kılmaktadır. Özellikle mühendisliğin sadece teknik değil, aynı zamanda epistemik ve sosyal bir faaliyet olduğu fark edildiğinde, öğrencilerin mühendisliği anlamlandırmaları ve mesleki rolleri sorgulayıcı biçimde içselleştirmeleri daha olası hale gelmektedir (Aydın-Günbatır ve Roehrig, 2025). Ancak uygulamada öğretim süresinin yetersizliği, öğretmenlerin pedagojik bilgi eksiklikleri ve müfredatın katı yapısı gibi engeller, bu yaklaşımların etkili biçimde uygulanmasını zorlaştırmaktadır (Krajcik ve Shin, 2014; Sandoval ve Reiser, 2004). Bu sorunlar, hem bilimsel okuryazarlığın gelişmesini sınırlamakta hem de 21. yüzyıl becerilerinin öğrencilere kazandırılmasını geciktirmektedir. Dolayısıyla bu araştırma ile ABY'nin, sorgulama ve mühendislik temelli bir öğretim süreciyle bütünleştirilerek uygulanması; bu sayede öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerinde ve sorgulayıcı öğrenme yaklaşımlarında nasıl bir gelişim sağlanabileceği araştırılacaktır. Özellikle ortaokul düzeyinde yapılacak bu tür uygulamaların, hem öğretimsel engelleri görünür kılması hem de ABY'nin uygulanabilirliğini değerlendirmesi açısından fen eğitimi alanında önemli bir boşluğu doldurması beklenmektedir.

1.2. Problem Cümlesi

Yeniden kavramsallaştırılmış aile benzerlik yaklaşımına dayalı bilimin doğası öğretiminin öğrencilerin bilimin doğası görüşlerine ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına etkisi nedir?

1.2.1. Alt problemler

- 1) ABY öğretiminin öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarına etkisi nedir ve bu etkiyi destekleyen nitel kanıtlar nelerdir?
 - a) Sosyobilimsel argümantasyon etkinliklerinden elde edilen veriler bu etkiyi ne düzeyde desteklemektedir?

- b) Öğrenci çalışma kâğıtlarından elde edilen bulgular bu etkiyi ne ölçüde ortaya koymaktadır?
 - c) Görüşmeler yoluyla elde edilen nitel veriler, öğrencilerin bilimin doğası anlayışındaki değişimi nasıl yansıtmaktadır?
- 2) ABY öğretiminin öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına etkisi nedir ve bu etkiyi destekleyen nitel kanıtlar nelerdir?
- a) “Kanıt topluyorum / Bilimsel bilgi üretiyorum” temalı formlardan elde edilen veriler, bu etkiyi ne düzeyde desteklemektedir?
 - b) Mühendislik tasarım sürecine ilişkin öğrenci ürünleri ve uygulamalar bu etkiye dair nasıl kanıtlar sunmaktadır?
 - c) Görüşme verileri, öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarında meydana gelen değişimi nasıl açıklamaktadır?
- 3) ABY temelli bir öğretim süreçleri, öğrencilerin bilimin doğasına yönelik anlayışları ile sorgulama, sosyobilimsel argümantasyon ve mühendislik tasarımı becerilerinin bütüncül gelişimine nasıl katkı sunmaktadır ve bu gelişimi destekleyen nitel veriler hangi yönleriyle bu etkileşimi ortaya koymaktadır?

1.3 Araştırmanın Önemi

Bilimin doğası (BD), bilimsel bilginin nasıl üretildiğini, değiştiğini ve doğrulandığını anlamaya yönelik temel bir kavramdır. Fen eğitiminin önemli bir unsuru olarak, bireylerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerine ve bilimsel okuryazarlık kazanmalarına katkı sağlar. Son yıllarda BD, fen eğitiminde giderek daha fazla önem kazanmış ve temel meselelerden biri olarak ele alınmaya başlanmıştır (Lederman vd., 2002; McComas ve Olson, 1998). BD’nin geniş çapta incelenmesi, bireylerin bilimsel bilginin doğasını kavramalarını sağlamak, eleştirel düşünen ve sorgulayan bireyler yetiştirmek ve toplumun bilim anlayışını güçlendirmek amacı taşımaktadır (McComas ve Olson, 1998). Bu kapsamda, bilimsel bilginin hem ampirik temellere dayandığı hem de insan yaratıcılığı, toplumsal-kültürel etkiler ve bilimsel topluluğun değerleriyle şekillendiği vurgulanmaktadır. Bu nedenle, fen öğretim programlarında BD’ye daha fazla yer verilmesi bilimsel okuryazarlığın artırılmasına yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, Abd-El-Khalick, Bell ve Lederman’a (1998) göre, BD öğretimi sadece bilgi aktarımı değil, bilimsel bilginin doğasına yönelik düşünsel farkındalık kazandırmayı hedeflemeli; bu süreçte öğrenciler bilimsel bilginin kesin değil, değişebilir ve yeniden yapılandırılabilir olduğunu anlamalıdır.

BD alan yazınında, 1960'lı yıllardan itibaren geniş bir şekilde tanımlanmış olsa da, bu tanım zamanla değişime uğramıştır. Geçmişten günümüze, “Ortak Görüş” (Abd-El Khalick ve Lederman, 2000), “Bağlam Sürekliliği” (Clough, 2006), “Bütünsel Bilim” (Allchin, 2011), “Bilimin Özellikleri” (Matthews, 2012), “Aile Benzerliği Yaklaşımı (FRA)” (Irzik ve Nola, 2014) ve “Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerliği Yaklaşımı (ABY)” (Erduran ve Dagher, 2014a; Kaya ve Erduran, 2016a) gibi perspektifler BD alan yazınında önemli bir yer edinmiştir. Bu perspektiflerin her biri, önceki görüşleri dar kapsamlı olmaları nedeniyle eleştirmiş ve BD'nin içeriğini genişletmeye yönelik katkılar sunmuştur.

En güncel perspektif olarak geliştirilen “Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerliği Yaklaşımı” (ABY), bilimi bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal sistemler olarak sınıflandırmaktadır (Erduran ve Dagher, 2014a; Kaya ve Erduran, 2016a). Bu yaklaşım bilimin doğasını daha bütüncül bir çerçevede ele alarak, bilimsel bilginin hem epistemolojik hem de sosyokültürel yönlerini vurgulamaktadır. Ayrıca, ABY yaklaşımı fen eğitimi bağlamında, bilimsel disiplinler arasındaki ortak unsurları ve farklılıkları anlamayı kolaylaştırarak disiplinler arası öğretim için daha esnek bir çerçeve sunmaktadır (Dagher ve Erduran, 2023). Son yıllarda yapılan araştırmalar, ABY'nin fen eğitimi programlarında öğrencilerin bilimsel akıl yürütme becerilerini geliştirmeye yardımcı olduğunu ve bilimsel bilginin doğasına ilişkin daha derin bir kavrayış sağladığını göstermektedir (Kaya ve Erduran, 2016b).

ABY, Wittgenstein'in aile benzerliği fikrinden uyarlanarak Irzik ve Nola (2014) tarafından BD'ye uygulanmıştır. Irzik ve Nola (2014) tarafından önerilen ABY'ye göre, bilim bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal sistemlere ayrılmıştır. Diğer yandan, Erduran ve Dagher (2014a), Irzik ve Nola'nın ABY'sini yeniden kavramsallaştırarak yeni kategoriler eklemiş ve bazı görseller ve eğitimsel uygulamalar geliştirmiştir. Son haliyle bilimin bilişsel ve epistemik kategorilerini, "bilimsel bilgi", "bilimsel yöntemler ve yöntemsel kurallar", "bilimin amaç ve değerleri" ile "bilimsel pratikler" temsil etmektedir. Bilimin sosyal-kurumsal kategorilerinde "sosyal değerler", "sosyal kabul ve yayılım", "profesyonel etkinlikler", "bilimsel değerler sistemi", "finansal sistemler", "sosyal kurumlar ve etkileşimler" ile "politik güç yapıları" yer almaktadır (Erduran ve Dagher, 2014a). Kaya ve Erduran (2016a), “Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerliği Yaklaşımı (ABY)” ismini kullanarak bu kavramsal çerçevenin son halini belirtmek için yeniden adlandırmışlardır.

ABY öğretimi, öğrencilerin bilimin doğasına ilişkin anlayışlarını geliştirmede önemli bir değişken olarak ele alınmaktadır. Bu yaklaşım, bilimsel bilginin hem bilişsel-epistemik hem de sosyal-kurumsal yönlerini kapsayarak öğrencilerin bilimsel süreci daha bütüncül bir şekilde kavramalarına yardımcı olur (Erduran ve Dagher, 2014a; Kaya ve Erduran, 2016b). Ancak,

ABY'ye dayalı öğretimin BD anlayışı üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar sınırlıdır (Matthews, 2012). Mevcut araştırmalar genellikle geleneksel BD öğretim modellerine odaklanırken, ABY'nin sunduğu disiplinler arası çerçevenin öğrencilerin bilimsel düşünme süreçlerine nasıl katkı sağladığına dair daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Allchin, 2011). Bu araştırma, ABY öğretiminin öğrencilerin BD anlayışı üzerindeki etkisini ele alarak alan yazındaki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. ABY'nin bilimsel bilginin üretimi, değişimi ve bilim insanlarının rolü arasındaki etkileşimi vurgulayan yapısı, öğrencilere daha derin bir bilimsel farkındalık kazandırabilir (Erduran ve Dagher, 2014b). Ayrıca, geleneksel BD öğretimine kıyasla, öğrencilerin eleştirel düşünme ve bilimsel akıl yürütme becerilerini geliştirmede daha etkili olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, ABY'nin BD öğretiminde nasıl bir katkı sunduğunu anlamaya yönelik araştırmalar, fen eğitimi alanına önemli bir katkı sağlayacaktır (Dagher ve Erduran, 2017).

NRC (1996) tarafından özellikle dikkat çekilen BD'nin anlaşılmasının önemi fen eğitimi alanında araştırma yapan eğitim uzmanları tarafından ortak bir şekilde kabul edilmiştir. İlkokuldan lise düzeyine kadar öğrencilerin bilimsel okuryazar bireyler olarak yetiştirilmesi için BD'nin her sınıf seviyesinde öğretilmesi gerektiğine vurgu yapılmaktadır (Driver vd., 1996). Öğrencilerin BD hakkındaki anlayışlarını, kavramsal süreçlerini ve düşüncelerini bilişsel açıdan geliştirmek, araştıran sorgulayan ve üreten bireyler yetiştirmek için BD öğretiminin etkin bir şekilde derslere dahil edilmesi ve yansıtılması önemlidir (Holbrook ve Rannikmae, 2007; McDonald, 2017). BD'nin öğrencilere sağladığı kazançlar düşünüldüğünde, diğer disiplinlerle kurulan ilişkilerle kazancın daha da artacağı bilinmektedir. BD'nin temel bileşenlerinden olan sorgulama temelli yaklaşımlara bakıldığında, bu tür yaklaşımların çocukların bilimsel bilgi ve becerilerinin gelişmesini desteklediği, bilimde artan ilgi ve motivasyona yol açtığı, okulda bilimsel iş birliğini kolaylaştırdığı ve eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini teşvik ettiği görülmektedir (Karabaş, 2017; Duruk, 2020a).

ABY öğretiminin bir diğer önemli etkisi, öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarının gelişimine katkı sağlamasıdır. Bilimsel bilginin doğasını anlamak, aynı zamanda öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmeleriyle doğrudan ilişkilidir. ABY tabanlı BD öğretimi, öğrencilerin bilimsel süreçleri sadece kavramsal düzeyde anlamalarını değil, aynı zamanda sorgulayıcı bir yaklaşımla bilgiye nasıl ulaşabileceklerini keşfetmelerini sağlar. Ancak, alan yazında ABY öğretimi ile sorgulayıcı öğrenme becerisi algıları arasındaki ilişkinin doğrudan incelendiği araştırmalar sınırlıdır. Bu araştırma, BD öğretimi bağlamında hem bilimsel bilginin doğasını anlama hem de sorgulayıcı öğrenme

becerisi algılarının gelişimini bir arada ele alarak bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir (Duschl ve Grandy, 2011).

ABY öğretimi sürecinde, öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarını ve BD görüşlerini geliştirmek amacıyla sosyobilimsel argümantasyon ve mühendislik tasarım sürecine yer verilmektedir. Sosyobilimsel argümantasyon, öğrencilerin bilimsel bilginin sosyal ve etik boyutlarını tartışarak eleştirel düşüncelerini teşvik ederken, mühendislik tasarım süreci ise bilimsel bilgiyi problem çözme süreçlerine entegre etmelerini sağlar. Bu bileşenlerin bir araya getirilmesi, BD öğretiminin yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı kalmasını önleyerek, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini aktif bir şekilde geliştirmelerine olanak tanır (Kuhn, 2015). Bu kombinasyonu sağlayan bu araştırma, bağımsız değişkenleri birlikte ele alarak fen eğitimi alan yazınına önemli bir katkı sunmaktadır. ABY tabanlı BD öğretiminin, hem bilimsel bilginin doğası hem de sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarının gelişimi üzerindeki etkilerini birlikte incelemek, eğitim ortamlarında daha bütüncül ve etkili öğretim yaklaşımlarının geliştirilmesine olanak sağlayacaktır (Sadler ve Fowler, 2006).

Alan yazına bakıldığında ABY ile ilgili yapılan araştırmaların sayıca hızlı bir artış içinde olduğu ve bu alandaki araştırmaların sınırlı kaldığı belirtilmiştir (Kaya ve Erduran, 2016a; Kaya ve Erduran, 2016b; Çilekrenkli, 2019; Kahraman, 2021). Akbayrak ve Kaya (2020), dört hafta süren bir uygulama ile sosyal-kurumsal sistemlerin anlaşılmasına yönelik önemli gelişmeler gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, Kahraman (2021) ve Gerni (2024) tarafından yapılan araştırmalarda, harmanlanmış öğrenme ortamları ve yansıtıcı öğretim yöntemleriyle öğrencilerin ABY anlayışlarında olumlu gelişmeler sağlandığı görülmüştür. Ayrıca Gören (2021) ile Gören ve Kaya (2023) öğrencilerin üst bilişsel farkındalıkları ile ABY anlayışları arasındaki ilişkiyi inceleyerek, yüksek bilişsel farkındalığa sahip öğrencilerin ABY konularında daha derinlemesine bir anlayışa ulaştığını ortaya koymuşlardır. Bu araştırmalar, öğrencilerin bilimsel pratiklere dayalı öğretim ile kavramsal farkındalıklarını artırdığını ve ABY anlayışlarında önemli değişiklikler sağladığını göstermektedir (Karabaş, 2017; İnci, 2024). Ayrıca birçok araştırma, sosyobilimsel argümantasyon (SBA) ile BD öğretiminin birleşimini incelemiş ve bu iki yapının birbirini desteklediği sonucuna ulaşmıştır. Eastwood vd. (2012), sosyobilimsel konuların BD öğretime katkı sağladığını belirtirken; Schussler vd. (2013), BD ve SBA etkinliklerinin öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Herman (2015) ise, BD'nin bilimsel verilerle birlikte sosyokültürel kimlik ve kişisel çıkarları da içeren çok boyutlu karar süreçlerinde önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Bu araştırmalar, SBA'nın bilimsel anlayışları derinleştirdiğini ve çevreye yönelik tutumları olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. ABY çerçevesinden bakıldığında ise hem bilimin

hem de mühendisliğin doğasında yer alan sosyal-kurumsal yapıların SBA ile ilişkilendirilmesi, öğrencilerin bilimsel bilginin uygulandığı bağlamları anlamlandırmalarını ve disiplinler arası düşünme becerilerini geliştirmelerini sağlamaktadır (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025).

Bunun yanında, BD öğretiminin sorgulama temelli yaklaşımlarla entegrasyonunun öğrencilerin bilimsel düşünme ve BD anlayışlarını geliştirdiği de pek çok araştırmada vurgulanmaktadır. Akerson ve Hanuscin (2006) BD öğretiminin sorgulama temelli derslerle entegrasyonunun, öğretmenlere sağlanan mesleki gelişim desteğiyle daha etkili biçimde gerçekleştiğini belirtmiştir. Bjønness ve Knain (2018) BD ilkelerinin laboratuvar sorgulama modeline entegre edilmesinin öğrencilerin bilimsel bilginin nasıl üretildiğini doğrudan deneyimlemelerine katkı sunduğunu vurgulamış; bu sürecin yalnızca pratik uygulamalarla değil, aynı zamanda bilim insanları gibi düşünme ve kanıt toplama süreçleriyle ilişkilendirilmesi gerektiğini savunmuştur. Benzer şekilde, Murphy, Smith ve Broderick (2019), öğrencilerin bilimsel sorgulama faaliyetlerine katılımının BD anlayışlarını geliştirdiğini ve bilimsel düşüncelerini şekillendirdiğini belirtmiştir. Ayrıca mühendislik tasarımı ve sorgulama temelli öğretimin entegrasyonuna dair yapılan araştırmalarda (Kutlu, Bakırcı ve Kara, 2022; Purzer vd., 2015), bu sürecin öğrencilerin öğrenme deneyimini zenginleştirdiği, mühendislik bilgi düzeylerini artırdığı ve karar alma becerilerini geliştirdiği ifade edilmiştir. Hacıoğlu (2020) tarafından geliştirilen sorgulamaya dayalı öğrenme ve mühendislik odaklı öğretim planı da öğrencilerin bilimsel sorgulama yapma becerilerini geliştirdiğini ve onların daha derinlemesine öğrenme deneyimleri yaşadığını ortaya koymuştur. Bu bütünsel yapı, bilimsel bilginin ve mühendislik bilgisinin üretim süreçleri arasında önemli yapısal benzerlikler olduğunu ortaya koymakta; dolayısıyla bu alanların birlikte ele alınması, öğrencilerde disiplinler arası düşünmeyi teşvik etmektedir (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025).

Bu bağlamda, Hacıoğlu'nun (2020) geliştirdiği etkinlik öğrencilerin bilimsel sorgulama süreçleriyle mühendislik tasarım süreçlerini eş zamanlı deneyimleyebilecekleri bir yapı sunmuştur. Gerçek yaşamdan alınan bir problem durumu üzerinden öğrencilerin önce hipotez kurarak ve değişkenleri belirleyerek deney tasarımları sağlanmış; ardından elde ettikleri bulgulara dayanarak mühendislik temelli çözüm önerileri geliştirmeleri ve prototip üretmeleri istenmiştir. Bu süreçte öğrenciler, hem bilimsel süreç becerilerini hem de mühendislik problem çözme yetilerini aktif biçimde kullanarak disiplinler arası bir öğrenme deneyimi yaşamışlardır. Sorgulama temelli bilimsel süreç ile mühendislik tasarımının eşgüdümlü olarak yürütüldüğü bu yapı, öğrencilerin analitik düşünme, karar verme ve iş birliği gibi üst düzey becerilerinin gelişimine de katkı sunmuştur. Böylece Hacıoğlu'nun çalışması, sorgulama ve mühendislik

bütünleşmesinin öğrenci öğrenmelerini nasıl derinleştirdiğine dair somut bir uygulama örneği niteliği taşımaktadır.

Bu bağlamda, önceki araştırmalar ABY'nin eğitim ortamlarında uygulanabilirliğini ortaya koysa da, bu araştırmaların çoğu ya sınırlı süreli uygulamalara dayalıdır ya da yalnızca belirli alt boyutlara odaklanmaktadır. Aynı şekilde, sosyobilimsel argümantasyon, sorgulama ve mühendislik tasarım süreçlerinin BD öğretimine katkısını ortaya koyan araştırmalar bulunsa da, bu bileşenlerin tümünü entegre bir yaklaşımla bir araya getiren ve doğrudan ABY çerçevesine dayalı uygulamalara rastlamak oldukça sınırlıdır. Bu durum, alandaki araştırmalarda bağlamsal bütünlük eksikliği olduğunu ve bileşenler arası etkileşimin sistematik olarak ele alınmadığını göstermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, bu araştırma ABY'ye dayalı olarak tasarlanmış BD öğretiminin yalnızca öğrencilerin bilimin doğası görüşleri üzerindeki etkisini değil, aynı zamanda onların sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına etkisini de incelemesi bakımından alan yazındaki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Araştırma yalnızca tek bir bileşene odaklanmamakta; ABY alt boyutlarını, sosyobilimsel argümantasyonu, mühendislik tasarımı ve sorgulama temelli öğrenmeyi bütüncül bir çerçevede bir araya getirerek çok boyutlu bir öğretim modelini uygulamaya aktarmaktadır. Bu yönüyle, daha önce birbirinden bağımsız ele alınan yapıları yapılandırılmış etkinliklerle bütünleştiren ilk araştırmalardan biri olma özelliği taşımaktadır.

Araştırmada, “Saf Madde ve Karışımlar” ünitesinin tercih edilmesi ise bilinçli bir tercihtir; çünkü bu ünite, hem doğrudan bilimsel kavramları içermesi hem de BD, sorgulama, sosyobilimsel argümantasyon ve mühendislik tasarım süreçlerini birlikte yürütmeye uygun doğasıyla disiplinler arası öğretime elverişli bir zemin sunmaktadır. Ayrıca çalışmanın uygulandığı ortaokulda 7. sınıf düzeyinde hem deney hem de kontrol grubu olarak kullanılabilecek iki sınıfın bulunması, araştırmanın deneysel yapısını desteklemiştir. Bu yaş grubundaki öğrencilerin, gerek zihinsel gerekse el becerileri açısından yapılacak etkinliklere uygunluk göstermesi ve uygulamaya yüksek düzeyde uyum sağlamaları da ünitenin seçimini güçlendiren bir unsur olmuştur. Araştırmacının üç yıldır aynı öğrencilerle ders yapıyor olması ise öğrencileri yakından tanınmasına, süreci daha etkili yönlendirmesine ve öğrencilerin gönüllü katılım düzeyini artırmasına olanak tanımıştır. Uygulama sürecinde sosyobilimsel konular üzerinden yürütülen tartışmalar, öğrencilerin bilimsel bilginin toplumsal, kültürel ve etik yönlerine yönelik farkındalıklarını artırmış; mühendislik tasarım süreçleri ise onların gerçek yaşam problemlerine bilimsel yollarla çözüm üretme deneyimlerini desteklemiştir. Bu bütünleşik yapı, yalnızca kavramsal düzeyde değil, aynı zamanda öğrencilerin eleştirel düşünme, karar verme, sorgulama ve etik değerlendirme gibi üst düzey bilişsel becerilerinde de

gelişim sağlamıştır. Sonuç olarak bu araştırma, yalnızca ABY temelli BD öğretiminin etkililiğini değil, aynı zamanda bu öğretimin sorgulama, mühendislik tasarımı ve sosyobilimsel argümantasyonla zenginleştirilmesinin, fen eğitimi alanında hem teorik hem de pratik düzeyde nasıl bir dönüşüm sağlayabileceğini göstermesi bakımından özgün bir katkı sunmaktadır.

1.4. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı ortaokul 7. sınıf fen bilimleri dersi “Saf Madde ve Karışımlar” ünitesinde, yeniden kavramsallaştırılmış aile benzerlik yaklaşımına dayalı bilimin doğası öğretiminin, 7. sınıf öğrencilerinin bilimin doğası görüşleri ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algıları üzerindeki etkisini belirlemektir.

1.5. Araştırma Sınırlılıkları

- Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Adıyaman ili Kahta ilçesindeki bir devlet okulunda öğrenim gören, 21'i deney ve 21'i kontrol grubu olmak üzere toplam 42 yedinci sınıf öğrencisiyle sınırlıdır.
- Fen bilimleri ve bilim uygulamaları dersi kapsamında “Saf Madde ve Karışımlar” ünitesine yönelik yapılan uygulama, haftada 6 ders saati olmak üzere toplam 8 hafta ile sınırlıdır.
- Araştırma sürecinde elde edilen bulgular nicel olarak “ABY öğrenci anketi” ve “Fene Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği” yer alan maddeler ile sınırlıdır.
- Araştırma sürecinde elde edilen bulgular nicel olarak “ABY Görüşme Soruları” ve “Bilimsel Sorgulama Süreci Hakkında Görüşler Formu” yer alan maddeler ile sınırlıdır.

1.6. Araştırmanın Varsayımları

- Araştırmada, örneklemde yer alan öğrencilerin anket ve mülakatlara güvenilir ve doğru bilgiler vererek katıldığı varsayılmıştır.
- Deney ve kontrol gruplarının birbirine denk olduğu ve kontrol edilemeyen değişkenlerin her iki grubu da eşit derecede etkilediği varsayılmıştır.
- 7. sınıf öğrencilerinin bilimin doğasına ilişkin görüşlerini gerçek anlamda ifade ettiği ve etkinliklere samimi bir şekilde katıldığı varsayılmıştır.
- Araştırmacının süreç boyunca ön yargılı bir tutum sergilemediği varsayılmıştır.

1.7. Tanımlar

Bilimin Doğası (BD): Bilimin doğası, bilimin ne olduğunu, nasıl çalıştığını, bilim insanlarının bir sosyal grup içinde nasıl iş birliği yaptığını ve toplumun bilimsel girişimleri nasıl yönlendirdiğini ve etkilediğini açıklayan bir alandır (McComas ve Olson, 1998)

Aile Benzerliği Yaklaşımı (FRA): Irzik ve Nola (2011; 2014), Wittgenstein'in (1958) geliştirdiği bu yaklaşımı bilim çerçevesine uyarlayarak, bilimin bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal yönlerini bütüncül bir sistem olarak ele almıştır (Irzik ve Nola, 2014).

Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerliği Yaklaşımı (ABY): Erduran ve Dagher (2014a) tarafından fen eğitiminde ve araştırmalarda bilimin doğasını bütüncül bir şekilde temsil etmek amacıyla geliştirilmiştir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimin Amaçları ve Değerleri (AVD): Bilimin doğruluk ve nesnellik gibi temel bilişsel ve epistemik hedefleridir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimsel Pratikler (BP): Bilimsel bilgiye ulaşma sürecinde bilim insanlarının tahmin, açıklama, gözlem, deney, modelleme, tahmin ve tartışma gibi kullandığı pratikleri içerir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimin Yöntemler ve Yöntemsel Kuralları (YYK): Bilimsel araştırmaları destekleyen manipülatif ve manipülatif olmayan tekniklerdir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimsel Bilgi (BB): Bilimsel araştırmanın sonuçlarını şekillendiren teoriler, yasalar ve açıklamalardır (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimin Sosyal-Kurumsal Sistemleri (SKS): Bilimin bilim insanları tarafından yürütüldüğü mekanizmalar, normlar ve değerler; akranların, kamunun, kuruluşların, finansal ve politik güç yapıların etkisini tanımlar (Erduran ve Dagher, 2014a).

Sosyal Kabul ve Yayılım (SKY): Bilimsel bilginin geçerli hale gelmesi, bilim insanlarının onu gözden geçirdiği, değerlendirdiği ve onayladığı sosyal mekanizmalarla sağlanır (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimsel Değerler (BDE): Bilim insanlarının, hem meslektaşlarıyla etkileşimlerinde hem de kendi çalışmaları sırasında uymaları gereken bilimsel normlar ve değerleri içerir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Sosyal Değerler (SD): Özgürlük, çevreye saygı ve sosyal fayda gibi toplumsal anlam taşıyan değerleri içerir (Irzik ve Nola, 2014).

Profesyonel Etkinlikler (PE): Profesyonel etkinlikler, bilim insanlarının mesleki anlamda konferanslara katılma ve yayın değerlendirmesi gibi yaptığı işlere karşılık gelir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Sosyal Kurumlar ve Etkileşimler (SKE): Bilimin geliştiği kurumlar ve işleyişi, bilimsel faaliyetlerin üniversiteler ve araştırma kurumları gibi kurumsal çevrelerde düzenlenmesini anlatır (Erduran ve Dagher, 2014a).

Finansal Sistemler (FS): Bilimin finansal boyutları, bütçe mekanizmalarını içeren bilimsel süreçleri kapsar (Erduran ve Dagher, 2014a).

Politik Güç Yapıları (PGY): Bilimdeki güç dinamikleri, bilim insanları ve bilim kültürü arasındaki güç ilişkilerini kapsamaktadır (Erduran ve Dagher, 2014a).

Mühendislik Tasarım Süreci (MTS): Mühendislik tasarım süreçlerinin fen eğitime dahil edilmesidir. (NGSS, 2013).

Bilimsel Sorgulamaya Dayalı Öğrenme: Sorgulama süreçlerinin ders içeriğine entegre edilerek beraber yürütüldüğü bir öğrenme yaklaşımını ifade etmektedir (Karışan, Bilican ve Şenler, 2016)

Sosyobilimsel Argümantasyon (SBA): Sosyobilimsel konuların fen bilimleri ders içeriğiyle bütünleştirilerek sınıf içerisinde tartışılmasıdır (Archila vd., 2022)

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, ABY'nin kuramsal temelleri ele alınmış; bilimin doğasına ilişkin görüşlerin çok boyutlu bir yaklaşımla nasıl değerlendirilebileceği açıklanmıştır. ABY çerçevesindeki bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal boyutlara ilişkin literatür incelenmiş, ayrıca sorgulayıcı öğrenme becerilerine yönelik algıları etkileyen faktörler ve bu beceriler üzerinde sorgulama temelli öğretimin rolü ilgili araştırmalarla desteklenmiştir. Böylece, araştırmancının kuramsal zemini oluşturulmuştur.

2.1. Fen Eğitiminde Bilimin Doğası

Fen eğitimi, bireylerin bilimsel süreçleri anlayarak bilimsel düşünme becerileri kazanmalarını amaçlar. Bu bağlamda, fen öğretiminde bilimin doğası; bilimsel bilginin nasıl oluştuğunu, zamanla nasıl değiştiğini ve hangi süreçlerle geliştiğini açıklayan temel bir kavramdır. Genel olarak, bilimin doğası; bilimin epistemolojisini, bilme yollarını ve bilgi üretiminde etkili olan değer ve inanç sistemlerini kapsar (Lederman, 1992). Bu kavram, bilimsel bilginin durağan değil, sürekli gelişen bir yapı olduğunu vurgular. McComas ve Olson'a (1998) göre, bilimin doğası yalnızca bilgi birikimini değil, aynı zamanda bilimin toplumsal-kültürel etkilerini, bilim insanlarının düşünce yapısını, etik sorunları ve bilgi üretim yöntemlerini de içerir. Bu nedenle, fen öğretiminde bilimin doğasına yer verilmesi, öğrencilerin bilimsel bilgiyi daha derinlemesine kavramalarına ve eleştirel bakış açısı geliştirmelerine katkı sağlar.

Abd-El-Khalick, Bell ve Lederman'a (1998) göre, bilimin doğası, bilimsel okuryazarlığın geliştirilmesinde önemli bir rol oynasa da soyut kavramların öğrencilere öğretilmesi açısından oldukça karmaşıktır. Bu nedenle, öğretim programlarında fen bilimleri ders içeriğinin hangi unsurlardan oluşması gerektiği konusunda tam bir fikir birliği bulunmamaktadır (Osborne vd., 2003). Ancak, yapılan tartışmalarla bilimin doğasına dair yeterli bir anlayış geliştirme ve bilimsel süreçler ile araştırmaya önem verme hedeflerinde ortak bir uzlaşmaya varılmıştır (Abd-El-Khalick ve Akerson, 2004). "Ortak görüş" olarak adlandırılan bu uzlaş, zamanla araştırma alanlarında daha fazla dikkat çekmiş ve fen eğitimi ölçütleri ile programlara dahil edilmiştir. (Abd-El-Khalick, Bell ve Lederman, 1998; Abd-El-Khalick ve Akerson, 2004) Başka bir deyişle, "Ortak Görüş" ile araştırmacılar bilimin doğasına ilişkin alan yazında yaygın kabul gören yaklaşımı öğrencilere aktarmayı amaçlamıştır (Abd-El-Khalick, Bell ve Lederman, 1998; Lederman vd., 2002). Ortak görüş, bilimin temsil edici özellikleri olarak değerlendirilen ve fen eğitimine dahil edilmesi önerilen yedi temel bileşeni ön plana çıkarmaktadır. Lederman Yedilisi

şeklinde isimlendirilen ve Lederman vd. (2002) tarafından kavramsallaştırılan bilimin doğası bileşenleri şu şekilde sıralanmıştır:

- Bilimsel bilgi, güvenilir olmakla birlikte mevcut kanıtlarla beraber değişebilir.
- Bilim insanlarının ortak olarak kullandığı ve tüm süreçlerini tek tek takip ettikleri tek bir evrensel geçerli yöntem yoktur; bu da bilimsel yollarla elde edilen bilginin değişebilir olduğunu gösterir.
- Yaratıcılık ve hayal gücü bilimsel bilginin gelişim sürecinde önemli bir rol oynar.
- Teoriler ve yasalar, farklı türde bilgi kategorilerindendir.
- Gözlem ve çıkarım, birbirinden farklı süreçlerdir.
- Bilimsel bilgi, insanın düşünsel etkinliği ile üretildiği için kısmen öznellik taşır ve bu nedenle teori kökenlidir.
- Bilimsel bilgi, onu üreten bireyin sosyal ve kültürel bağlamına göre şekillenir.

Aşağıda da bilimin doğası bileşenleri şu şekilde ifade edilmiştir:

Bilimsel bilginin değişebilirliği: Bilimsel bilgi güvenilir ve kalıcı olsa da, hiçbir zaman mutlak veya kesin değildir. Zaman ilerledikçe ortaya çıkan yeni görüşler ve düşünceler ile değişime açıktır. Bilimsel bilgiler, yeni kanıtlar ve teknolojik ilerlemelerle yeniden yorumlanır; bu, bilimin ilerlemesi için gereklidir. Bilimdeki değişimler, yalnızca çevresel veya toplumsal etkenlerle değil, her zaman mantıklı ve güvenilir kanıtlarla desteklenmektedir (Osborne vd., 2003).

Bilimsel bilgiye ulaşmak için evrensel olarak kabul edilen bir tek yöntemin olmayışı: Bilim, doğal dünyaya dair gözlemlerden yola çıkar; bilimsel iddialar bu gözlemlerle doğrulanır. Ancak bilim insanları çoğu zaman olgulara doğrudan ulaşamaz, bu yüzden gözlemler teorik çerçeveler ve çeşitli varsayımlar dikkate alınarak yorumlanır. Doğrudan olguya erişim mümkün olmadığı için araştırmacılar, deney ve gözlemlerle kanıt toplar ve bu kanıtlar aracılığıyla sonuçlara ulaşırlar. Bilimsel yöntem, bilim insanlarının sorular oluşturmaları ve hipotezler kurmasıyla başlar; elde edilen kanıtlar mevcut teorileri destekleyebilir ya da yanlışlayabilir. Bu yöntem genellikle laboratuvar deneylerini içerir, ancak bir hipotezi ya da teoriyi doğrulamak ya da çürütmek için tek yol deneyler değildir. (Windschitl, 2004).

Bilimde hayal gücü ve yaratıcılık: Bilim gözlem ve ölçmenin yanı sıra deneysel temellidir; ancak bilimsel bilgi insanın hayal gücü ve yaratıcılığı dışında üretilmez (Doğan, Çakıroğlu, Bilican ve Güngören, 2014). Bilimin ve bilimsel bilginin geliştirilme sürecinde, yaratıcılık ve hayal gücü kaçınılmaz şekilde önemli bir rol oynar (Lederman vd., 2002).

Bilimde teori ve yasalar: Bilimsel teoriler, içsel tutarlılığı olan açıklamalardan oluşan ve üst düzey bir şekilde doğrulanmış birbirinden bağımsız olan olguları açıklamak için kullanılır. Gözlenebilir olguların ne olduğunu ve aralarındaki ilişkilerin matematiksel ifadesini sunmak için ise yasalar kullanılmaktadır. Teoriler ve yasalar farklı bilgi türleridir ve birbirlerine dönüşmezler (Clough, 2006; Duruk, Akgün ve Tokur, 2019)

Bilimde gözlem, çıkarım ve teorik ögeler: Gözlemler doğrudan duyular yoluyla elde edilebilen genellikle nesnel ve tekrarlanabilir olgulardır. Çıkarımlar ise elde edilen verilerin mantıksal bir süreçten geçirilerek yeni bir düşünce ürününün oluşturulmasıdır. Bilim insanlarının bilimsel bilgi gelişim sürecinde ortaya koydukları gözlemler, çıkarımlar ve teorik ögeler bilimsel bilginin oluşmasında önemli rol oynamaktadır. (Lederman, 2007)

Bilimsel bilginin teori kökenli oluşu: Bilim, yıllar içerisinde geliştirilen tüm teori ve yasalardan etkilenmiştir. Bilim ve zaman içerisinde oluşturulan bilimsel bilgiyi bilim insanlarından ayrı düşünmek mümkün değildir. Bilim insanlarının almış olduğu eğitimler, hayal gücü, önyargıları, önceden sahip olduğu bilgi birikimleri ve yaptıkları çalışmalar zihinsel yapılarının kendilerine göre şekillenmesini sağlar. Bilim insanları bu sebeple oluşturdukları bilimsel bilgilerde bu farklılıkların etkisini göstermektedir. Sonuç olarak nesnel bilimsel bilgi anlayışına sahip olmak mümkün değildir (Lederman vd., 2002).

Bilimsel bilginin sosyal ve kültürel yapıyla ilişkili oluşu: Bilim insanları içinde bulundukları toplumun kültüründen, içinde yaşadıkları çevreden, ailesinin sosyo-kültürel yapısından etkilenirler. Bir bilim insanı yaşam tarzından ayrı düşünülmemektedir. Bu etkenlere bağlı olarak geliştirdiği diğer bilim insanlarına göre farklı olan dini, siyasi ve felsefi farklılıkları ortaya koyduğu bilimsel bilgiyi de etkilemektedir. (Allchin, 2013)

Bilimin doğasına ilişkin öğretimde uzun yıllar boyunca baskın olan “Ortak Görüş” yaklaşımı, bilimin temel ilkelerini öğretme amacıyla yaygın şekilde kullanılmış olsa da, zamanla bu yaklaşım çeşitli eleştirilere maruz kalmış ve fen eğitimi alanında bir tür “fetret devri” yaşanmasına neden olmuştur. Bu süreç, Thomas Kuhn’un bilimsel gelişmeleri açıkladığı paradigma kuramındaki “durgunluk evresi”ne benzer biçimde, fen eğitimi alan yazınında yeni kuramsal açılımların durakladığı bir dönem olarak değerlendirilebilir (Kuhn, 1970). “Ortak Görüş” yaklaşımı, Clough (2006) tarafından bilimin doğası ilkelerinin ezbere dayalı ve yüzeysel biçimde aktarılmasına neden olmakla eleştirilmiştir. Irzik ve Nola (2011), bu yaklaşımın bilimin bilişsel-epistemik boyutlarına yeterince odaklanmadığını ve sosyal bağlamı arka planda bıraktığını ifade etmiş; Kaya ve Erduran (2016a) ise söz konusu ilkelerin aslında bilimin doğasını değil, yalnızca bilimsel bilginin doğasını tanımladığını ileri sürmüştür. Bu eleştiriler, bilimin doğasının öğretime yönelik yeni kuramsal çerçevelerin geliştirilmesine

zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda Clough (2006) tarafından önerilen “Bağlam Sürekliliği Yaklaşımı”, Allchin’in (2011) “Bütüncül Bilim” anlayışı, Matthews’un (2012) geliştirdiği “Bilimin Özellikleri” modeli ve Irzik ve Nola’nın (2011) sunduğu “Aile Benzerliği Yaklaşımı” (FRA), “Ortak Görüş” için alternatif olarak öne çıkan çağdaş yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Söz konusu yaklaşımlar, bilimin doğasını daha çok bağlamsal, sosyal ve epistemik bütünlük içinde ele alma çabasıyla bilim eğitimi alanına yeni bir soluk getirmiştir.

Clough (2006), “Ortak Görüş” birliğine dayanan bilimin doğası öğretiminin, fen içeriğiyle birlikte yapılandırıldığında öğrencilerin BD anlayışlarını geliştirmede etkili olabileceğini belirtmiştir. Özellikle bağlam sürekliliği yaklaşımı, öğrencilerin dikkatini yalnızca bilimsel içeriğe değil, bu içerikle bağlantılı BD temalarına da yönelterek anlamlı öğrenme fırsatları sunmaktadır. Yüksek derecede bağlam sürekliliği ile kurgulanan bir BD öğretimi, öğrencilerin öğrendikleri fen konularıyla bilimin doğasına ilişkin kavramları bir bütün olarak görmesini sağlar. Bu sayede bilimsel bilgi, yalnızca aktarılması gereken bir içerik değil; tarihsel, sosyal ve metodolojik yönleriyle değerlendirilen bir yapı olarak kavranabilir.

Clough (2006), “Ortak Görüş” yaklaşımının ezberci aktarım riskine karşılık, bilimin doğasını fen içeriğiyle anlamlı biçimde ilişkilendirecek dört aşamalı bir bağlam sürekliliği çerçevesi önermiştir. Bell, Mulvey ve Maeng (2016) tarafından açıklanan bu çerçevede ilk olarak, öğrencilerin fen konusuna dair temel kavramları edinmesi sağlanmakta; ardından bu içerikle bağlantılı bilimin doğası temaları öğrencilerin dikkatine sunulurken ikinci aşama olan bağlantı kurma adımı gerçekleştirilmektedir. Üçüncü aşamada, ilgili bilimin doğası teması açık biçimde vurgulanarak öğrenciler bu konuda düşünmeye, tartışmaya ve çıkarımlarda bulunmaya teşvik edilir. Son olarak, benzer temalar farklı fen içerikleriyle yeniden ele alınarak pekiştirme sağlanır ve bağlamlar arası aktarım gerçekleştirilir. Bu yapı, öğrencilerin BD anlayışlarını daha kalıcı ve çok yönlü biçimde geliştirmeyi amaçlamaktadır (Bell, Mulvey ve Maeng, 2016).

Benzer şekilde Allchin (2011) “Ortak Görüş” yaklaşımını yeterli bulmadığını belirterek, bunun yerine “Bütüncül Bilim” adını verdiği farklı bir bakış açısı geliştirmiştir. Ona göre, geleneksel BD ilkeleri bazı yönleriyle değerli olsa da, bilimin yalnızca kurallar ve genellemeler üzerinden anlaşılmasının, öğrencilerin bilimle olan bağını zayıflattığını savunmuştur. Allchin’in önerdiği bu yaklaşım, bilimin sadece deneysel süreçlerden ibaret olmadığını, aynı zamanda bilim insanlarının kararlarını etkileyen sosyal, bireysel ve yapısal etkenlerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini öne sürer. Böylece, öğrencilerin bilimsel bilgiyi değerlendirirken daha gerçekçi ve çok boyutlu bir bakış geliştirmeleri amaçlanmaktadır (Allchin, 2011).

Matthew (2012) “Ortak Görüş” yaklaşımına alternatif olarak “Bilimin Özellikleri” (Features of Science) adını verdiği bir model ortaya koymuştur. Bilimi; doğruluğu arayan, tarihsel olarak şekillenmiş ve bilişselden etik olana kadar birçok farklı boyutu içeren bir etkinlik olarak tanımlamaktadır. Ona göre, mevcut uzlaşma görüşü, bilimin doğasını öğretmek için yetersiz kalmakta; bu nedenle, yer alan ilkelerin tarihsel, felsefi, epistemolojik ve toplumsal açılardan yeniden ele alınarak daha derinlikli bir yapıya kavuşturulması gerekmektedir. Çünkü bilimin doğasıyla fen öğretimi arasında güçlü bir ilişki vardır. Aksi hâlde, sınıf ortamlarında BD öğretimi, öğrenciye ulaşamayan, yüzeysel bir aktarım düzeyinde kalmaktadır (Matthew, 2012).

Yapılan araştırmalara göre, bilimin doğası görüşünün tüm bu araştırmalara bakıldığında yetersiz, bilimdeki dinamik yapıya uyamayan, bilimsel çeşitlilikleri tam yansıtmayan, bilimin disiplinleri arasındaki farkları gözetmeyen ve bilimsel süreç etkinliklerinin tamamını kapsamadığı öne sürülmüştür (Irzik ve Nola, 2011; McComas ve Nouri, 2016; Akerson vd., 2008). Bu durumda, bilimi tüm çeşitliliği ile temsil eden, bilimsel bilgiyi ve bilimsel süreçleri geçerli bir biçimde sunabilen yeni bir bilimin doğası anlayışına ihtiyaç duyulmuştur. İhtiyaç duyulan bu yeni anlayışın, çağdaş bilim anlayış ile de uyumlu aynı zamanda otantik bir bilimsel gerçek çeşitliliğini de bilimin doğası ile sunması gerektiği ifade edilmiştir (Hodson ve Wong, 2017).

Irzik ve Nola (2011; 2014), Wittgenstein’in (1958) geliştirdiği “Bilimin Doğasına Aile Benzerliği Yaklaşımı”nı (FRA) bilime alternatif bir çerçeve olarak önermiştir. Irzik ve Nola (2014) bilimi bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal bir sistem olarak bütüncül bir yaklaşım olarak tanımlamışlardır. “Bilimsel bilgi, amaçlar ve değerler, yöntemler ve yöntemsel kurallar, ve bilimsel pratikler” bilişsel-epistemik sistemin kategorileri iken; “profesyonel aktiviteler, bilimsel değerler sistemi, sosyal kabul ve yayılım, ve sosyal değerler” ise sosyal-kurumsal sistemin kategorileri olmuştur (Irzik ve Nola, 2014). Erduran ve Dagher (2014a), Irzik ve Nola (2014) tarafından ortaya atılan aile benzerliği yaklaşımını fen eğitimi çerçevesine uyarlayarak kategorilerde isim değişiklikleri yapmış, görseller ve eğitimsel uygulamalar geliştirmişlerdir. Bununla beraber sosyal-kurumsal sistemler kategorisine finansal sistemler, politik güç yapıları ve sosyal kurumlar ve etkileşimler olmak üzere üç yeni kategoriler eklemişlerdir. Kaya ve Erduran (2016a), Erduran ve Dagher’in (2014a) geliştirdiği yaklaşımı yeniden ele alarak, bu yaklaşıma fen eğitimi açısından daha kapsayıcı bir çerçeve sunmak amacıyla “Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerliği Yaklaşımı (ABY)” adını vermişlerdir.

Fen eğitimi alan yazınında, başlangıçta bilimin doğasını öğretmek için uzlaşmış ilkelere dayalı basit yaklaşımlar benimsenmiş, bu da “Ortak Görüş” olarak adlandırılmıştır. Ancak

zamanla, bu anlayışın bilimin karmaşık yapısını yeterince yansıtamadığı görülmüş ve daha kapsamlı modeller geliştirilme ihtiyacı doğmuştur. Erduran ve Dagher (2014a), Irzik ve Nola'nın "ABY-Bilimin Doğası" çerçevesine yeni kategoriler ekleyerek bu çerçeveyi etkileşimli modeller aracılığıyla fen eğitimi için uygulanabilir hale getirmiştir. BD'nin doğru bir şekilde öğretilmesinde önemli bir dönüm noktası olan bu gelişmeler, araştırmanın teorik temelini oluşturduğundan, Erduran ve Dagher'in (2014a) "Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerliği Yaklaşımı" teorik temelleriyle birlikte bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal kategoriler bağlamında daha ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Kaya ve Erduran (2016a) tarafından önerilen bu yaklaşıma atıfta bulunmak üzere "ABY" terimi kullanılacaktır.

2.2. Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerlik Yaklaşımı

Aile benzerliği fikri, ilk olarak filozof Wittgenstein'in (1958) terimlerin tanımlarını yaparken geliştirdiği bir yaklaşımdır. Wittgenstein'a göre, karmaşık terimleri, açık ve kesin bir şekilde tanımlamak yerine, birbirine bağlı geniş bir fikir ya da terimler kümesiyle tanımlamak gerekir. Aile benzerliği fikri, karmaşık terimleri tanımlamak için kullanılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, ailenin üyelerinin benzer veya farklı özelliklere sahip olabileceği analogisinden yola çıkar. Bu bağlamda, bilim terimini tanımlamak için bilim disiplinlerinin benzer ve farklı özelliklerini anlamak önemlidir (Hacking, 1996; Wittgenstein, 1958). Irzik ve Nola (2011), bu felsefeden yola çıkarak, bilimin doğasını tanımlamak ve onlara göre zayıf olan (Abd-El-Khalick 2012; Lederman vd., 2002) bilimin doğası görüşlerine alternatif yaklaşımlar önermek için Wittgenstein (1958) tarafından ortaya atılan "Aile Benzerlik Yaklaşımını" (FRA) geliştirmişlerdir. Bilimsel disiplinleri, epistemik-bilişsel sistemler ve sosyal sistemler olmak üzere iki farklı yaklaşım çerçevesinde incelemişlerdir (Irzik ve Nola, 2014; Kaya vd., 2018).

Başlangıçta bilimi faaliyetleri, amaçları ve değerleri, ürünleri, metodolojileri ve metodolojik kuralları açısından tanımlayan Irzik ve Nola (2011) daha sonraki çalışmalarında ilk kavramsal çerçevelerini genişleterek profesyonel faaliyetler, bilimsel değerler, sosyal onay ve yayılım ile bilimin sosyal değerleri gibi kategoriler eklemiştir. Bilimi yalnızca bilişsel bir sistem değil, aynı zamanda işbirlikçi ve rekabetçi bir topluluk pratiği olarak tanımlamanın yanı sıra, topluma entegre olmuş dinamik bir sosyal kurum olarak da ele almışlardır (Irzik ve Nola, 2014).

Erduran ve Dagher (2014a), Irzik ve Nola'nın bilimsel kavramlaştırmasına yeni bir boyut kazandırarak, bilimi hem düşünsel bir üretim alanı hem de sosyal yapılarla bütünleşmiş çok katmanlı bir sistem olarak tanımlamışlardır. Bu kapsamda, bilimsel süreçleri açıklamak üzere yalnızca bireysel etkinliklere değil; kurumlar arası ilişkiler, ekonomik kaynaklar ve politik

yapılar gibi dışsal etmenlere de yer vermişlerdir. Özellikle "bilimsel pratikler" kavramını öne çıkararak, gözlem ve deney gibi uygulamaların yalnızca teknik faaliyetler olmadığını, aynı zamanda sosyal bağlam içinde şekillendiğini vurgulamışlardır. Ayrıca bu yaklaşımı eğitim bağlamına taşımak amacıyla, öğretim programı uygulamaları, ölçme-değerlendirme süreçleri ve sınıf içi etkileşimlere ilişkin örneklerle modelin eğitsel niteliğini pekiştirmişlerdir. Böylece, bilimin doğasına ilişkin bu çerçevenin öğretim süreçlerine entegre edilmesi kolaylaşmış ve ABY yaklaşımı bu araştırmanın kuramsal temelini oluşturmuştur.

ABY, bilimin bilişsel, epistemik ve sosyal-kurumsal yönlerini bütüncül şekilde ele alan ve bu yönleri görsel modellerle destekleyen yenilikçi bir çerçevedir. Lederman vd. (2002), Allchin (2011), Matthews (2012) ve Clough (2006) gibi diğer BD yaklaşımları bu boyutları açıklasa da, görsel sunumlar içermemektedir. Öğrencilerin BD'yi farklı sınıf düzeylerinde anlayabilmeleri için BD öğretiminin tutarlı ve aşamalı biçimde yapılandırılması gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilen ABY çarkı (Şekil 2.1), bilimi kapsamlı ve etkileşimli bir sistem olarak sunar. Çarkın iç halkası bilişsel-epistemik; dış halkaları ise sosyal-kurumsal kategorileri temsil eder. Bu kategoriler arasında bilimsel bilgi, yöntemler, amaçlar, sosyal değerler, mesleki etkinlikler, finansal sistemler ve politik yapılar gibi başlıklar yer alır (Erduran ve Dagher, 2014a).



Şekil 2.1. Aile benzerliği yaklaşımı çarkı (Erduran ve Dagher, 2014a)

ABY çarkı, bilimin toplumsal düzenden ayrı düşünölemeyeceğini ve her kategorinin birbiriyle etkileşim içinde olan bir bütün oluşturduğunu göstermektedir. Erduran ve Dagher (2014a), ABY'nin her bir kategorisi için “Bilimin Üretken Görselleri” adı verilen görseller geliştirmiştir. Bu görseller, bilimin doğasını öğretmek amacıyla bir araç olarak kullanılmak üzere tasarlanmış olup, ilgili kategoriler altında tanıtılacaktır.

2.2.1. Amaçlar ve değerler

ABY kapsamında bilimin bilişsel ve epistemik yönlerini açıklamak için iç tabakadaki ilk kategori olarak “amaçlar ve değerler” ele alınmaktadır. Epistemik, bilişsel, kültürel, sosyal, politik ve etik boyutlar içeren bu değerler, bilimi bilişsel-epistemik bir sistem olarak tanımlar (Irzik ve Nola, 2014). Epistemik değerler, bilimsel bilginin güvenilirliği ve doğruluğunu belirlerken; bilişsel değerler, bilginin nasıl oluşturulup sunulacağını şekillendirir ve araştırma kalitesini artırır (Popper, 1963). Sosyal değerler ise bilimin kültürel, politik ve etik boyutlarını yansıtarak bilim insanlarının toplumsal sorumluluk, etik ilkeler ve insan haklarına duyarlılıkla hareket etmelerini sağlar (Kuhn, 1977; Irzik ve Nola, 2011). Bilişsel-epistemik ve sosyal değerlerin birbiriyle iç içe olduğu ve bilimsel bilgi, sosyo-kültürel çevrenin etkisinden bağımsız olamayacağını anlatan ABY’de bu bütüncül yapı, üçgen biçimindeki temsille görselleştirilmiştir (Erduran ve Dagher, 2014a).



Şekil 2.2. Bilimin amaç ve değerleri (Erduran ve Dagher, 2014a)

Şekil 2.2’de bilimin amaç ve değerleri epistemik, bilişsel ve sosyal sistemler şeklinde sınıflandırarak birbirleriyle bağlantılı oldukları gösterilmiştir (Erduran ve Dagher, 2014a). Erduran ve Dagher (2014a), bilimin amaç ve değerlerini bir üçgenin köşelerine yerleştirirken,

ahlak ve etik unsurlarını da bu amaç ve değerlerin bir parçası olarak ele almışlardır. Ancak, bu unsurları sosyal, kültürel ve politik bağlamlarla ilişkilendirerek sosyal ve kurumsal sistemlerde detaylandırmışlardır.

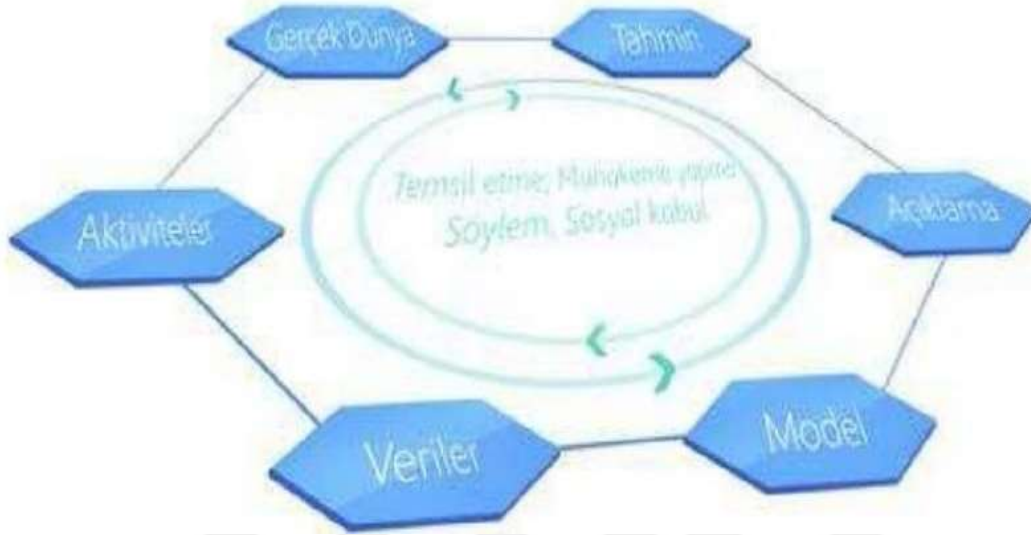
Bilimin amaç ve değerleri (AVD), bilim insanlarının objektif bir tutumla, önyargılardan uzak şekilde çalışmalar yürütmesini; özgün, yaratıcı ve yenilikçi çıktılar üretmesini; doğruluk ve dürüstlük ilkelerine bağlı kalmasını; eleştirel görüşlere açık olmasını ve toplum yararına çözümler üretmesini hedefler (Allchin, 1999; Erduran ve Dagher, 2014; Irzik ve Nola, 2014). Epistemik ve bilişsel amaçlar, sağlam ve mantıklı veri temeline dayalı araştırmalar gerçekleştirmeyi, açıklıkla değerlendirme yapmayı ve sorgulamaya açık olmayı içerirken; sosyal değerler, bilimsel süreçlerde dürüstlük, tüm görüşlere saygı ve insanlığa hizmet etme gibi ilkeleri kapsar.

Erduran ve Dagher (2014a) fen öğretiminde anlamlı ve etkili bir öğrenme süreci oluşturmanın, bilimin bu çok yönlü amaç ve değerlerinin ders içeriğine dâhil edilmesiyle mümkün olacağını savunmaktadır. Öğrencilerin bilimsel bilgilerin nasıl üretildiğini ve uygulamaların nasıl geliştiğini anlayabilmeleri, kavramsal öğrenmelerini derinleştirebilmeleri ve bilginin üretiminde yer alan bireylerin taşıdığı değerlerden kaynaklanabilecek yanlışlıklara karşı farkındalık kazanmaları açısından AVD'nin öğretimi büyük önem taşır (Irzik ve Nola, 2011; Allchin, 1999; Erduran ve Dagher, 2014a). Ayrıca, fen öğretiminde bilişsel-epistemik ve sosyal değerlere yer verilmesi, öğrencilerin yalnızca bilgi edinmesini değil, eleştirel düşünme ve kanıta dayandırma becerilerini de geliştirmesine olanak tanır (Allchin, 1999; Erduran ve Dagher, 2014a).

2.2.2. Bilimsel pratikler

Bilimsel pratikler, öğrencilerin bilimsel hedeflerini gerçekleştirerek bilimsel süreçlere etkin bir şekilde katılmalarını sağlayan fen eğitiminin önemli bir bileşenidir (Duschl ve Grandy, 2013). Çünkü bilimsel pratikler; bilgi üretme, bu bilginin neden üretildiğini anlama, elde edilen bilgiyi test etme, değerlendirme ve geliştirme gibi temel işlevler üstlenir. Ancak, pek çok fen bilimleri müfredatı bilimsel pratikleri yalnızca ürün odaklı ya da süreçten kopuk şekilde ele almakta; bu da bilimin dinamik ve bütüncül doğasını öğrencilere aktarmada yetersiz kalmaktadır. Bu sınırlılığı aşmak amacıyla Erduran ve Dağher (2014a), bilimsel ürünler ve süreçleri birleştirerek bunları bilimsel pratikler başlığı altında bütüncül biçimde tanımlamışlardır. Onlara göre bilimsel pratikler; gözlem yapma, deney tasarlama, sınıflandırma, ölçüm yapma, model oluşturma, açıklama geliştirme ve elde edilen kanıtları değerlendirme gibi etkinlikleri kapsar. Bu yaklaşım, öğrencilerin yalnızca bilimsel içerikleri

öğrenmelerini değil, aynı zamanda bilim insanlarının kullandığı yöntemleri ve akıl yürütme süreçlerini deneyimleyerek bilime dair daha derin ve işlevsel bir anlayış geliştirmelerini hedefler. Dolayısıyla, bilimsel pratiklerin öğretime entegrasyonu, öğrencilerin hem kavramsal anlamda hem de süreç becerileri açısından daha donanımlı bireyler olarak yetişmelerine katkı sunmaktadır.



Şekil 2.3. Benzen halkası benzetmesi (Erduran ve Dagher, 2014a)

Erduran ve Dagher (2014a), bilimsel pratikleri ve bunların değişken konumlarını benzen halkası analogisiyle temsil etmiştir. Bu analogiye göre, bilimin epistemik ve bilişsel kategorileri karbon atomlarıyla, sosyal boyutları ise kimyasal bağlarla ilişkilendirilmiştir. Şekil 2.3'e göre, bilimsel pratiklerin epistemik ve bilişsel unsurları karbon atomlarıyla simgelenmiştir. Sosyal boyutlar ise temsil, söylem, akıl yürütme ve sosyal onay kavramlarıyla, karbon atomlarının çevresindeki elektronlar şeklinde gösterilmiştir (Erduran ve Dagher, 2014a). Benzen halkasında yer alan bu unsurlar, kendi aralarında sürekli bir şekilde etkileşime girebilmekte ve konumlarını değiştirebilmektedir. Halkadaki bağların hareketi, sosyal kategorilerin epistemik ve bilişsel uygulamalarla bütünleşik bir şekilde etkileşime girmesine olanak tanır. Ayrıca sosyal kategoriler yönlü oklarla ifade edilmiştir; bu da bu kategorilerin akışkan olduğunu ve süreç içinde rafine edilebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, benzen halkası analogisi hem bilimsel pratikleri sistematik ve bütünsel bir biçimde göstermekte hem de bu pratiklerin öğretimi için pedagojik bir araç olarak işlev görmektedir (Erduran ve Dagher, 2014a).

2.2.3. Yöntemler ve yöntemsel kurallar

Fen eğitiminde, bilimsel yöntemlerin aşamalı olarak devam eden bir süreci temsil ettiği yaygın bir anlayış bulunmaktadır. Bu süreç, sorular sormakla başlayıp, arka plan araştırması yapmak, ardından bir hipotez oluşturmak ve bu hipotezi deney yoluyla test etmek, verileri analiz etmek, bir sonuca varmak ve sonuçları rapor etmek şeklinde devam eder. Ancak bu tür bir sıralama, bilimsel alanlarda değişkenlerin manipülasyonu veya hipotez testi içermeyen çalışmaların (örneğin, evrim teorisi üzerine yapılan araştırmalar) güvenilirliğini azaltmaktadır. (Dagher ve BouJaoude, 2005). Bilimde tek bir yöntem olmadığı anlayışı, bilimsel yöntemi açıklamak açıklayan uzlaşî görüşünün ilkelerinden biridir (Abd-El-Khalick, Bell ve Lederman, 1998). Bilimde tek bir evrensel yöntem bulunmadığı, yöntem çeşitliliğinin bağlama göre belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Duschl, 1994). Doğrudan, dolaylı ve tarihsel yöntemlerin hangisinin ne zaman kullanılacağına bilinmesi, bilimsel düşünme açısından önemlidir. Ayrıca deney, gözlem ve çıkarıma dayalı farklı yolların da güvenilir bilgi sağlayabileceği belirtilmektedir (Wilson, 1998). Bu durum, bilimsel yöntemin sabit bir yapıdan ziyade esnek ve duruma göre uyarlanabilir bir süreç olduğunu ortaya koyar. Bu bağlamda, alan yazında farklı yöntemlerin ve kanıt türlerinin nasıl mümkün olduğu ve kullanılabileceği konusunda alternatif açıklamalar sunulmuştur (Windschitl, Thompson, ve Braaten, 2008). Erduran ve Dagher (2014a), manipülatif, manipülatif olmayan, hipotez test eden ve hipotez test etmeyen yöntemler aracılığıyla gözlemsel ve deneysel bilimsel yöntemleri tanımlamıştır. Erduran ve Dagher (2014a), bu yöntemleri "dişliler" görseliyle açıklamışlardır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Kanıtların uyumlu kullanımı (Erduran ve Dagher, 2014a)

Fen eğitiminde, bilimsel yöntem çeşitlerini öğretmek amacıyla geliştirilen dişli çark görseli, hipotez test etme, test etmeme, manipülatif ve manipülatif olmayan betimlemeler gibi farklı yaklaşım türlerini görselleştirmek için etkili bir pedagojik araç olarak kullanılabilir (Erduran ve Dagher, 2014a). Bu model, farklı bilimsel stratejilerin bir arada nasıl işlediğini ve çeşitli araştırmalarda elde edilen kanıtların bütünlük oluşturmadaki rolünü yansıtır (Erduran ve Dagher, 2014b; Brandon, 1994). Dişli çark benzetmesi, farklı bilim disiplinlerinin kendine özgü yöntem ve yaklaşımlarla nasıl çalıştığını karşılaştırmalı biçimde ortaya koyar. Bu benzetme sayesinde öğrenciler, bilimsel bilginin her zaman aynı yollarla üretilmediğini, disiplinlerin araştırma amaçlarına göre farklı yollar izlediğini anlayabilir. Böylece bilimsel sürecin tekil bir yapıda değil, çeşitli stratejilerle şekillenen esnek bir yapıda olduğunu keşfetmeleri desteklenir (Erduran ve Dagher, 2014a). Fen öğretiminde yöntemlerin tanımları doğrudan verilmek yerine, öğrencilerin hangi bilimsel yöntemi kullanacaklarına karar vererek sürece katılmaları teşvik edilmelidir. Bu tür bir yaklaşım, öğrencilerin bilimin doğasını yalnızca teorik düzeyde değil, uygulamalı olarak da kavramalarına yardımcı olur (Dagher ve BouJaoude, 2005; Erduran ve Dagher, 2014a). Ayrıca fen derslerinde öğrencilerin kendi araştırma sorularını üretmeleri, farklı yöntemlerle nasıl çalışılacağını deneyimlemeleri ve bilimsel süreçleri çeşitliliğiyle tanımları hedeflenmelidir. Böylece, bilimsel alanların her birinin kendine özgü yöntemlerle nasıl bilgi ürettiği daha bütüncül bir biçimde anlaşılabilir.

2.2.4. Bilimsel bilgi

Bilimsel bilgi (BB), bilim insanlarının araştırmalar sonucunda ulaştıkları bulguların bir ürünüdür ve bilimsel araştırmaların temel sonucunu oluşturur. Bilimsel yöntemler ve uygulamalar aracılığıyla elde edilen bu bilgiler, teoriler, yasalar ve modeller şeklinde somutlaşarak bilimsel araştırmaların en önemli çıktıları haline gelir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimsel bilgi, teoriler, yasalar ve modellerden oluşur; bu unsurlar bir arada çalışarak yeni bilgi üretir, doğrular ve tutarlı açıklamalar sunar. Ayrıca, bir araya geldiklerinde, tahmin ve açıklama kapasitesi açısından parçalarının toplamından daha büyük bir bütün oluştururlar. Bu aşamada, bilimsel bilginin büyüme süreçlerini anlamak, fen eğitiminin bir amacına hizmet eder ve dinamik bilgi birikimini zenginleştirerek bilginin büyümesine yol açar. Erduran ve Dagher (2014b) tarafından ortaya konulan bu mekanizma, alan özgüllüğü ile bilimsel anlayışa götüren bilgi türleri arasındaki ilişkileri ifade etmeyi amaçlamaktadır. Benzer şekilde, Kuhn (1970) tarafından ortaya atılan paradigma değişimi, bu kavramla benzerlik göstermektedir. Paradigma değişimi, bir yasa, teori veya modelde bir uyumsuzluk olduğunda, bu durum yerini alabilecek

The diagram illustrates the relationship between scientific analysis and theories-laws-models. It features a large blue rectangle divided into two main sections. The left section is labeled 'Teoriler-Yasalar-Modeller' and contains a smaller, nested version of the same rectangle. The right section is labeled 'Bilimsel Analiz'. Arrows indicate a cyclical relationship: an arrow points from the bottom of the left section to the bottom of the right section, and another arrow points from the top of the right section back to the top of the left section. A third arrow points from the top of the right section to the top of the nested rectangle on the left, and a fourth arrow points from the bottom of the nested rectangle back to the bottom of the right section.

42

olabilir, çünkü bu üç unsur bilgi üretmek için birlikte çalışsa da her birinin yapısı alanlara özgü olabilir (Duschl, 1990). Teori-yasa-model çerçevesi, bilimsel bilginin büyümesini gösteren bir görsel olmasının yanı sıra, etkili öğretim stratejileri sunan öğretmenler için tutarlı ve dinamik bir sistem sağlayan pedagojik bir araç olarak da önemlidir (Erduran ve Dagher, 2014b). Sınıf içi uygulamalarla teori-yasa-model bileşenlerini derslere dahil ederek açıklayıcı bir şekilde vurgulamak, ders kitaplarında verilen uygulamaları teori-yasa-model bütünselliğinde geliştirerek öğrencilere sunmak ve modelleri kavramsal araçlar olarak ön plana çıkarmak, öğrenci ve öğretmenlerin kendilerini geliştirmeleri ve bilimde neyi, neden ve nasıl bildiğimizi anlamaları açısından oldukça önemlidir (Duschl ve Erduran, 1996; Erduran ve Dagher, 2014a).

2.2.5. Sosyal-kurumsal sistemler

Bilimi gerçek ve bütüncül olarak tanımlamak istersek sadece epistemik-bilişsel olarak değil aynı zamanda sosyal normlar ve sosyal yapıları da içeren bir girişim olarak ifade edebiliriz (Woodcock, 2014). Irzik ve Nola (2014), bilimin sosyal yönünü dört ana kategori altında sınıflandırmıştır: sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler ve bilimsel değerler sistemi. Ancak, Erduran ve Dagher (2014a), bu sınıflandırmayı yetersiz bularak dört kategoriye üç yeni unsur eklemişlerdir: finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler ile politik güç yapıları (Şekil 2.1). Bu genişletilmiş sınıflandırmaya dayanarak, sosyal-kurumsal sistemin yedi kategorisini ve aralarındaki bütünleşik bağı temsil eden bir model geliştirmişlerdir. Şekil 3'te yer alan bu modelde, ikinci katmanda sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler ve bilimsel değerler sistemi bulunurken, en dış katmanda ise finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler ile politik güç yapıları yer almaktadır. Sosyal-kurumsal sistemlere ait kategoriler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Sosyal Değerler (SD): Bilim insanların toplum yararına kullanabilecekleri bilimsel çalışmalar yürütmesinin beklendiği bu kategori, aynı zamanda bilimin özgürlük, sosyal fayda ve çevreye saygı gibi değerleri içerdiğini ifade eder (Erduran ve Dagher, 2014a; Irzik ve Nola, 2014).

Sosyal Kabul ve Yayılım (SKY): Bilim insanların eserlerini ve çalışma sonuçlarını konferanslarda sunması, çalışmalarına dair makaleler hazırlaması, bu makaleleri bir dergide yayımlaması ve hakem değerlendirme süreçler bu kategoriye dahil edilir. Bu sayede bilim insanları arasında iletişim kurulur. Ayrıca çalışmaların incelenmesi ve eleştirilmesi kolaylaştığı için bilimsel bilgi üretimi de desteklenir (Woodcock, 2014).

Profesyonel Etkinlikler (PE): Bu kategori konferanslara katılmak, makaleler yayımlamak, fon kaynakları aramak ve teklif yazmak gibi faaliyetleri kapsar. Bilim insanların

profesyonel gereklerinden olan bilimsel bilgi sürecini tamamlamak, sunum yapmak ve araştırma yürütmenin önemi henüz yeterince anlaşılmasa da, bilim insanları bu profesyonel becerilere ihtiyaç duymaktadır (Erduran ve Dagher, 2014a).

Bilimsel Değerler (BDE): Bilim insanlarının, bilimsel etkinliklerini yürütürken araştırmaları sırasında ve diğer meslektaşlarıyla iletişimlerinde sergilemeleri beklenen normlar ve kurallar bilimsel değerler olarak tanımlanır (Irzik ve Nola, 2014; Erduran ve Dagher, 2014a). Bu bağlamda, Resnik'in normları olarak adlandırılan sosyal sorumluluk, entelektüel dürüstlük, çevreye saygı, özgürlük, yasallık, ayrımcılık yapmama ve gizlilik gibi etik davranışlar, bilimsel araştırmalarda ön plana çıkan temel değerler arasında yer almaktadır (Resnik, 2005).

Finansal Sistemler (FS): Bilimsel çalışmaların yürütüldüğü aşamada bilim insanlarının karşılaştığı ekonomik sorunları ifade eder. Bu sistemler, üniversiteler ve araştırma kurumları ile devletler ve hükümetler arasındaki iletişimi ele alır (Erduran ve Dagher, 2014a). Bilim insanlarının çalışmalarını sürdürebilmek için finansal kaynak arayışında otoritelerden yardım istemesi gereklidir. Finansal dinamikler, bilimsel araştırma süreçlerini doğrudan etkiler (Erduran ve Mugaloğlu, 2013).

Sosyal Kurumlar ve Etkileşimler (SKE): Bu kategori, üniversiteler, araştırma merkezleri ve endüstriyel sistemler gibi bilim insanlarının bilimsel bilgi üretmek için çalıştığı kurumları ön plana çıkarmaktadır. Bu kurumlarda, bilim insanları etkileşim halinde birlikte çalışır ve kurumsal dinamikler anlaşılabilir kurumsal yapı içerisinde herkesin rolü belirlenir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Politik Güç Yapıları (PGY): Hükümetlerin ekonomik yapıları, politikaları, ideolojileri ve kültürel yapıları ile bilimsel bilgi üretme girişiminde bulunan bilim insanları arasındaki etkileşimi anlatan bu kategoride, çıkarların ırk ve cinsiyetin etkisiyle nasıl bir iletişimde olduğu ifade edilmektedir. Hükümetlerin bilimin üzerindeki kritik rolünü ve bilimin politik amaçları içermesindeki çarpıcı sentezleri anlamak, bilimsel bilgi üretim sürecinde önemlidir (Erduran ve Dagher, 2014a; Erduran vd., 2021).

Öğrencilerin bilimsel süreçler hakkında farklı yönlerde farkındalık kazanmalarını sağlamak ve bilimsel tartışmalara daha aktif katılarak bununla ilgili etik değerleri gözetmeleri için sosyal ve kurumsal sistemlerin geniş bir perspektifle öğretilmesi gerekir. Sonuç olarak, sosyal ve kurumsal yönleri de en az bilişsel ve epistemik yönler kadar geliştirilen ve derinlemesine işlenen bilimin doğası eğitiminin bütüncül bir bakış açısıyla okullarda ele alınması, öğrencilerin farkındalıklarını geliştirmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

2.3. Fen Eğitiminde Bilimsel Sorgulamaya Dayalı Öğrenme

İlk olarak 1962 yılında Richard Suchman tarafından ortaya konulan sorgulama dayalı öğrenme, öğrenci merkezli bir öğrenme yaklaşımıdır (Joyce, Weil ve Calhoun, 2009). Fen eğitimi alanında yapılan araştırmalara göre, bu yöntem, öğrencilerin bilimsel konuları kapsamlı ve derinlemesine anlamalarını sağlayan en etkili ve özgün yöntemlerden biridir (Singer, 2007). Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrenme ve öğretme yöntemi olarak bilimsel sorgulamayı ve bilimsel süreç becerilerini kullanan soru sorma, yeni fikirler keşfetme ve araştırma yapma gibi süreçler içermektedir (Annisa ve Rohaeti, 2018). Bunun yanında, bilimsel konuların bilimsel bir yaklaşımla öğrenildiği ve planlama, test etme, hipotez oluşturma, veri toplama ve sonuç çıkarma gibi birçok bileşeni içeren bir süreçtir (Nuangchalerm, 2014).

Bilimsel süreç becerileri, öğrencilerin bilimsel düşünme ve sorgulama becerilerini geliştirmelerinde temel bir rol oynasa da, bu becerilerin yalnızca teknik ve prosedürel bilgi ile sınırlı olması yeterli değildir. Yapılan her sorgulama bilimsel olmamakla birlikte, sorgulama ile birleştirilen bilimsel süreç becerileri, bilimsel sorgulamanın temelini anlaşılmamasını sağlayabilir; ancak bu, öğrencilerin bu süreci tam olarak kavrayacakları garantisini vermez (Duruk, Kılınç ve Elmas, 2024). Lederman vd.'e göre (2014) bilimsel sorgulama, genel bilimsel süreç becerilerinin geleneksel bilimle, yaratıcılık ve eleştirel düşünme ile birleşerek bilimsel bilgi geliştirilmesini ifade eder. Bilimsel sorgulama süreci, yalnızca veri toplama ve hipotez test etme gibi başlangıç aşamalarına dayanmaz; aynı zamanda öğrencilerin yaratıcı düşünme ve eleştirel analiz yapabilme yeteneklerini de içermelidir. Bu bağlamda, bilimsel yaratıcılık, öğrencilere yalnızca mevcut bilgiyi kullanma değil, aynı zamanda yeni çözümler ve fikirler geliştirme fırsatı sunar. Eleştirel düşünme ise, öğrencilerin bilimsel iddiaları ve sonuçları sorgulamalarını, alternatif açıklamalar ve çözüm yolları aramalarını teşvik eder. Yaratıcı ve eleştirel düşünme becerilerinin bilimsel süreç becerileriyle birleşmesi, öğrencilerin daha derinlemesine ve anlamlı bir öğrenme deneyimi yaşamalarını sağlar. Böylece, bilimsel sorgulama becerileri, sadece basit bir prosedür takibinden çok daha fazlasını ifade eder ve öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini bütünsel bir şekilde geliştirmelerini sağlar (Pedaste vd., 2012).

Bununla birlikte, Ulusal Fen Eğitimi Standartları (NRC, 2000), sorgulama yapabilme becerileri ile bilimsel sorgulamanın belirli özelliklerini anlama arasında bir ayrım yapmaktadır. Bilimsel sorgulama, yalnızca öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda bu süreçlerin altında yatan epistemolojik temelleri ve mantığı anlamalarını da gerektirir (Duruk vd., 2017). Öğrencilerin, bilimsel sorgulama süreçlerini uygularken bu süreçlerin ne anlama geldiğini ve nasıl çalıştığını derinlemesine anlaması önemlidir. Ancak,

öğretim programları genellikle öğrencilerin bu becerileri uygulamalarını teşvik ederken, epistemolojik ve metodolojik anlayışlarını geliştirmeyi ihmal etmektedir. Araştırmalar, sadece bilimsel süreçleri uygulamanın, öğrencilere bu süreçlerin temelleri ve mantığı hakkında yeterli bilgi sağlamadığını ortaya koymaktadır (Lederman, 2009).

Çoğu zaman, öğrencilerin bilimsel sorgulama hakkındaki bilgisi açıkça değerlendirilmeyip, sorgulama yapan öğrencilerin doğrudan bilimsel sorgulama hakkında anlayışlar geliştireceği varsayılmaktadır. Bu durum öğrencilerin bilimsel sorgulama hakkındaki bilgi düzeylerinin genellikle değerlendirilmediği ve sorgulama sürecini gerçekleştiren öğrencilerin doğrudan bilimsel anlayış geliştireceği varsayılmasından kaynaklanmaktadır. Oysaki öğrencilerin, bilimsel sorgulama süreçlerini tam anlamıyla öğrenebilmeleri için, bu süreçlerin nasıl işlediğine dair derinlemesine bir anlayış geliştirmeleri gerekmektedir. Bu noktada, öğretim yöntemlerinin ve programlarının, öğrencilerin sadece beceri kazanmalarını değil, aynı zamanda bilimsel düşünme süreçlerinin altında yatan mantığı ve teoriyi de kavrayabilmelerini sağlaması gerektiği vurgulanmaktadır (Minner, Levy, ve Century, 2010). Sonuç olarak, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmek kadar, bu becerilerin arkasındaki bilimsel mantığı ve teoriyi öğretmek de önemlidir. Hem beceri kazandırma hem de bilimsel sorgulamanın temel ilkelerini anlama üzerine odaklanan bir eğitim yaklaşımı, öğrencilerin daha derin bir bilimsel anlayış geliştirmelerine olanak tanıyacaktır (Lederman vd., 2014)

Farklı bilim insanları, sorgulamaya dayalı öğrenmeyi çeşitli şekillerde açıklamış ve bu süreçte sorgulama aşamalarına da değinmişlerdir. Deboer (2006) tarafından fikirler ve düşüncelerin araştırılması, araştırmaların bilimsel olarak tasarlanarak yürütülmesi, matematik ve teknolojinin araştırma süreçlerine uygun olarak kullanılması, kanıtlara yer verilerek bilimsel açıklamaların yapılması, yapılan açıklamaların analiz edilmesi ve üretilen bilimsel bilginin yayılması şeklinde bir süreç olarak ifade edilmiştir. Duban ve Yaşar (2009), sorgulamaya dayalı öğrenmeyi öğrencilerin karşılaştırdıkları olayları ve olguları daha iyi anlayabilmek için başvurmaları gereken bir süreç olarak ifade etmektedir. Bu süreçte öğrenciler, farklı düşünceler geliştirebilir, bu düşünceleri kanıta dönüştürerek değerlendirebilir ve ardından bu kanıtları tartışarak yeniden şekillendirebilirler. Ayrıca, bilgiyi doğru bir şekilde edinme sürecini yönetebilen öğretmenler, öğrencilerin elde ettikleri bilgileri yeni durumlara başarıyla aktarabilmelerini sağlar. Minstrell'e (2000) göre ise sorgulama süreçleri cevabı bulunamayan sorularda bile çözüme götüren faktörlerin iyi anlaşılmasını sağlayan bilimin ilerleme sürecini doğru yönlendiren bir aracı olarak görülmüştür.

Maaß ve Artigue'e (2013) göre sorgulamaya dayalı öğrenme, belirli bir reçeteye dayalı bir yöntem değildir. Öğrenciler, dikkat çekici bir problem etrafında, bilim insanı gibi bilimsel süreçlere yönlendirilerek aktif sorgulama yaparlar. Bu süreç, onların düşünme becerilerini geliştirmelerini sağlar ve derinlemesine bir fen okuryazarlığı ile bilimsel iletişim kurmalarına imkân tanır. Kartal (2014) bu konuda sorgulama süreçlerini öğrencilerin bilimsel bilgiye nasıl ulaşacaklarını kendi başlarına keşfettikleri bir süreç olarak tanımlamıştır. Bu süreç, öğrendikleri bilgilerin zihninde yapılandırılmasını sağlar ve böylece daha kalıcı ve etkili bir öğrenme gerçekleşir. Ayrıca, sorgulama yoluyla öğrenme, öğrencilerin bilimsel bilgi üretmek için bilim insanlarının kullandığı yöntem ve uygulamaları takip ederek aynı süreçleri izledikleri bir yaklaşımdır. Daha da önemlisi, bu süreçte öğrenciler bilimi öğrenmekten ziyade bilimin nasıl yapıldığını öğrenirler. Bu nedenle, sorgulama süreci fen eğitiminin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

Lederman vd. (2014) tarafından alan yazında sorgulama becerisine sahip bireylerin öğrenmesi gereken bilgiler bir araya getirilerek bilimsel sorgulamanın sekiz bileşeni oluşturulmuştur. İlköğretimden ortaöğretime kadar ilerleyen sorgulama becerisi yüksek olan öğrencilerin bu bileşenleri doğru bir şekilde öğrenerek yeterli bilgi düzeyine ulaşmaları beklenmektedir (NGSS, 2013). Aşağıda Lederman vd. (2014) tarafından öne sürülen ve alan yazında önemli bir yere sahip olan sekiz bileşen açıklanmıştır.

1. Bileşen: Bilimsel araştırmaların hepsi bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test etmez. Bilimsel bilginin gelişim sürecine bakıldığında, insanlık tarihi için çok önemli olan icatların pek çoğu tesadüfler ya da gözlemler sonucu bulunmuştur. Gözlem yapmak, bilimsel bilginin ilerlemesinde önemli bir rol oynasa da tek başına her zaman yeterli olmayabilir. Bilimsel araştırmalar yaparken öğrenciler her zaman bir hipotez kurarak onu test etmek zorunda değildir. Ancak, başlanan bir araştırma sürecinde, konu ile ilgili onların ilgisini çekecek ve süreç içerisinde yol gösterecek sorular sormaları gerekmektedir (Lederman vd., 2014).

2. Bileşen: Bütün araştırmalarda takip edilen tek bir bilimsel yöntem yoktur. Bilim insanları tarafından yürütülen bilimsel araştırmalarda her zaman tek bir yöntem izlenmez. Çalışmalar, deneysel olarak yürütülebileceği gibi yalnızca doğal gözlem yoluyla da gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, klasik bilim anlayışının aksine, öğrencilere bilimsel çalışmalarda adım adım ve düzenli olarak ilerleyen tek bir yöntem olmadığı öğretilerek yeni yöntemler denemeye teşvik edilir (Lederman vd., 2014).

3. Bileşen: Sorulan soru sorgulama işlemine rehberlik eder. Aynı araştırma sorusuna farklı yöntemlerle yanıt arayan bilim insanları, sordukları sorular rehberliğinde araştırmanın etik değerler, deney ve gözlem sınırlılıkları, çevresel duyarlılık gibi kısıtlamalarını göz önünde

bulundurarak kendilerine uygun bir yöntem belirlerler. Belirlenecek yöntem ile araştırma sorusu arasındaki etkileşim fark edilerek araştırma süreci şekillendirilmelidir. Öğrencilerin soru sormasının, araştırma yöntemini belirlemede etkin rol oynayacağını bilerek ilerlenmelidir (Lederman vd., 2014).

4. Bileşen: Aynı işlemi yapan bilim insanları aynı sonuçlara ulaşmayabilirler. Farklı sorgulama yöntemlerini kullanan bilim insanlarının yaşadıkları ortamlar, deneyimleri, inanışları, kısacası bireysel farklılıkları göz önüne alındığında, elde ettikleri verileri yorumlamaları da farklı olacaktır. Bu sebeple, aynı araştırma sorusunu takip eden iki bilim insanının farklı sonuçlara ulaşabileceği öğrencilere öğretilmeli ve sorgulama sürecinin araştırma sürecini ve sonucunu etkilediği vurgulanmalıdır (Lederman vd., 2014).

5. Bileşen: Sorgulama işlemi sonuçlara etki eder. Bilimsel araştırma sürecinde seçilen sorgulama yöntemi veri elde etme sürecini, elde edilen verilerin yorumlanmasını, değişkenlerin kontrol yöntemini ve tüm bu sürecin analiz edilme biçimini etkiler. Yürütülen çalışmalara gelişen teknolojinin katkılarıyla sorgulama sürecinde elde edilen sonuçların karşılaştırmasıyla farklı sonuçlara ulaşılabilmesi öğrenciler tarafından bilinmelidir (Lederman vd., 2014).

6. Bileşen: Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmak zorundadır. Yapılan araştırmalar sonucunda bulgular, verilerle doğrulandığında daha güçlü ve güvenilir olur. Araştırma sürecinde güvenli bir yöntem seçilen çalışmanın sonucunda ortaya çıkan iddialar da daha güvenilir ve geçerli olur. Bu nedenle bilimsel çalışmalarda sonucunda yaşanan gelişmelerin verilerle desteklendiği gibi öğrencilerin de iddialarını verilerle doğrulaması gerektiğini bilmesi gerekir (Lederman vd., 2014).

7. Bileşen: Bilimsel veri ile bilimsel kanıt aynı şey değildir. Bilimsel kanıt ve bilimsel veri, çoğu zaman süreç içinde karıştırılan iki kavramdır. Bilimsel veri, bilim insanının araştırma sürecinde topladığı ham bilgileri ifade ederken, bilimsel kanıt, bu verilerin yorumlanmış halidir. Öğrencilerin bu iki kavram arasındaki farkı net bir şekilde anlaması, kavramsal karışıklıkları ve araştırma süreçlerinde meydana gelebilecek hataları önleyebilmek açısından büyük önem taşır (Lederman vd., 2014).

8. Bileşen: Çıkarımlar, toplanan verilere ve önceden bilinenlere dayanılarak yapılır. Yapılan araştırmalar sırasında bilim insanları, kendilerinden önce benzer çalışmalar yürütmüş araştırmacıların çalışmalarından ayrı bir yerde değildir. Bilim insanları, kendi çalışmalarına benzer önceki çalışmalardan yararlanarak, diğer araştırmacıların topladıkları verileri ve yaptıkları yorumları referans alabilirler. Örneğin, bir paleontolog, bulduğu dinazor kemiklerini bir araya getirmek için önceki çalışmalardan faydalanarak iskeleti oluşturur. Öğrencilerin, tüm bilimsel çalışmaların her zaman deneysel verilerle sınırlı olmadığını, bazen geçmişteki

bilgilerin yeni verilerle sentezlenip yeniden yorumlanarak değerlendirilebileceğini anlamaları gerekir (Lederman vd., 2014).

Bilimsel sorgulama sürecinin sekiz bileşeninin gelişmesi, öğrencilerin bilimsel sorgulamaya ilişkin anlayışlarının olgunlaşması için kritik bir adımdır. Bu bileşenlerin doğru bir şekilde kavranması, öğrencilerin bilim insanlarının çalışma yöntemlerini, bilginin nasıl üretildiğini ve bilimsel bilginin hangi koşullarda kabul göreceğini anlamalarını sağlar. Ancak, bu bileşenlerin ezberlenerek değil, yaparak ve yaşayarak öğretilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bu süreç, eleştirel düşünmeyi teşvik eden ve bilimsel süreç becerilerini içeren bir yaklaşıma gerektirir. Öğretmenler, bu becerileri geliştirirken sekiz bileşeni doğrudan ezberletmek yerine, öğrencilerin deneyim yoluyla öğrenmelerine fırsat tanımalıdır. Sadece bilimsel süreçleri uygulamak, öğrencilerin bilimsel sorgulamanın doğasını anlamalarını sağlamaz. Bu nedenle, sorgulamaya dayalı öğretim, öğrencilerin hem bilimsel süreçleri uygulamalarını hem de bu süreçlerin ardındaki temel ilkeleri anlamalarını hedeflemelidir (Duruk vd., 2024). Lederman vd. (2014) sorgulama süreçlerine ilişkin anlayışların, bilimsel okuryazarlığın önemli bir parçası olduğunu belirtmiş ve bu nedenle sorgulama süreçlerinin öğrencilere açıkça öğretilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Sorgulamaya dayalı öğretime derslerinde yer vermek isteyen bir öğretmenin, bilimin doğasına, bilimsel içeriklere, öğrencileri sürece dahil etmeye ve bilimsel konuları derinleştirme anlayışına sahip olması gerekmektedir. Sorgulayıcı bir öğrenme ortamı oluşturmayı başaran bir öğretmen, öğrencilerin sorumluluk alarak becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Başka bir deyişle, öğretmenin, öğrencilerin iş birliği içinde araştırmalar yaparak becerilerini geliştirebilecekleri ve aktif iletişim kurabilecekleri bir ortam sağlaması önemlidir. Ayrıca öğretmen, sunduğu problem durumu ile öğrencileri farklı fikirler üretmeye teşvik eder ve düşünme becerilerini geliştirmeleri konusunda onlara rehberlik eder (Kartal, 2014; Duruk vd., 2024).

Windschitl, Thompson ve Braaten (2008) tarafından yapılan bir araştırmada, öğretmenlerin bilimsel sorgulamayı anlamadıkları ve yeterince içerik bilgisine hâkim olmadıkları vurgulanmıştır. Hatta eğitim programlarında sorgulamaya dayalı öğrenme süreçlerinin yer almasına rağmen, öğretmenler bu süreçleri tam anlamadıkları için etkili bir şekilde kullanamadıklarına değinilmiştir (Soprano ve Yang, 2013). Bu sebeple, sorgulamaya dayalı öğrenme sürecine hâkim olmayan öğretmenler bilimin doğasına ilişkin sınırlı içerik bilgisi, sorgulamaya dayalı öğretimdeki yetersizlik ve deneyimsizlik, sorgulamaya yönelik yetersiz anlayış ve öğretim materyali hazırlamada yaşanan eksiklikler gibi sorunlarla karşılaşmaktadır (Bencze, Bowen ve Alsop, 2006; Zacharia, 2003).

Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmeleri ve fenle ilgili kavramları derinlemesine anlamaları için kritik bir alandır. Bu çerçevede, fen eğitimi standartları yalnızca fen içeriği öğretmekle kalmaz, aynı zamanda sorgulamaya dayalı öğrenme süreçlerini de içerir (NRC, 1996). Sorgulama süreçleri, öğrencilerin etkili iletişim kurmalarını, veriye ve kanıta dayalı açıklamalar yapmalarını, veri toplama ve analiz etmesini, araştırmayı planlayıp yürütmesini ve bilimsel sorular sormasını teşvik eder (NRC, 2000). Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin sorulara cevaplar bulmaya aktif bir şekilde katılmalarını sağlar, onları materyallerle olguları keşfetmeye, araştırma yapmaya, deneyim edinmeye ve gözlemler yapmaya yönlendirir. Bu süreç, öğrencilere bilimsel fikirlerin bilgisi ve anlaşılmasını geliştirirken, gerçek bir bilim insanı gibi çalışma deneyimi kazandırır. Bu çerçevede, sorgulamaya dayalı öğretimin temel ilkeleri belirlenmiştir. Bu ilkeler öğrencilerin bilimsel merak geliştirmesi, araştırmaya değer sorular oluşturma, bilimsel kanıtlar toplayarak bunları analiz etmesi, elde edilen veriler doğrultusunda mantıklı ve geçerli açıklamalar üretmesi, bilimsel açıklamalarını önceki bilgi ve deneyimleriyle karşılaştırarak değerlendirmesi ve fikirlerini geliştirmesi, ayrıca bu açıklamaları kanıtlara dayalı argümanlarla destekleyerek akranları ve öğretmenleriyle paylaşmasını içermektedir (NRC, 2000). Bu yaklaşım, öğrencilerin bilimsel süreçleri deneyimleyerek öğrenmesini sağlarken, eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini de güçlendirmektedir.

Öğrencilerin bilimsel sorgulama süreçlerini doğru bir şekilde anlayabilmesi ve bu konuda düşünce geliştirebilmesi için, sınıfta uygulanan sorgulamaya dayalı öğrenme modelinin, Amerika Araştırma Konseyi (NRC, 2000) tarafından açıklanan beş ana ilkeyi içermesi gerektiği belirtilmiştir.

1. Öğrenciler, doğal olaylar veya bilimsel konular hakkında merak duyar ve araştırmaya değer sorular geliştirirler.
2. Öğrenciler, deneyler yaparak, gözlem yaparak veya mevcut verileri inceleyerek bilimsel kanıtlar toplar ve bunları analiz ederler.
3. Öğrenciler, topladıkları kanıtlara dayanarak bilimsel sorulara mantıklı ve geçerli açıklamalar üretirler.
4. Öğrenciler, bilimsel açıklamalarını önceki bilgi ve deneyimleriyle karşılaştırır, alternatif açıklamaları değerlendirir ve fikirlerini geliştirirler.
5. Öğrenciler, yaptıkları açıklamaları kanıtlara dayalı argümanlarla destekler ve düşüncelerini akranlarıyla veya öğretmenleriyle tartışarak paylaşırlar.

NRC (2000) tarafından "sorgulama becerileri" olarak ifade edilen beş aşama; öğrencilerin beceriler kazanarak bilimsel araştırma süreçlerini deneyimlemelerini, araştırma süreçlerini

kanıtlar toplayarak bilimin temel ilkeleri ile keşfetmelerini, ölçme-değerlendirmenin nasıl yapıldığını öğrenmelerini, bilimin ana unsurlarını keşfetmelerini ve sorgulama sürecini başarılı bir şekilde yönetmelerini sağlar. Sorgulama ve kanıta dayalı öğrenme anlayışı, öğrencilerin aktif bir şekilde bilgi yaratmalarını, eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerini ve karar verme süreçlerinde kanıtlara dayalı, derinlemesine bilgi edinmelerini sağlamayı amaçlar. Bu, geleneksel bilgi aktarımının ötesine geçerek, daha entegre, disiplinler arası bir öğrenme yaklaşımını içerir (Friesen ve Scott, 2013). Benzer şekilde, sorgulamaya dayalı öğrenmenin, öğrencilerin bilimsel düşünme süreçlerini geliştirmede etkili olduğu, ancak bu sürecin başarılı olabilmesi için uygun rehberlik ve kanıta dayalı bir yaklaşımla desteklenmesi gerekmektedir (Lazonder ve Harmsen, 2016). Sonuç olarak, sorgulamaya dayalı öğrenme öğrenciler süreç içerisinde bir probleme çözüm aradığı için bir problem çözme süreci olarak düşünülebilir ve araştırma yapma, veri toplama, kanıta dönüştürme ve analiz etme gibi problem çözme becerilerini kullanmayı gerektirir.

2.4. Fen Eğitiminde Mühendislik Tasarım

Mühendislik kavramının temelleri, ilk çağlarda toplumların yemek, avcılık ve korunma gibi günlük yaşam faaliyetleri ile hayatta kalma çabaları sırasında attıkları adımlara dayanır. O dönemde yaşayan insanlar, basit araçlar icat ederek ihtiyaçlarına yönelik ürünler geliştirmişlerdir. Mühendislik, insanların ekonomik ve toplumsal gereksinimlerini bilim ve teknolojiyi kullanarak farklı yollarla karşılamayı amaçlayan, sanayi devrimiyle birlikte gelişen bir kavramdır. Bir mühendis, toplum yararına uzun süreli bir karayolu veya demiryolu altyapısı geliştirebileceği gibi, küçük bir araç tasarlayarak da fayda sağlayabilir (Alparslan, 2011).

İnsanların günlük hayattaki ihtiyaçlarını karşılamak için belirli bir amaç doğrultusunda oluşturulan sistemler, mühendislik mekanizmaları olarak adlandırılabilir. Sayısal bilimler ve temel bilimler alanında alınan eğitimler ve aktarılan tecrübeler sayesinde, mevcut malzemeler en verimli şekilde kullanılarak aletlere, araçlara, makinelere, büyük yapılara ve süreçlere dönüştürülür. Bir başka deyişle, bilimsel ve teknik kurallar etrafında hayal gücünü ve deneyimlerini kullanarak problemlere çözüm üretme sanatıdır (Hacıoğlu, 2017). Buradan hareketle, mühendislik genel anlamda tasarım yapmak bir problemi çözmeyi işaret eder. Mühendislikte tasarım toplum veya insanlığa fayda sağlayacak bir alet veya makineler için kullanılacak bir parça şeklinde küçük bir unsur olabileceği gibi baraj, karayolu veya köprü gibi büyük bir yapı ya da yenilebilir enerji santrali gibi karmaşık bir sistem de olabilir (Kim vd., 2014). Problem çözme stratejilerini farklı yollarla kullanan biyomedikal mühendisleri, kimya veya elektronik mühendisleri kimi zaman yapay bir organ kimi zaman kimyasal bir süreç veya

bir bilgisayar çipi tasarlayarak aynı süreçleri farklı biçimlerde devam ettirirler (NAE ve NRC, 2009). Sonuç olarak, merkezine tasarımı alan mühendislik; problem çözmek için bir araç üreten, farklı girişimleri kapsayan ve gerektiğinde süreç gelişimine en iyi katkıyı sağlayan bir karar verme yolu olarak tanımlanabilir (NAE ve NRC, 2009).

Bu noktada, mühendislik yalnızca uygulamaya dönük teknik bir süreç olarak değil; aynı zamanda bilgi üretimi, değer temelli karar alma ve sosyal bağlamları dikkate alan çok boyutlu bir yapı olarak da değerlendirilmektedir (Couso ve Simarro, 2020; Barak, Ginzburg ve Erduran, 2022). Bu yönüyle mühendisliğin doğası, BD ile pek çok ortak özellik taşımakta; her iki alanda da sistematik düşünme, kanıta dayalı akıl yürütme ve toplumsal fayda esastır. Alan yazın incelendiğinde, BD'nin yalnızca bilgi ve yöntem boyutuyla değil, aynı zamanda sosyal-kurumsal boyutlarıyla da ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Erduran ve Dagher, 2014a; Irzik ve Nola, 2014). Bu doğrultuda geliştirilen ABY, bilimin doğasını bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal sistemler olarak iki düzeyde ele almakta ve bu yapının mühendislik eğitimiyle entegre edilmesi çağdaş fen eğitimi anlayışına katkı sunmaktadır (Kaya ve Erduran, 2016a; Dagher ve Erduran, 2023; Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025).

İnsanların talep ve gereksinimlerini karşılamak için sınırları çizilmiş problemleri çözüme ulaştıran ve bu süreçte matematik, bilim ve yaratıcılığı kullanan mühendislik becerileri, küçük yaştan itibaren bireylere kazandırılması hedeflenmektedir. Ülkemizde uygulanan eğitim programlarında, disiplinler arası etkileşime önem verilmiş ve STEM uygulamalarından matematik, fen ve teknolojiye büyük ölçüde programda yer almıştır. Böylece programlarda geleneksel anlayıştan uzaklaşarak farklı disiplinlerin bir araya gelmesi sağlanmıştır. Ancak fen öğretim programlarında mühendisliğin öne çıktığı araştırmalar geri planda kalmış ve öğrencilerin mühendislik çalışmalarını derse nasıl dahil edeceklerine dair uygulamalar eksik bırakılmış ya da dolaylı bir biçimde anlatılmıştır. Bu yüzden mühendislik tasarımı fen eğitimiyle birleştiren mühendislik tasarım temelli fen eğitimi (MTTFE) ortaya çıkmıştır (Simarro ve Couso, 2021).

Yapılan araştırmalar sonucunda fen eğitiminin daha ileri seviyelere taşınması için MTTFE'ye yer verilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. MTTFE uygulamalarının devreye girdiği sınıflarda, öğrencilerin mühendislik uygulamalarını kazanmaları hedeflenmektedir. MTTFE kapsamında gerçekleştirilen tasarım aktiviteleri ve fen bilimleri eğitimi, öğrencilerin temel bilgi ve becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (Hacıoğlu, 2017). Bu sayede, erken yaşta eğitim alan bireyler tasarım odaklı düşünme becerileri geliştirerek kapasitelerini ortaya koyma, karşılaştıkları fen kavramlarını uygulama ve somutlaştırma fırsatı bulmaktadır (Karataş, Micklos and Bodner, 2010; Cunningham ve Kelly, 2017). Ayrıca, öğrencilerin gerçekleştirdiği

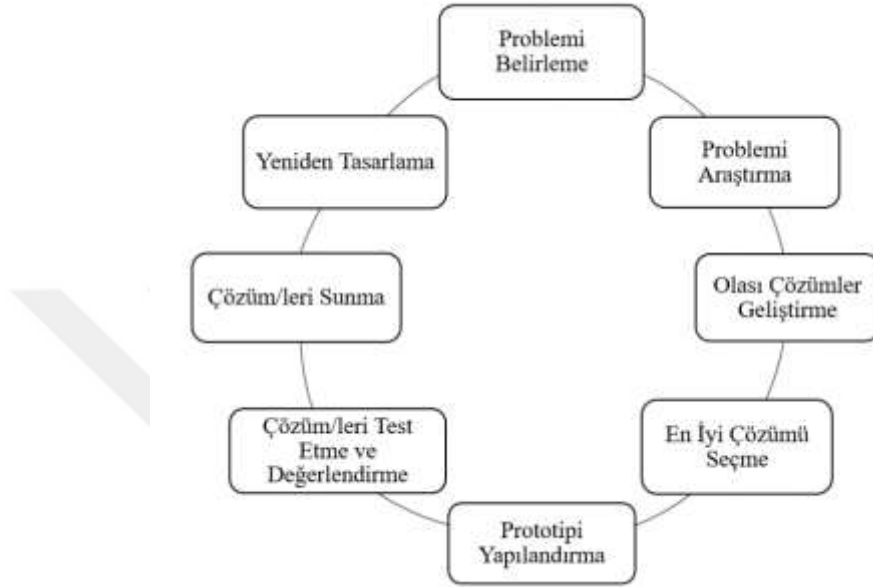
tasarım aktiviteleri profesyonel bir düzeyde olmasa da mühendis olma isteklerini artırdığı, disiplinler arası öğretimin gerçekleştiği, mühendislik becerilerini geliştirdiği, matematik ve fen derslerini daha kolay öğrenmelerini sağladığı ve fen ile teknoloji okuryazarlıklarını ileri taşıdığı görülmektedir (English, Hudson, ve Dawes, 2013).

Bu tez kapsamında sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin sadece bilgiye ulaşmalarını değil; aynı zamanda bu bilgiyi nasıl elde ettiklerini sorgulamalarını, neden-sonuç ilişkileri kurmalarını ve bilimsel süreçleri anlayarak öğrenmelerini sağlayan bir yaklaşım olarak ele alınmıştır. Literatürde birçok farklı tanımlar yer alsa da bu çalışmada sorgulama, öğrencilerin aktif şekilde sorular sorduğu, araştırmalar yaptığı, verilerle düşüncelerini desteklediği ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirdiği bir süreç olarak değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda tezde, sorgulama süreci öğrencilerin düşünme, araştırma ve kanıta dayalı çıkarım yapma becerilerinin birlikte gelişmesini hedefleyen, daha derin ve anlamlı öğrenmeyi önceleyen bir yapı içinde ele alınmıştır.

2.4.1. Mühendislik tasarım süreci

Problemi belirleme, araştırma yaparak olası çözümler geliştirme, en yaratıcı çözümü bulma, prototip oluşturma ve test ederek gerektiğinde revizyon yapma gibi aşamalardan oluşan ürün geliştirme döngüleri, mühendislik tasarım süreci olarak tanımlanır (NRC, 2009). Özkan ve Topsakal'a (2020) göre, mühendislik tasarım süreci; belirli sınırlılıkları göz önünde bulundurarak insanların ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan bir süreçtir ve bu süreç, çalışmalara rehberlik eden, ortaya çıkan sorunları çözmeyi hedefleyen bir yöntem olarak tanımlanmıştır. Mühendislik tasarım, birbiriyle ilişkili sistematik adımlardan oluşan ve ders içeriklerine entegre edilebilen ya da diğer disiplinlerle birleştirilebilen bir süreçtir. Bu sürecin öğrencilerin problem çözme, yaratıcılık, iş birliği ve eleştirel düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini destekleme potansiyeli de oldukça yüksektir. Tasarım sürecinde aktif rol alan öğrenciler, yalnızca teknik bilgi edinmekle kalmayıp, aynı zamanda kendi çözüm önerilerini test ederek öğrenme süreçlerine daha etkin biçimde katılırlar. Bu tasarım sürecinin derslere olan entegrasyonu ise iki çeşittir. Bağlam entegrasyonu, öğrencileri matematik ve fen bilimleri derslerine karşı motive etmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu bağlamda, öğrencilerin ders içeriklerini daha iyi anlamasını sağlamak hedeflenirken, derslerin tamamı mühendislikle doğrudan bağlantılı olmayabilir. İçerik entegrasyonu ise matematik ve fen bilimlerine ait ders kazanımlarını doğrudan mühendislik öğrenimine yönelik olarak hedeflemektedir (Moore ve Smith, 2014). Her iki entegrasyon da kullanılarak mühendislik tasarım süreci ders kazanımlarına dahil edilmektedir. Okul öncesinden başlayarak lise son sınıfa kadar devam eden

mühendislik tasarım süreçleri, bir ürün ortaya çıkarmanın ve bir problemi çözmenin en etkili yöntemi olarak tanımlanmaktadır (NAE ve NRC, 2009). Bu süreç, problemin genel anlamda tanımlanmasını ve çözümüne yönelik adımların sürdürülmesini içermektedir (NRC, 2009). Öğrencilerin bu süreçte deneyim kazanmaları, hem akademik başarıları hem de gerçek yaşam problemlerine karşı geliştirdikleri tutum açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır.



Şekil 2.6. NASA mühendislik tasarım döngüsü (NASA, 2015).

NASA (National Aeronautics and Space Administration), bilim insanları ve mühendisler için yenilikçi çözümler üretmeye ve belirli ihtiyaçlara yönelik sistemler geliştirmeye rehberlik eden mühendislik tasarım sürecini döngüsel bir çerçeve olarak ortaya koymuştur. Şekil 2.6’da sunulan tasarım döngüsü sayesinde öğrenciler, mühendislik tasarım süreci ile tanışarak günlük hayatta karşılaştıkları sorunlara bir mühendis bakış açısıyla yaklaşma fırsatı bulurlar. Bu süreç, öğrencilerin eğitiminde yol gösterici bir rol oynarken, aynı zamanda problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği ve karar verme gibi 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine de katkı sağlamaktadır (Bozkurt 2019; Bozkurt Altan ve Tan, 2021; Hacıoğlu ve Gülhan, 2021). Mühendislik tasarım döngüsünün aşamaları, Şekil 2.6’da yer alan alt başlıklar altında detaylandırılmaktadır.

2.4.1.1. Problemi belirleme

Problem belirleme, mühendislik tasarım sürecinin ilk adımıdır. Bu aşamada, öğrencilerin problemi açıkça ifade etmeleri ve problem hakkında bildiklerini paylaşmaları beklenir (NASA, 2015; Wendell ve Lee, 2010). Ayrıca öğretmenler, senaryo halinde verilen problemin öğrenciler

tarafından doğru anlaşıldığından, seviyelerine uygun olduğundan ve sınırlılıklarının doğru bir şekilde belirlendiğinden emin olmalıdır (Sarıçam ve Yıldırım, 2021). Bilim sorularla başlarken, mühendislik tasarım süreci problemin belirlenmesiyle devam eder. Belirlenen problemin daha iyi açıklanabilmesi için mühendisler süreçte farklı sorular sorarak, sistem veya ürünlere dair gereksinimleri ve sınırlamaları tanımlar (Brunsell, 2012). Bu yaklaşımla, gereksinim ve sınırlamalarla beraber, süreçte yer alan problem senaryosunun açık uçlu ve farklı çözümler sunmaya uygun olması, öğrencileri araştırma ve sorgulamaya yönlendirmesi açısından önemlidir. Bu sayede öğrenciler, farklı düşünme becerilerini geliştirebilir ve projeyi daha çok sahiplenirler (Hynes vd., 2011).

2.4.1.2. Problemi araştırma

Problemi, belirledikleri kriterler ile tanımlayan öğrencilerden, bu aşamada problemleriyle ilgili bilimsel bilgi toplamaları beklenir (Wendell ve Lee, 2010). Probleme çözümler sunabilmek için araştırma sürecine başlanmalı ve "Problemin çözümü için neler biliyorum? Neleri bilmeye ihtiyacım var?" gibi sorular sorularak, öğrencilerin bildikleri ve öğrenmeleri gereken bilgileri fark etmeleri sağlanmalıdır (Pedaste vd., 2015). Bu aşamada, bilimsel araştırma ve sorgulamayı esas alan uygulamalar planlanmalı ve öğrencilerin bu konuda deneyim kazanmaları sağlanmalıdır. Ayrıca, öğrencilere rehberlik edilerek, probleme çözüm sunmaya hazırlanmalarına yardımcı olunmalıdır. Aksi halde, öğrenciler araştırma yapmadan hızlı çözümlere yönelerek, belirlenen problemle ilgili akıllarına gelen ilk çözüm yoluna yönelebilirler (Hynes vd., 2011).

2.4.1.3. Olası çözümler geliştirme

Belirledikleri problemlere yönelik çok sayıda çözüm önerisi geliştiren mühendislerden ilham alınarak, öğrenme ortamında öğrencilerin bilimsel araştırma ve sorgulama sürecinde elde ettikleri bilimsel bilgileri bir araya getirmeleri beklenir. Bunun yanı sıra, öğrenciler bu bilgiler doğrultusunda olası çözümler geliştirmeli ve bu süreçte yaratıcılıklarını en iyi şekilde kullanarak odaklı bir şekilde çalışmalıdırlar (Brunsell, 2012; NRC, 2012; Bozkurt Altan ve Tan, 2021). İlk aşamada, grupta aktif olamayan öğrencilerin de düşünmesini sağlamak ve birbirlerinden etkilenmelerini engellemek için öğrencilere bireysel çözüm geliştirme fırsatı verilmelidir. Bu sayede öğrenciler, kendi çözümlerini ortaya koyabilirler. Ardından ekip çalışması yapabilmeleri için gruplar oluşturmalarına imkan tanınmalıdır. İş birliğine dayalı öğrenme ile öğrenciler, ürün çeşitliliği sağlayarak olası çözümleri birlikte değerlendirebilir ve

bu çözümlerin avantajlı ve dezavantajlı yönlerini tartışabilirler (Bozkurt Altan ve Tan, 2021). Bu aşamada öğretmen, öğrencilerin yaratıcılıklarını destekleyecek şekilde rehberlik etmelidir. Örneğin, “Çizimler ya da açıklamalarla çözümlerinizi sunmalısınız” veya “İlk akla gelen çözümden uzaklaşarak yeni fikirler üretmeye çalışın” gibi yönlendirmelerle öğrenciler teşvik edilmelidir. Ayrıca, detaylandırma ve orijinallik kavramları üzerinde durulmalıdır (Bozkurt Altan ve Tan, 2021). Bunun yanı sıra, öğrencilerden olası çözümlerle ilgili düşüncelerini yazarak veya çizerek açıklamaları istenmelidir. Bu açıklamalarda, problem durumunda belirtilen sınırlılıklara uygunluk, tasarımlarında kullanacakları öncelikli malzeme türleri ve tasarım özellikleri yer almalıdır (Bozkurt, 2019; Brunsell, 2012).

2.4.1.4. En iyi çözümü seçme

Öğrenciler bu aşamada, belirledikleri probleme yönelik geliştirdikleri çözüm önerilerinden, prototip tasarlamak ve test etmek için sınırlılık ve kriterlere uygun olan en iyi çözümü seçerler (Hynes vd., 2011; Wendell ve Lee, 2010). İlk kriter olarak, mühendislikte bir probleme yönelik geliştirilen en kullanışlı çözümü ifade eden "optimizasyon" kavramına dikkat edilmelidir. Öğrenciler, çözüm önerileri arasından en fazla güçlü yöne sahip, en kullanışlı ve avantajları dezavantajlarından daha fazla olan tasarıma odaklanırlar (NRC, 2012). Bunun yanında, öğretmenler öğrencileri ödün verme sürecine de yönlendirmelidir. Geliştirilen çözüm önerilerinde, çelişen gereksinimlerden hangisinden ödün verileceğine öğrencinin karar verip açıklaması beklenir. Sınıf ortamında yapılacak bu uygulama ile öğrencilerin, kriter ve sınırlamalara göre değerlendirme yaparak hangi özelliklerden ödün verdiklerine dikkat çekilmesi oldukça önemlidir. Her değerlendirmenin bir ödün verme süreci içerdiği vurgulanmalıdır (Brunsell, 2012).

2.4.1.5. Prototipi yapılandırma

Öğrenciler, belirledikleri probleme yönelik en iyi çözüm olarak seçtikleri tasarımlarını bu aşamada ortaya çıkarırlar. Bu tasarımlara prototip adı verilir. Öğrenciler, hazırladıkları prototip ile tasarımın temel yapısını oluşturur ve gerektiğinde düzenlemeler yaparlar (NRC, 2012). Prototipler sayesinde probleme yönelik geliştirilen çözümler ve ihtiyaçlar daha kolay gözlenebilir. Bu aşama, öğrencilerin soyut fikirlerini somut ürünlere dönüştürdükleri ve eleştirel düşünme becerilerini kullanarak fikirlerini sınadıkları önemli bir süreçtir. Ancak prototipin, bu çözüm ve ihtiyaçları tam olarak karşılaması yerine, bazı tasarım unsurları ve fonksiyonlarını göstermesi daha önemlidir. Öğrencilere, prototip yapımı sırasında yaşanan

başarısızlıkların süreç içinde giderilebileceği ve gerektiğinde yeniden prototip tasarlanabileceği açıklanmalıdır (Hynes vd., 2011).

2.4.1.6. Çözüm/leri test etme ve değerlendirme

Öğrenciler, oluşturdukları prototipi belirledikleri kriter ve kısıtlamalara uygunluğunu değerlendirmek amacıyla test ederler (NRC, 2012). Bu süreçte yapılan değerlendirmelerde, sınırlılıklar ve ölçütlere dikkat edilerek hazırlanan testler kullanılmalıdır. Bu testler, dereceli puanlama anahtarı şeklinde olabileceği gibi "Prototip, belirlenen ihtiyaçları karşılıyor mu? Prototip, problem çözümüne yönelik beklenen görevleri etkili bir şekilde yerine getiriyor mu? Prototip, önerilen çözümün işlevselliğini ne ölçüde yansıtıyor?" gibi sorularla da gerçekleştirilebilir. Değerlendirme yapan öğrenciler, hatalarını belirleyip düzeltmek için prototip üzerinde yeniden çalışırlar. İlköğretim düzeyindeki öğrenciler, test etme ve değerlendirme aşamalarında rehberlik ihtiyacı duyarken; lise düzeyindeki öğrenciler, bu süreci kendi kriterlerine göre yürütebilirler (Hynes vd., 2011).

2.4.1.7. Çözüm/leri sunma

Mühendislik tasarım sürecinde öğrenciler, elde ettikleri verileri, deneyimleri ve düşüncelerini başkalarıyla paylaşarak karşılıklı fikir alışverişinde bulunurlar. Bu aşamada, problemin kriterleri ve sınırlılıklarına vurgu yaparak süreci adım adım detaylı bir şekilde açıklayan sunumlar hazırlarlar. Öğrenciler, kendi çalışmalarını öne çıkaran ve diğerlerinden ayıran özelliklere vurgu yaparlar. Sunum sonucunda alınan olumlu ve olumsuz eleştiriler, tasarımın daha da güçlenmesine katkı sağlar (Hynes vd., 2011). Ayrıca, tasarımla ilgili tüm detayların daha net anlaşılması için bilimsel bir iletişim dili kullanılarak sürecin tamamı raporlaştırılmalıdır.

2.4.1.8. Yeniden tasarlama

Hynes vd. (2011) tarafından probleme yönelik en iyi çözüm önerisini ortaya koyan, test ve değerlendirme aşamalarını başarıyla geçen tasarım ürününün kullanılmaya hazır olduğuna, son düzenlemeler sonrası karar verilir. Tasarımın yeniden düzenlenmesi gereken durumlarda, mühendislik tasarım sürecinin döngüsel yapısı içinde süreç baştan sona gözden geçirilir ve hedeflere göre yeniden düzenlenmiş ürünler ortaya konur (NASA, 2015).

Ülkemizde yıllar içinde değişen fen eğitim programlarına bakıldığında fen, matematik ve teknoloji uygulamaları programlarda daha yerleşik ve güçlü bir altyapıya sahipken mühendislik

için aynı durumdan bahsetmek mümkün değildir. Mühendislik tasarım süreçleri 2006 ve 2013 programlarında doğrudan yer almasa da program vizyonunu destekleyen yaşam becerilerini geliştirme fen okuryazarı bireyler yetiştirme ve bilimsel süreç becerilerini geliştirme konusunda mühendislik tasarım süreçleri ile ilgili unsurların yer aldığı görülmektedir. Fen bilimleri 8. Sınıf dersi öğretim programında yer alan "Basit makinelerden yararlanarak günlük yaşamda kolaylığı sağlayacak bir düzenek tasarlar ve yapar" kazanımı bu durumun bir örneğidir (MEB, 2013).

2017 yılında yayınlanan öğretim programı incelendiğinde ise 4. Sınıftan 8. Sınıf düzeyine kadar tüm kademelerde mühendislik tasarım süreci son ünitelerde "Fen ve Mühendislik Uygulamaları" içerisinde yer almaktadır. 2018 yılında tekrar güncellenen programda yenilikçi bakış açısına sahip bireyler kazandırmak amaçlanmaktadır. Bu sebeple programa dahil edilen alana özgü beceriler başlığında; yaşam becerileri ve bilimsel süreç becerilerinin yanında mühendislik tasarım süreçleri de eklenmiştir. Günlük yaşamda karşılarına çıkan sorunları mühendislik, matematik, fen ve tasarım gibi becerilerle beraber çözebilecek olan öğrenciler buldukları çözümleri somut bir şekilde ortaya koyarak becerilerini geliştirerek ürün ortaya çıkararak bunları yılsonu bilim şenliklerinde sergileyebileceklerdir (MEB, 2018).

2.5. Fen Eğitiminde Mühendislik Tasarım ve Bilimsel Sorgulama Süreci

Günümüzde bilgi ve teknolojinin hızla ilerlemesi, bilimsel gelişmelerin toplum üzerindeki etkisini artırmaktadır. Bu değişim süreci, gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin tek bir disiplinin sınırları içinde çözülemeyeceğini göstermektedir (Bybee, 2014). Bu nedenle, bireylerin yaşam boyu karşılaşılabilecekleri karmaşık problemlere yönelik bilgi ve becerilerle donatılması gerekmektedir. Ancak geleneksel eğitim yöntemleri, günümüz dünyasının dinamik yapısına uygun becerileri kazandırmada yetersiz kalmaktadır (Kelley ve Knowles, 2016). Öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini kazanması, bilgiyi anlamlı bağlamlarda kullanabilmesi ve disiplinler arası bağlantılar kurarak yeni durumlara uyarlayabilmesi beklenmektedir. Bu doğrultuda, farklı disiplinleri entegre eden ve öğrencilere aktif katılım fırsatı sunan eğitim yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda özellikle ortaokul düzeyinde fen bilimleri eğitimi, mühendislik ve tasarım temelli yaklaşımlarla zenginleştirilerek, öğrencilerin farklı disiplinleri ilişkilendirebileceği bir öğrenme ortamı oluşturmayı amaçlamaktadır (NGSS, 2013).

Eğitim programlarında yer verilen disiplinler arası entegrasyon son zamanlarda giderek daha fazla önem kazanmış ve bu bağlamda STEM yaklaşımları ön plana çıkmıştır. STEM yaklaşımlarından biri olan mühendislik uygulamalarını daha belirgin hale getirmek ve derslere nasıl aktarılacağını daha doğrudan açıklamak amacıyla mühendislik tasarım temelli fen eğitimi

(MTTFE) ortaya çıkmıştır (Barnett vd., 2008). Mühendislik tasarımı ile bilimsel araştırma ve sorgulamanın bir arada olduğu, gerçek yaşam problemlerine mühendislik tasarım süreciyle çözümler üretilmesini sağlayan Mühendislik Tasarım Temelli Fen Eğitimi (MTTFE), öğrencilerin belirlenen hedef davranışlara yönelik beceriler kazanmalarını amaçlayan bir yaklaşımdır (Wendell, 2008).

Aynı zamanda eğitim programları içerisinde önemli bir yeri olan sorgulamaya dayalı öğretim öğrencilerin soru sorma, bilimsel araştırma yürütme, kanıtları kullanarak yeni bilgi sentezleme gibi farklı yönlerden gelişimine büyük katkılar sunmaktadır. Ancak yapılan araştırmalara göre ders içerisinde öğrencilere sorulan soruların yetersiz olduğu ve öğrencilerin temel prensipleri öğrenmek yerine sadece yüzeysel bağlantıları öğrendikleri görülmektedir (Çelik, 2021). Diğer bir deyişle öğrenciler kalıplaşmış adımları kullanarak bilimsel düşünmekten ve gerçek bilim uygulamalarını deneyimlemekten uzaklaşmaktadır. Bu sebeple öğrenciler fen öğretimini gerçek yaşama uyarlamakta zorluklar yaşamaktadır (Çelik, 2021).

Bilimsel sorgulama ve MTTFE birlikte ele alındığında çok boyutlu olan bu iki sürecin benzerlikleri ve farklılıkları olduğu görülmektedir (Lewis, 2006). Mühendislik tasarım sürecinde sorgulama sürecine sıklıkla başvurulur, ancak bu süreçler birbirini tamamlasa da aynı şey oldukları söylenemez (Brunsell, 2012). Sorgulama süreci, bir soruyla başlayarak yapılan araştırmalar sonucunda kanıtlara dayalı açıklamalarla dünyayı anlamaya çalışırken; mühendislik, istek ve ihtiyaçları karşılayarak amaca yönelik problemlere çözüm aramaktır. Bunun yanında, amaca yönelik ilerleyen mühendislik tasarım süreci, yapılan tasarımlar karşısında ilk olarak "Amacın ne?" sorusu ile başlar. Sorgulama süreci ise amaca yönelik gibi görünse de bilim insanları, gerçek anlamda yaptıkları araştırmalarda en başta sordukları sorulara odaklanırlar (NAE ve NRC, 2009).

Bununla beraber, hem özgün hem de planlı bir şekilde bu süreçler içerisinde kullanılan tek bir yöntem bulunmamaktadır. Mühendislik tasarım sürecinde genel olarak olası sınırlılık ve kriterleri belirleme, beyin fırtınası yapma, ilk örnekleri inşa etme, önceki süreçleri gözden geçirme gibi yöntemler kullanılırken; sorgulama sürecinde analiz-sentez yapma, gözlem yapma ve araştırma süreci yürütme gibi yöntemler kullanılır (NRC, 2012; NRC, 1996). Ayrıca, mühendislik tasarım süreci için önemli olan kısıtlamalar ve sınırlılıklar sorgulama sürecini de etkileyebilir; ancak temel faktör olmayabilir. Örneğin; mühendislik tasarımında bütçe sınırlaması doğrudan tasarımı, işlevini ve tasarım geliştirme süreçlerini etkilerken; sorgulama sürecini genel anlamda bilimsel olarak yürütülen araştırmayı bilim insanlarını bazı cevapları bulmaktan alıkoyarak sınırlayabilir (NAE ve NRC, 2009).

MTTFF fen eğitiminde birleştirici bir rol oynar çünkü diğer disiplinlere ait becerilerin kullanılmasını gerektirir (Cavlazoglu ve Stuessy, 2018). Çünkü sorgulamaya dayalı öğretimin fen eğitimde tek başına yetersiz kaldığı bu sebeple mühendislik tasarım süreçleri ile iç içe geçmiş bir şekilde beraber yürütülebileceği vurgulanmıştır. Bu doğrultuda, sorgulamaya dayalı öğretim ve mühendislik tasarım süreci bir arada yürütüldüğünde, öğrenciler kademelerine uygun kazanımları elde etmenin yanı sıra, günlük yaşam problemlerini nasıl çözeceklerini ve bilimsel bilgilere nasıl ulaşacaklarını öğrenerek anlamlı bir öğrenme deneyimi kazanırlar. Kısaca, bilimsel sorgulama ile mühendislik tasarımı arasındaki ilişkiyi kurulan bir öğretim, araştırma, problem çözme ve tasarım süreçlerini içeren fen eğitiminin ayrılmaz bir parçası olur (NRC, 2012).

Bu araştırma kapsamında, mühendislik tasarım süreci ve sorgulama sürecinin aynı anda öğrencilerle birlikte yürütüldüğü ders planlarına yer verilmiştir. Öğrencilerin karşılaştıkları problem durumlarını çözerken hem sorgulama sürecini hem de mühendislik tasarım sürecini eş zamanlı olarak kullanmaları sağlanmış ve süreç sonunda bir ürün oluşturmaları hedeflenmiştir. Ders planları hazırlanırken, her iki süreci aynı anda içeren bir plan kullanılmıştır. Bu bağlamda, mühendislik tasarım süreci ve sorgulamaya dayalı öğretim süreçlerinin birlikte yürütüldüğü araştırmalar, öğretmen adayları ve öğrencilerle iş birliği içinde gerçekleştirilmiştir. Bu süreçlerde, mühendislik tasarım süreci STEM eğitimi kapsamında ele alınmış ve sorgulama süreci uygulamalara entegre edilmiştir. Bu birleşik yaklaşım, öğrencilere hem mühendislik becerileri kazandırmayı hem de bilimsel sorgulama yeteneklerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (Hacıoğlu, 2020).

2.6. Sosyobilimsel Argümantasyon

Günümüzde hızla değişen ve gelişen dünyamız, yapılan bilimsel çalışmaların etkisiyle sürekli olarak dönüşmektedir. Bilimsel araştırmalar genellikle olumlu olarak değerlendirilse de olumsuz sonuçlara da yol açabilmektedir. Özellikle çevre konularında dikkatimizi çeken hava, su ve toprak kirliliği bu problemlere örnek olarak verilebilir. Bunun yanında, hızla artan nüfusun enerji ihtiyacını karşılamak için kurulan fosil yakıt ve nükleer enerji santrallerinin yaydığı zehirli gazlar ile çevreye verdikleri zarar düşünüldüğünde, bu santrallerin inşa edilmesi toplumun bazı kesimleri tarafından olumsuz karşılanmaktadır. Öte yandan, çevreye daha az zarar verdiği ve halk sağlığını ön planda tuttuğu düşünülen yenilenebilir enerji santralleri bazı kesimler tarafından desteklense de, hem maliyet hem de kendi içinde barındırdığı sorunlar sebebiyle hala tartışılmaktadır (Topçu ve Atabey, 2017). Ele alınan bu konular gibi, toplum içerisinde tartışma konusu haline gelen, yarar ve zarar durumlarını gözetin ve temellerini bilim

yaklaşımından alan konulara sosyobilimsel konular (SBK) denir (Sadler, 2004; Topçu, 2015). Bu konuların tartışılmasında bilimsel kanıtlar kadar bireysel değerler ve toplumsal hassasiyetler de önemlidir. Bu yönüyle SBK, yalnızca içerik bilgisini değil, bilimin doğasının toplumsal, kültürel ve etik boyutlarını da görünür kılar. Günümüzde nükleer enerji, biyoteknolojik ilaçlar ve patent hakları, genetiği değiştirilmiş organizmalar, organ nakli ve etik sorunları ve insan genom projesi ve genetik mahremiyet gibi birçok konu sosyobilimsel konulara örnek verilebilir.

Temeli Bilim Teknoloji ve Toplum (STS) yaklaşımıyla ortaya atılan sosyobilimsel konular 1970'lerin sonlarından itibaren yaygınlaşmıştır. STS yaklaşımıyla bilimin politik, sosyal ve teknolojik etkilerden uzak bir şekilde açıklanamayacağı savunulmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, STS'nin bilimsel bilgiyi sunmak ve hem bilim hem de toplumla ilgili konular hakkında karar verme yetisini geliştirmek olmak üzere iki temel amacı olduğu ifade edilmektedir (Tal ve Kedmi, 2006). STS öğretimi sürecinde bilim ve teknolojinin toplum üzerindeki etkilerine vurgu yapılsa da bazı eleştirilere maruz kalmıştır. Örneğin, öğrencilerin ahlaki gelişimini destekleyen etik değerlerin vurgulanmadığı ve bilimin duygusal yönünün dikkate alınmadığı belirtilmiştir (Sadler ve Zeidler, 2005). Ayrıca, bilimsel okuryazarlık öğrencilerin her açıdan donanımlı olmasını sağlamayı hedefler ve ders içinde öğrencilerin kendi bakış açılarını geliştirerek bir değerler sistemi oluşturmalarına yardımcı olabilir. Ancak, bazı öğretmenler bu unsurların ders dışında ele alınması gerektiğini, STS sisteminin güçlü bir kuramsal çerçeveye sahip olmadığını ve eğitim sürecine katkı sağlayamayacağını savunmuştur. Bu nedenle, öğrencileri ahlaki yönden destekleyen ve farklı bakış açıları kazanmalarına yardımcı olan daha kapsamlı bir çerçeve oluşturulmuş ve bu yaklaşım sosyobilimsel konular (SBK) olarak adlandırılmıştır (Zeidler vd., 2005). Aynı zamanda SBK, bilimin doğasının değer yüklü ve toplumsal yönlerini anlamlandırmak için güçlü bir öğretim bağlamı sunar. Çünkü SBK, öğrencilerin yalnızca bilimsel verileri değil; etik, kültürel ve toplumsal boyutları da dikkate alarak karar vermesini gerektirir. Bu yönüyle bilimin nesnel boyutunun yanı sıra değer yüklü, tartışmaya açık ve toplumsal etkilerle şekillenen doğasını da ele alır (Sadler ve Zeidler, 2005).

SBK, öğrencilerin hayatları, toplumsal yapılar ve içinde bulundukları dünyayla ilgili verileri kullanarak, kararlarında etik değerleri yansıtmalarına yardımcı olur. Çünkü SBK, bilimsel altyapısı olan, toplumu etkileyen, tartışmaya açık, kanıta dayalı bilgi içeren ve açık uçlu konulara sahiptir (Zeidler ve Nichols, 2009). SBK'nın özellikleri Zeidler (2014) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır:

- Bireysel, zihinsel ve ahlaki gelişimi destekler.
- Farklı bakış açıları kazandırabilecek konular içerir.

- Öğrencileri ahlaki yönden düşünmeye teşvik eder.
- Eleştirel düşünme ve mantıksal çıkarım yapılabilen problemler içerir.

Öğrencilerin sadece bilimsel açıdan sürece dahil olduğu fen bilimleri eğitiminden ziyade, aynı zamanda sosyobilimsel açıdan da sürece dahil edildiği bir fen eğitimi daha etkili olmaktadır. Etik ve ahlaki bileşenlerle birlikte toplumla ilgili bilimsel konuları içeren sosyobilimsel konuların tartışılabilir olması, akıl yürütmeyi teşvik etmesi ve açık uçlu olması sebebiyle öğrencilere fikirlerini sunarak tartışma fırsatı verir (Zeidler vd., 2005). Bu nedenle, sosyobilimsel konuların tartışılması sürecinde argümantasyonun kullanımı, öğrencilerin eleştirel düşünme ve toplumsal olaylara karşı duyarlılık geliştirmelerinde önemli bir rol oynar. Özellikle bilimsel argümantasyonun SBK bağlamında kullanılması, öğrencilerin hem bilimsel bilginin yapısını hem de bilim insanlarının karar alma süreçlerinde nasıl hareket ettiklerini fark etmelerine katkı sağlar. Bu da öğrencilerin BD'ye dair daha bütüncül bir bakış geliştirmelerini destekler (Kaya ve Erduran, 2016a). Argümantasyon üzerine yapılan araştırmalar, öğrencilerin yalnızca kendi iddialarını açıklayıp savunmalarının değil, aynı zamanda akranlarının iddialarını ve açıklamalarını değerlendirerek ortak bir sonuca varmalarının da argümantasyon becerilerinin gelişimi açısından önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Nielsen, 2013). Bu bağlamda, sosyobilimsel argümantasyon, öğrencilerin yaşadıkları toplumda var olan problemlere farkındalık göstermelerine ve önceden tedbir alma şansına sahip olmalarına olanak tanırken, aynı zamanda sosyal bakış açılarını geliştirerek olaylar karşısında daha deneyimli ve donanımlı bireyler haline gelmelerine katkı sağlamaktadır (Zeidler ve Nichols, 2009). Ayrıca, bu süreçte öğrencilerin hem bireysel hem de toplumsal düzeyde bilimsel kararlar alması, ABY'nin sosyal-kurumsal boyutuyla doğrudan ilişkilidir. Sosyal farkındalığı yüksek ve topluma duyarlı öğrenciler, gelecekte toplumu şekillendiren bireyler haline geldiklerinde, yaşanan toplumsal sorunlar karşısında durum analizi yapma konusunda daha başarılı olacaklardır.

Fen öğretiminde yer alan pek çok müfredatta, öğrencilerin toplum ve bilimle bağlantılı güncel konularda süreçlere katılımını sağlayan argümantasyon, karar alma ve tartışma etkinliklerine yer verildiği ve araştırma sorgulama süreçleriyle beraber etkin katılımı bilimin doğasını da içeren argümanlar üretilmesi önemsenmiştir. Programlarda yer verilen sosyobilimsel konular, öğrencilerin sosyobilimsel argümantasyon becerilerini geliştirmelerine olanak tanırken değerler ve ahlaki muhakemenin dahil edilmesiyle eleştirel düşünme ve karar verme süreçlerine de önemli katkılar sağlamaktadır (Tal ve Kedmi, 2006). Çünkü bilimsel argümantasyondan farklı olarak sosyobilimsel argümantasyon, öğrencinin yalnızca açıklayıcı sonuçlar veya tanımlayıcı çerçeveler kullanmasını sağlamak yerine, sosyal ve bilimsel faktörleri bir arada kullanmasını gerektirir.

Sınıf içerisinde ders planlarına sosyobilimsel argümantasyonun dahil edilmesi, beklenenden çok geride kalmaktadır. Bu sürecin yavaş ilerlemesinin, öğretmenlerin ders içi uygulamalarda sosyobilimsel argümantasyonu kullanmada ve sosyobilimsel konuların öğretimi ile değerlendirilmesinde yaşadıkları zorluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Hodson, 2013). Ancak bilimsel okuryazar bireyler yetiştirebilmek için önce öğretmenlerin bu dönüşüme öncülük edecek rolü üstlenmeleri gerekmektedir. Öğrencilere okul içinde sağlanan güvenli ortamda tartışma ve karar verme pratiği, onların sosyobilimsel argümantasyon becerilerini daha fazla geliştirebilir. Bu sayede, bilimsel kavramsal anlayışları gelişen öğrenciler, toplumsal olaylarla daha fazla ilgilenirken, bilimsel kavram bilgileri de güçlenecektir (Dori, Tal ve Tsaushu, 2003). Bu çift yönlü etkileşim, ABY'nin bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal yönlerinin SBK üzerinden nasıl somutlaştırılabileceğini de ortaya koymaktadır.

Fen eğitiminde tartışmanın temeli, Toulmin'in (1958) araştırmasına dayanmaktadır. Toulmin'in Argüman Modeli'nde (TAP) alan yazında yer alan araştırmalara bakıldığında yaygın kullanılan model olmasına rağmen Erduran Erduran, Simon ve Osborne (2004) tarafından veri, gerekçe ve destekleyicilerin sınıflandırılmasından doğan belirsizlik nedeniyle eleştirilmiştir. Bunun yanında, basitleştirilmiş argümanlarda başarılı olan bu modelin, daha karmaşık argümanlar için aynı başarıyı yakalayamadığı görülmektedir. Buna rağmen TAP, öğrencilerin bilimsel ve sosyobilimsel bağlamlarda sundukları argümanların kalitesi, işlevi ve insanların tartışma biçimlerine odaklanmış ve kaliteli bir argümanın güçlü bir iddia ve onu destekleyen güçlü kanıtlarla oluşturulabileceğini söylemiştir (Erduran, Simon ve Osborne, 2004).

Toulmin'in Argüman Modeli'nde, iddia, veriler, gerekçe, destekler, niteleyiciler (sınırlayıcılar) ve çürütmelerle beraber bir çerçeve sunularak argüman yapısı analiz edilir. Bir iddia, bu iddiayı güçlendiren veriler, veriler ve iddialar arasındaki ilişkiyi kuran gerçekler, gerçeklere dayanak sağlayan destekler, argümanın ne kadar güçlü veya kesin olduğuna dair sınırları belirleyen niteleyiciler (sınırlayıcılar) ve bir iddianın sağlamlığını sorgulayarak olası geçersizlik durumlarını belirleyen çürütme Toulmin'in Argüman Modeli'nin yapısını oluşturur. Aşağıda bu yapıyı oluşturan unsurlar açıklanmıştır (Bilasa ve Taşpınar, 2018).

Veri: İddiaların desteklenmesinde kullanılan delil ve olgulardır.

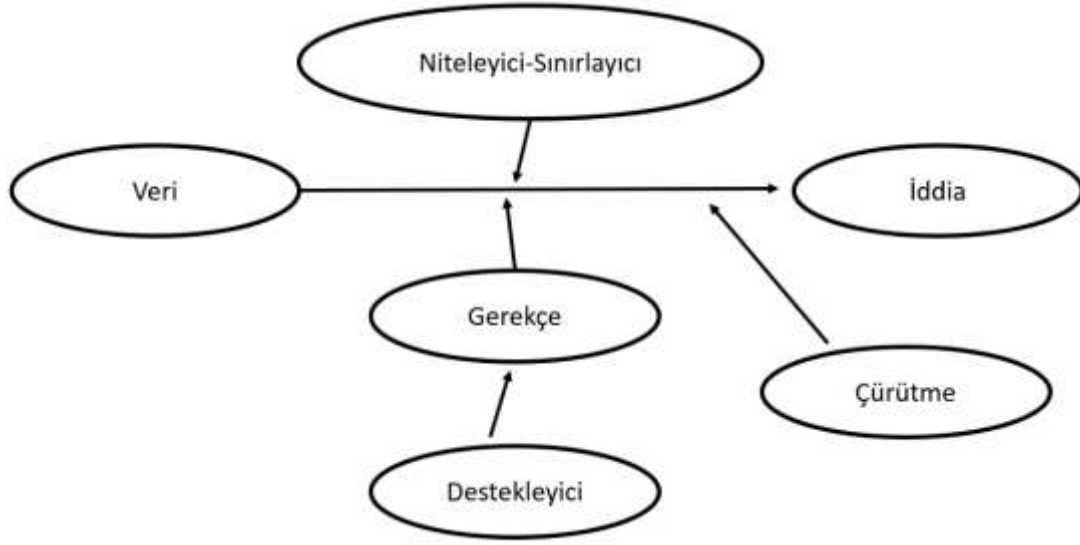
İddia: Kişinin perspektifi, seçimleri ve kişisel görüşleri olarak açıklanır.

Gerekçe: Veri ve iddia arasındaki ilişkiyi güçlendiren sebepleri, normları, yönergeleri ve ilkelerin açıklanmasıdır.

Destekleyici: Çoğunluk tarafından kabul edilen gerekçeleri destekleyen kabullerdir.

Niteleyici (Sınırlayıcı): Belirlenen iddiayı sınırlayan unsurları yansıtır.

Çürütme: İddianın her durumda geçerli olmadığını gösteren istisnalar.



Şekil 2.7. Toulmin Argüman Modelinin (TAP) şematik gösterimi (Toulmin, 1958)

Şekil 2.7’de gösterildiği gibi veriler ve iddialar arasındaki ilişkileri güçlendirmek ve doğruluğunu göstermek için gerekçeleri, var olan sebeplerimizin geçerliliğini ortaya koymak için destekleyicileri ve iddialarımızın geçerli olmadığı durumlarda çürütücüleri kullanırız (Bilasa ve Taşpınar, 2018).

Geleneksel sınıflarda fen bilimleri dersleri, doğrudan, prosedürel ve değerlerden bağımsız bir etkinlik olduğu varsayılarak genellikle gündelik sosyokültürel meselelerden kopuk bir şekilde ele alınmaktadır. Ancak gerçek bilimsel uygulamalar, bağımsız bir bakış açısıyla öğrenmeye yönlendiren bir anlayışa ve genellikle karmaşık, belirsizlik içeren ve kesin olmayan unsurlara sahiptir (Abd-El Khalick, 2003). SBK etrafında yürütülen tartışmalar, öğrenci ve öğretmenlerin BD’yi daha iyi anlamaları için ideal olduğunu ortaya koymuştur. Fen eğitimi araştırmacıları, SBK bağlamlarında öğrencilerin doğru bir BD anlayışı geliştirmesine yönelik artan bir vurgu yapmaktadır (Zeidler, 2014). BD ve SBK’nın birbirleriyle nasıl etkileşimde bulunduğu araştırılması gerektiğini belirtmektedir. ABY çerçevesinden bakıldığında ise SBK, bilimin doğasının farklı yönlerinin (örneğin; etik, değer yüklülük, toplumsal etki) öğrenciler tarafından çok boyutlu şekilde ele alınmasına olanak tanır. Çeşitli bağlamlarda SBK entegrasyonunu inceleyen araştırmalardan elde edilen olumlu bulgulara göre SBK’nın, öğrencilerin önemli BD’yi öğrenmeleri için bir müfredat aracı olarak kullanımı desteklenmektedir (Sadler, Romine ve Topçu, 2016).

2.7. Alan Yazın Özeti

Bu bölümde ABY ile ilgili araştırmalara ek olarak, bilimsel sorgulama, sosyobilimsel argümantasyon ve mühendislik tasarımı gibi bilimin doğası öğretimini destekleyen alanlara dair araştırmalara da yer verilecektir. Böylece, bilimin doğası öğretimine yönelik yaklaşımlar yalnızca ABY ile sınırlı kalmayacak; bu modeli destekleyen farklı öğretim stratejileri de kuramsal ve uygulamalı yönleriyle ele alınacaktır.

Irzik ve Nola (2014) tarafından ortaya atılan, Erduran ve Dagher (2014a) tarafından yapılan değişikliklerle beraber Kaya ve Erduran (2016a) tarafından ABY olarak adlandırılan FRA üzerine yapılan araştırmalar 2014 yılından bu yana fen eğitimi alanında giderek artmaktadır. Bu araştırmalar, ortaokul öğrencilerinin BD hakkındaki görüşleri (Akbayrak ve Kaya, 2020), öğretmenler (Demirel, 2021), öğretmen adayları (Kaya vd., 2017; Sarıbaş ve Ceyhan, 2015), fen eğitimi müfredatının (Kaya ve Erduran, 2016a) ve ders kitaplarının analizine (Okan ve Kaya, 2023) yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. ABY odaklı araştırmalar arasında öğrencilerin BD algılarına yönelik uygulama araştırmaları daha sınırlıdır. Çilekrenkli (2019) tarafından yürütülen bir araştırmada, ABY çerçevesinde öğrencilerin BD algıları ve anlayışları incelenmiştir. 5. sınıf öğrencileri üzerinde yapılan bu araştırmada hem nicel “Bilimin Doğası Anketi” ortaokul düzeyine uyarlanarak kullanılmış hem de nitel görüşme sorularına yer verilmiştir. Ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması, öğrencilerin yöntemler ve yöntemsel kurallar, bilimsel bilgi ve sosyal-kurumsal kategorilerinde gelişme kaydettiğini göstermiştir.

Akbayrak ve Kaya (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, 5. sınıf öğrencileri ile çalışılarak bilimin sosyal-kurumsal sistemlerini içeren 7 kategori üzerinde durulmuştur. Bu araştırmada, belirlenen konu etrafında öğrencilere 4 hafta süresince uygulama yapılmış ve özellikle sosyal-kurumsal kategoriler vurgulanmıştır. Araştırma kapsamında ön test-son test şeklinde anketler uygulanmış; bulguları desteklemek için çalışma kağıtlarından ve görüşme sorularından yararlanılmıştır. Yapılan araştırma, ilgili olduğu bölüm düşünüldüğünde Çilekrenkli (2019) ile benzer sonuçlar göstermiştir. Sosyal-kurumsal sistemler fen bilimleri dersine entegre edildiğinde öğrencilerin bunları anlama düzeylerinin arttığı görülmüştür.

6. sınıf düzeyinde yapılan uygulamalardan biri, Kahraman (2021) tarafından yürütülen araştırmadır. Bu araştırmada deney ve kontrol grupları arasında harmanlanmış öğrenme ortamları karşılaştırılarak BD, ABY ve bilimsel araştırma temalarını anlamaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda deney grubu öğrencilerinin ABY’nin ilk 8 kategorisindeki görüşlerinin geliştiği tespit edilmiş; ancak son 3 kategori üzerine herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Bunun yanında, 6. sınıf düzeyinde yapılan bir diğer araştırma ise Gerni

(2024) tarafından yürütülmüştür. Ancak bu araştırma da tamamen kapsayıcı olmamakla beraber Kahraman (2021) araştırmasında son 3 kategori ile ilgili eksik kalan kısımları yeterli düzeyde doldurmamıştır. Gerni (2024) araştırmasında doğrudan yansıtıcı bilimin doğası öğretimi belirli bir ünite ile ele alınmış ve aynı zamanda öğrencilerin bilimin doğası anlayışları ile üniteye başarılarına etkisi incelenmiştir. Araştırmanın sonuçları, ABY temelli doğrudan yansıtıcı öğretim etkinliklerinin öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarını ve akademik başarılarını olumlu etkilediğini ortaya koymuştur. Ancak ABY, bu çalışmada bilimin bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal sistemi olarak iki başlık altında incelenmiş ve kategorilerin tamamı ile ilgili bulgulara yeterince yer verilmemiştir.

İnci (2024) tarafından 6. sınıf öğrencileriyle yapılan daha kapsamlı bir araştırma yürütülmüş ve bilim tarihine dayalı öğretimin öğrencilerin yeniden kavramsallaştırılmış aile benzerlik yaklaşımına dayalı bilimin doğasını anlama düzeyleri incelenmiştir. Bu çalışmada 6. sınıflardan ikisi deney grubu, ikisi ise kontrol grubu olarak belirlenmiş ve uygulama 9 hafta boyunca sürdürülmüştür. ABY anket soruları ve görüşme soruları hem ön test hem de son test olarak uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre deney grubu öğrencilerinde amaç ve değerler, bilimsel bilgi ve sosyal-kurumsal sisteme ilişkin BD kategorilerinde gelişme gözlemlenmiştir. Yöntemler ve yöntemsel kurallar ile bilimsel pratikler kategorilerinde ise iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamış; ancak deney grubunun ortalamasının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bulunan bulgular nitel sonuçlarla desteklenmiştir. Bu bulgular ışığında, öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarının gelişmesi için ABY kategorilerine dayalı öğretimin, müfredat içerikli öğretimden daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Kahraman (2017) tarafından 7. sınıf öğrencileriyle gerçekleştirilen çalışmada, bir üniteye bağlı olarak yapılan uygulamaların öğrencilerin bilimsel pratikler konusundaki gelişimlerine etkisi incelenmiştir. Deney ve kontrol gruplarının yer aldığı çalışmada öğrencilerin hem ünite içerisindeki hem de bilimsel pratikler konusundaki gelişimleri ön test ve son testlerle ölçülmüştür. Uygulama sonrasında ön test ve son test sonuçları karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmamakla birlikte deney grubunun ortalamasının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yapılan araştırma bilimsel pratiklerin öğretimi konusunda fen eğitimine katkı sağlamıştır.

Karabaş (2017) tarafından, Kahraman (2017)'ye benzer olarak yürütülen araştırmanın amacı, bilimsel pratiklere dayalı fen öğretiminin 7. sınıf öğrencilerinin bilimsel pratiklere ilişkin algıları ve elektrik devresi konusundaki kavramsal anlayışları üzerindeki etkisini incelemektir. Diğer çalışmalara ek olarak burada geleneksel fen öğretimiyle de karşılaştırma yapılacaktır. Sadece nitel veriler kullanılan çalışmanın sonucunda deney grubu öğrencilerinin

ortalama puanlarının daha yüksek olduğu görülse de deney ve kontrol grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Gören (2021) tarafından yürütülen, uygulama içermeyen bu araştırmada öğrencilerin ABY anlayışları ile üst bilişsel farkındalıkları arasındaki ilişki hem nitel hem de nicel analizler kullanılarak incelenmiştir. Dört farklı kademedan 701 öğrenci üzerinde yapılan bu çalışmada iki nicel anket ve iki nitel görüşme sorusu kullanılmıştır. Ancak araştırma kapsamında öğrencilere herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Anket sonuçları ve yapılan nitel analizlere göre öğrencilerin ABY anlayışları ile üst bilişsel farkındalıkları arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Sınıf düzeyi incelemeleri, 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel kategorilerle ilgili düşünce ve ifadelerinin 5. ve 6. sınıf öğrencilerine kıyasla daha sistematik ve kapsamlı olduğunu göstermektedir. Üst bilişsel farkındalığı yüksek olan öğrencilerin ABY algılarının da daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, yüksek bilişsel farkındalığa sahip öğrenciler ABY ve kategorilerini daha yapılandırılmış bir şekilde açıklarken, düşük bilişsel farkındalığa sahip öğrenciler ise ABY ve kategorileri hakkında daha sınırlı ifadeler kullanmışlardır.

Gören ve Kaya (2023) tarafından yapılan bir diğer uygulama içermeyen araştırmada, 180 beşinci sınıf öğrencisinin üst bilişsel farkındalıkları ile bilimin doğası anlayışları arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla “Bilimin Doğası Ölçeği” ve “Üst Bilişsel Farkındalık Anketi” kullanılmış; ancak herhangi bir uygulama yürütülmemiştir. Anket sonuçlarına dayanarak korelasyon değeri hesaplanmış ve öğrencilerin bilimin doğası anlayışları ile üst bilişsel farkındalık düzeyleri arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yarı yapılandırılmış görüşmelerle bu pozitif ilişki desteklenmiştir.

ABY odaklı araştırmalar arasında öğretmenler ve öğretmen adaylarına yönelik gerçekleştirilen araştırmalar da dikkat çekmektedir. Bu kapsamda, Kaya vd. (2017) tarafından yürütülen araştırmanın amacı, ABY’nin tüm kategorilerinde yapılan uygulamalar doğrultusunda öğretmen adaylarının gelişim göstermelerini sağlamaktır. Araştırma, 14 öğretmen adayıyla 14 haftalık bir süreçte gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre öğretmen adaylarının bilimin doğasına ilişkin algılarında genel anlamda bir gelişim kaydedilmiştir. Daha ayrıntılı incelemelerde amaç ve değerler, yöntemler ve yöntemsel kurallar ile sosyal ve kurumsal sistemler kategorilerindeki gelişimin daha belirgin olduğu görülmüştür. Nicel bulgular nitel verilerle desteklenmiş ve öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilen uygulamalar sayesinde ABY’nin bütüncül bir şekilde öğretimi sağlanmıştır.

Kaya vd. (2019) tarafından yürütülen bir diğer araştırmada 15 öğretmen adayı, 14 hafta süren uygulamalara katılmıştır. Öğretmen adaylarının bilimin doğası algılarını geliştirmek amacıyla gerçekleştirilen bu araştırmada hem ABY anketi hem de bireysel görüşmelerden

faydalanılmıştır. Araştırma sonunda öğretmen adaylarının BD hakkındaki görüşlerinin belirgin bir şekilde geliştiği görülmüştür. Yapılan uygulamanın ABY kategorilerine etkisi incelendiğinde ise uygulama sonrası adayların bilimin amaç ve değerleri, yöntemleri, bilimsel bilgi ve bilimin sosyal-kurumsal sistemlerine ilişkin görüşlerinin geliştiği; ancak bilimsel pratikler kategorisinde uygulama öncesi ve sonrası görüşleri arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Benzer bir uygulama olarak Ju, Cho ve Paik (2023) tarafından yürütülen uygulamalı çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin, 29 öğretmen adayıyla ABY kavramını anlama düzeylerinde niceliksel bir dönüşüm sağlamadaki etkisi incelenmiştir. Dersten önce BD ile ilgili az bilgisi olan katılımcıların önemli bir yüzdesi olmasına rağmen, bu konularla ilgili daha fazla öğretim materyali geliştirilmesi gereklidir. Sonuç olarak, bu öğretim materyalleri öğretmen adaylarının ABY hakkındaki anlayışlarını geliştirebilir.

Sarıbaş ve Ceyhan (2015), Erduran ve Dagher (2014a) tarafından önerilen benzen halkası modelinin, fen bilimleri öğretmen adaylarının bilimsel pratikleri anlama düzeyini geliştirme üzerindeki etkisini incelemek amacıyla oto-etnografik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma, yazarın edindiği bireysel kazanımların yanı sıra benzen halkası modelinin ders planlarına entegrasyonunun alan özgüllüğü, etik, bilimsel pratiklerin faydası ve öğrencilerin fen öğrenimindeki rolü gibi konulardaki yanlış anlamaların fark edilmesine olanak sağladığını göstermiştir. Bu bulgular, araştırmacılar ve öğretmenler için değerli bir örnek teşkil etmektedir. Erduran ve Kaya (2018) benzer şekilde bilimsel pratikler üzerine yapılandırılmış üç atölye çalışmasından oluşan bir uygulama yürütmüşlerdir. Atölyelerin amacı, öğretmen adaylarının Benzen Halkası Modeli'ni hem teorik olarak anlamalarını hem de uygulamalı olarak derslerinde kullanabilmelerini sağlamaktır. Bu çalışma, benzen halkası modelinin öğretmen adaylarının bilimsel pratikleri kavrayışlarını değerlendirmede ve öğretmen eğitimi atölyelerinin tasarımında yararlı olduğunu ortaya koymakta; ayrıca modelin yeni bir içerik alanında kullanılmasıyla daha iyi bir anlayışın gelişebileceğine dair umut verici bulgular sunmaktadır.

Öğretmenlerle yürütülen uygulamalı çalışmaların yanı sıra uygulamalı olmayan çalışmalar da dikkat çekicidir. Aksöz (2019) tarafından yürütülen araştırmanın bu tez için en önemli amacı, fen bilimleri öğretmenlerinin bilimin amaç ve değerleri ile sosyal ve kurumsal yönlerine ilişkin algılarını incelemektir. Araştırmada 220 öğretmen ile nicel veri toplanmış ve bu verilere dayanarak 12 öğretmen belirlenip nitel veri toplanmıştır. Araştırma sonuçları, öğretmenlerin hem bilimin amaç ve değerleri hem de sosyal-kurumsal boyutları için orta düzeyin üzerinde bir anlayışa sahip olduklarını göstermektedir. Ayrıca öğretmenlerin bilimin amaç ve değerleri ile sosyal-kurumsal sistemler boyutlarına ilişkin algılarının, öğretmenlerin BD'yi algılama seviyeleriyle paralel olarak değiştiği ortaya çıkmıştır.

Demirel (2021) tarafından yürütülen araştırmada 13 fen bilimleri öğretmen adayı ile görüşmeler yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre, bilimin doğası hakkında lisansüstü öğrenimlerini tamamlayan öğretmenlerin daha bilgili görüş sundukları tespit edilmiştir. Bilimin doğası hakkında yeterli düzeyde bilgiye sahip olmayan öğretmenlerin ise fen öğretim programı içerisinde nitelikli ilişkiler kuramadıkları ve tutarlı görüşler sunamadıkları görülmüştür. Ayrıca fen bilimleri öğretim programını daha nitelikli bir şekilde derslerine adapte etmek isteyen öğretmenlerin, bilimin doğasını da derse adapte etme eğilimlerinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Erduran ve Dagher'in (2014a) ABY çerçevesine dayalı olarak Akgün ve Kaya (2020) tarafından yürütülen çalışma ise diğer çalışmalardan farklı olarak üniversitedeki farklı bölümlerden öğrencilerin bilimin doğasını anlama düzeylerini araştırmak için yürütülmüştür. Araştırma sonuçları, fen dışı bölümlerin amaçlar ve değerler, bilimsel bilgi, yöntemler ve bilimin sosyal-kurumsal sistemleri kategorilerinde daha iyi bir algı sergilediğini göstermiştir. Bununla beraber fen bölümü öğrencileri, bilimsel bilginin farklı biçimlerini ve bilimsel pratikleri ifade ederken biraz daha gelişmiş bir algı sergilemişlerdir.

Fen eğitimi ders müfredatını ABY kategorileri bakımından inceleyen çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Kaya ve Erduran (2016a) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, MEB 2006 ve MEB 2013 müfredatları analiz edilmiştir. Bu çalışma, yalnızca fen müfredatlarının incelemesine odaklanmamakla birlikte, fen müfredatındaki gelişmelerin yönü ve nasıl katkı sağlanabileceği konularını da açıklamaktadır. Çalışmanın sonucuna göre, ABY kategorilerinde bilimin bilişsel-epistemik yönü yeterince ele alınırken, sosyal-kurumsal yönü yeterince vurgulanmamıştır. Sosyal-kurumsal kategoriler, 2013 müfredatında daha fazla yer alsa da genellikle iki müfredatta da parçalı ifadelerle sunulmuştur. Bu durum, ilgili kategori için tutarlı bir genel vizyon oluşturulmasını engellemiştir. Ayrıca, ABY kategorileri için kullanılan anahtar kelimeler müfredat içeriği ile örtüşse de içerik, Erduran ve Dagher (2014a) tarafından sunulan tanıma uymadığı için bu kazanımlar sosyal-kurumsal sistemlere dahil edilmemiştir. Hatta ABY'ye atıfta bulunan kazanımlardan bazıları da tam olarak açıklanmamıştır. Ayrıca, müfredatta yer alan bazı kazanımlar, ABY kategorileriyle daha iyi örtüşebileceği ve içerik açısından daha fazla zenginleştirilebileceği halde, bilimin doğası açısından yeterince içselleştirilmemiştir. Yapılan analizlerle zaman içinde fen bilimleri müfredat revizyonlarının nasıl geliştirilebileceği, ABY'nin müfredat içeriğine nasıl dahil edilebileceği ve karşılaştırmaların nasıl daha kolay yapılabilmesi konularını vurgulanmıştır.

Kaya ve Erduran (2016b) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise yeniden kavramsallaştırılmış aile benzerlik yaklaşımının fen eğitimindeki uygulama süreci tartışılmıştır.

Ayrıca, ABY çarkında yer alan iç katmandaki bilimsel bilgi ve bilimsel pratikler kategorileri detaylı şekilde incelenmiştir. Teorik olarak yürütülen bu çalışmada, İlköğretim Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2013a) ile Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı (MEB, 2013b) ABY kategorileri açısından incelenmiş ve anahtar kelimeler kullanılarak aynı tablo içinde karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, yöntemler ve yöntemsel kurallar, bilimsel bilgi, bilimsel pratikler, sosyal değerler ile sosyal kabul ve dağılım kategorilerinin her iki programda da yer aldığı görülmüştür. Buna karşılık, sosyal kurumlar ve etkileşimler ile amaçlar ve değerler kategorilerinin yalnızca fen bilimleri müfredatında bulunduğu belirlenmiştir. Bunun dışında, politik güç yapıları, bilimsel değerler ve finansal sistemler kategorileri programlarda yer almamaktadır. Yazarların yaptığı bir önceki çalışma ile uyumlu olarak, bu çalışmada sosyal-kurumsal sistemlerin müfredat içeriklerinde yetersiz kaldığı belirtilmiştir. Diğer kategorilere dair kazanımlara rastlanmakla birlikte, bilimin doğası açısından ABY çerçevesinin tam olarak doldurulamadığı vurgulanmıştır.

Kurt (2022) tarafından yapılan Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) 2018 Fen Bilimleri öğretim programı analizinde, Kaya ve Erduran (2016a) tarafından geliştirilen anahtar kelimeler kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda müfredat içeriğinde bilişsel-epistemik kategorilerin, sosyal kurumsal sistemlere göre daha fazla yer verildiği görülmüştür. Hatta bunun ulusal müfredat analizleriyle de örtüştüğü söylenmiştir (Cheung, 2020). Bunun yanı sıra bilişsel-epistemik kategoriler arasında bilimsel pratikler sık, amaçlar ve değerler ise en seyrek rastlanan kategori olurken, sosyal kurumsal kategorilerde profesyonel aktivitelerin en sık rastlanan, politik güç yapılarının ise en seyrek olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, sosyal kabul ve yayılım kategorisi ile profesyonel aktiviteler ortak anahtar kelimeler içerdikleri için kod sıklığının aynı olduğu belirlenmiştir.

Benzer şekilde Kaya, Erduran ve Okan (2024) tarafından Türkiye’de lise düzeyindeki fizik, kimya ve biyoloji müfredatlarında BD kavramlarının nasıl yer aldığı incelenmiştir. Çalışma, BD içeriğini alan özgüllüğü ve öğrenme ilerlemesi boyutlarıyla birlikte ele alan az sayıdaki araştırmadan biridir ve müfredatlar ABY çerçevesiyle analiz edilmiştir. Karma yöntem kullanılarak yapılan analizler sonucunda, BD’nin bilişsel-epistemik yönlerine ağırlık verildiği, fen alanları arasında BD içeriğinin vurgusunda farklılıklar olduğu ve sınıf düzeyleri boyunca BD temalarının tutarlı bir şekilde ilerlemediği bulunmuştur. ABY trendlerini araştıran Bae ve Son (2024) bu konu için alan özelinde öğretim yöntemleri ve materyallerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır (Pereira ve Ha, 2024).

Son olarak, ABY’na dayalı ders kitabı içerik analizleri üzerine yapılan bazı çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Ders kitabı analizinin görevdeki fen öğretmenlerinin NOS anlayışlarını

geliştirmede etkili bir mesleki gelişim aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Chanetsa ve Ramnarain, 2023). Bu bağlamda Okan (2021) tarafından yapılan çalışmada, 5., 6., 7. ve 8. sınıf ders kitaplarına yönelik bilimin doğası içerikleri incelenmiştir. Bunun yanı sıra, 8. sınıf öğretmenleri ile hem nitel hem de nicel çalışmalar yürütülerek öğretmen görüşlerine de yer verilmiştir. MEB kitaplarında yer alan etkinlikler, kitapların konu içerikleri ve değerlendirme bölümleri, Kaya ve Erduran (2016b) tarafından hazırlanan anahtar kelimelerle analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, ders kitaplarının bilimin doğasına yeterince vurgu yapmadığı, ancak kitaplarda yer alan etkinlik bölümlerinin bilimsel pratikler, sosyal kabul ve dağılım ile profesyonel aktivitelere yönelik olduğu görülmüştür. Öğretmenlerin bakış açısına göre, bilimin doğasının ders kitaplarıyla birlikte yürütülmesinin verimli olmadığı, çünkü kitapların bu konuda yetersiz kaldığı belirtilmiştir. Bu çalışma, fen bilimleri ders kitaplarında bilimin doğasına yönelik bütünlük sağlanması için çeşitli öneriler de sunmaktadır. Bunun yanında Pimenta, Okan ve Molnár (2025) tarafından yürütülen çalışmada, Brezilya'nın Ulusal Fen Bilimleri Müfredatı'nı ABY çerçevesinde incelemiş ve özellikle bilimin bilişsel-epistemik kategorileri ağırlık verildiğini ortaya koyarken sosyal-kurumsal kategorilerinde önemli ölçüde temsil edildiği tespit edilmiştir. Ancak bu unsurların müfredata entegrasyonu yapısal açıdan sınırlı kaldığı, diğer BD bileşenleriyle olan bağlantıların zayıf görülmüştür. Bu bulgu, sosyal boyutların müfredatta yer alsa da etkili ve bütüncül biçimde işlenmediğini göstermektedir. Öte yandan Mork vd. (2022) Norveç fen müfredatına yönelik çalışmada, bilimin bilişsel-epistemik ile sosyal-kurumsal kategorileri arasında bir denge olduğu rapor edilmiştir. Özellikle bilimsel pratikler ile sosyal değerler kategorileri arasındaki ilişki dikkat çekicidir. Norveç müfredatında sosyal değerlerin güçlü biçimde temsil edilmesi, insan onuru, kimlik, kültürel çeşitlilik, doğaya saygı, çevresel farkındalık, demokrasi ve katılım gibi toplumsal değerlerin tarihsel olarak eğitim politikalarında korunmasına bağlanmaktadır. Bu durum, BD'nin sosyal yönlerinin müfredata entegrasyonunun kültürel ve politik bağlamdan etkilendiğini göstermektedir.

BD, farklı bağlamlarda ele alınarak çeşitli çalışmalara entegre edilmiştir ve bu çalışmalar arasında SBA ile BD iç içe entegre edildiği örnekler de bulunmaktadır. Khishfe (2014) tarafından yapılan çalışmada, genetiği değiştirilmiş gıdalar ve su floridasyonu konuları üzerinde durulmuş ve deneysel, kesin olmayan ve subjektif üç bilimin doğası bileşenine odaklanılmıştır. Çalışma sonucunda, 7. sınıf öğrencilerinin BD anlayışlarında ve sosyobilimsel argümantasyon becerilerinde belirgin gelişmeler gözlemlenmiştir. Eastwood vd. (2012) 11. ve 12. sınıf öğrencileri ile sosyobilimsel konularla beraber sosyobilimsel argümantasyona dayalı açık ve derinlemesine işlenen BD öğretiminin etkilerini incelemiştir. Araştırma sonunda, sosyobilimsel

konuların deney grubu öğrencilerinin BD anlayışlarına katkı sağlamak için etkili bir araç olduğuna dair bulgular elde edilmiştir. Yazarlar, sosyobilimsel konular ve argümantasyonun, bilimsel doğanın daha ayrıntılı ve uygulamalı bir şekilde kavranmasını sağladığını öne sürmüşlerdir.

Schussler ve Bautista (2011) tarafından biyoloji laboratuvarında yürütülen bir çalışmada farklı öğretim yöntemlerinin ve BD odaklı argümantasyon etkinliklerinin, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini ve BD anlayışlarını geliştirme üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu çalışma sonucu sosyobilimsel argümantasyon ve BD öğretiminin birbirini tamamlayıcı bir şekilde, uygun pedagojik yaklaşımlarla birleştirildiğinde etkili olabileceğini ve her iki yaklaşımın da kendine özgü güçlü ve zayıf yönleri olduğunu göstermektedir. 7. sınıftan 11. sınıfa kadar farklı seviyelerden öğrencilerle çalışma yapan Herman, Zeidler ve Newton (2018) diğer çalışmalarla benzer sonuçlara ulaşmıştır. Sosyobilimsel konuların öğretiminin, öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarını, doğaya ve insanlara karşı şefkatlerini ve çevre dostu tutumlarını nasıl etkilediğini, bu tutumların çevreye yönelik eylemlerle nasıl ilişkilendiğini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada, öğrencilerin sosyobilimsel konularla ilgili argümantasyon becerilerini geliştirdikleri belirtilmiştir ve çevresel bir mesele üzerinden farklı bilimsel, kültürel, politik ve etik bakış açılarını tartışarak argümantasyon yapma fırsatı buldukları anlatılmıştır. Çalışmanın sonucunda, sosyobilimsel konularla yapılan öğretimin, öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarını derinleştirerek çevresel sorunlara karşı daha empatik ve bilinçli bir yaklaşım geliştirmelerini sağladığı gösterilmektedir.

Herman (2015) yılında yürüttüğü bir diğer çalışmada ise, sosyobilimsel kararların sadece bilimsel verilere dayalı olmadığını, aynı zamanda bireylerin sosyokültürel kimliklerinden ve kişisel çıkarlarından etkilendiğini vurgulamıştır. Bu bağlamda, BD anlayışının sadece bilimsel verilerin değerlendirilmesinde değil, aynı zamanda bu tür kararların çok boyutlu doğasının anlaşılmasında da önemli bir rol oynadığına dikkat çekmiştir. İncelenen çalışmalar, bilimin sosyal, dinamik ve deneysel yönleriyle ilgili müfredatların, öğrencilerin sosyobilimsel konular ile karşılaştıklarında yapılan sosyobilimsel argümantasyonların faydalı olacağını önermektedir (Karışan ve Zeidler, 2017).

Bu doğrultuda, BD'nin farklı disiplinlerle etkileşim içinde ele alınmasının yanı sıra, sorgulama temelli yaklaşımlarla da ilişkilendirildiği çalışmalar bulunmaktadır. İlk olarak Akerson ve Volrich (2006) tarafından yürütülen çalışmada BD öğretiminin sorgulama temelli derslerle entegrasyonunun son derece etkili olduğunu ve öğretmenlerin, BD'nı öğrenme ve öğretme konusunda süreklilik gösteren, bireyselleştirilmiş mesleki gelişim desteği aldıklarında başarılı oldukları belirtilmiştir. Bjønness ve Knain (2018) tarafından yapılan çalışmada da, BD

ilkelerinin laboratuvar sorgulama modeline entegre edilmesinin, öğrencilerin bilimsel bilginin nasıl üretildiğini doğrudan deneyimlemelerini sağlayarak BD'nin temel ilkelerini daha iyi anlamalarına yardımcı olduğu vurgulanmıştır. Harlen (2010) ise diğer çalışmalara benzer şekilde bilimsel sorgulamanın yalnızca pratik uygulamalarla değil, aynı zamanda bilim insanları gibi düşünme ve kanıt toplama süreçleriyle ilişkili olduğunu vurgulamış, bu süreçlerin BD ile ilgili daha derin bir anlayış geliştirmeye yardımcı olduğunu ifade etmiştir.

Ryder ve Martins (2015) tarafından savunulan, BD'nin "genel yönleri" kavramının, öğrencilerin bilimsel sorgulama süreçlerinde daha derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olacak şekilde daha iyi bir katılım sağladığı görüşünü desteklemektedir. Murphy, Smith ve Broderick (2019) tarafından yapılan araştırma benzer şekilde, öğrencilerin bilimsel sorgulama faaliyetlerine katılımının, onların BD hakkındaki anlayışlarını geliştirmelerine yardımcı olduğunu ve bu süreçlerin bilimsel düşüncelerini şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Son olarak, Lestari, Paidi ve Suwarjo (2024) tarafından üretilen çalışmada da, BD ve sorgulama süreçlerinin birbirini tamamladığı ve öğrencilerin bilimsel bilgi üretimini anlamalarını sağladığı vurgulanmaktadır. BD'nin sorgulama süreciyle entegrasyonu, öğrencilerin bilimsel düşünme ve kanıt toplama gibi beceriler geliştirmelerine yardımcı olur. Ayrıca, BD'nin bilimsel sorgulama süreçlerinin temel ilkelerini öğrencilere kazandırmada önemli bir rol oynadığı ifade edilmektedir.

Yukarıda sunulan alan yazın, ABY'nin hem öğretmen, öğretmen adayı hem de öğrenci düzeyinde bilimsel düşünmeyi geliştirmede önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır. Ancak çalışmaların çoğu belirli ABY kategorilerine odaklanmış; bazı bileşenler ise yeterince temsil edilmemiştir. Müfredat ve ders kitapları analizlerinde de benzer şekilde sosyal-kurumsal unsurların sınırlı yer bulduğu dikkat çekmektedir. Bu bulgular, ABY'nin daha bütüncül bir şekilde öğretime entegre edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu noktada, bilimin doğası öğretimini güçlendirecek farklı yaklaşımların, örneğin sosyobilimsel argümantasyon, sorgulama temelli öğretim ve mühendislik tasarımının nasıl katkı sunduğu sorusu önem kazanmaktadır.

Sorgulama temelli yaklaşım mühendislik süreçleriyle birçok ortak noktaya sahip olup problem çözme ve tasarım odaklı düşünmeyi desteklemektedir. Kutlu vd. (2022) tarafından yürütülen çalışmada STEM uygulamasının 8. sınıf öğrencilerinin sorgulama öğrenme algısı ve mühendislik bilgi seviyeleri üzerine uygulanan öğretim incelenmiştir. Başta birbirine denk olan deney ve kontrol gruplarının sonuçları uygulama sonrasında incelendiğinde sorgulama öğrenme becerisi algı düzeylerinin deney grubu lehine olduğu görülmüştür. Buna göre, STEM destekli fen öğretiminin, öğrencilerin sorgulama öğrenme becerisi algılarını etkilediği ve bu durumun,

öğrencilerin mühendislik tasarım sürecini takip etmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü, öğrenciler için planlanan “Kaldıraç Tasarımı” etkinliğinde öğrencilerin bilimsel sorgulama ve araştırmanın yanında mühendislik tasarım sürecini de deneyimledikleri görülmüştür. Bu durumda, mühendislik tasarım süreci, öğrencilerin sorgulama öğrenme becerisi algıları üzerinde etkili olmuştur.

Alan yazında yer alan benzer çalışmalara bakıldığında, Doppelt vd. (2008) tarafından yürütülen bu çalışmada, 8. sınıf öğrencileriyle bir önceki çalışmadan farklı olarak tasarım temelli öğretim kullanılmasıyla mühendislik ve sorgulama süreçlerinin eş zamanlı olarak uygulanmasına olanak sağlanmıştır. Tasarım temelli öğretim ortamlarında, öğrenciler öğrenme süreçlerinde daha fazla sorgulama yapmış, çözüm geliştirmeye odaklanmış ve mühendislik becerilerini ilerletme konusunda önemli fırsatlar elde etmiştir. Sorgulama ve mühendislik tasarım süreçlerinin tasarım temelli fen eğitiminde eş zamanlı kullanılması hem bilimsel hem de mühendislik alanlarındaki disiplinler arası düşünme yetilerini güçlendirerek, öğrencilerin daha entegre bir öğrenme deneyimi yaşamalarına olanak tanımıştır.

Benzer şekilde lise öğrencileriyle yürütülen bir çalışmada tasarım temelli öğretim kullanılarak önemli bilimsel bilgilerin inşa edilip edilmediği değerlendirilmiştir (Fortus vd., 2004). Bu çalışmanın sonucunda sorgulama ve mühendislik becerilerinin birleşimiyle öğrencilere tasarım problemleriyle ilgili gerçek dünya çözümlerini geliştirdiğine yönelik bir varıldığı görülmüştür. Öğrencilerin farklı mühendislik tasarımları geliştirirken, bu tasarımlarda bilimsel bilgilere dayalı kararlar almak için sürekli sorgulama yapmaları gerekmiştir. Bir önceki çalışmayla benzer şekilde sonuçlanan bu çalışmada, sorgulama temelli öğrenme ve mühendislik tasarımı birleşerek, öğrencilerin bilgilere daha derinlemesine hakim olmalarını ve bu bilgileri uygulamalı bir şekilde kullanmalarını sağlamıştır.

Purzer vd. (2015) tarafından öğrencilerle gerçekleştirilen bu çalışmada, mühendislik tasarım süreci ile bilimsel sorgulama arasındaki ilişki incelenmiştir. Araştırma, mühendislik tasarımının öğrencilerin bilimsel açıklamalar yaparak tasarımlarını oluşturma süreçlerine nasıl katkı sağladığını ortaya koymayı amaçlanmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin mühendislik tasarımı sürecinde bilimsel sorgulama ve deneysel verileri kullanarak problem çözme becerilerini nasıl geliştirdikleri ve bu iki sürecin nasıl etkileşim içinde olduğu ifade edilmiştir. Çalışma sonunda, mühendislik ve bilimsel sorgulama süreçlerinin birbirini nasıl tamamladığı, öğrencilerin tasarım sürecinde aldıkları kararları ve bu kararları bilimsel temellere nasıl dayandırdıkları vurgulanmıştır.

Luo vd. (2021) tarafından Hong Kong’da 5. Ve 6. Sınıf öğrencileriyle yürütülen bir diğer çalışmada ise mühendislik tasarım süreciyle öğrencilerin bilimsel sorgulama, bilimsel araştırma

yapma ve deneyler yapma gibi deneyimlerle nasıl açık bir öğrenme ortamı sunduğuna değinilmiştir. Ayrıca, öğrencilerin sorgulama ve "yaparak öğrenme" süreçlerini deneyimlemelerinin, fen öğretimi ve mühendislik tasarım sürecinin kesişim noktalarından biri olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak, öğrencilerin bu süreçlerde aktif olarak yer alması, hem bilimsel hem de mühendislik odaklı öğrenmeyi destekleyen bir etkileşimler oluşturmuştur.

5. sınıf öğrencileriyle beraber yürütülen bir diğer çalışmada ise tematik STEM öğretim uygulaması yapılmıştır (Hacıoğlu, 2020). Çalışmanın sonucunda mühendislik tasarım basamağında öğrencilerin bilimsel bilgilere dayalı kararlar almak için sürekli sorgulama yapması gerektiğine dikkat çekilmiştir. Bu bağlamda, mühendislik tasarımı ve sorgulama temelli öğretimin birleştirilmesiyle öğrencilerin bilgilerini uygulayarak kullanabileceği vurgulanmıştır. Mühendislik tasarımı ve sorgulama süreçlerinin birbirini desteklemesi, öğrencilerin sorduğu farklı sorulara bilimsel bilgiler doğrultusunda verdikleri kararlarla çözüm geliştirmeleriyle örneklendirilmiştir.

Gökbayrak ve Karışan (2017) tarafından yapılan çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarına STEM temelli araştırma sorgulama yaklaşımına dayalı laboratuvar eğitimi verilerek bunun bilimsel süreç becerilerine etkisi incelenmiştir. Bu süreçte araştırma sorgulamaya dayalı STEM etkinliklerinde bir problem ile baş başa bırakılan öğretmen adayları bu problemin çözümüne yönelik etkinlik tasarlamışlardır. 21. yüzyıl becerilerini (iletişim becerileri, araştırma, sorgulama, problem çözme vb.) güçlendirecek şekilde planlanan deney grubu etkinlikleri ile bireylerin sınıflandırma, gözlem yapma, sebep-sonuç ilişkisi kurma, verileri kaydetme ve düzenleme gibi bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği görülmüştür. Ayrıca, araştırma sonuçlarına göre mühendis ve bilim insanı gibi düşünen kişilerle disiplinler arası öğretimin derse adaptasyonunun olacağı düşünülmektedir.

Hacıoğlu, Yamak ve Kavak (2017) tarafından öğretmen adaylarıyla ilgili yürütülen bir diğer çalışmada, mühendislik tasarımı sürecinin sorgulama süreci ile birleşiminin öğretmenlerin bilimsel süreç becerileri ve karar verme becerilerini geliştirdiği vurgulanmıştır. Problem çözme becerisinin gelişimine önemli katkı sağlayan mühendislik tasarım sürecinin, sorgulama süreciyle birlikte kullanılması gerektiği belirtilmiş, çünkü bilimsel kararlar alırken ve tasarımlarını geliştirirken sorgulamanın önemi vurgulanmıştır.

Son olarak, Brunsell (2012) çalışmasında, mühendislik tasarım sürecinin öğretim ortamında nasıl uygulayabileceğinden ve öğretmenlerin bu süreci sınıfta nasıl kullanabileceklerinden bahsetmiştir. Ayrıca, mühendislik tasarımı ve bilimsel sorgulamanın STEM eğitiminde nasıl birbirini tamamladığını ve bu iki öğenin öğrencilere nasıl kazandırılabilirliğini daha ayrıntılı bir şekilde açıklamıştır. Mühendislik tasarımı, öğrencilere

genellikle somut ve gerçek dünya problemleri üzerinde çalışarak çözüm üretme becerisi kazandıran aynı zamanda bilimsel sorgulama becerilerini de geliştirerek daha derin bir anlayış kazanmalarına yardımcı olan süreç olarak ifade etmiştir. Ve sonuç olarak mühendislik tasarımı ve bilimsel sorgulama arasındaki ilişkinin, öğrencilerin aktif katılımıyla etkili bir öğrenme sağladığını vurgulamıştır.

Mühendislik tasarımı ve sorgulama süreçlerini birlikte ele alan çalışmalar değerlendirildiğinde, bu iki sürecin yalnızca bir arada sunulmasının ötesine geçilerek, birbirini bütünleyen yapılar olarak entegre edildiği görülmektedir (Doppelt vd., 2008). Öğrencilerin mühendislik problemlerine çözüm ararken, en uygun tasarımı geliştirebilmek için bilimsel veriye dayalı kararlar almaları gerektiği; bu noktada sorgulamanın tasarım sürecine yön verdiği anlaşılmaktadır (Kutlu, Bakırcı ve Kara, 2022). Uygulamalarda, mühendislik tasarım basamaklarının her birinde bilimsel sorgulamanın aktif biçimde yer aldığı dikkat çekmektedir (Hacıoğlu, Yamak ve Kavak, 2017). Her ne kadar mühendislik tasarımı doğrudan BD öğretimiyle sık ilişkilendirilmese de, bu süreçte öğrencilerin yaptığı tercihler ve kararlar çoğu zaman etik, toplumsal ve teknolojik boyutlar içerdiğinden, BD'nin özellikle değer yüklülük ve bilimin toplumsal yapısı gibi yönlerini görünür kılmaktadır. Bu da ABY'nin sosyal-kurumsal bileşenleriyle doğal bir örtüşme sağlamaktadır. Bu sayede, öğrenciler yalnızca tasarım sürecine değil, aynı zamanda bilimsel düşünme ve kanıta dayalı akıl yürütme becerilerine de sistematik olarak katılım göstermektedir. Dolayısıyla bu entegrasyon, öğrencilerin mühendislik ve sorgulama becerilerini paralel biçimde geliştirmekte; farklı disiplinleri bir araya getiren bütüncül ve uygulamalı öğrenme ortamları oluşturmaktadır (Purzer, Duncan ve Strobel, 2015).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyal ve yöntem bölümünde, araştırmanın modeli, çalışma grubu, araştırmacının rolü, nicel ve nitel veri toplama araçları, araştırmanın uygulama süreci ve elde edilen verilerin analizine ilişkin elde edilen bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada, ABY'ye dayalı bilimin doğası öğretiminin, 7. sınıf öğrencilerinin bilimin doğası görüşlerine ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına etkisi incelenmiştir. Araştırma, karma yöntem yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir; çünkü karma yöntem, nitel ve nicel araştırma yaklaşımlarının güçlü yönlerini bir araya getirerek, araştırma problemlerine çok boyutlu ve derinlemesine bir bakış açısı kazandırmayı amaçlamaktadır (Creswell ve Plano Clark, 2018). Karma yöntem, yalnızca nitel ya da nicel verilerle elde edilemeyecek olan bütüncül verilerin ortaya konmasına olanak tanır. Bu yöntemde, verilerin türü, toplama sıralaması ve entegrasyon biçimi araştırma sürecinin temel unsurlarındandır.

Araştırmada kullanılan iç içe geçmiş desen, karma yöntem türlerinden birini oluşturur ve bu desen, birincil veri türünün (nicel veya nitel) içine ikincil veri türünün entegre edilmesini sağlar. İç içe geçmiş desenin temel özelliği, veri türlerinin toplanma sırasının sabit olmamasıdır; yani nitel ve nicel veriler aynı anda veya farklı zaman dilimlerinde toplanabilir. Bu yaklaşımda, genellikle bir veri türü baskın olurken, diğer veri türü onu destekleyici ve güçlendirici bir rol üstlenir. Bu çalışmada, baskın veri türü nicel, nitel veriler ise bu nicel yapının içine gömülerek anlam derinliği oluşturmuştur. Bu sayede, nitel verilerin sürece yayılması, yalnızca sonuçların açıklanmasında değil, aynı zamanda öğrenme sürecinin daha derinlemesine anlaşılmasında da katkı sağlamıştır (Creswell ve Plano Clark, 2018).

İç içe geçmiş desenin seçilmesinin nedeni, nitel ve nicel verilerin bir arada kullanılmasıyla daha kapsamlı ve çok boyutlu bulgular elde edilmesidir. Bu yapı sayesinde araştırma, hem sayısal sonuçlara ulaşmayı hem de bu sonuçların ardındaki öğrenme süreçlerine dair detayları ortaya koymayı mümkün kılmıştır. Nitel veriler, öğrencilerin süreçteki gözlemlerine ve öğrenme deneyimlerine dair anlamlı veriler sunarken, nicel bulguların anlamlandırılmasına katkıda bulunmuştur. Böylece araştırma, yalnızca “Ne oldu?” sorusuna değil, aynı zamanda “Nasıl?” ve “Neden?” sorularına da güçlü yanıtlar verebilecek şekilde tasarlanmıştır (Creswell, 2012).

İç içe geçmiş desenin en belirgin avantajlarından biri, bir veri türünün açıklamada yetersiz kalabileceği durumlarda diğer veri türünün onu destekleyerek daha kapsamlı yorumlar

yapılmasını sağlamasıdır. Bu desen, araştırmacıya belirli bir veri türünü ana odak olarak benimseyip diğerini destekleyici ve zenginleştirici olarak kullanma olanağı tanırken, aynı zamanda veri bütünlüğünü artırır. Bu bağlamda, araştırmanın bilimin doğasına dair görüşleri ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarını değerlendirmeyi hedeflemesi, iç içe geçmiş deseni tercih etmenin önemli bir nedenidir. Bu desenin bir diğer avantajı da karmaşık öğrenme süreçlerini çok boyutlu bir şekilde ele alabilme olanağı sunmasıdır. Nicel veriler, ölçülebilir değişimleri ve istatistiksel farkları ortaya koyarken; nitel veriler, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini ve düşünsel süreçlerini daha derinlemesine anlamayı mümkün kılmıştır. Böylece araştırmada, bilimin doğası öğretiminin öğrencilerin hem görüşlerine hem de öğrenme algılarına olan etkisi çok yönlü bir şekilde analiz edilebilmiştir (Creswell ve Plano Clark, 2018).

Araştırmanın süreci, nicel ön test uygulaması ile başlamış ve ardından nitel ön test formları ile desteklenmiştir. Uygulama süresi boyunca öğrencilerin öğrenme sürecine dair algıları ve bilimsel düşünmeye yönelik ifadeleri, çalışma kâğıtları üzerinden toplanan nitel verilerle izlenmiştir. Bu süreç, öğrencilerin bilimsel düşünme ve sorgulayıcı öğrenme becerileri üzerinde doğal ortamlarında nasıl düşündüklerini ve hissettiklerini anlamak açısından değerli bilgiler sunmuştur. Araştırma sonunda ise hem nicel son test hem de nitel son test araçlarıyla veri toplama süreci tamamlanmıştır.

3.2. Çalışma Grubu

Bu araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılı itibarıyla Adıyaman ili Kahta ilçesi Bölükayla Beldesi'nde, 42 kişiden oluşan 7. sınıf öğrencileriyle yürütülmüştür. Araştırmanın gerçekleştirildiği okulda bulunan 7/A ve 7/B şubeleri, rastgele atama yoluyla deney ve kontrol grupları olarak belirlenmiştir. Her iki grupta da 21 öğrenci yer almakta olup, uygulanan ön testler ve öğrencilerin sosyoekonomik durumları dikkate alındığında grupların birbirine denk olduğu görülmüştür. Çalışmada 7. sınıf düzeyinin tercih edilmesinin iki temel nedeni bulunmaktadır: tez konusunun, 7. sınıf fen bilimleri müfredatıyla en uyumlu düzeyde olması ve araştırmacının üç yıldır bu sınıf seviyesindeki derslere giriyor olması nedeniyle öğrencileri yakından tanınması ve dolayısıyla öğrenci katılımının yüksek olacağının öngörülmesidir.

3.3. Araştırmacı Rolü

Bu araştırmada, araştırmacı uygulamanın yapıldığı okulda 2023-2024 eğitim-öğretim yılı itibarıyla üçüncü, öğretmenlik kariyerinde ise yedinci yılını sürdürmektedir. Fen bilimleri öğretmeni olan araştırmacı, lisans eğitimi sırasında aldığı BD dersi aracılığıyla edindiği

kuramsal bilgi birikimini uygulama sürecine yansıtabilmiştir. Uygulama süresince ders planları araştırmacı tarafından hazırlanmış ve bu planların etkin biçimde uygulanmasında aktif rol üstlenilmiştir. Araştırmacı, mesleki deneyiminden yararlanarak öğrencilerin derse aktif katılımını sağlayacak, süreci bütüncül biçimde yürütecek bir yapı kurmuş; hem içerik hem de yöntem açısından uyumlu ve öğrencilerin gelişimini destekleyici bir öğretim ortamı oluşturmuştur. Araştırmacının aynı okulda görev yapıyor olması ve bu öğrencilerin derslerine girmesi, sürecin yönetimini kolaylaştırmış; öğrencilerin kendilerini daha rahat hissetmesini ve yakından gözlemlenmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca okulda öğrenciler tarafından daha önce de sıklıkla kullanılan bir laboratuvar bulunmakta olup, uygulamalar hem araştırmacının hem de öğrencilerin aşına olduğu bu ortamda gerçekleştirilmiştir. Bu durum, öğrencilerin laboratuvarı rahatlıkla kullanmalarını, malzemelere erişmelerini, ders dışı çalışmalar yapmalarını ve okulun bilgisayar altyapısını kullanarak bireysel araştırmalar yürütmelerini kolaylaştırmıştır. Laboratuvar ortamında fikirlerini özgürce ifade eden öğrenciler, kendilerini güvende hissetmişlerdir. Son olarak, sürecin başında ve sonunda uygulanan ön test ve son testlerle, öğrencilerin birbirlerinden etkilenmeden düşüncelerini yansıtabileceği uygun sınıf ortamı araştırmacı tarafından sağlanmıştır.

3.4. Veri Toplama Araçları

Bu bölümde araştırma süresince uygulanan ön test ve son testlere yer verilmiştir. Veri toplama araçları nicel ve nitel olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

3.4.1. Nicel veri toplama araçları

Araştırmanın nicel verileri, “ABY Öğrenci Anketi” ve “Fene Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği” ile toplanmıştır. Aşağıda bu anket ve ölçeklere ilişkin detaylı bilgilere yer verilmiştir.

3.4.1.1. ABY öğrenci anketi

Kaya vd. (2017) tarafından geliştirilen “ABY Anketi”, Çilekrenkli (2019) tarafından ortaokul düzeyine uyarlanmış ve “ABY Öğrenci Anketi” adını almıştır. Bu anket, bilimin amaçları ve değerleri, bilimsel uygulamalar, yöntemler ve metodolojik kurallar, bilimsel bilgi ve bilimin sosyal ve kurumsal sistemleri gibi ABY’nin beş kategorisini yansıtan 70 maddeden oluşan 5 dereceli Likert tipi bir ölçektir. Orijinal ABY öğrenci anketinin güvenilirlik değeri Cronbach Alpha 0,79’dir. ABY öğrenci anketinde, ‘Bilimin Amaçları ve Değerleri’ kategorisini

yansıtan 5 madde, “Bilimsel Uygulamalar” kategorisini yansıtan 6 madde, “Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar” kategorisini yansıtan 5 madde, “Bilimsel Bilgi” kategorisini yansıtan 7 madde ve “Bilimin Sosyal ve Kurumsal Sistemleri” kategorisini yansıtan 14 madde bulunmaktadır. 37 madde içeren bu anket “Kesinlikle katılmıyorum” ile başlayan “Kesinlikle katılıyorum” seçeğine kadar değişen 5’li Likert tipte bir araçtır ve 0,73 Cronbach Alpha değeriyle güvenilirdir. Anket, Ek-4’te sunulmuştur.

3.4.1.2. Fene yönelik sorgulayıcı öğrenme becerileri algısı ölçeği

Balım ve Taşkoyan (2007) tarafından geliştirilen “Fene Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği” 22 madde ve olumlu algılar, olumsuz algılar ve doğruluğunu sorgulama algıları olmak üzere üç faktörden oluşmaktadır. Ölçeğin tamamı için hesaplanan 0,84’ük değeri ile ölçek güvenilir olarak bulunmuştur. Bunun yanında, “Tamamen Katılıyorum: 5” , “Katılıyorum: 4” , “Kararsızım: 3” , “Katılmıyorum: 2” , “Hiç Katılmıyorum: 1” olmak üzere beşli likert tipinde hazırlanmıştır. Balım ve Taşkoyan (2007) tarafından “Fene Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği” geliştirilmiştir. 22 algı maddesi içeren bu ölçekte Cronbach alfa güvenilirliği “olumsuz algılar” için 0,73, “olumlu algılar” için 0,67, “doğruluğunu sorgulama algıları” için 0,71’dir. Ölçeğin tamamı için hesaplanan Cronbach alfa güvenilirliği 0,84 olarak bulunmuştur. Ölçek beşli Likert tipinde hazırlanmıştır. Ölçekte, “Tamamen Katılıyorum: 5” , “Katılıyorum: 4” , “Kararsızım: 3” , “Katılmıyorum: 2” , “Hiç Katılmıyorum: 1” şeklinde 5’ten 1’e doğru puanlanan olumlu maddeler bulunmaktadır. Ölçekte ayrıca olumlu maddelerin tersi şeklinde 1’den 5’e doğru sıralanan olumsuz maddeler de vardır. Ölçekten alınabilecek en düşük puan 0 puan; en yüksek ise 110 puandır. Ölçek Ek-10’da sunulmuştur.

3.4.2. Nitel veri toplama araçları

Araştırmanın nitel verileri, “ABY Görüşme Soruları” ve “Bilimsel Sorgulama Süreci Hakkında Görüşler Formu” ile toplanmıştır. Ayrıca, sosyobilimsel konulara ve mühendislik tasarım süreçlerine yönelik nitel veriler ise öğrencilerin uygulama sürecinde doldurduğu çalışma kâğıtları aracılığıyla elde edilmiştir. Toplanan bu nitel veriler, nicel bulguları destekleyici ve derinleştirici bir amaçla kullanılmış; öğrencilerin görüş ve kavrayışlarını daha ayrıntılı biçimde ortaya koymaya yardımcı olmuştur. Aşağıda bu anket, form ve dokümanlara ilişkin detaylı bilgilere yer verilmiştir.

3.4.2.1. ABY görüşme soruları

Öğrencilerle, uygulama öncesi ve sonrası görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmelerin amacı, öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarına dair daha derinlemesine bir izlenim elde etmek ve ön test-son test verilerine dayalı olarak değişimi gözlemlemektir. Görüşme soruları, Çilekrenkli (2019) araştırmasından alınarak çalışmada kullanılmış ve Ek-8'de sunulmuştur. Bu sorular, ABY'nin alt boyutlarını doğrudan yansıtacak şekilde yapılandırıldığından, öğrencilerin hem bilişsel-epistemik hem de sosyal-kurumsal yönlerle ilişkin görüşlerini ortaya koymak için uygun bir yapı sunmaktadır. Dolayısıyla bu görüşmeler, öğrencilerin ABY çerçevesindeki gelişimlerini daha açık bir şekilde gözlemleyebilmeyi mümkün kılmıştır.

3.4.2.2. Bilimsel sorgulama süreci hakkında görüşler formu

Bilimsel Sorgulama Süreçleri Hakkında Görüşler Anketi (VASI), Lederman vd. (2014) tarafından güncellenmiş ve Karışan, Bilican ve Şenler (2017) tarafından da Türkçe'ye uyarlanmıştır. Yapılan adaptasyon ile ölçeğin geçerlilik ve güvenirlik çalışmaları tamamlanmış, orijinal yapısı korunmuştur. Anket, 7 açık uçlu sorudan oluşmakta ve değerlendirme sürecinde öğrencilerin verdikleri yanıtlara göre zayıf ise '0', iyi ise '1', bilgili ise '2' puan verilerek puanlanmaktadır. Böylece her bir öğrencinin bilimsel sorgulamaya ilişkin anlayış düzeyi belirlenmiştir. Ayrıca, Lederman vd. (2014) tarafından ortaya koyulan bilimsel sorgulamanın sekiz bileşeni ve bu bileşenleri hedefleyen VASI soruları Tablo 3.1'de sunulmuştur. Bu tablo, her bir sorunun bilimsel sorgulama sürecinin hangi bileşenine karşılık geldiğini göstermekte ve analizlerin daha sistematik şekilde yürütülmesine katkı sağlamaktadır. Görüşme formu ise Ek-6'da yer almaktadır.

Tablo 3.1. *Bilimsel sorgulama bileşenlerini hedefleyen anket soruları (Lederman vd., 2014).*

Bilimsel Sorgulama Bileşenleri	Anket Soruları
1-Bilimsel araştırmaların hepsi bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test etmez.	1a, 1b, 2
2-Bütün araştırmalarda takip edilen tek bir bilimsel yöntem yoktur.	1b, 1c
3-Sorulan soru sorgulama işlemine rehberlik eder.	5
4-Aynı işlemi yapan bilim insanları aynı sonuçlara ulaşmayabilirler	3a
5-Sorgulama işlemi sonuçlara etki eder.	3b
6-Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmak zorundadır	6
7-Bilimsel veri ile bilimsel kanıt aynı şey değildir.	4
8-Çıkarımlar, toplanan verilere ve önceden bilinenlere dayanılarak yapılır.	7

Tablo 3.1’de yer alan eşleştirme, VASI anketindeki her bir sorunun bilimsel sorgulamanın hangi bileşenini hedeflediğini göstermektedir. Bu sayede, öğrencilerin bilimsel sorgulamaya ilişkin anlayışları yalnızca genel düzeyde değil, her bir bileşen özelinde ayrı ayrı değerlendirilebilmiştir. Böylece öğrencilerin güçlü ve zayıf yönleri belirlenerek daha bütüncül bir analiz yapılması mümkün olmuştur. Ayrıca tablo, verilerin sistemli şekilde yorumlanmasına olanak tanımış ve geliştirilmesi gereken alanlara dair önemli ipuçları sunmuştur.

Araştırmada sadece nicel verilerle yetinilmemiş, öğrencilerin düşüncelerini kendi ifadeleriyle ortaya koyabilmeleri de sağlanmıştır. Bu nedenle açık uçlu sorular içeren VASI ölçeği tercih edilmiştir. Bu sayede, öğrencilerin hem bilimsel süreç becerilerindeki gelişimleri hem de bilimin sorgulayıcı doğasına ilişkin anlayışları daha net bir şekilde değerlendirilmiştir. Lederman vd. (2014) sorgulama temelli derslerin öğrencilerin becerilerini geliştirdiğini vurgulamakta; ancak bu süreçte öğrencilerin sorgulamanın ne anlama geldiğini kavramalarının da en az beceriler kadar önemli olduğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda, VASI ölçeği bu çalışmada öğrencilerin bu kavrayış düzeyini belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

3.5. Araştırmanın Uygulama Süreci

Bu araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında Adıyaman’ın Kahta ilçesine bağlı Bölükyayla Beldesi’nde yer alan Bölükyayla Ortaokulu’nda, 7. sınıf düzeyindeki öğrencilerle yürütülmüştür. Uygulama süreci toplam 8 hafta sürmüş ve fen bilimleri ile bilim uygulamaları ders saatlerinden yararlanılarak haftada 6 ders saati boyunca gerçekleştirilmiştir. Araştırma desenine uygun olarak, deney ve kontrol grupları kura yöntemiyle rastgele belirlenmiş; her iki grup da 21 öğrenciden oluşmuştur. Uygulamaya geçilmeden önce, gerekli resmi izinler alınmış ve her iki gruba da ön testler uygulanarak başlangıç düzeyleri belirlenmiştir. Deney grubuna yönelik olarak ise uygulamadan bir hafta önce oryantasyon süreci planlanmış, bu süreçte öğrencilerin ön bilgi düzeyleri desteklenmiş ve araştırmada temel alınan ABY hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Bu bilgilendirme sürecinde, ABY’nin temel kavramları öğrencilere açık bir şekilde tanıtılmış; örneğin, bilimsel bilginin değişebilirliği gibi içerikler, ilgili ABY kategorileriyle ilişkilendirilerek doğrudan açıklanmıştır. Böylece öğrencilerin uygulama sürecine daha bilinçli ve hazırlıklı bir şekilde katılımı hedeflenmiştir.

Deney grubu için sekiz haftalık uygulama sürecine yönelik, her hafta ayrı olacak şekilde ders planları hazırlanmış ve uygulama bu planlar doğrultusunda sistematik olarak yürütülmüştür. Bu planlar, ABY, sorgulama, sosyobilimsel argümantasyon ve mühendislik tasarım süreçlerini içermektedir ve 7. sınıf "Saf Madde ve Karışımlar" ünitesi çerçevesinde tasarlanmıştır. Deney grubunda uygulama sırasında yapılan grup çalışmaları, mühendislik

tasarım etkinlikleri ve grup deneyleri için öğrenciler, laboratuvar ortamında uygun koşullarda çalışabilmiş ve gerekli malzemeler temin edilmiştir. Ayrıca, internet üzerinden yapacakları araştırmalar için öğrenciler okulun bilgisayar laboratuvarını kullanmışlardır. Uygulama sonunda her iki grup için son testler uygulanarak görüşme soruları sorulmuştur. Hazırlanan planlara EK-12'den itibaren yer verilmiş, grupların kendilerini değerlendirmek için kullandığı "Değerlendirme Formu" ise EK-14'te sunulmuştur.

3.5.1. Deney grubuna ait uygulama

7. sınıf "Saf Madde ve Karışımlar" ünitesi kapsamında oluşturulan haftalık ders planlarının uygulama süreci aşağıdaki gibidir. Sorgulamaya dayalı öğretim için vurgulanan bileşenler, ders planı içerisinde yer alan ABY kazanımları ve ders planlarının tamamı haftalık olarak ayrılmış bir şekilde EK12'den itibaren yer almaktadır.

Araştırmanın 1. haftasında öğrencilerin atomun yapısını ve tarihsel gelişimini anlamaları hedeflenmiştir. Öğretmen, derse hediye paketi şeklinde bir kutu ile başlayarak, öğrencilere kutunun içeriği hakkında sorular sormuş ve tahminlerde bulunmaları istenmiştir. Ardından, küp şekerin toz haline getirilmesiyle, maddenin yapı taşları olan atomların tanıtımı yapılmıştır. Öğrencilere, atom hakkında sorular yöneltilerek tarihsel süreçte atom modellerinin nasıl geliştiği sorgulanmıştır. Bu süreçte öğrenciler, mevcut durumu açıklamak için önceki modellerden yararlanmış ve bilimsel bilginin değişebilirliğini fark etmişlerdir (ABY: Bilimsel bilgi). Öğrenciler, gruplar halinde atom modellerini oyun hamurları ile oluşturmuş (ABY: Bilimsel bilgi) ve yaptıkları modeller üzerine tartışma yaparak (ABY: Bilimsel pratikler) bilimsel bilgiyle desteklenen bir süreçle atomun yapısı öğrenilmiştir. Ayrıca, bilimsel tartışmalar yürütmeleri sağlanarak bilimsel pratiklere dayalı öğrenme teşvik edilmiştir (ABY: Bilimsel pratikler). Marie Curie'nin hayatı ve bilimsel katkıları üzerine bir video izletilmiş ve bu konuda öğrencilerden görüşler alınarak toplumsal etkiler üzerine ABY kategorilerinin sorulduğu bir çalışma yapılmıştır (ABY: Sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler, bilimsel değerler sistemi, finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler, politik güç yapıları). Bu etkinlikte, aynı zamanda öğrencilerin bilim insanlarının niteliklerini tanımaları ve bilimin amaç ve değerlerini kavramaları sağlanmıştır (ABY: Bilimin amaç ve değerleri). İnternet üzerinden interaktif bir platform kullanılarak öğrencilerin atom modellerini dijital ortamda oluşturmaları sağlanmıştır. Son olarak, atomun yapısı bir stadyum analogisiyle öğrencilere anlatılmış ve öğrencilerin oyun hamurları ile yaptıkları çalışmalarda farklı sonuçların ortaya çıkabileceği vurgulanarak değerlendirme yapılmıştır (ABY: Bilimsel bilgi, bilimsel pratikler).

Araştırmanın 2. haftasında öğretmen derse başladığında, öğrencilere maddelerin farklı özelliklerinin neyle ilişkilendirildiği sorularak (ABY: Bilimsel pratikler) sorgulama süreci başlatılmıştır. Ardından, öğrencilerle gruplar oluşturulmuş ve atomların doğada nasıl toplu halde bir araya gelebileceği konusunda açıklamalar yapılmıştır. Öğrencilere, molekül modelleri hakkında sorular sorularak (ABY: Bilimsel pratikler) araştırma sorusu oluşturma sürecine rehberlik edilmiştir. Öğrencilerin molekül model kitleriyle ve kuru boyalarla molekül modellerini oluşturmaları (ABY: Bilimsel bilgi) sağlanmış ve kağıt üzerine çizimleri yapılmıştır. Öğretmen, moleküllerin atom gruplarından oluştuğunu ve molekül yapılı maddelerin atom sayısının farklılık gösterebileceğini açıklamıştır (ABY: Bilimsel bilgi). Uygulama sonrasında, her grubun kendi molekül modelini ve çalışma kağıdını diğer gruplarla paylaşmaları sağlanmış; aynı yönergelerle yapılan çalışmalarda farklı sonuçların çıktığı vurgulanmıştır. Bu süreçte yapılan tartışmalar (ABY: Bilimsel pratikler), öğrencilerin farklı modelleri karşılaştırarak bilimsel açıklamalar yapmalarına olanak sağlamıştır. Değerlendirme aşamasında öğrenciler gruplar halinde sunum yapmış; her grup üyesinin görüşüne yer verilmiş ve sonuçların toplanan verilerle tutarlı şekilde yazılması sağlanmıştır. Sunumlar, belirlenen değerlendirme formuna göre değerlendirilmiştir. Son olarak, öğrencilere ABY kategorileri sorularak, çalışmalarıyla ilişkilendirebilecekleri kategorileri etkinlik kağıdına yazmaları istenmiştir.

Araştırmanın 3. haftasında öğretmen, “Çevrenizde gördüğünüz cisimlerin hangileri tek çeşit maddeden oluşmaktadır?” sorusuyla dersi başlatmıştır (ABY: Bilimsel pratikler). Öğrenci cevaplarının ardından, su ve limonata örnekleri üzerinden maddelerin moleküler yapıları açıklanmıştır. Daha sonra çevredeki maddelere dair örnekler verilmiş, öğrencilerden bunları sınıflandırmaları istenmiştir (ABY: Bilimsel pratikler). Gruplar hâlinde yapılan sınıflandırma sonrasında öğrenciler kendi araştırma sorularını oluşturmuşlardır. Ardından “Element ve bileşikler günlük hayatta kullanılır mı?” sorusu yöneltilmiş ve öğrencilerden bu konuda araştırma yapmaları istenmiştir (ABY: Bilimsel pratikler). Dersin ilerleyen aşamalarında öğretmen, “Saf Madde ve Karışımlar” konusunu kavram haritası üzerinde işlemiş, öğrenciler bu haritada kavramlar arası bağlantılar kurmuştur. Element ve bileşik kavramlarını pekiştirmek için bir video izletilmiş, öğrencilerden çalışma kağıdına örnekler çizmeleri istenmiştir. Öğrencilerin araştırmaları üzerine sorular sorularak çalışmalarının derinleştirilmesi sağlanmış ve ek araştırmalar yapmaları yönünde rehberlik edilmiştir. Süreç sonunda öğrenciler, topladıkları verileri analiz ederek kanıt haline getirmiş ve sunumlarını gerçekleştirmiştir (ABY: Yöntemler ve yöntemsel kurallar). Bu süreçte bilimsel düşünme ve kanıt toplama becerilerinin gelişimi hedeflenmiştir.

Araştırmanın 4. haftasında öğretmen, dersin başlangıcında öğrencilere günlük yaşamda kullandıkları maddelerin saf madde mi yoksa karışım mı olduğunu anlayabilmek için hangi özelliklere dikkat etmeleri gerektiğini sormuştur (ABY: Bilimsel pratikler). Öğrencilerden gelen cevaplar tahtaya yazılmış ve öğretmen tarafından saf madde ve karışımların yer aldığı bir liste sunulmuştur. Öğrenciler bu listeye göre maddeleri gruplandırarak bir kağıda yazmışlardır (ABY: Bilimsel pratikler). Ardından, karışımları sınıflandırmaları için öğrencilere yeni bir kağıt verilmiş ve kendi araştırma sorularını oluşturmaları istenmiştir (ABY: Yöntemler ve yöntemsel kurallar). Öğretmen, homojen karışımların çözelti olarak isimlendirildiğini açıklamış ve öğrencilerden çözücü ile çözünenleri sınıflandırmaları ve fiziksel hallerini yazmaları istenmiştir (ABY: Bilimsel bilgi). Öğrenciler, sınıflandırdıkları karışımları grup arkadaşlarıyla tartışarak gerekçelerini paylaşmışlardır (ABY: Bilimsel pratikler). Karışımları hazırlayan öğrenciler, topladıkları verileri not etmiş ve bu verilerden kanıtlar üretip açıklamalarını sunmuşlardır (ABY: Yöntemler ve yöntemsel kurallar). Öğretmen, öğrencilerin sınıflandırmalarına yardımcı olmuş ve kitaplardan faydalanarak konuyu pekiştirmiştir. Öğrenciler, verilen tabloyu doldurarak konuya dair sonuca ulaşmış ve çözücü ile çözünen gibi kavramları pekiştiren alıştırmalar yapmışlardır (ABY: Bilimsel bilgi). Dersin sonunda öğretmen, öğrencilere karışımlarla ilgili bir haber metni dağıtmış, sınıfta okuma etkinliği yapılmış ve ardından metin ABY kategorilerine göre sınıfça tartışılmıştır (ABY: Sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler, bilimsel değerler sistemi, finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler, politik güç yapıları). Öğrencilerin bilimsel bilgi üretmeleri ve sınıfla müzakere ederek öğrenme süreçlerini tamamlamaları sağlanmıştır (ABY: Bilimsel pratikler).

Araştırmanın 5. haftasında dersin başında öğretmen, öğrencilere “Eliniz kirlendiğinde sıcak suyla mı daha çabuk temizleniyor soğuk suyla mı?” sorusunu sorarak konuya giriş yapmıştır (ABY: Bilimsel pratikler). Ardından, çay örneği üzerinden “Sizce şeker çaya nasıl daha hızlı çözünür?” gibi sorularla çözünme kavramı açıklanmıştır (ABY: Bilimsel bilgi). Öğrenciler, verilen sorulara cevap vererek, hangi kavramların doğru kullanılması gerektiğini tartışmışlardır (ABY: Bilimsel pratikler). Öğrenciler, öğretmenin yönlendirmesiyle test edilebilir hipotezler oluşturmuş (ABY: Yöntemler ve yöntemsel kurallar) ve bu hipotezlere göre deneylerini tasarlamışlardır (ABY: Yöntemler ve yöntemsel kurallar). Her grup, değişkenleri belirleyerek çalışma kağıtlarını doldurmuş ve deneysel süreçlerini yürütürken buldukları kanıtları kaydetmişlerdir (ABY: Yöntemler ve yöntemsel kurallar, bilimin amaç ve değerleri). Çalışmalar tamamlandıktan sonra, öğrenciler elde ettikleri kanıtlarla bilimsel bilgi üretmiş (ABY: Bilimsel bilgi) ve sınıfla müzakere ederek bu bilgileri paylaşmışlardır (ABY: Bilimsel

pratikler). Değerlendirme aşamasında, öğrenciler gruplar halinde tahtaya çıkarak elde ettikleri bulguları sunmuş; her grup üyesinin görüşü alınmış ve sonuçlar sosyal kabul ve bilimsel değerler sistemi (ABY: Sosyal kabul ve yayılım, bilimsel değerler sistemi) bağlamında tartışılmıştır. Öğrencilerin etkinlik sonunda eklemek istedikleri ABY kategorileri sınıf içinde birlikte değerlendirilmiştir (ABY: Bilimsel pratikler).

Araştırmanın 6. haftasında dersin başında öğretmen, öğrencilere evsel atıkların geri dönüşümü hakkında sorular sorarak tartışma başlatmıştır (ABY: Bilimsel pratikler). Öğrenciler, geri dönüşümle ilgili haberleri inceleyerek kendi katkılarını tartışmış (ABY: Bilimin amaç ve değerleri) ve evde neler yaptıklarını paylaşmışlardır. Ardından sınıf içerisinde öğrencilere kurgu şeklinde hazırlanan, belediyenin seçtiği ekipte görevlendirildiklerini belirten bir mektup verilmiş ve belediye tarafından verilen görevleri belirli kriterlere göre yerine getirmeleri istenmiştir (ABY: Bilimsel pratikler, bilimin amaç ve değerleri). Öğrenciler, öğretmenin yönlendirmesiyle evsel atık ve geri dönüşüm konulu bu göreve yönelik çözüm önerileri geliştirmek için araştırmalar yapmışlar (ABY: Bilimsel pratikler) ve en iyi çözümü seçmişlerdir (ABY: Yöntemler ve yöntemsel kurallar). Çözüm önerilerini çizimlerle açıklamışlar ve geri dönüşüm kutularının nasıl sınıflandırılacağını öğrenmişlerdir. Öğrenciler, kendi araştırma soruları doğrultusunda yaptıkları çalışmaları gruplandırarak çözüm önerilerini değerlendirmişlerdir. Sonrasında, en iyi çözümü seçip proje tasarımlarını üç boyutlu prototiplere dönüştürmüşlerdir (ABY: Bilimin amaç ve değerleri, bilimsel pratikler). Tasarımlarını okulda diğer öğrencilerle ve öğretmenlerle değerlendirerek dönüt almış ve prototiplerini geliştirmişlerdir. Mühendislik tasarım sürecinin tüm aşamaları—problem tanımlama, araştırma yapma, çözüm önerileri geliştirme, prototip oluşturma, test etme ve değerlendirme—tamamlanmış; projeler afiş ve posterlerle sunularak son değerlendirmeler yapılmıştır (ABY: Bilimin amaç ve değerleri, bilimsel pratikler). Bu süreçte öğrenciler, sonuçları açıklamak için akıl yürütme kullanmış (ABY: Bilimsel pratikler) ve bilimsel tartışmalar yürütmüşlerdir (ABY: Bilimsel pratikler).

Araştırmanın 7. haftasında dersin başında öğretmen, öğrencilere günlük yaşamda karşılaştıkları atık problemleri ve kullanılmayan eşyaların değerlendirilmesi hakkında sorular sormuştur (ABY: Bilimsel pratikler). Öğrencilerden gelen yanıtların ardından öğretmen, haberler üzerinden tartışma yapmış ve öğrencilere bu haberlerle ilgili sorular yönelterek konuya dair merak uyandırmıştır (ABY: Bilimsel pratikler). Öğrenciler, gruplar halinde atık kontrolünü nasıl sağlayacaklarını tartışmış (ABY: Bilimsel pratikler) ve çözüm önerileri geliştirmişlerdir (ABY: Bilimin amaç ve değerleri). Toulmin argümantasyon modeli kullanılarak “Kim haklı?” çalışma kağıdı doldurulmuş ve öğrenciler sosyobilimsel argümantasyon aşamalarını

uygulamışlardır (ABY: Sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler, bilimsel değerler sistemi, finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler ile politik güç yapıları). Tartışma sonunda etkinliğin bağlantılı olduğu ABY kategorilerini belirleyip not almaları istenmiştir. Öğrenciler, yeniden kullanılabilecek eşyaların başkalarına nasıl ulaştırılabileceğine dair projelerini önce bireysel olarak geliştirmiş (ABY: Bilimin amaç ve değerleri), ardından grup arkadaşlarıyla fikir alışverişi yaparak projelerini güçlendirmişlerdir. Öğretmen, her öğrencinin farklı projeler geliştirdiğini ve her projede benzer yönergelerin izlendiğini belirtmiştir. Değerlendirme aşamasında öğrenciler fikirlerini gruplar hâlinde tartışarak savunmuş (ABY: Bilimsel pratikler) ve projelerini sınıf arkadaşlarına sunmuşlardır (ABY: Bilimin amaç ve değerleri).

Araştırmanın 8. haftasında dersin başında öğretmen, öğrencilere kaynakların etkili kullanımıyla ilgili haberler göstermiş (ABY: Bilimsel pratikler) ve onları yurt dışında yapacakları bir görev için hazırlamıştır. Öğrencilere, Almanya'da kurulan bir geri dönüşüm fabrikasında görev yapacakları ve fabrikadaki geri dönüşüm sürecini tasarlayacakları bir görev verilmiştir (ABY: Bilimin amaç ve değerleri). Öğrenciler, belirlenen kriterlere göre araştırmalar yaparak fabrika sürecini ve satış aşamasını tasarlamış (ABY: Bilimsel pratikler), araştırmalarını yapılandırarak geri dönüşümün yaşantımıza katkıları üzerinde düşünmüş ve çözüm önerilerini kağıt üzerinde çizerek açıklamışlardır. En iyi çözüm önerilerini seçip fabrika sürecini oluşturmak için araştırmalar yapmışlardır (ABY: Bilimsel pratikler). Tasarımlarını üç boyutlu hale getirerek fabrikalarını inşa etmiş ve eksik malzemelerle ilgili çözüm aramışlardır (ABY: Bilimin amaç ve değerleri). Tasarımlarını tamamlayan öğrenciler, birbirlerini değerlendirerek ve öğretmenlerden geri dönüş olarak prototiplerini geliştirmiş (ABY: Bilimsel pratikler) ve değerlendirme aşamasında yapılan gözden geçirmelerin ardından öğrenciler birbirlerini yeniden değerlendirmiştir. Sonuç olarak, birlikte iş birliği ile hazırladıkları afiş ve posterlerle projelerini sunmuşlardır (ABY: Bilimin amaç ve değerleri).

Tablo 3.2. *Haftalık etkinlik planlaması ve ABY kategorilerine yönelik kazanımlar*

Hafta	Etkinlik	Süreçler	ABY Kategorileri
1. Hafta	Atom modelleri oluşturma ve Marie Curie çalışması	Sorgulama Süreci	Bilimsel Bilgi, Bilimsel Pratikler, Bilimin Amaç ve Değerleri, Sosyal Değerler, Sosyal Kabul ve Yayılım, Profesyonel Etkinlikler, Bilimsel Değerler Sistemi, Finansal Sistemler, Sosyal Kurumlar ve Etkileşimler, Politik Güç Yapıları
2. Hafta	Molekül modelleri oluşturma	Sorgulama Süreci	Bilimsel Bilgi, Bilimsel Pratikler

Tablo 3.2. (Devam) Haftalık etkinlik planlaması ve ABY kategorilerine yönelik kazanımlar

3. Hafta	Element-bileşik sınıflama ve kavram haritası oluşturma	Sorgulama Süreci	Bilimsel Pratikler, Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar
4. Hafta	Saf madde-karışım ayrımı ve haber metni analizi	Sorgulama Süreci	Bilimsel Pratikler, Sosyal Değerler, Sosyal Kabul ve Yayılım, Profesyonel Etkinlikler, Bilimsel Değerler Sistemi, Finansal Sistemler, Sosyal Kurumlar ve Etkileşimler, Politik Güç Yapıları
5. Hafta	Çözünürlüğe etki eden değişkenler	Sorgulama Süreci	Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar, Bilimsel Pratikler, Bilimin Amaç ve Değerleri
6. Hafta	Geri dönüşüm çözüm önerisi	Sorgulama Süreci Mühendislik Tasarımı Süreci	Bilimsel Pratikler, Bilimin Amaç ve Değerleri
7. Hafta	Sosyobilimsel Argümantasyon ve Sosyal Yardımlaşma Projesi	Sorgulama Süreci Sosyobilimsel Argümantasyon	Bilimsel Pratikler, Bilimin Amaç ve Değerleri, Sosyal Değerler, Sosyal Kabul ve Yayılım, Profesyonel Etkinlikler, Bilimsel Değerler Sistemi, Finansal Sistemler, Sosyal Kurumlar ve Etkileşimler, Politik Güç Yapıları
8. Hafta	Geri dönüşüm fabrika tasarımı	Sorgulama Süreci Mühendislik Tasarımı Süreci	Bilimsel Pratikler, Bilimin Amaç ve Değerleri

Tablo 3.2’de, haftalık ders planlarında yer alan etkinlikler ile bu etkinliklere karşılık gelen ABY kazanımları birlikte sunulmuştur.

3.5.2. Kontrol grubuna ait uygulama

Kontrol grubunda, 7. sınıf “Saf Madde ve Karışımlar” ünitesi, fen bilimleri öğretim programına uygun şekilde yürütülmüştür. Öğretim süreci, ders kitabı esas alınarak ve öğretim programında belirtilen kazanımlar doğrultusunda planlanmıştır. Derslerde, kitapta yer alan etkinlikler sınıf ortamında uygulanmış; öğretim süreci geleneksel yöntemlere dayalı olarak sürdürülmüştür. Kontrol grubundaki öğretim süreci de deney grubunda olduğu gibi aynı araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Böylece öğretim sürecinde araştırmacıya bağlı değişkenlerin etkisi en aza indirilmiştir. Derslerde, öğrencilere EBA (Eğitim Bilişim Ağı) platformu destekleyici kaynak olarak sunulmuş; EBA üzerinden konu anlatım videoları, görseller ve içerikler sınıf içi uygulamalarla birlikte kullanılmıştır. Kontrol grubunda, ABY, sorgulama temelli öğrenme, mühendislik tasarımı ya da sosyobilimsel argümantasyon gibi bütünleştirici yaklaşımlar kullanılmamış; dersler büyük ölçüde bilgi aktarımına dayalı olarak yürütülmüştür. Bu nedenle, öğrencilerin bilimsel süreç becerileri ya da üst düzey düşünme becerilerine yönelik özel bir öğretim planlaması yapılmamıştır.

3.6. Veri Analizi

Bu bölümde nicel ve nitel verilerin analizlerinin nasıl yapıldığı açıklanmıştır. Nicel verilerin analizi bir veri analiz programı kullanılarak analiz edilirken nitel verilerin analizi anahtar kelimeler kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca öğrencilerin çalışma kağıtlarında belirlenen kritik veriler de sürece dahil edilmiştir.

3.6.1. Nicel verilerin analizi

Bu araştırmada nicel veri toplama araçları olarak "ABY Öğrenci Anketi" ve "Fen'e Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği" kullanılmıştır. Her iki ölçekten elde edilen veriler IBM SPSS 27 istatistik programı ile analiz edilerek değerlendirilmiş ve bulgular, deneysel sürecin etkililiği hakkında çıkarımlar yapmak amacıyla kullanılmıştır.

Nicel verilerin analizinde öncelikle verilerin normalliği incelenmiştir. Analizler sürecinde Normallik varsayımının değerlendirilmesinde basıklık (skewness) ve çarpıklık (kurtosis) değerlerine bakılmıştır. Yapılan analizlerde bu değerlerin -2 ile +2 aralığında olması, verilerin normal dağıldığına dair kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunu göstermektedir (George ve Mallery, 2010). Bu bulgulara ek olarak, örneklem sayısının 50'nin altında olması nedeniyle normallik testi olarak Shapiro-Wilk testi tercih edilmiştir. Bu test, küçük örneklerde dağılımın normalliğini değerlendirme açısından daha duyarlı ve güvenilir sonuçlar sağlamaktadır (Razali ve Wah, 2011). Ayrıca, normallik durumunu görsel olarak desteklemek amacıyla her bir değişkene ait histogram grafiklerine bakılmış; verilerin çan eğrisi formuna yakınlığı değerlendirilmiştir. Yapılan tüm bu kontroller sonucunda, verilerin parametrik testlerin kullanımına uygun olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada, müdahale öncesi ve sonrası gruplar arası farklılıkları belirlemek amacıyla t-testi uygulanmıştır. Deney grubunun ön test-son test puanları ile kontrol grubunun ön test-son test puanları ayrı ayrı incelenmiş; ayrıca deney ve kontrol gruplarının hem ön test hem de son test puanları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarla, uygulamanın etkisi değerlendirilmiştir. Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir (Çepni, 2010).

3.6.2. Nitel verilerin analizi

Bu araştırmada nitel verilerin analiz süreci, yapılandırılmış bir aşamalar dizisi doğrultusunda yürütülmüştür. İlk olarak, toplanan ham veriler dikkatlice okunarak araştırmanın amaçlarına uygun biçimde anlamlı bir bütün haline getirilmiştir. Nitel veri analizi, yalnızca verilerin yüzeysel sınıflandırılmasından ibaret olmayan, araştırmacının yorumu ve düşünsel

süreçlerini de içeren kapsamlı bir analiz sürecidir. Bu bağlamda, verilerin derinlemesine incelenerek kodlanması, benzer içeriklerin gruplandırılması ve bu grupların anlamlı temalar altında birleştirilmesi temel adımları oluşturmuştur (Creswell, 2014; Braun ve Clarke, 2006). Süreç boyunca araştırmacı, elde edilen verileri hem içerik hem de bağlam açısından ele almış, anlamlı desenler ve kavramsal birliktelikler oluşturmayı hedeflemiştir. Araştırmada betimsel analiz yöntemi benimsenmiştir. Bu kapsamda, form ve çalışma kâğıtlarında yer alan öğrenci ifadeleri, önceden belirlenmiş ya da veriye bağlı olarak geliştirilen kodlara göre analiz edilmiştir. Kodlama sürecinde, Çilekrenkli'nin (2019) çalışmasında yer alan kod listesinden yararlanılmış; bu yapı, mevcut verilerle karşılaştırılarak gerekli durumlarda uyarlanmıştır. Kodlama süreci, verilerde öne çıkan anahtar kelimeler ve kavramların belirlenmesi ile başlamış; ardından bu kodlar, içerik benzerliklerine göre kategorilere ayrılmış ve tematik bütünlük gözetilerek analiz edilmiştir. Bu analiz süreci, verilerin hem bütünsel bir şekilde değerlendirilmesine hem de katılımcıların algılarını daha açık biçimde ortaya koymaya olanak tanımıştır (Guest, MacQueen ve Namey, 2011).

Formlara verilen cevaplarda öğrencilerin bilimsel düşünme ve sorgulayıcı öğrenmeye yönelik algılarını yansıtan ifadeler özel olarak dikkate alınmıştır. Öğrencilerin bireysel görüşleri, özellikle belirli kodlara sıkça referans vermesi bakımından, nitel verinin gücünü ve derinliğini artırmıştır. Ayrıca, uygulama sürecinde kullanılan çalışma kâğıtlarında öğrencilerin bilimsel düşünme ve sorgulama temelli öğrenmeye ilişkin algılarını yansıttıkları notları da analiz kapsamına dâhil edilmiştir. Bu notlar, öğrencilerin öğrenme sürecine dair iç görüşlerini ortaya koymak açısından anlamlı bir kaynak olmuştur (Patton, 2002). Çalışma kâğıtlarından alınan örnekler, öğrenciler bazında birebir incelenerek çözümlenmiş; bu çözümler, nitel verilerin nicel bulguları nasıl desteklediğini somutlaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca mühendislik tasarım sürecinde öğrencilerin ürün ve süreçlerine yönelik rubrikler aracılığıyla değerlendirme yapılmış; sosyobilimsel argümantasyon sürecinde ise Toulmin'in Argümantasyon Modeli temel alınarak analiz gerçekleştirilmiştir. Bilimsel sorgulama boyutunda ise, öğrencilerin görüşleri "Bilimsel Sorgulamaya Yönelik Görüşler Formu" aracılığıyla, puanlayıcı güvenilirliği gözetilerek puanlanmış ve bu doğrultuda öğrenci bazlı incelemeler yürütülmüştür. Böylece, araştırmada kullanılan karma yöntem tasarımının doğasına uygun olarak, iki tür veri birbirini tamamlayacak şekilde değerlendirilmiş ve sonuçların güvenilirliği güçlendirilmiştir (Tashakkori ve Teddlie, 2010). Kodlara ilişkin örnekler aşağıda sunulmuştur. Verilen örnekler öğrencilerden alıntı cümleler, öğrencilere verilen numaralar ve temalara ait kodlar şeklinde oluşturulmuştur. Öğrencilerin bir cümlesi birden fazla koda işaret edebilir.

“Teknolojinin artmasıyla bilimsel bilgi değişir.” (Ö6-C5)

“Paraya ihtiyaç vardır. Para olmasa proje için ihtiyacı olan şeyleri alamazlar.” (Ö6-H4,İ1)

“Bilim insanları birbirlerinden bilgi alırlar ve daha da bilgileri artar.” (Ö7-C11,A17)

“Amacım halka yardımcı olmak.” (Ö9-G1)

“Mesela öldükten sonraki yaşamı ve bize ne olacağını bilimle cevaplayamayız.” (Ö8-G4)

“Bilim insanları konferans veya seminer salonlarında duyuru yapabilir.” (Ö11-H5)

“Marie Curie cinsiyetten toplum tarafından dışlanıp çalışmaları engellendi.” (Ö14-G6)

“Bilim insanları insanların sağlığına zararlı çalışmalar yapmamalıdır.” (Ö14-F2)

“Teori ve yasalar bilimsel bilgidir.” (Ö19-C1,C3)

Bu kapsamlı analiz süreci, öğrencilerin yalnızca bilgi düzeyinde değil; aynı zamanda düşünsel, etik ve toplumsal yönleriyle de bilime dair derinlemesine bir farkındalık geliştirdiklerini ortaya koymuştur. Elde edilen nitel veriler, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılım gösterdiklerini ve ABY temelli öğretimin onların bilimsel bakış açılarını çok boyutlu olarak zenginleştirdiğini göstermektedir.

4. BULGULAR

Bu bölümde araştırma sorularına nitel ve nicel bulgularla yanıt aranmıştır.

4.1. Nicel Bulgular

Bu bölümde araştırmada yer alan nicel bulgulara yer verilmiştir.

4.1.1. Güvenirlilik incelenmesi

Güvenirlilik, bir ölçüm aracının tutarlılığını ve tekrarlanabilirliğini ifade eder. Bu bağlamda, verilerin güvenirliliğini değerlendirmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri Cronbach Alfa katsayısıdır. Likert tipi ölçeklerde yaygın olarak tercih edilen bu yöntem, birden fazla maddeyi içeren anketlerin iç tutarlılığını ölçmek için kullanılır (George ve Mallery, 2010). Cronbach Alfa katsayısının değerinin 0,60 ile 0,80 arasında olduğunda verilerin oldukça güvenilir olduğu, 0,80 ile 1,00 arasında bir değer ise verilerin yüksek derecede güvenilir olduğunu gösterir (Tavakol ve Dennick, 2011). Bu araştırmada da verilerin güvenirliliğini incelemek amacıyla Cronbach Alfa katsayısı hesaplanmış ve verilerin güvenirliliği kontrol edilmiştir.

Tablo 4.1. *ABY Öğrenci Anketi ve alt boyutlarının güvenirlilik incelemesi*

Ölçek	Grup	Test	N	Madde Sayısı	Cronbach Alfa
ABY Öğrenci Anketi	Kontrol	Ön Test	21	37	0,68
		Son Test	21	37	0,72
	Deney	Ön Test	21	37	0,71
		Son Test	21	37	0,74
Bilimsel Bilgi	Kontrol	Ön Test	21	8	0,75
		Son Test	21	8	0,63
	Deney	Ön Test	21	8	0,69
		Son Test	21	8	0,73
Bilimsel Pratikler	Kontrol	Ön Test	21	8	0,68
		Son Test	21	8	0,70
	Deney	Ön Test	21	8	0,61
		Son Test	21	8	0,62
Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar	Kontrol	Ön Test	21	5	0,68
		Son Test	21	5	0,63
	Deney	Ön Test	21	5	0,60
		Son Test	21	5	0,84
Amaçlar ve Değerler	Kontrol	Ön Test	21	2	0,73
		Son Test	21	2	0,65
	Deney	Ön Test	21	2	0,66
		Son Test	21	2	0,61
Sosyal-Kurumsal Sistemler	Kontrol	Ön Test	21	14	0,82
		Son Test	21	14	0,72
	Deney	Ön Test	21	14	0,78
		Son Test	21	14	0,85

Tablo 4.1'e bakıldığında, ABY ve tüm alt boyutlarının Cronbach Alfa katsayılarının 0,60'ın üzerinde olduğu görülmüş dolayısıyla verilerin istatistiksel olarak güvenilir olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.2. *Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ve alt boyutlarının güvenilirlik incelemesi*

Ölçek	Grup	Test	N	Madde Sayısı	Cronbach Alfa
Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği	Kontrol	Ön Test	21	22	0,75
		Son Test	21	22	0,86
	Deney	Ön Test	21	22	0,72
		Son Test	21	22	0,83
Doğruluğunu Sorgulama Algıları	Kontrol	Ön Test	21	7	0,71
		Son Test	21	7	0,69
	Deney	Ön Test	21	7	0,65
		Son Test	21	7	0,61
Olumlu Algılar	Kontrol	Ön Test	21	9	0,85
		Son Test	21	9	0,82
	Deney	Ön Test	21	9	0,77
		Son Test	21	9	0,68
Olumsuz Algılar	Kontrol	Ön Test	21	6	0,63
		Son Test	21	6	0,73
	Deney	Ön Test	21	6	0,62
		Son Test	21	6	0,67

Tablo 4.2'ye bakıldığında, Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ve tüm alt boyutlarının Cronbach Alfa katsayılarının 0,60'ın üzerinde olduğu görülmüş; dolayısıyla verilerin istatistiksel olarak güvenilir olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ölçeğin iç tutarlılığının kabul edilebilir düzeyde olduğunu ve analizlerde güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

4.1.2. Normallik incelenmesi

Araştırma içerisinde kullanılacak testlerin (parametrik veya parametrik olmayan) belirlenebilmesi için verilerin normal dağılım gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu amaçla, verilerin dağılımı Shapiro-Wilk testi ile birlikte çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamındaki örneklem sayısının 50 kişiden az olması nedeniyle normallik testi olarak Shapiro-Wilk testi tercih edilmiştir. Bu testten elde edilen p değerinin 0.05'ten büyük olması, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ve verilerin normal dağılıma uygun olduğunu göstermektedir.

Buna ek olarak, çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 2 aralığında olması, verilerin normal dağılıma uygun olduğunu destekleyen bir diğer ölçüttür. Ayrıca, normalliğe ilişkin değerlendirme yalnızca sayısal testlerle sınırlı kalmayıp, veri dağılımına ilişkin grafiklerin de

incelenmesiyle desteklenmiştir. Bu kapsamda, grafikler gibi görsel araçlar yardımıyla dağılımın simetrik olup olmadığı kontrol edilmiştir. Grafiklerin simetrik bir görünüm sergilemesi, verilerin normal dağıldığını destekleyen ek bir gösterge olarak değerlendirilmiştir (Pallant, 2020; George ve Mallery, 2010).

Tablo 4.3. ABY Öğrenci Anketi ve alt boyutlarının normallik incelemesi

Ölçek /Alt Boyutlar	Grup	Test	Shapiro Wilk		Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
			İst.	p		
ABY Anketi	Kontrol	Ön Test	0,98	0,89	-0,30	-0,57
		Son Test	0,86	0,06	-0,63	-1,24
	Deney	Ön Test	0,93	0,12	-0,70	-0,39
		Son Test	0,96	0,52	0,39	-0,68
Bilimsel Bilgi	Kontrol	Ön Test	0,94	0,31	0,26	-0,31
		Son Test	0,97	0,88	-0,00	-0,29
	Deney	Ön Test	0,95	0,47	-0,48	-0,15
		Son Test	0,96	0,56	0,04	-0,55
Bilimsel Pratikler	Kontrol	Ön Test	0,89	0,07	-0,83	-0,09
		Son Test	0,89	0,06	-0,72	-0,72
	Deney	Ön Test	0,92	0,10	-0,44	-0,96
		Son Test	0,96	0,50	0,35	-0,50
Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar	Kontrol	Ön Test	0,96	0,58	0,02	-0,26
		Son Test	0,97	0,91	0,11	-0,65
	Deney	Ön Test	0,95	0,33	-0,76	0,41
		Son Test	0,96	0,56	0,15	-0,52
Amaçlar ve Değerler	Kontrol	Ön Test	0,89	0,09	-0,43	-0,77
		Son Test	0,92	0,12	-0,58	0,20
	Deney	Ön Test	0,93	0,16	0,36	0,23
		Son Test	0,63	0,10	0,31	-1,26
Sosyal-Kurumsal Sistemler	Kontrol	Ön Test	0,95	0,39	-0,05	-0,26
		Son Test	0,92	0,09	-0,42	-1,16
	Deney	Ön Test	0,96	0,63	-0,12	0,33
		Son Test	0,97	0,76	0,07	0,24

Tablo 4.3 incelendiğinde, ABY ölçeği ve ölçeğin alt boyutlarına ait tüm çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerlerinin ± 2 aralığında yer aldığı görülmektedir. Bu değerler, verilerin normal dağılıma uygun olduğunu gösteren temel ölçütler arasında yer almakta olup, elde edilen sonuçlar bu koşulu sağlamaktadır. Ayrıca, normalliğin test edilmesinde kullanılan Shapiro-Wilk testi sonuçlarına göre tüm alt boyutlar ve toplam ölçek için elde edilen p değerleri 0.05'ten büyük bulunmuştur. Bu durum, test sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ve dolayısıyla verilerin normal dağılım gösterdiğini ifade etmektedir.

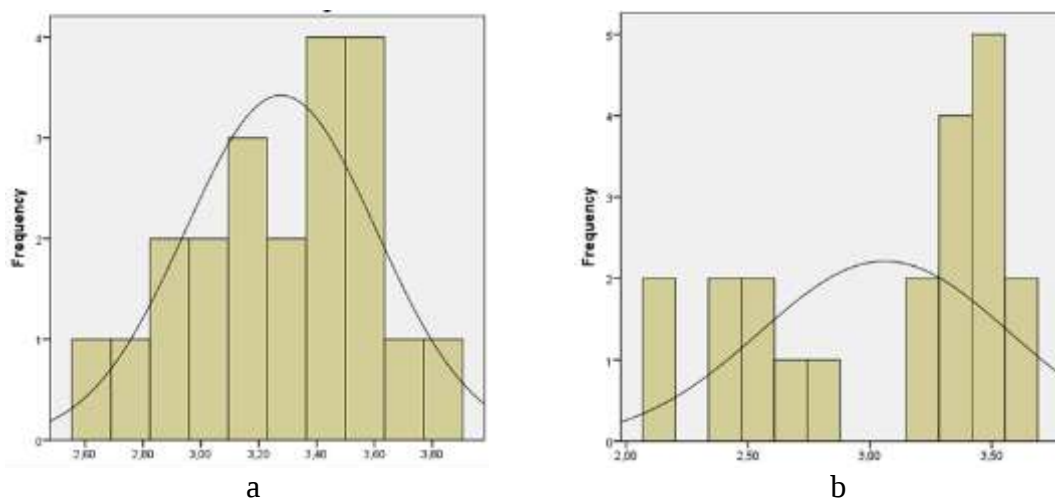
Çarpıklık-basıklık değerlerinin uygun aralıkta olması ve Shapiro-Wilk testinden elde edilen p değerlerinin 0.05'ten büyük çıkması birlikte değerlendirildiğinde, ABY ölçeği ve alt boyutlarına ilişkin tüm verilerin istatistiksel açıdan normal dağıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç, analiz sürecinde parametrik testlerin kullanılabileceğini destekleyen önemli bir

göstergedir. Ayrıca, verilerin dağılım yapısının bu şekilde uygunluk göstermesi, sonraki analizlerin güvenilirliğini artıran bir durumdur.

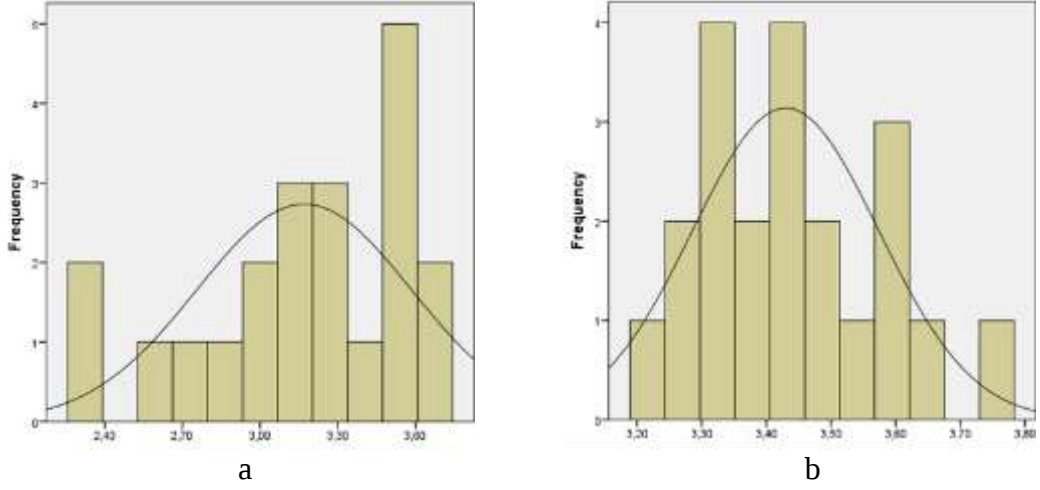
Tablo 4.4. *Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ve alt boyutlarının normallik incelemesi*

Ölçek /Alt Boyutlar	Grup	Test	Shapiro Wilk		Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
			İst.	p		
Sorgulama Ölçeği	Kontrol	Ön Test	0,98	0,93	-0,27	0,94
		Son Test	0,96	0,45	-0,24	-0,83
	Deney	Ön Test	0,95	0,38	0,20	-0,62
		Son Test	0,97	0,75	0,17	-0,02
Doğruluğunu Sorgulama Algıları	Kontrol	Ön Test	0,97	0,86	-0,06	-0,76
		Son Test	0,96	0,67	-0,20	-0,82
	Deney	Ön Test	0,93	0,15	0,73	0,55
		Son Test	0,93	0,14	0,03	-0,88
Olumlu Algılar	Kontrol	Ön Test	0,93	0,17	-0,76	1,03
		Son Test	0,94	0,31	-0,62	0,66
	Deney	Ön Test	0,92	0,12	-0,49	0,03
		Son Test	0,96	0,52	0,32	-0,59
Olumsuz Algılar	Kontrol	Ön Test	0,90	0,06	0,48	-1,01
		Son Test	0,96	0,71	-0,02	-0,61
	Deney	Ön Test	0,94	0,28	-0,18	-0,77
		Son Test	0,93	0,14	0,23	-0,91

Tablo 4.4 incelendiğinde, ölçek ve alt boyutlarına ait çarpıklık-basıklık değerlerinin ± 2 aralığında olduğu ve Shapiro-Wilk testine göre tüm değişkenlerin $p > 0.05$ olduğu görülmektedir. Bu bulgular, verilerin normal dağıldığını ve parametrik testlerin uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

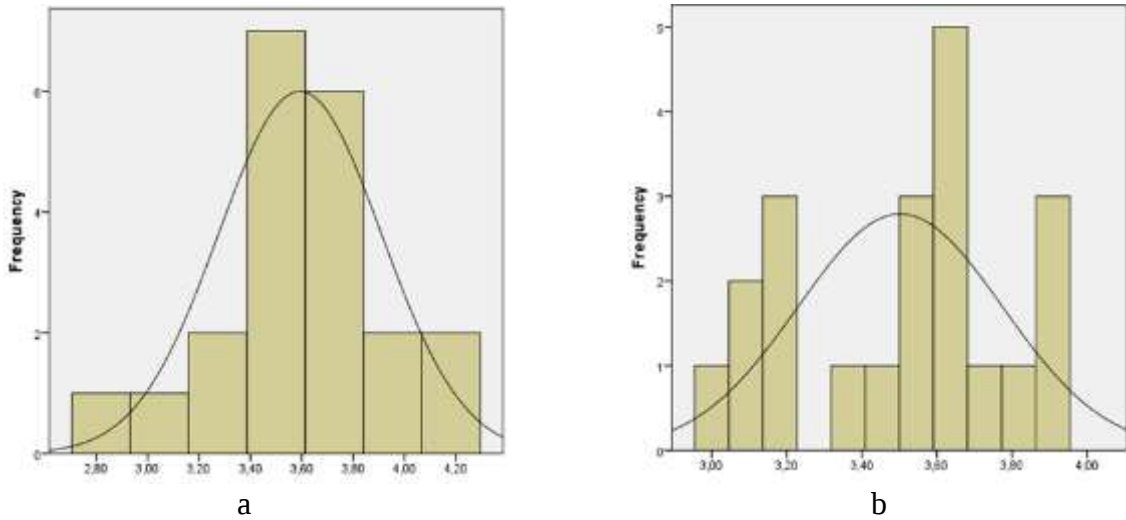


Şekil 4.1. *Kontrol grubuna ait ABY Öğrenci Anketi ön test(a) ve son test(b) puanları normal dağılım grafiği*

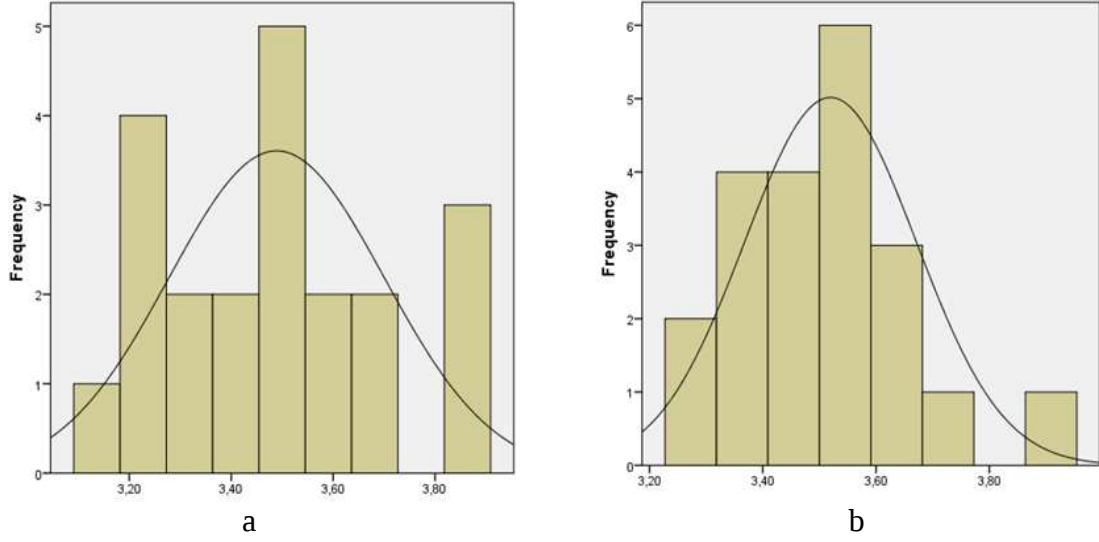


Şekil 4.2. Deney grubuna ait ABY Öğrenci Anketi ön test(a) ve son test(b) puanları normal dağılım grafiği

Araştırmada elde edilen nicel verilerin analizinde kullanılan ön test ve son test sonuçlarına ait grafikler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ye göre incelendiğinde, verilerin yaklaşık olarak normal dağılım özellikleri gösterdiği ortaya koyulmaktadır. Özellikle grafiklerin simetrik bir görünüm sergilemesi, bu durumu desteklemektedir. Grafiklerde uç değerlerin ve çarpık dağılımın gözlemlenmemesi, verilerin parametrik testler için uygun olduğunu işaret etmektedir. Bu görsel bulgular, Shapiro-Wilk testi ile çarpıklık-basıklık değerlerinden elde edilen istatistiksel sonuçlarla da tutarlılık göstermektedir.



Şekil 4.3. Kontrol grubuna ait Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği ön test (a) ve son test (b) puanları normal dağılım grafiği



Şekil 4.4. Deney grubuna ait *Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği* ön test (a) ve son test (b) puanları normal dağılım grafiği

Araştırmada elde edilen nicel verilerin analizinde kullanılan ön test ve son test sonuçlarına ait grafikler, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te sunulmuştur. Bu grafikler incelendiğinde, verilerin yaklaşık olarak normal dağılım özellikleri gösterdiği görülmektedir. Özellikle grafiklerin simetrik bir yapı sergilemesi, verilerin normal dağılıma uygunluğunu desteklemektedir. Grafiklerde çarpık bir dağılımın ya da uç değerlerin belirgin şekilde gözlemlenmemesi, parametrik testlerin kullanılabilirliğini doğrulayan görsel kanıtlar sunmaktadır. Bu bulgular, normallik varsayımının grafiksel yollarla da sağlandığını ortaya koymakta ve istatistiksel analizlerin geçerliliğini güçlendirmektedir.

4.3. Kontrol Grubu ile Deney Grubu Ölçek Puanlarının Karşılaştırılması

Yapılan araştırmada toplanan veriler sonucunda, deney ve kontrol gruplarının başarı düzeyleri tarafsız bir şekilde karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda, hem grupların kendi içlerindeki ön test ve son test puanları hem de gruplar arası ön test ve son test puanları incelenmiştir. Karşılaştırmalar sırasında, bağımlı ve bağımsız gruplar için uygun t-testi analizleri uygulanmış; farkın anlamlılığı %5 önem düzeyinde ($p < 0,05$) değerlendirilmiştir. Anlamlı bir farkın bulunmaması durumunda p değerinin 0,05'ten büyük olması beklenmektedir. Ayrıca, gruplar arasındaki farklılıkların büyüklüğünü değerlendirmek amacıyla Cohen'in d etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Etki büyüklüğünün yorumlanmasında Cohen'in (1988) önerdiği sınırlar esas alınmış; 0,2'den küçük değerler zayıf, yaklaşık 0,5 olan değerler orta ve 0,8'den büyük değerler yüksek etki büyüklüğü olarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizlerde, ön test puanlarının

normal dağılıma uygunluk gösterdiği grafiksel olarak incelenmiş ve verilerin dağılımında simetri gözlemlenmiştir. Bu durum, parametrik testlerin kullanımını destekleyen önemli bir bulgudur. Ayrıca, son test puanlarında elde edilen anlamlı farklılıklar, deney grubunda uygulanan müdahalenin etkisini açıkça ortaya koyarken, Cohen's d değerlerinin orta düzeyde ve üzerinde olması uygulamanın öğrenme çıktıları üzerinde kayda değer bir etki yarattığını göstermiştir. Bu sonuçlar, nicel bulguların yalnızca istatistiksel olarak değil, eğitimsel anlamda da anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5. *Kontrol grubu ön test puanları ile deney grubu ön test puanlarının karşılaştırması*

Ölçek / Alt Boyutlar	Grup	N	Ort.	SS	t	P
ABY Öğrenci Anketi	Kontrol Ön Test	21	3,32	0,39	-0,94	0,35
	Deney Ön Test	21	3,20	0,48		
Bilimsel Bilgi	Kontrol Ön Test	21	3,35	0,50	-,64	0,52
	Deney Ön Test	21	3,23	0,63		
Bilimsel Pratikler	Kontrol Ön Test	21	3,49	0,66	-1,95	0,06
	Deney Ön Test	21	3,04	0,83		
Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar	Kontrol Ön Test	21	3,16	0,55	1,16	0,25
	Deney Ön Test	21	3,30	0,76		
Amaçlar ve Değerler	Kontrol Ön Test	21	3,10	0,82	0,19	0,85
	Deney Ön Test	21	3,14	0,84		
Sosyal-Kurumsal Sistemler	Kontrol Ön Test	21	3,31	0,36	-0,92	0,36
	Deney Ön Test	21	3,20	0,36		
Sorgulama Anketi	Kontrol Ön Test	21	3,91	0,36	1,38	0,18
	Deney Ön Test	21	4,04	0,24		
Doğruluğunu Sorgulama Algıları	Kontrol Ön Test	21	4,01	0,47	-0,59	0,56
	Deney Ön Test	21	3,94	0,33		
Olumlu Algılar	Kontrol Ön Test	21	4,05	0,42	-0,77	0,12
	Deney Ön Test	21	3,86	0,34		
Olumsuz Algılar	Kontrol Ön Test	21	3,89	0,75	2,37	0,08
	Deney Ön Test	21	4,02	0,35		

*Bağımsız Gruplar t Testi uygulanmıştır.

Tablo 4.5'te verilen p değerlerine göre, tüm karşılaştırmalarda $p > 0,05$ çıkmıştır. Bu durum, %5 önem düzeyinde kontrol grubu ve deney grubunun ön testleri arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, deney ve kontrol gruplarının sürece eşit düzeyde başladığı ve deney sürecinin objektif bir şekilde yapıldığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, araştırmanın iç geçerliliğini destekleyen önemli bir göstergedir. Gruplar arasında başlangıçta herhangi bir anlamlı farkın bulunmaması, uygulamanın etkilerinin yalnızca deney grubunda yürütülen müdahale süreciyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ön test sonuçlarının karşılaştırılması yoluyla elde edilen bu denge, sonraki analizlerde elde edilecek farklılıkların

müdahaleye atfedilmesini mümkün kılmakta ve araştırmanın deneysel niteliğini güçlendirmektedir.

Tablo 4.6. Kontrol grubunun ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması

Ölçek / Alt Boyutlar	Grup	N	Ort.	SS	t	P
ABY Öğrenci Anketi	Kontrol Ön Test	21	3,32	0,39	1,52	0,14
	Kontrol Son Test	21	3,09	0,61		
Bilimsel Bilgi	Kontrol Ön Test	21	3,35	0,50	1,51	0,14
	Kontrol Son Test	21	3,10	0,58		
Bilimsel Pratikler	Kontrol Ön Test	21	3,49	0,66	1,80	0,08
	Kontrol Son Test	21	3,07	0,85		
Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar	Kontrol Ön Test	21	3,16	0,55	,39	0,70
	Kontrol Son Test	21	3,08	0,86		
Amaçlar ve Değerler	Kontrol Ön Test	21	3,10	0,82	1,03	0,31
	Kontrol Son Test	21	2,86	0,67		
Sosyal-Kurumsal Sistemler	Kontrol Ön Test	21	3,31	0,36	1,11	0,28
	Kontrol Son Test	21	3,13	0,65		
Sorgulama Anket	Kontrol Ön Test	21	3,91	0,36	0,49	0,63
	Kontrol Son Test	21	3,85	0,49		
Doğruluğunu Sorgulama Algıları	Kontrol Ön Test	21	4,01	0,47	0,33	0,74
	Kontrol Son Test	21	3,96	0,59		
Olumlu Algılar	Kontrol Ön Test	21	4,05	0,42	0,98	0,33
	Kontrol Son Test	21	3,92	0,48		
Olumsuz Algılar	Kontrol Ön Test	21	3,89	0,75	0,14	0,89
	Kontrol Son Test	21	3,62	0,67		

*Eşleştirilmiş (Bağımlı) Gruplar t Test uygulanmıştır.

Tablo 4.6’da yer alan p değerlerine göre, kontrol grubunun ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu durum, araştırmada uygulama yalnızca deney grubuna yapıldığı için, kontrol grubundaki öğrencilerin geleneksel öğretim süreciyle anlamlı bir gelişim göstermediğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bu bulgu, uygulama süreci dışında bırakılan gruplarda, bilimin doğası ve sorgulayıcı öğrenme becerilerine ilişkin algıların mevcut haliyle büyük ölçüde sabit kaldığını göstermektedir.

Tablo 4.7. Kontrol grubu son test puanları ile deney grubu son test puanlarının karşılaştırılması

Ölçek / Alt Boyutlar	Grup	N	Ort.	SS	t	P	Cohen’s d
ABY Öğrenci Anketi	Kontrol Son Test	21	3,09	0,61	6,44	0,00	0,48
	Deney Son Test	21	3,97	0,16			
Bilimsel Bilgi	Kontrol Son Test	21	3,10	0,58	10,39	0,00	0,45
	Deney Son Test	21	4,54	0,27			
Bilimsel Pratikler	Kontrol Son Test	21	3,07	0,85	3,24	0,00	0,63
	Deney Son Test	21	3,70	0,27			

Tablo 4.7. (Devam) Kontrol grubu son test puanları ile deney grubu son test puanlarının karşılaştırılması

Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar	Kontrol Son Test	21	3,08	0,86	3,14	0,00	0,72
	Deney Son Test	21	3,77	0,55			
Amaçlar ve Değerler	Kontrol Son Test	21	2,86	0,67	10,33	0,00	0,54
	Deney Son Test	21	4,60	0,37			
Sosyal-Kurumsal Sistemler	Kontrol Son Test	21	3,13	0,65	4,35	0,00	0,48
	Deney Son Test	21	3,77	0,21			
Sorgulama Anket	Kontrol Son Test	21	3,85	0,49	4,29	0,00	0,40
	Deney Son Test	21	4,37	0,27			
Doğruluğunu Sorgulama Algıları	Kontrol Son Test	21	3,96	0,59	3,03	0,00	0,48
	Deney Son Test	21	4,41	0,34			
Olumlu Algılar	Kontrol Son Test	21	3,92	0,48	2,48	0,02	0,59
	Deney Son Test	21	4,22	0,28			
Olumsuz Algılar	Kontrol Son Test	21	3,62	0,67	5,78	0,00	0,53
	Deney Son Test	21	4,56	0,34			

*Bağımsız Gruplar t Testi uygulanmıştır.

Tablo 4.7'ye göre, son test puanları açısından deney ve kontrol grupları arasında %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu farkın, yalnızca deney grubuna uygulanan öğretim süreci sonrasında ortaya çıkması; kontrol grubunda ise herhangi bir müdahale yapılmaması, uygulamanın öğrenci gelişimi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.8. Deney grubunun ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması

Ölçek / Alt Boyutlar	Grup	N	Ort.	SS	t	P	Cohen's d
ABY Öğrenci Anketi	Deney Ön Test	21	3,20	0,48	-7,00	0,00	0,66
	Deney Son Test	21	3,97	0,16			
Bilimsel Bilgi	Deney Ön Test	21	3,23	0,63	-8,68	0,00	0,49
	Deney Son Test	21	4,54	0,27			
Bilimsel Pratikler	Deney Ön Test	21	3,04	0,83	-3,46	0,00	0,62
	Deney Son Test	21	3,70	0,27			
Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar	Deney Ön Test	21	3,30	0,76	-1,83	0,00	0,66
	Deney Son Test	21	3,77	0,55			
Amaçlar ve Değerler	Deney Ön Test	21	3,14	0,84	-7,24	0,00	0,65
	Deney Son Test	21	4,60	0,37			
Sosyal-Kurumsal Sistemler	Deney Ön Test	21	3,20	0,36	-6,34	0,00	0,59
	Deney Son Test	21	3,77	0,21			
Sorgulama Anket	Deney Ön Test	21	4,04	0,24	-4,16	0,00	0,62
	Deney Son Test	21	4,37	0,27			
Doğruluğunu Sorgulama Algıları	Deney Ön Test	21	3,94	0,33	-4,52	0,00	0,34
	Deney Son Test	21	4,41	0,34			
Olumlu Algılar	Deney Ön Test	21	3,86	0,34	-,78	0,02	0,53
	Deney Son Test	21	4,22	0,28			
Olumsuz Algılar	Deney Ön Test	21	4,02	0,35	-5,15	0,00	0,38
	Deney Son Test	21	4,56	0,34			

*Eşleştirilmiş (Bağımlı) Gruplar t Testi uygulanmıştır.

Tablo 4.8’de verilen p değerlerine göre, tüm karşılaştırmalarda $p < 0,05$ çıkmıştır. Bu durum, %5 önem düzeyinde deney grubunun ön test ve son testleri arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, deney ve kontrol gruplarına bakıldığında uygulama sonrasında deney grubunun kontrol grubunun önüne geçerek daha fazla gelişim gösterdiği görülmüştür. Cohen’s d etki değerine bakıldığında 0,34 ile 0,66 arasında değiştiği için orta düzey bir etki değerine sahip olduğu görülmüştür.

Yapılan analizler sonucunda, deney ve kontrol gruplarının uygulama öncesindeki düzeylerinin benzer olduğu, yani grupların sürece eşit koşullarda başladığı görülmüştür. Uygulama süreci sonunda ise, deney grubunun hem kendi içinde hem de kontrol grubuna kıyasla bilimin doğasına yönelik görüşlerinde ve sorgulayıcı öğrenme becerilerine ilişkin algılarında anlamlı bir gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşılık, kontrol grubunda uygulama öncesi ve sonrası arasında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bu durum, yapılan uygulamanın deney grubu üzerinde etkili olduğunu ve katılımcıların ilgili beceri ve görüşlerinde gelişim sağladığını ortaya koymaktadır. Etki büyüklüğü analizleri de bu bulguları desteklemekte, uygulamanın orta düzeyde etkili olduğunu göstermektedir. Süreç boyunca uygulamanın sistematik ve yapılandırılmış bir şekilde yürütülmesi, öğrenme ortamının sorgulama temelli ve öğrenciyi merkeze alan bir yaklaşımla desteklenmesi bu gelişimde belirleyici rol oynamıştır. Elde edilen bu sonuçlar, Duschl ve Grandy’nin (2013) çalışmasında ortaya konan bulgularla da paralellik göstermektedir. Söz konusu çalışmada, bilimin doğası öğretiminde, öğrencilerin bilimsel bilgi üretim süreçlerini anlamalarının; hazır bilgi ilkelerini pasif şekilde öğrenmelerinden ziyade, model kurma, eleştirel değerlendirme ve bilimsel iletişim gibi uygulamalara etkin biçimde katılmaları yoluyla daha etkili biçimde gerçekleştiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, araştırmamızda uygulanan sorgulama temelli ve yapılandırılmış öğretim süreci de benzer şekilde öğrencilerin epistemik ve bilişsel becerilerini geliştirerek bilimin doğasına yönelik daha derin bir anlayış kazanmalarını sağlamıştır.

4.2. Nitel Bulgular

Bu bölümde, öğrencilerden toplanan çalışma kağıtları ve yarı yapılandırılmış görüşme soruları doğrultusunda elde edilen veriler analiz edilerek tablolar ve görsellerle desteklenmiştir.

4.2.1. Birinci alt probleme ilişkin nitel bulgular

Yeniden Kavramsallaştırılmış Aile Benzerlik Yaklaşımına (ABY) dayalı bilimin doğası öğretiminin, öğrencilerin bilimin doğası görüşlerine etkisini incelemek amacıyla 7. sınıf

öğrencileriyle yürütülen araştırma kapsamında, birinci alt probleme yönelik olarak “ABY öğretiminin öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarına etkisi nedir ve bu etkiyi destekleyen nitel kanıtlar nelerdir?” sorusuna ilişkin nitel bulgulara ulaşılmıştır. 21 öğrenciden oluşan deney grubunun ön test ve son test verileri karşılaştırılmış, öğrenci ifadelerinde tekrar eden anlamlı kelime ve kavramlar anahtar kelimeler şeklinde kodlanmıştır. Elde edilen bu kodlar, benzerliklerine göre temalar altında gruplanarak anlamlı bütünler oluşturulmuş ve sistematik bir biçimde tablolastırılmıştır. Kodlama sürecinin güvenilirliğini artırmak amacıyla ikinci bir araştırmacıdan destek alınarak görüş birliği sağlanmış ve analizlerin geçerliliği pekiştirilmiştir. Bu süreç sonunda, öğrencilerin bilimin doğasına yönelik düşüncelerine dair derinlemesine nitel veriler elde edilmiştir.

Tablo 4.9. *ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu ön test sonuçları*

Genel Kategoriler	Tema	Kod	Katılımcılar	Frekans (f)
Bilimin Amaç Ve Değerleri	Araştırma	Objektif Çalışmalar Ortaya Koymak (Kod 1)		
		Özgün Ve Yenilikçi Ürünler Ortaya Koyması (Kod 2)	Ö9, Ö20	2
		Dünya’yı Açıklama Çabası (Kod 3)	Ö10, Ö17	2
		Keşif (Kod 4)	Ö1, Ö3, Ö7, Ö8, Ö9, Ö17, Ö19	7
	Sosyal Fayda	İnsanlığa Hizmet Etmek (Kod 5)	Ö2, Ö3, Ö4, Ö9, Ö13, Ö17	6
		Kamuoyunu Bilgilendirmek (Kod 6)	Ö3, Ö7, Ö11, Ö12	4
		Hastalıkları Tedavi Etmek (Kod 7)	Ö18	1
		Yaşam Kolaylığı (Kod 8)	Ö17, Ö18	2
		Buluşlar (Kod 9)	Ö4	1
	Kendini Gerçekleştirme	Merak (Kod 10)	Ö1	1
		İsmi Duyurma (Kod 11)	Ö10, Ö18	2
	Değerler; Bilişsel – Epistemik ve Bilimin Toplumsal Değerleri	Önyargılardan Arınıklık (Kod 12)		
		Ölçümlerde Doğruluk (Kod 13)		
		Çalışmalarında Deneysel Açıdan Yeterli ve Akla Yatkın Verilen Kullanması (Kod 14)		
		Eleştirilere Açık Olması (Kod 15)		
		Tutarlık (Kod 16)		
		İşbirliği Yapmak (Kod 17)	Ö2, Ö3, Ö6, Ö7, Ö11, Ö13, Ö16, Ö18	8

Tablo 4.9. (Devam) ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu ön test sonuçları

Bilim İnsanlarının Nitelikleri	Test Edilebilir (Kod 18)	Ö18	1
	Çevreye Duyarlılık (Kod 19)	Ö4	1
	Çıkar Gözetmemek (Kod 20)		
	Sabır (Kod 21)	Ö6	1
	Heves (Kod 22)		
	Hayırseverlik (Kod 23)		
	Dikkat (Kod 24)		
	Azimli (Kod 25)	Ö4, Ö5, Ö12	3
	Mesleki Yetkinlik (Kod 26)		
	Dürüst – Güvenilir (Kod 27)	Ö13	1
Bilimsel Pratikler	Gözlem Yapma (Kod 1)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
	Deney Yapma (Kod 2)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
	Veri Toplama (Bilgi Toplama) (Kod 3)	Ö1, Ö2, Ö14, Ö20	4
	Bilimsel Açıklama (Kod 4)		
	Modellerin Temsil Gücü (Gerçeği Yansıtma Kapasitesi) (Kod 5)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20	21
	Bilimsel Tartışma (Kod 6)	Ö1, Ö6	2
	Sınıflandırma (Kod 7)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20	19
	Tahmin (Kod 8)	Ö1	1
	Verilerin Analiz Edilmesi – Yorumlanması (Kod 9)		
	Bilimsel Etkinlikler (Kod 10)	Ö3, Ö8, Ö11, Ö12, Ö13, Ö19	6
	Ölçüm Yapma (Kod 11)		
	Test Etme (Süreci Tekrarlama) (Kod 12)		
	Pratik Çözüm Üretme (Verimlilik) (Kod 13)		
	Pratik Yapma (Tekrar) (Kod 14)	Ö18	1

Tablo 4.9. (Devam) ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu ön test sonuçları

Bilimsel Bilgi		Pratiklik (Hızlı Olmak) (Kod 15)	Ö18	1
		Araştırma Yapma (Kod 16)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
		İzleme - İnceleme (Kod 17)	Ö5, Ö6, Ö7, Ö18, Ö19	5
		Kasıtlı Yapma - Müdahale Etme (Kod 18)		
		Kontrol Etme (Kod 19)	Ö6	1
	Bilimsel Bilgi Türleri	Teori (Eldeki Olguların İyi Kanıtlanmış Açıklamaları) (Kod 1)	Ö8	1
		Model (Açıklayıcı Temsiller) (Kod 2)	Ö8	1
		Yasa (Kod 3)		
		Hukuk Kuralları (Kod 4)		
	Bilimsel Bilginin Doğası	Değişebilirlik (Bilimsel Bilginin Değişebilirliği) - Çürütülebilirlik (Kod 5)	Ö13	1
		Değişmezlik (Kod 6)	Ö9	1
		Neden – Sonuç İlişkisi (Kod 7)		
		Test Edilebilir (Kod 8)		
	Bilimsel Bilginin Gelişimi	Birikimli İlerleme (Kod 9)	Ö6, Ö8	2
		Rastlantısal Keşifler (Kod 10)		
		İşbirliğine Dayalı Gelişim (Kod 11)		
		Teknolojik İlerleme (Kod 12)	Ö8, Ö9, Ö10, Ö17, Ö18, Ö21	6
		Gelişim (Durağan Olmama) (Kod 13)		
Yöntemler Ve Yöntemsel Kurallar		Yöntem (Kod 1)	Ö1, Ö7	2
		Bilimsel Yöntem (Kod 2)	Ö6	1
		Sorgulama (Kod 3)	Ö7	1
		Süreç (Bilimsel Bilgi İnşası) (Sonucun Farklı Olduğu Benzer Süreçler) (Kod 4)		
		Hipotez (Kod 5)		
		Değişken Değiştirme (Kod 6)		
		Farklı Bilimsel Yöntemler (Kod 7)	Ö6, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12, Ö18	6
		Bilimde Tek Bir Yöntem Kullanılmaz (Kod 8)	Ö19	1
		Öngörü (Kod 9)	Ö3, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö13, Ö17, Ö18, Ö20	10
		Çeşitli Aktiviteler (Kod 10)	Ö1, Ö3, Ö6, Ö13	4
		Alana Özgü Yöntemler (Kod 11)		
		Uygun Araçlarla Araştırma (Kod 12)		

Tablo 4.9’da yer alan ön test sonuçlarına göre, öğrencilerin en çok ifade ettiği kategori bilimsel pratikler olmuştur. Özellikle gözlem yapma, deney yapma, sınıflandırma, ölçüm ve araştırma yapma gibi bilimsel eylemler, neredeyse tüm öğrenciler tarafından sıklıkla dile getirilmiştir. Bu durum, öğrencilerin bilimle ilgili en fazla ilişkilendirdiği kavramların, gözle görülebilir ve doğrudan uygulanabilir etkinlikler olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, Bilimsel Bilgi kategorisi altında yer alan yasa, bilimsel açıklama, test edilebilirlik, teori ve neden-sonuç ilişkisi gibi daha soyut ve epistemik yönü güçlü kavramlara ise oldukça sınırlı düzeyde yer verilmiştir. Aynı şekilde, yöntemler ve yöntemsel kurallar kategorisine ait kodların çoğunun da düşük düzeyde temsil edildiği görülmektedir. Bu bulgular, öğrencilerin bilimsel süreçleri daha çok uygulama ve deneyim temelli bir çerçevede algıladıklarını; buna karşın bilginin doğası, üretim süreci, geçerliliği ve bilimsel açıklamaların yapısı gibi daha derin kavramsal boyutlara yönelik farkındalıklarının henüz gelişmemiş olduğunu ortaya koymaktadır. Öğrencilerin bu sınırlı kavrayışları, geleneksel öğretim yaklaşımlarının bilimsel bilgiye dair daha yapısal ve teorik içerikleri yeterince ön plana çıkarmadığına da işaret edebilir.

Tablo 4.10. *ABY görüşme sorularının sosyal-kurumsal sistemlere ait deney grubu ön test sonuçları*

Genel Kategoriler	Tema	Kod	Katılımcılar	Frekans (f)
Sosyal Kabul Ve Yayılım	Araştırma Güvenirliliği	Uygun Koşullarda Güvenilir (Kod 1)	Ö4, Ö9, Ö12, Ö13	4
		Yeterli Kanıt (Kod 2)		
	Kabul Kriterleri	Deneyerek Doğrulama (Kod 3)		
		Tekrarlanan Testler (Kod 4)		
		Kabul Görme (Kod 5)		
		Hakemlik Sistemi (Kod 6)		
	Yaygınlaşmanın Amaçları	Başkalarını Bilgilendirmek (Kod 7)	Ö9	1
		Bilimsel Yazı (Kod 8)		
		Başkalarının Eserlerinden Faydalanmak (Kod 9)	Ö12	1
	Yaygınlaşma Yolları	İletişim Kanalları (Yüz Yüze) (Kod 10)	Ö17	1
		Yayıncılık (TV, Radyo) (Kod 11)	Ö12, Ö17	2
		Yayınlama (Gazete, Dergi, Makale) (Kod 12)	Ö1	1
		Konferanslar (Bilimsel Söyleşi) (Kod 13)	Ö4, Ö10	2

Tablo 4.10. (Devam) ABY görüşme sorularının sosyal-kurumsal sistemlere ait deney grubu ön test sonuçları

Bilimsel Dünya Görüşü Ve Değerler Sistemi	Fikirlere Saygı (Kod 1)	Ö3, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12, Ö20	8
	Zarar Vermemek (Kod 2)		
	Samimiyet (Kod 3)		
	Açık Sözlülük (Gerçeklik) (Kod 4)		
	Sabır (Kod 5)		
	Etik (Kod 6)	Ö13	1
	Şüpheli Olma (Kod 7)		
	Ön Yargıya Karşı Farkındalık (Kod 8)		
	Temkinli Olma (Kod 9)		
	Yeniliklere Açık (Kod 10)	Ö21	1
Sosyal Değerler	Toplumsal Yarar (Kod 1)		
	Bilimin İnsan Ve Doğaya Olumlu/Olumsuz Etkisi (Kod 2)		
	Topluma Uyum Sağlama (Toplumsal, Kültürel Saygı) (Kod 3)		
	Kültürel İnanışlar (Kod 4)	Ö1, Ö4, Ö8, Ö10	4
	Kültürel Değerler (Kod 5)		
	Cinsiyetin Rolü (Kod 6)	Ö5	1
	İnsan Irkları (Kod 7)		
Profesyonel Etkinlikler	İcatlar Yapmak (Kod 1)	Ö9, Ö13, Ö16	3
	Sonuçların Raporlanması (Kod 2)		
	Yayınlama (Gazete, Dergi, Makale) (Kod 3)	Ö9, Ö13	2
	Finansal Arayış (Kod 4)	Ö8, Ö13, Ö19, Ö20	4
	Konferanslara/Seminerlere Katılma (Kod 5)	Ö5, Ö8, Ö9, Ö19, Ö20	5
	Sunum (Kod 6)	Ö10	1
Sosyal Kurumlar Ve Etkileşimler	Araştırma Merkezi (Kod 1)	Ö8, Ö17, Ö20	3
	Üniversiteler (Kod 2)	Ö12	1
	Hastaneler (Kod 3)	Ö2, Ö8	2
	Okullar (Kod 4)	Ö2, Ö6, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö16, Ö20	8
	Laboratuvarlar (Kod 5)	Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö15, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	11
	Gözlemevleri (Kod 6)	Ö19	1
	Uzay İstasyonu (Kod 7)		
	Gayri Resmi Bilim Ortamları (Müze, Botanik Bahçesi...) (Kod 8)	Ö6	1
	Polis Merkezi (Kod 9)		

Tablo 4.10. (Devam) *ABY görüşme sorularının sosyal-kurumsal sistemlere ait deney grubu ön test sonuçları*

Finansal Sistemler	Para (Kod 1)		
	Devlet Desteği (Kod 2)	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö15, Ö17, Ö18, Ö20	12
	Kişisel Birikim – Maddi Kazanç (Kod3)	Ö11, Ö20	2
	Bilimin Ticarileşmesi (Kod 4)	Ö17	1
Politik Güç Yapıları	Devletin Beklentisi (Kod 1)	Ö3	1
	Devlet Denetimi (Kod 2)	Ö3, Ö7, Ö8, Ö12, Ö19, Ö20, Ö21	7
	Devlet (Kod 3)	Ö12, Ö17	2
	Bilimin Devletten Bağımsızlığı (Kod 4)		
	Araştırma Ekibi (Kod 5)	Ö14	1
	Toplumsal Cinsiyet (Kod 6)		
	Etnik Köken (Kod 7)		
	İrk (Kod 8)		

Tablo 4.10'daki ön test verileri sosyal-kurumsal sistem açısından incelendiğinde, öğrencilerin en fazla “okul” ve “laboratuvar” gibi kurumsal yapıları ifade ettikleri görülmektedir. Bu da onların bilimin yapıldığı fiziksel ortamları tanıdığını ortaya koymaktadır. Ancak “Finansal Sistemler”, “Politik Güç Yapıları” ve “Bilimsel Değerler” gibi daha soyut ve sistemsal alanlarda oldukça sınırlı bir farkındalık gözlemlenmiştir. Sosyal değerler ve bilimsel etkinliklerin yaygınlaştırılması gibi temalara da düşük düzeyde yer verilmiştir. Bu sonuçlar, öğrencilerin bilimsel kurumlara dair yüzeysel bir bilgiye sahip olduklarını ancak bilimin toplumsal yönüyle ilişkilerini henüz yeterince kuramadıklarını göstermektedir.

Tablo 4.11. *ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu son test sonuçları*

Genel Kategoriler	Tema	Kod	Katılımcılar	Frekans (f)
Bilimin Amaç Ve Değerleri	Araştırma	Objektif Çalışmalar Ortaya Koyması (Kod 1)	Ö21	1
		Özgün Ve Yenilikçi Ürünler Ortaya Koyması (Kod 2)	Ö4, Ö20	2
		Dünya'yı Açıklama Çabası (Kod 3)	Ö5, Ö13, Ö21	3
		Keşif (Kod 4)	Ö4, Ö7	1
	Sosyal Fayda	İnsanlığa Hizmet Etmek (Kod 5)	Ö1, Ö4, Ö6, Ö7, Ö10, Ö13, Ö16, Ö20, Ö21	9
		Kamuoyunu Bilgilendirmek (Kod 6)	Ö4, Ö6, Ö7, Ö11, Ö16, Ö19, Ö21	7
		Hastalıkları Tedavi Etmek (Kod 7)	Ö13	1

Tablo 4.11. (Devam) *ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu son test sonuçları*

Bilimsel Pratikler		Yaşam Kolaylığı (Kod 8)	Ö2, Ö4, Ö9, Ö12, Ö17, Ö18, Ö19	7
		Buluşlar (Kod 9)	Ö12	1
	Kendini Gerçekleştirme	Merak (Kod 10)	Ö1	1
		İsmi Duyurma (Kod 11)	Ö3, Ö5, Ö7, Ö21	4
	Değerler; Bilişsel – Epistemik ve Bilimin Toplumsal Değerleri	Önyargılardan Arınlık (Kod 12)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö8, Ö11, Ö12, Ö13, Ö18, Ö21	11
		Ölçümlerde Doğruluk (Kod 13)	Ö3, Ö14, Ö20	3
		Çalışmalarında Deneysel Açıdan Yeterli ve Akla Yatkın Verilen Kullanması (Kod 14)	Ö5, Ö8	2
		Eleştirilere Açık Olması (Kod 15)	Ö4, Ö7, Ö16, Ö17, Ö18, Ö20,	6
		Tutarlık (Kod 16)	Ö19	1
		İşbirliği Yapmak (Kod 17)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö7, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö16, Ö17, 18, Ö19, Ö20	14
		Test Edilebilir (Kod 18)	Ö5, Ö18, Ö21	3
		Çevreye Duyarlılık (Kod 19)	Ö1, Ö2, Ö7, Ö8, Ö9, Ö13, Ö14, Ö15, Ö18, Ö19, Ö21	11
		Çıkar Gözetmemek (Kod 20)	Ö18, Ö21	3
	Bilim İnsanlarının Nitelikleri	Sabır (Kod 21)	Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö21	10
		Heves (Kod 22)	Ö20	1
		Hayırseverlik (Kod 23)	Ö12, Ö16	2
		Dikkat (Kod 24)	Ö1, Ö8, Ö9, Ö20	4
		Azimli (Kod 25)	Ö6, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12	5
		Mesleki Yetkinlik (Kod 26)	Ö16	1
		Dürüst – Güvenilir (Kod 27)	Ö2, Ö5, Ö7, Ö9, Ö12, Ö14, Ö16, Ö19, Ö21	9
	Gözlem Yapma (Kod 1)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21	
	Deney Yapma (Kod 2)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21	
	Veri Toplama (Bilgi Toplama) (Kod 3)	Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	17	
	Bilimsel Açıklama (Kod 4)	Ö2, Ö9, Ö12, Ö17	4	

Tablo 4.11. (Devam) *ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu son test sonuçları*

Bilimsel Bilgi	Bilimsel Bilgi Türleri	Modellerin Temsil Gücü (Gerçeği Yansıtma Kapasitesi) (Kod 5)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
		Bilimsel Tartışma (Kod 6)	Ö1, Ö6, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12, Ö15, 19	8
		Sınıflandırma (Kod 7)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
		Tahmin (Kod 8)	Ö2, Ö5, Ö9, Ö12, Ö18	5
		Verilerin Analiz Edilip Yorumlanması (Kod 9)	Ö2, Ö3, Ö4, Ö7, Ö9, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö18, Ö19, Ö21	12
		Bilimsel Etkinlikler (Kod 10)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12, Ö13, Ö16, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21	17
		Ölçüm Yapma (Kod 11)	Ö4, Ö5, Ö14, Ö18	4
		Test Etme (Süreci Tekrarlama) (Kod 12)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö7, Ö11, Ö13, Ö14, Ö15, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21	13
		Pratik Çözüm Üretme (Verimlilik) (Kod 13)	Ö14	1
		Pratik Yapma (Tekrar) (Kod 14)	Ö4, Ö6	2
		Pratiklik (Hızlı Olmak) (Kod 15)	Ö4, Ö21	2
		Araştırma Yapma (Kod 16)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
		İzleme - İnceleme (Kod 17)	Ö1, Ö4, Ö6, Ö7, Ö9, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö17, Ö18, Ö20	12
		Kasıtlı Yapma - Müdahale Etme (Kod 18)	Ö1, Ö3, Ö4, Ö10, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö12, Ö14, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	16
		Kontrol Etme (Kod 19)	Ö6, Ö7, Ö11, Ö16	4
	Bilimsel Bilginin Doğası	Teori (Eldeki Olguların İyi Kanıtlanmış Açıklamaları) (Kod 1)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
		Model (Olguların Açıklayıcı Temsilleri) (Kod 2)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
		Yasa (Kod 3)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
		Hukuk Kuralları (Kod 4)	Ö11	1
		Değişebilirlik (Bilimsel Bilginin Değişebilirliği) - Çürütülebilirlik (Kod 5)	Ö1, Ö2, Ö5, Ö6, Ö8, Ö12, Ö14, Ö15, Ö19, Ö20, Ö21	11
		Değişmezlik (Kod 6)	Ö16	1
		Neden – Sonuç İlişkisi (Kod 7)	Ö11, Ö16	2
		Test Edilebilir (Kod 8)	Ö8, Ö13, Ö21	3
	Bilimsel Bilginin Gelişimi	Birikimli İlerleme (Kod 9)	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö17, Ö18, Ö20	11

Tablo 4.11. (Devam) ABY görüşme sorularının bilişsel-epistemik kategorilere ait deney grubu son test sonuçları

Yöntemler Ve Yöntemsel Kurallar	Rastlantısal Keşifler (Rastlantısal Buluşlar) (Kod 10)	Ö12	1
	İşbirliğine Dayalı Gelişim (Bilim İnsanlarının Birbirlerinin Çalışmalarını Destekleyerek Geliştirmesi) (Kod 11)	Ö1, Ö7, Ö18, Ö19, Ö21	5
	Teknolojik İlerleme (Kod 12)	Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö14, Ö16, Ö21	12
	Gelişim (Durağan Olmama) (Kod 13)	Ö5, Ö6, Ö9, Ö10, Ö17, Ö20	6
	Yöntem (Kod 1)	Ö8	1
	Bilimsel Yöntem (Kod 2)	Ö9	1
	Sorgulama (Kod 3)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
	Süreç (Bilimsel Bilgi İnşası) (Sonucun Farklı Olduğu Benzer Süreçler) (Kod 4)	Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö12, Ö15	9
	Hipotez (Kod 5)	Ö5, Ö8, Ö11, Ö12, Ö20	5
	Değişken Değiştirme (Kod 6)	Ö3, Ö6, Ö8, Ö11, Ö17	5
	Farklı Bilimsel Yöntemler (Kod 7)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö14, Ö17, Ö19, Ö21	15
	Bilimde Tek Bir Yöntem Kullanılmaz (Kod 8)	Ö1, Ö5, Ö6, Ö7	4
	Öngörü (Kod 9)	Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9, Ö11, Ö12, Ö14, Ö17, Ö19, Ö20	11
	Çeşitli Aktiviteler (Kod 10)	Ö1, Ö5, Ö7, Ö12	4
	Alana Özgü Yöntemler (Kod 11)	Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö18	5
	Uygun Araçlarla Araştırma (Kod 12)	Ö1, Ö3, Ö5, Ö9, Ö17, Ö18, Ö19	7

Tablo 4.11'deki son test sonuçları, bilişsel-epistemik kategoriler kapsamında dikkate alındığında önemli bir gelişim göstermektedir. “Bilimsel Pratikler” kategorisi yine yüksek düzeyde temsil edilmiş olmakla birlikte, bu kez “Bilimsel Bilgi Türleri” (teori, model, yasa) ve “Bilginin Doğası” (değişebilirlik, çürütülebilirlik, test edilebilirlik) gibi soyut kavramlara da güçlü biçimde yer verildiği görülmektedir. Ayrıca “Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar” kategorisindeki "sorgulama", "farklı bilimsel yöntemler", "hipotez", "bilimde tek bir yöntem kullanılmaz" gibi kodlarda belirgin artış mevcuttur. Bu durum, öğrencilerin yalnızca uygulamaya yönelik bilgilerini değil, aynı zamanda bilimin işleyişi, bilgi üretme biçimleriyle ilgili kavrayışlarını da geliştirdiklerini ve bilimsel süreçleri daha bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmeye başladıklarını göstermektedir.

Tablo 4.12. ABY görüşme sorularının sosyal-kurumsal sistemlere ait deney grubu son test sonuçları

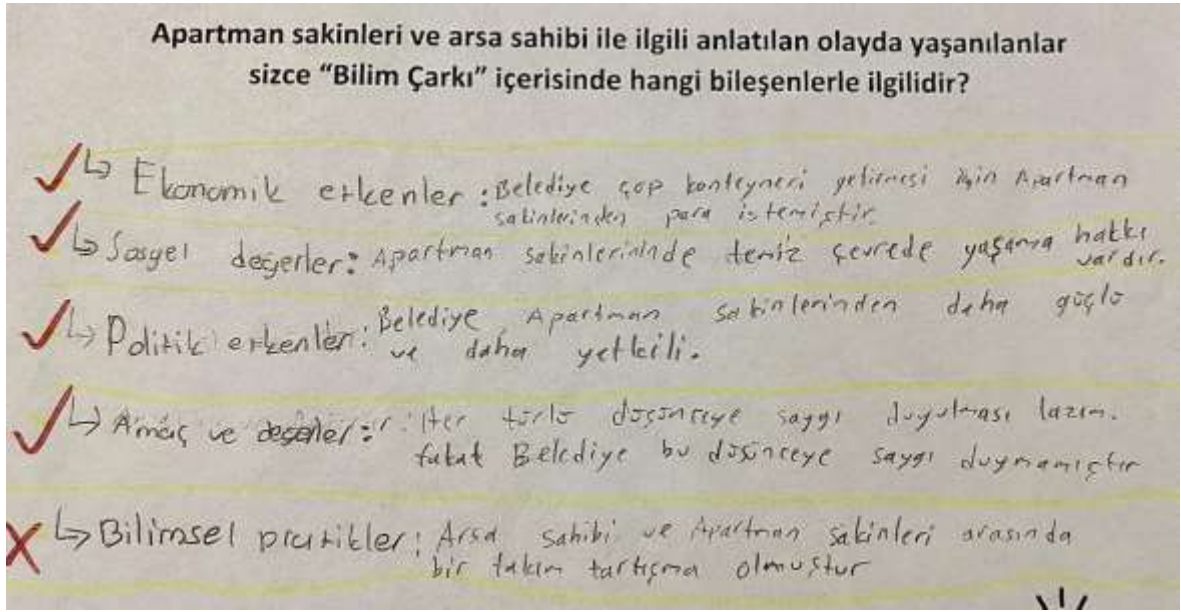
Genel Kategoriler	Tema	Kod	Katılımcılar	Frekans (f)
Sosyal Kabul Ve Yayılım	Araştırma Güvenirliliği	Uygun Koşullarda Güvenilir (Kod 1)	Ö6, Ö8, Ö14, Ö19, Ö21	5
		Yeterli Kanıt (Kod 2)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
	Kabul Kriterleri	Deneyerek Doğrulama (Kod 3)	Ö15, Ö6, Ö9	3
		Tekrarlanan Testler (Kod 4)	Ö5, Ö7, Ö9	3
		Kabul Görme (Kod 5)	Ö6, Ö11, Ö13	3
		Hakemlik Sistemi (Kod 6)	Ö3, Ö11, Ö18, Ö19	4
	Yaygınlaştıranın Amaçları	Başkalarını Bilgilendirmek (Kod 7)	Ö16, Ö20	2
		Bilimsel Yazı (Kod 8)	Ö20	1
		Başkalarının Eserlerinden Faydalanmak (Kod 9)	Ö12, Ö21	2
	Yaygınlaştırma Yolları	İletişim Kanalları (Telefon, Mektup, Yüz Yüze) (Kod 10)	Ö18	1
		Yayıncılık (Tv, Radyo) (Kod 11)	Ö3, Ö6, Ö18	3
		Yayınlama (Gazete, Dergi, Makale) (Kod 12)	Ö12, Ö18, Ö20	3
		Konferanslar (Bilimsel Söyleşi) (Kod 13)	Ö4, Ö14, Ö18, Ö21	4
Bilimsel Dünya Görüşü Ve Değerler Sistemi		Fikirlere Saygı (Kod 1)	Ö8, Ö9, Ö12, Ö17, Ö19, Ö20	6
		Zarar Vermemek (Çevreye Ve İnsanlara) (Kod 2)	Ö14, Ö18, Ö19	3
		Samimiyet (Kod 3)	Ö15	1
		Açık Sözlülük (Gerçeklik) (Kod 4)	Ö6, Ö7, Ö18	3
		Sabır (Kod 5)	Ö2	1
		Etik (Kod 6)	Ö8	1
		Şüpheli Olma (Kod 7)	Ö4	1
		Ön Yargıya Karşı Farkındalık (Kod 8)	Ö1, Ö17, Ö20	3
		Temkinli Olma (Kod 9)	Ö5	1
		Yeniliklere Açık (Kod 10)	Ö6	1
Sosyal Değerler		Toplumsal Yarar (Kod 1)	Ö8, Ö9	2
		Bilimin İnsan Ve Doğaya Olumlu/Olumsuz Etkisi (Kod 2)	Ö5, Ö14	2
		Topluma Uyum Sağlama (Toplumsal, Kültürel Saygı) (Kod 3)	Ö20	1
		Kültürel İnanışlar (Kod 4)	Ö3, Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21	14

Tablo 4.12. (Devam) ABY görüşme sorularının sosyal-kurumsal sistemlere ait deney grubu son test sonuçları

Profesyonel Etkinlikler	Kültürel Değerler (Kod 5)	Ö14	1
	Cinsiyetin Rolü (Kod 6)	Ö1, Ö3, Ö6, Ö7, Ö13, Ö14, Ö17, Ö20, Ö21	9
	İnsan Irkları (Kod 7)	Ö1, Ö11, Ö12, Ö14, Ö19, Ö21	6
	İcatlar Yapmak (Kod 1)	Ö3, Ö21	2
	Sonuçların Raporlanması (Kod 2)	Ö1, Ö19	2
	Yayınlama (Gazete, Dergi, Makale) (Kod 3)	Ö1, Ö9	2
	Finansal Arayış (Bütçe Bulma) (Kod 4)	Ö2, Ö3, Ö6, Ö7, Ö10, Ö16, Ö19, Ö21	8
	Konferanslara/ Seminerlere Katılma (Kod 5)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö16, Ö17, Ö19	16
	Sunum (Kod 6)	Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö12, Ö13, Ö14, Ö21	10
	Uygulama (Araştırma) Merkezi (Kod 1)	Ö5	1
Sosyal Kurumlar Ve Etkileşimler	Üniversiteler (Kod 2)	Ö8, Ö9	2
	Hastaneler (Kod 3)	Ö2, Ö13, Ö14	3
	Okullar (Kod 4)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	20
	Laboratuvarlar (Kod 5)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	15
	Gözlemeleri (Kod 6)	Ö7, Ö11	2
	Uzay İstasyonu (Kod 7)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4	4
	Gayri Resmi Bilim Ortamları (Müze, Botanik Bahçesi...) (Kod 8)	Ö3, Ö4, Ö6, Ö8, Ö10, Ö17, Ö19, Ö20	8
	Polis Merkezi (Kod 9)	Ö1	1
	Para (Kod 1)	Ö3, Ö5, Ö6, Ö11, Ö13, Ö14, Ö15, Ö21	8
	Devlet Desteği (Kod 2)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19	18
Finansal Sistemler	Kişisel Birikim – Maddi Kazanç (Kod 3)	Ö3, Ö10, Ö5, Ö11, Ö18, Ö20	5
	Bilimin Ticarileşmesi (Kod 4)	Ö3, Ö11, Ö18, Ö19	4
	Devletin Beklentisi (Kod 1)	Ö1, Ö3, Ö7, Ö8, Ö17, Ö19, Ö20	7
	Devlet Denetimi (Kod 2)	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	21
Politik Güç Yapıları	Devlet (Kod 3)	Ö1, Ö3, Ö8, Ö17, Ö19	5
	Bilimin Devletten Bağımsızlığı (Özgürlük) (Kod 4)	Ö16	1
	Araştırma Ekibi (Kod 5)	Ö21	1
	Toplumsal Cinsiyet (Kod 6)	Ö8, Ö9, Ö10, Ö16	4
	Etnik Köken (Kod 7)	Ö6, Ö21	2
	İrk (Kod 8)	Ö1, Ö2, Ö6, Ö8	4

Tablo 4.12'deki son test verileri, Sosyal-Kurumsal Sistemler boyutunda öğrenci yanıtlarının hem çeşitlilik hem de derinlik açısından önemli ölçüde geliştiğini göstermektedir. Özellikle Politik Güç Yapıları, Finansal Sistemler ve Sosyal Kurumlar ve Etkileşimler gibi alanlara yönelik farkındalık belirgin şekilde artmıştır. Devletin bilimsel süreçlerdeki rolü, finansal destekler, konferanslar ve yayın süreçleri artık daha fazla öğrenci tarafından ifade edilmiştir. Bu durum, öğrencilerin bilimin sadece teknik bir uğraş olmadığını, aynı zamanda toplumsal yapılarla karşılıklı etkileşim hâlinde gelişen bir süreç olduğunu kavramaya başladıklarını göstermektedir. Ayrıca, “Bilimsel Dünya Görüşü” ve “Değerler Sistemi” kategorilerinde etik, şeffaflık ve fikirlere saygı gibi temalar da daha sık vurgulanmıştır. Bu bulgular, öğrencilerin bilimi yalnızca bilgi üretimi olarak değil, aynı zamanda sosyal, etik ve politik bağlamlarıyla birlikte daha kapsamlı bir şekilde anlamaya başladıklarını ortaya koymaktadır. Ön test-son test karşılaştırması yapıldığında, hem bilişsel-epistemik hem de sosyal-kurumsal sistemlerde anlamlı gelişmeler gözlemlenmiştir. Öğrenciler, bilimin sadece deneylerden ibaret olmadığını; çok boyutlu ve toplumsal yönleri olan bir süreç olduğunu daha bütüncül biçimde ifade edebilmiştir. Öğrenciler tarafından ifade edilen örneklerde, bilimsel çalışmaların medya, ekonomi ve siyasetle ilişkili olarak şekillenebileceği yönünde yorumlara da yer verilmiştir.

Öte yandan, birinci alt probleme ilişkin olarak öğrencilerin çalışma kâğıtları detaylı biçimde incelenmiş ve bu doğrultuda ABY çerçevesinde ulaştıkları kazanımlar değerlendirilmiştir. Öğrencilerin yazılı çıktıları, özellikle ifade ettikleri düşünceler, kullandıkları gerekçeler ve bilimsel kavramlara yer verip vermedikleri açısından analiz edilmiş; dikkat çeken örnek öğrenci yanıtlarına raporda yer verilmiştir. Ayrıca yapılan görüşmelerle elde edilen veriler, bu yazılı çıktılarla birleştirilerek değerlendirilmiş ve ABY'ye dayalı öğrenme deneyimlerinin öğrencilerin bilimin doğası anlayışlarına etkisi daha derinlemesine ortaya konmuştur. Bulgular, öğrencilerin bu süreçte geliştirdiği bilişsel ve pedagojik kazanımları anlamlandırmaya yönelik güçlü nitel veriler sunmaktadır. Bazı öğrencilerin, bilimsel tartışmalarda karşıt görüşlere saygı göstermenin bilimin ilerlemesi açısından önemli olduğunu belirtmeleri, bilimsel değerlerin içselleştirilmeye başlandığını göstermektedir. Bu tür ifadeler, öğrencilerin yalnızca bilgi düzeyinde değil, aynı zamanda tutum ve değer düzeyinde de bir gelişim sergilediğini ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, öğrenci cevaplarında bilimsel bilginin zamanla değişebileceğine ve toplumun ihtiyaçları doğrultusunda yeniden şekillenebileceğine dair farkındalıkların da olduğu görülmüştür.



Şekil 4.5. Ö5 ve Ö8'in "Kim Haklı?" etkinlik kağıdı

Ö5 ve Ö8'in grup çalışması sırasında birlikte ve bireysel olarak doldurdıkları çalışma kâğıtları incelenmiştir (Şekil 4.5). 1. hafta gerçekleştirilen Marie Curie'nin hayatını konu alan etkinlikte, Ö8'in BDE, PE, SKY, SD, SKE ve PGY kategorilerini doğru bir şekilde belirlediği, Ö5'in ise PE, SKY, SD, SKE, PGY ve FS kategorilerini doğru şekilde tespit ettiği görülmüştür. 5. hafta yürütülen "Çözünme Hızına Etki Eden Değişkenler" etkinliğinde, her iki öğrencinin de kendi gruplarında BB ve BP kategorilerini doğru bir şekilde belirlediği tespit edilmiştir. 7. hafta gerçekleştirilen SBA içeren "Kim Haklı?" etkinliğinde, öğrencilerin grup çalışmasıyla AVD, BP, SD, PE ve FS kategorilerini doğru şekilde belirledikleri gözlemlenmiştir.

Her iki öğrencinin de Marie Curie etkinliği bağlamında sosyal kurumsal sistemlere hâkim oldukları ve doğru sonuçlara ulaştıkları, ayrıca birlikte yürüttükleri "Kim Haklı?" etkinliği sürecinde bu becerilerini geliştirdikleri görülmüştür. Bunun yanı sıra, ara haftalarda gerçekleştirilen ABY'nin bilişsel epistemik kategorilerine yönelik etkinliklerde, öğrencilerin ele aldıkları kategorilere büyük ölçüde hâkim oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca, Ö5 ve Ö8'in görüşme soruları incelenerek farklı ABY kategorilerine verdikleri yanıtlar değerlendirilmiş ve etkinliklerde yaptıklarıyla paralel sonuçlar göstererek öğrencilerin BD görüşlerinde yeterli düzeyde olduğu görülmüştür ve nicel bulgularla sayısal olarak kanıtlanmıştır.

"Bilim insanları bir bitkinin fotosentez yapıp yapmadığını incelerken biri deney biri gözlem yöntemini kullanabilir ve ikisi aynı yöntem kullanmak zorunda değildir." (Ö5-YYK)

"Bilim insanlar Dünya'yı ve insanlığı geliştirmek için bilimsel çalışmalar yaparlar." (Ö8-AVD)

“Kim Haklı?” etkinliğinde yanlış yapmadan ABY kategorilerini doğru cevaplayan Ö20 ve Ö21 benzer şekilde Marie Curie etkinlik kağıtlarında da yanlış yapmadan tüm sosyal kurumsal sistemleri, “Çözüme Hızına Etki Eden Değişkenler” etkinliğinde BB ve BP’leri doğru bir şekilde ifade etmişlerdir. Öğrencilerin görüşme sorularında verdiği yanıtlara aşağıda yer verilmiştir.

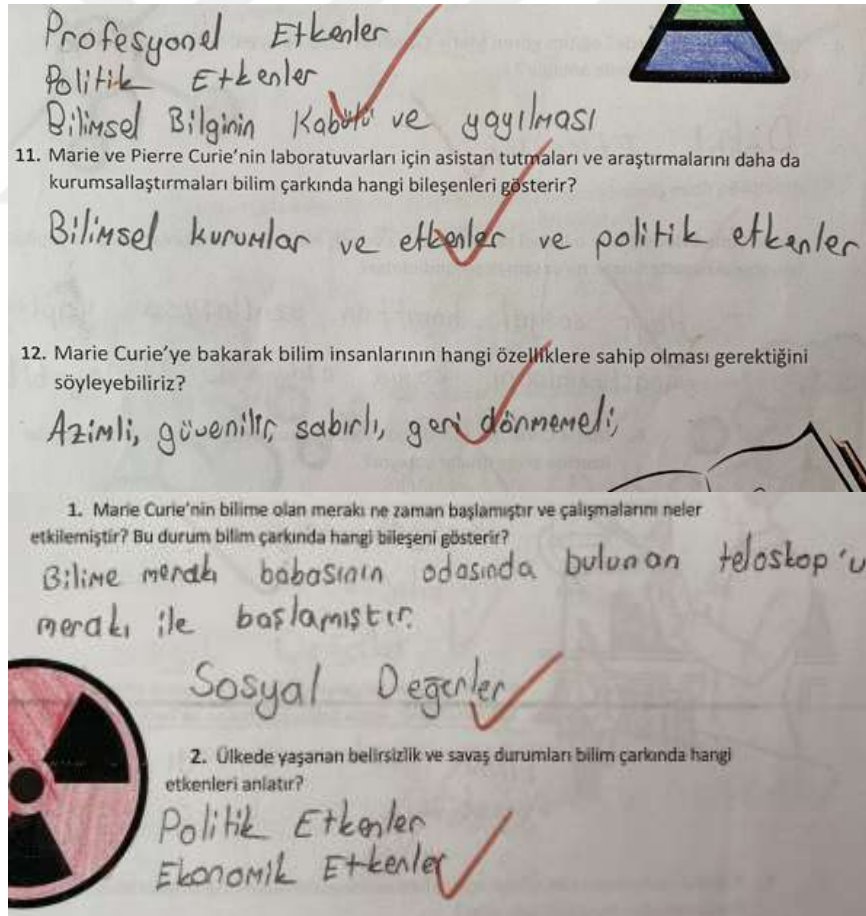
“Bilimsel bilgi zaman içerisinde değişebilir veya birikerek ilerler.” (Ö21-BB)

“Deney, gözlem, tartışma bilimsel pratikler arasında yer almaktadır.” (Ö21-BP)

“Bilim insanları sabırlı, güvenilir olmalı ve önyargılı olmamalıdır” (Ö21-AVD)

“Faydalı olmak için insanlar araştırma yapıp bilimsel çalışmalar yürütebilirler.” (Ö20-AVD)

Öğrencilerin görüşmelere verdikleri yanıtlara ve etkinliklerine bakıldığında, ABY’de bilişsel-epistemik kategorileri öğrendikleri, nicel bulgularla da desteklenen bu durum sonucunda, genel olarak BD görüşlerinde yeterli oldukları görülmüştür.



Şekil 4.6. Ö1 ve Ö13'in “Marie Curie” etkinlik kağıdı

Bunun yanında, Ö1'in çalışma kâğıtları incelendiğinde (Şekil 4.6) Marie Curie etkinliğinde PE, SKY, SD, SKE, PGY ve FS kategorilerine yer verdiği, ayrıca Ö13 ile birlikte yürüttüğü "Kim Haklı?" etkinliğinde SD ve FS kategorilerini doğru tanımladığı görülmüştür. Ancak, aynı etkinlikte AVD, BDE, SKY ve SKE kategorilerini yanlış yorumladıkları tespit edilmiştir. Ö1 ve Ö13'ün görüşme sorularına verdiği yanıtlara aşağıda birebir cümlelerle yer verilmiştir.

"Doğayı korumak ve insanların yararı için çalışmalar yapardım." (Ö1-AVD)

"Okullar, uzak ve gizli alanlarda, çalışanlar için rahat ulaşılabilir yerlerde bilim yapılabilir." (Ö1-SKE)

"Okullarda, hastanelerde, laboratuvarlarda bilim yapılabilir." (Ö13-SKE)

"Bir bilim insanı olsaydım bilgileri kanıtlayıp yorumlayıp halka açıklardım." (Ö13-SKY)

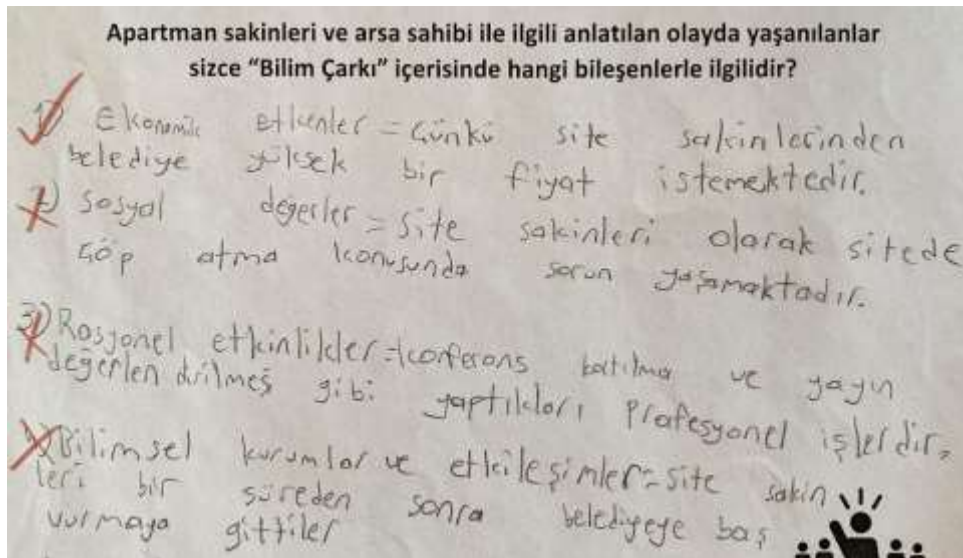
Verilen ifadelerle bakıldığında "Kim Haklı?" etkinliğinde Ö1 ve Ö13'ün yanlış yaptığı kategorilerden AVD, SKY ve SKE'yi görüşme sırasında doğru bir şekilde ifade ettiği BDE'ye ise değinmedikleri bulgular arasında yer almıştır.

Bunun yanında, Ö16'nın görüşme soruları incelendiğinde ise aşağıda verilen ifadeleri kullanmıştır.

"Bilim insanları çalışmalar amacıyla araştırma yaparlar." (Ö16-AVD)

"Projelerini bitirdikten sonra konferansa giderler." (Ö16-PE)

Yanıtlar incelendiğinde Ö16'nın ABY kategorilerini açıklamak için yetersiz kaldığı görülmüştür. "Kim Haklı?" etkinliğine bakıldığında da, grup arkadaşı Ö12 ile birlikte bu kategorileri yanlış açıkladıkları Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Ö12 ve Ö16'nın "Kim Haklı?" etkinlik kağıdı

Ancak, aynı etkinlikte yanlış açıkladıkları PGY kategorisi, Ö16 tarafından görüşmelerde “Devletler bilim insanların yaptıkları projelere karşı çıkabilir ve destek vermeyebilir.” ifadeleriyle doğru bir şekilde açıklanmıştır. Bunun yanında, Marie Curie etkinliğinde sosyal kurumsal sistemleri doğru bir şekilde açıklayan Ö12, SBA etkinliğinde AVD, SD, SKE ve PGY kategorilerinde yanlış ifadeler kullanmıştır. Bu nedenle, öğrencinin yanlış ifade ettiği kategorilere ilişkin görüşme sorularına verdiği yanıtlar aşağıda birebir yazılmıştır.

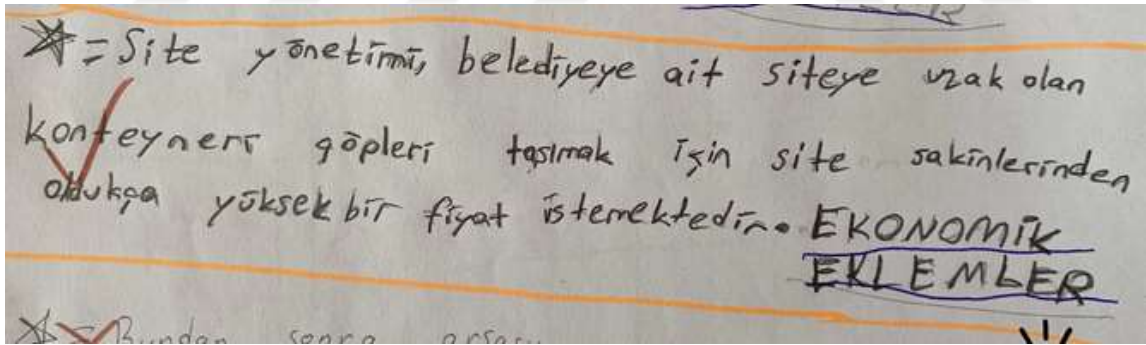
“Farklı şeyler öğrenmek ve bulabilmeyi amaçlardım birde maddeler üzerine buluşlar yapardım.” (Ö12-AVD)

“Mesela kendi ırkı yüzünden ödül alamayan Marie Curie’nin bilimsel çalışmaları bu yüzden etkilenebilir.” (Ö12-SD)

“Okullarda, liselerde, fen liselerinde bilim yapılabilir.” (Ö12-SKE)

“Devletten izin almazsak bilimsel çalışmalar etkilenebilir.” (Ö12-PGY)

Verilen ifadelere bakıldığında, Ö12’nin AVD, AKE ve PGE kategorilerinde yaptığı açıklamaların yetersiz olduğu ve BD görüşlerinin zayıf olduğu düşünülebilir. Örneğin, PGY kategorisinde Ö16’nın, Ö12’ye göre daha kapsamlı açıklama yaptığı görülmektedir. Bunun yanında, SD kategorisinde Ö12’nin yaptığımız etkinlikten örnek vermesi, o kategoriye somutlaştırdığını göstermektedir.



Şekil 4.8. Ö2 ve Ö15’in “Kim Haklı?” etkinlik kağıdı

Ö2 ve Ö15 birlikte değerlendirildiğinde ise ortak olarak yaptıkları “Kim Haklı?” etkinliğinde yalnızca ekonomik etkenler kategorisinde doğru yanıt verdikleri görülmüştür (Şekil 4.8).

Ancak Ö2’nin “Marie Curie” etkinliğinde sosyal kurumsal sistemlere ait daha fazla kategoriyle doğru yanıt verdiği görülmüştür. Bu sebeple öğrencilerin durumunu daha iyi analiz etmek için görüşme sorularına verdikleri yanıtlardan kesitler sunulmuştur.

“Bilimsel pratikler deyince aklıma ilk pratik yapıp deneye başlamak geliyor.” (Ö15-BP)

“Bilimsel bilgi türleri teori, yasa ve model olabilir.” (Ö15-BB)

“Bilim insanları aynı yöntemi kullanmaz.” (Ö2-YYK)

“Bilim insanlarının amacı doğayı temiz tutarak insanları korumaktır.” (Ö15-AVD)

“Devletin yararına olan şeyleri devlet destekler yoksa desteklemez.” (Ö2-PGY)

Öğrencilerin etkinlikleri incelendiğinde, sosyal-kurumsal sistemleri bilişsel-epistemik sistemlere kıyasla daha iyi anladıkları düşünülmektedir. Ancak görüşme verilerinde, özellikle PGY, YYK, AVD ve BP kategorilerine ait alıntılarda öğrencilerin eksik veya hatalı yanıtlar verdiği görülmüştür. Bu durum, ilgili alanlardaki anlayışlarının yetersiz olduğunu ve nicel bulgularda ortalamanın düşmesine neden olan faktörlerden biri olduğunu göstermektedir. Öte yandan, “Çözünme Hızına Etki Eden Faktörler” gibi BP ve BB kategorilerini içeren etkinliklerde, öğrencilerin bilişsel-epistemik sistemlere dair kavramları daha doğru şekilde ifade ettikleri görülmüştür. Bu da öğrencilerin bilimsel süreçleri deneyimleyerek ve değişkenler arası ilişkileri analiz ederek bilginin doğasını daha iyi kavrayabildiklerini göstermektedir.

Öğrencilerin MTS odaklı etkinlikleri incelendiğinde, özellikle BP, AVD, YYK ve SKE kategorilerine yönelik önemli kazanımlar elde ettikleri görülmüştür. Geri dönüşüm temelli görevlerde öğrenciler, verilen problemi analiz etmiş, alternatif çözüm önerileri geliştirmiş ve bu önerileri prototiplere dönüştürerek test etmişlerdir. Süreç boyunca en iyi çözümü belirlemek amacıyla araştırma yapmaları ve tasarımlarını geliştirirken akıl yürütme stratejileri kullanmaları, BP ve YYK bileşenlerinde gelişim sağladıklarını göstermektedir. Ayrıca etkinlik senaryolarında belediye tarafından görevlendirildiklerini varsayan öğrenciler, bu kurgu doğrultusunda toplumsal bir sorunla ilgilenmiş ve çözüm sürecine katkı sağlamışlardır. Bu bağlamda, öğrencilerin AVD ve SKE bileşenlerine dayalı farkındalıklarının arttığı, MTS süreçlerinin ABY çerçevesindeki bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal yönleri birlikte desteklediği söylenebilir.

Bununla birlikte, etkinlikler kapsamında öğrencilerin FS, SD ve BDE kategorilerine dair kazanımlar elde ettikleri de gözlemlenmiştir. Öğrenciler, sınırlı malzemelerle çalışırken alternatifler geliştirmiş, geri dönüşüm robotları ve fabrikalarında maliyet-etkililik ilkelerini göz önünde bulundurmuşlardır. Bu durum, FS bileşenine dair işlevsel bir farkındalık kazandıklarını düşündürmektedir. Ayrıca çevresel sürdürülebilirlik, toplumsal yarar ve etik sorumluluk gibi değerlere ilişkin açıklamalarında SD ve BDE boyutlarına yer verdikleri, özellikle grup tartışmaları sırasında bu tür kavramları kullanarak çözüm süreçlerini temellendirdikleri görülmüştür. MTS uygulamalarında sosyal sorumluluk bilincinin ön plana çıkması, öğrencilerin SKS bileşenleriyle mühendislik faaliyetleri arasında bağ kurabildiklerini ortaya koymaktadır.

4.2.2. İkinci alt probleme ilişkin nitel bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, nitel bulgular kapsamında ikinci alt problem olan “ABY öğretiminin öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına etkisi nedir ve bu etkiyi destekleyen nitel kanıtlar nelerdir?” sorusuna ilişkin veriler analiz edilmiştir. Bilimsel sorgulama ölçeğine ait veriler, ön test ve son test sonuçları üzerinden deney ve kontrol gruplarına ait yanıtların analiz edilmesiyle değerlendirilmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevaplar, dört ana kategoride kodlanarak incelenmiştir: net olmayan/boş, yetersiz, karmaşık ve bilgili. Net olmayan/boş kategorisi, cevabın belirsiz veya eksik olduğu durumları ifade ederken, yetersiz kategorisi, cevabın doğruyu tam olarak yansıtmadığı ya da eksik olduğu durumları kapsar. Karmaşık kategorisinde ise öğrencilerin verdiği cevapların karmaşık olduğu, ancak yine de konuya dair bir anlayış gösterdiği durumlar yer alırken bilgili kategorisi, doğru ve tam cevaplar verdiği durumları ifade etmektedir. Bu kategorilere göre net olmayan/boş cevaba 0 puan, yetersiz cevaba 1 puan, karmaşık cevaba 2 puan ve bilgili cevaba 3 puan verilmiştir. Bilimsel sorgulama ölçeği, nitel veri sağladığı için bu bölümde nitel bulgular kapsamında değerlendirilmiş; ancak tabloların yorumlanmasını kolaylaştırmak amacıyla bu nitel veriler, sayısal karşılıkları ile ifade edilerek analiz edilmiştir.

Tablo 4.13. Kontrol grubu ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması

Bilimsel Sorgulama Bileşenleri	Kontrol Grubu Ön				Kontrol Grubu Son			
	Bileşenlerin düzeyleri				Bileşenlerin düzeyleri			
	Net olmayan/Boş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili	Net olmayan/Boş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili
1	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)
2	15 (% 71,4)	6 (%28,6)	0 (%0)	0 (%0)	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)
3	13 (%61,9)	8 (% 30,1)	0 (%0)	0 (%0)	9 (%42,86)	12 (%57,14)	0 (%0)	0 (%0)
4	12 (%57,14)	9 (%42,8)	0 (%0)	0 (%0)	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)
5	7 (%33,3)	14 (%66,6)	0 (%0)	0 (%0)	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)
6	11 (%52,38)	10 (%47,6)	0 (%0)	0 (%0)	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)
7	11 (%52,38)	10 (%47,6)	0 (%0)	0 (%0)	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)
8	13 (%61,9)	8 (%38,1)	0 (%0)	0 (%0)	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)

Tablo 4.13’e göre, bilimsel sorgulama ölçeğine ait kontrol grubunun verileri, ön test ve son test puanları temel alınarak analiz edilmiştir. Yapılan analizde, frekans ve yüzdelik değerler dikkate alınarak iki test arasındaki değişim detaylı biçimde karşılaştırılmıştır. Elde edilen

bulgular, kontrol grubundaki öğrencilerin bilimsel sorgulama becerileri açısından niceliksel olarak belirgin bir gelişim göstermediğini ortaya koymaktadır. Ön test ve son test sonuçları genel olarak benzer düzeyde kalmış, öğrencilerin verdiği yanıtlar arasında anlamlı bir fark veya ilerleme gözlemlenmemiştir. Bu durum, geleneksel öğretim sürecinin öğrencilerin sorgulama temelli düşünme becerilerini geliştirme konusunda yeterince etkili olmadığını göstermektedir. Öğrencilerin bilimsel süreçleri yorumlama, hipotez kurma, deney tasarlama ya da sonuç çıkarma gibi üst düzey becerileri geliştirebilmesi için daha yapılandırılmış, etkileşimli ve öğrenci merkezli öğretim yaklaşımlarına ihtiyaç duyulduğu söylenebilir. Kontrol grubunun elde ettiği sınırlı gelişim, bu tür becerilerin rastlantısal ya da yüzeysel öğretim uygulamalarıyla değil; sistemli ve hedefe yönelik öğretim stratejileriyle desteklenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Tablo 4.14. Deney grubu ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması

Bilimsel Sorgulama Bileşenleri	Deney Grubu Ön				Deney Grubu Son			
	Bileşenlerin düzeyleri				Bileşenlerin düzeyleri			
	Net olmayan/Boş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili	Net olmayan/Boş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili
1	15 (% 71,4)	6 (%28,6)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	7 (%33,33)	12 (%57,14)	2 (%9,52)
2	15 (% 71,4)	6 (%28,6)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	6 (%28,57)	10 (%47,62)	5 (%23,81)
3	9 (%42,86)	12 (%57,14)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	7 (%33,33)	10 (%47,62)	4 (%19,05)
4	12 (%57,14)	9 (%42,86)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	4 (%19,05)	10 (%47,62)	7 (%33,33)
5	2 (%9,52)	19 (%90,48)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	3 (%14,29)	13 (%61,90)	5 (%23,81)
6	11 (%52,38)	10 (%47,62)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	7 (%33,33)	9 (%42,86)	5 (%23,81)
7	9 (%42,86)	12 (%57,14)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	4 (%19,05)	6 (%28,57)	11 (%52,38)
8	10 (%47,62)	11 (%52,38)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	3 (%14,29)	16 (%76,19)	2 (%9,52)

Tablo 4.14'e göre, bilimsel sorgulama ölçeğinin sonuçları incelendiğinde, deney grubuna ait ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir gelişim olduğu görülmektedir. Ön test verilerine göre, öğrencilerin büyük çoğunluğu bilimsel sorgulama becerilerini ifade ederken “net olmayan” ve “yetersiz” düzeyde yanıtlar vermiştir. Ancak uygulama sonrasında yapılan son testte, öğrencilerin yanıtlarında belirgin bir niteliksel dönüşüm yaşanmış; özellikle “karmaşık” ve “bilgili” düzeylerinde verilen yanıt sayısında gözle görülür bir artış olmuştur. Bu gelişim, öğrencilerin bilimsel sorgulamaya ilişkin daha derinlemesine düşünmeye ve bilimsel süreçleri daha bütüncül şekilde kavramaya başladıklarını göstermektedir. Özellikle 4.

ve 7. bileşenlerde, “bilgili” düzeyine ulaşan öğrenci sayısındaki artış dikkat çekici bulunmuştur. Bu durum, uygulanan öğretim sürecinin, öğrencilerin hem bilimsel düşünme becerilerini hem de sorgulama süreçlerine yönelik farkındalıklarını artırmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, deneysel uygulamanın öğrencilerin bilimsel sorgulama becerilerinin gelişimine anlamlı ve olumlu katkılar sağladığını desteklemektedir.

Tablo 4.15. *Kontrol ve deney grubuna ait ön test puanlarının karşılaştırılması*

Bilimsel Sorgulama Bileşenleri	Kontrol Grubu Ön Bileşenlerin düzeyleri				Deney Grubu Ön Bileşenlerin düzeyleri			
	Net olmayan/Boş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili	Net olmayan/Boş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili
1	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)	15 (% 71,4)	6 (%28,6)	0 (%0)	0 (%0)
2	15 (% 71,4)	6 (%28,6)	0 (%0)	0 (%0)	15 (% 71,4)	6 (%28,6)	0 (%0)	0 (%0)
3	13 (%61,9)	8 (% 30,1)	0 (%0)	0 (%0)	9 (%42,86)	12 (%57,14)	0 (%0)	0 (%0)
4	12 (%57,14)	9 (%42,86)	0 (%0)	0 (%0)	12 (%57,14)	9 (%42,86)	0 (%0)	0 (%0)
5	7 (%33,3)	14 (%66,6)	0 (%0)	0 (%0)	2 (%9,52)	19 (%90,48)	0 (%0)	0 (%0)
6	11 (%52,38)	10 (%47,62)	0 (%0)	0 (%0)	11 (%52,38)	10 (%47,62)	0 (%0)	0 (%0)
7	11 (%52,38)	10 (%47,62)	0 (%0)	0 (%0)	9 (%42,86)	12 (%57,14)	0 (%0)	0 (%0)
8	13 (%61,9)	8 (%38,1)	0 (%0)	0 (%0)	10 (%47,62)	11 (%52,38)	0 (%0)	0 (%0)

Tablo 4.13'te yer alan bilimsel sorgulama ölçeği verilerine göre, uygulama öncesinde deney ve kontrol gruplarının ön test puanları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu durum, her iki grubun başlangıç düzeylerinin benzer olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, geleneksel öğretim yöntemlerinin bilimsel sorgulama becerilerini geliştirmede yeterli olmadığını düşündürmektedir.

Tablo 4.16. *Kontrol ve deney grubuna ait son test puanlarının karşılaştırılması*

Bilimsel Sorgulama Bileşenleri	Kontrol Grubu Son Bileşenlerin düzeyleri				Deney Grubu Son Bileşenlerin düzeyleri			
	Net olmayan/B oş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili	Net olmayan/ Boş	Yetersiz	Karmaşık	Bilgili
1	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	7 (%33,33)	12 (%57,14)	2 (%9,52)
2	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	6 (%28,57)	10 (%47,62)	5 (%23,81)

Tablo 4.16. (Devam) Kontrol ve deney grubuna ait son test puanlarının karşılaştırılması

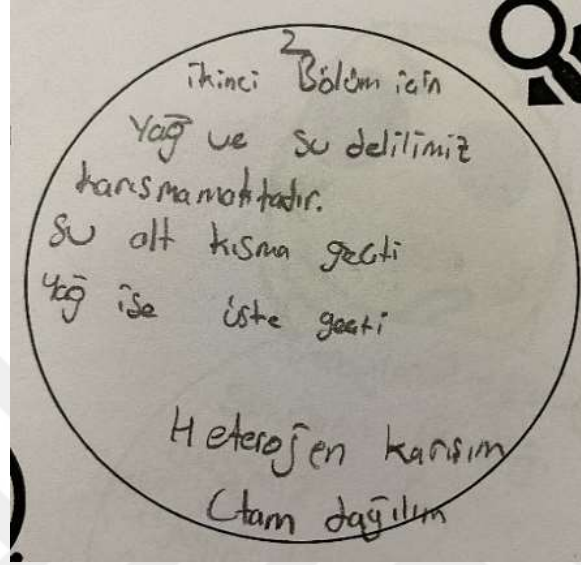
3	9 (%42,86)	12 (%57,1)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	7 (%33,33)	10 (%47,62)	4 (%19,05)
4	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	4 (%19,05)	10 (%47,62)	7 (%33,33)
5	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	3 (%14,29)	13 (%61,90)	5 (%23,81)
6	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	7 (%33,33)	9 (%42,86)	5 (%23,81)
7	8 (%38,1)	13 (%61,9)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	4 (%19,05)	6 (%28,57)	11 (%52,38)
8	14 (%66,6)	7 (%33,3)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	3 (%14,29)	16 (%76,19)	2 (%9,52)

Tablo 4.16’ya göre bilimsel sorgulama ölçeğinin deney ve kontrol grubuna ait veriler son test puanları üzerinden analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda frekans değerleri ve yüzdelikler karşılaştırılmış bunun sonucunda iki grup arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Bu durumda yapılan uygulama deney grubu üzerinde olumlu yönde etkili olmuş ve frekans ve yüzdelikleri artmıştır.

İkinci alt probleme ilişkin olarak, öğrenci çalışma kağıtlarındaki nitel bulgular incelenmiş ve bu doğrultuda yürütülen sorgulama süreçleri ile mühendislik tasarım süreçleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Ayrıca, öğrencilerin “Veri Topluyorum”, “Kanıt Topluyorum” ve “Bilimsel Bilgi Üretiyorum” etkinlik kağıtları da incelenerek sorgulama basamakları dikkate alınmıştır. Çalışma kağıtlarında yer alan etkinlikler, öğrencilerin problem tanımlama, çözüm geliştirme ve değerlendirme aşamalarında nasıl bir yol izlediklerini ortaya koymaktadır. Özellikle sorgulama süreçlerine bağlı olarak şekillenen mühendislik tasarım etkinlikleri, öğrencilerin bilimsel bilgiyi nasıl yorumladıkları ve uyguladıkları hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Bu doğrultuda, öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerinde ne derece etkin oldukları ve süreci nasıl yapılandırdıkları analiz edilerek kavramsal anlayışlarına yönelik çıkarımlar yapılmıştır (Hacıoğlu, 2020).

Sorgulama basamakları göz önüne alındığında, etkinlik kâğıtlarında ilk olarak öğrencilerin elde ettikleri verileri kanıtlara dönüştürme çabaları dikkat çekmektedir. Öğrenciler, yaptıkları gözlemleri yalnızca betimlemekle kalmamış; bu gözlemlerden yola çıkarak neden-sonuç ilişkileri kurmaya çalışmışlardır. Bu bölümlerde yapılan etkinlikler, çoğunlukla iş birliğine dayalı grup çalışmaları şeklinde yürütülmüş; böylece öğrencilerin fikir alışverişinde bulunmaları, birlikte karar vermeleri ve ortak bir sonuca ulaşmaları teşvik edilmiştir. Özellikle “Karışımların Ayırıştırılması” etkinliğinde Ö2, Ö14, Ö17 ve Ö19 numaralı öğrenciler, deneyler sonucunda elde ettikleri verileri kayıt altına almış ve bunları bilimsel çıkarımlara dönüştürmeye çalışmışlardır. Şekil 4.9’da yer alan örnekte de görüldüğü üzere, öğrenciler topladıkları verileri

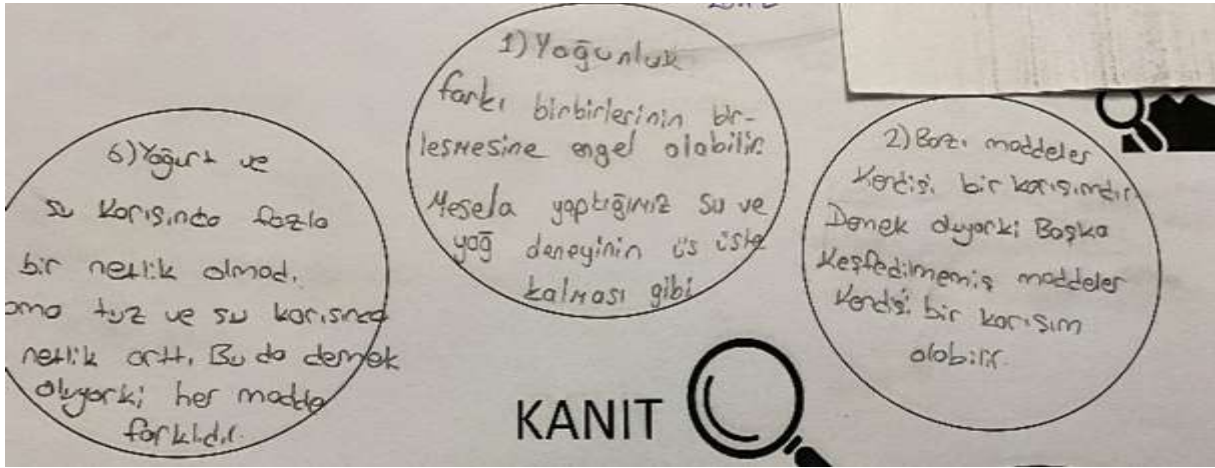
tablo ve grafik gibi farklı biçimlerde düzenleyerek somutlaştırmış ve sonuçlarını gerekçelendirme yoluna gitmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin yalnızca bilgi tüketen bireyler olmaktan çıkıp, bilimsel süreçleri deneyimleyerek bilgi üreten bireyler hâline geldiklerinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.9. Ö2, Ö14, Ö17 ve Ö19'un “Karışımların Ayrıştırılması” etkinliği

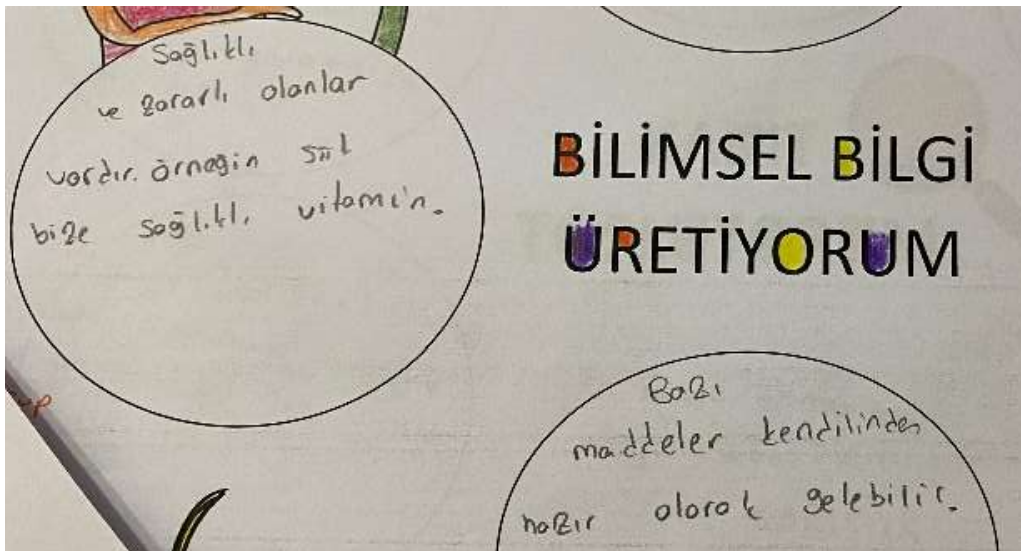
Öğrencilerin çalışma kağıtları detaylı bir şekilde incelendiğinde, “Veri Topluyorum” kağıtlarında "Yağ ve su karışmamıştır." veya "Alkol ve su karışımı birleşerek tek bir madde gibi göründü." gibi ifadeler yer verdikleri görülmüştür. Bu durum, öğrencilerin deneylerden elde ettikleri gözlemleri doğru bir şekilde kaydedebildiklerini ve veri toplama sürecini anladıklarını göstermektedir. Öğrencilerin ifadeleri, deney sonuçlarını nesnel bir biçimde aktarabildiklerine işaret etmektedir.

Ö1, Ö3, Ö6 ve Ö8 numaralı öğrencilerin “Kanıt Topluyorum” kağıtları incelendiğinde, toplanan verilerin başarıyla kanıta dönüştürüldüğü görülmüştür. Öğrenciler, deneylerden elde ettikleri verileri yorumlayarak bilimsel bir temele oturtmuş ve bu süreçte sorgulama basamaklarını etkili bir şekilde yürütmüşlerdir. Bu durum, öğrencilerin yalnızca gözlem yapmakla kalmayıp aynı zamanda bilimsel düşünme becerilerini kullanarak verileri anlamlandırabildiklerini göstermektedir. “Kanıt Topluyorum” kağıtlarında, öğrencilerin ulaştıkları sonuçları nasıl temellendirdiklerine dair “Yoğunluk maddelerin birleşmesini engelledi.” şeklinde örnekler yer almakta olup, bu süreç aşağıda Şekil 4.10’da detaylandırılmıştır.



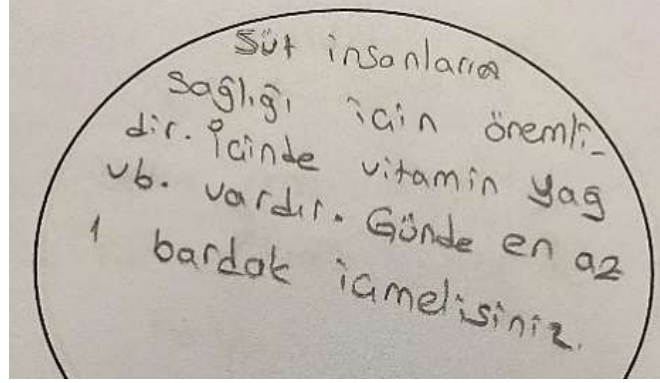
Şekil 4.10. Ö1, Ö3, Ö6 ve Ö8'in "Karışımların Ayırıştırılması" etkinliği

Son olarak, öğrencilerin topladıkları kanıtlardan bilimsel bilgi ürettikleri ve sorgulama basamaklarını doğru bir şekilde yürüttükleri gözlemlenmiştir. Ö7, Ö11, Ö12 ve Ö18 numaralı öğrencilere ait örnek kağıtlarda, elde ettikleri verileri bilimsel bir çerçevede değerlendirdikleri ve bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkardıkları açıkça görülmektedir. Örneğin, "Maddeler farklı özelliğe sahiptir." veya "Bazı maddeler birbiri içinde dağılır, bazıları dağılmaz." gibi ifadelerle, öğrenciler sorgulama süreçlerini doğru bir şekilde izleyerek kanıtlar üzerinden mantıklı çıkarımlar yapabilmişlerdir. Bu süreçte bilimsel düşünme becerilerini etkili bir şekilde kullanmışlardır. Şekil 4.11'de yer alan örnekte bu sürecin nasıl işlediğini ve öğrencilerin bilimsel bilgi üretme yetilerini göstermektedir.



Şekil 4.11. Ö7, Ö11, Ö12 ve Ö18'in "Karışımların Ayırıştırılması" etkinliği

Tüm bu süreçlerinin yanında, öğrencilerin çoğunda sorgulama basamaklarından verileri kanıta dönüştürme ve bilimsel bilgi üretme süreçleri doğru bir şekilde ilerlese de bazı gruplarda bu süreçlerde eksik kısımlara rastlanmıştır.



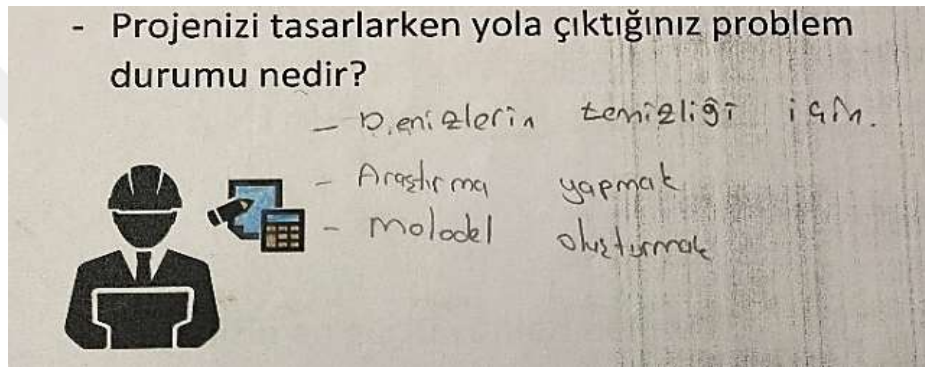
Şekil 4.12. “Karışımların Ayırıştırılması” etkinliğinden örnekler

Örneğin, Şekil 4.12’de verilen örneğe bakıldığında, "Süt insan sağlığı için önemlidir, içinde vitamin ve yağ vardır" ifadesi, “Kanıt Topluyorum” kağıdında yer alırken, aslında "Karışımların Ayırıştırılması" etkinliği için toplanması mümkün olmayan bir kanıt olarak görülmektedir. Ayrıca, "Saman ve yağ suyun üzerinde duruyor, karışırsak da suyun üzerinde bulunuyor" şeklinde “Bilimsel Bilgi Üretiyorum” kağıdında yer alan ifade, aslında “Kanıt Topluyorum” kağıdında yer alabilecek bir gözlem olarak değerlendirilebilir. Bu örnekler, öğrencilerin zaman zaman süreçler arasında karışıklıklar yaşadığını ve bazı durumlarda doğru kategoride yer almayan bilgilerle karşılaşıldığını göstermektedir. EK-24’te yer alan “Çözünürlüğe Etki Eden Değişkenler” etkinliğinde de benzer bir sorgulama süreci yürütülmüştür. Öğrenciler, hazırladıkları deney düzenekleriyle birlikte kendi hipotezlerini oluşturarak deneysel veriler toplamış ve sonuçlara ulaşmışlardır. Bu sürecin bir parçası olarak “Veri Topluyorum, Kanıt Topluyorum ve Bilimsel Bilgi Üretiyorum” başlıklı etkinlik kâğıtlarını da doldurarak süreci yazılı olarak yapılandırmışlardır. Sorgulama temelli öğrenmenin temel adımlarını içeren bu etkinlikler, öğrencilerin deney sürecini yalnızca bir uygulama olarak değil; hipotez oluşturma, veri toplama, kanıt sunma ve bilimsel bilgi üretme gibi bilişsel açıdan bütünlüklü bir biçimde yürütmelerini sağlamıştır. Öğrenciler bu süreci iki kez yöneterek sorgulama basamaklarını daha iyi içselleştirme fırsatı bulmuşlardır.

Sorgulama süreci, mühendislik tasarım süreçleriyle bir arada ders planlarına dahil edilmiştir. Öğrenciler, mühendislik tasarım etkinlikleri sırasında karşılaştıkları sorunları çözmek için sorgulama basamaklarını kullanmış, bu da onların daha derinlemesine düşüncelerine ve bilimsel bilgi üretme yetilerini geliştirmelerine yardımcı olmuştur.

Mühendislik tasarım süreçlerinin içinde yer alan sorgulama adımları, öğrencilere problem çözme, veri toplama ve analiz etme gibi becerileri kazandırarak, öğrencilerin hem tasarım hem de bilimsel düşünme süreçlerinde daha etkin olmalarını sağlamıştır. Bu bütünsel yaklaşım, öğrencilerin her iki süreci birbirini tamamlayacak şekilde entegre etmelerini ve daha verimli sonuçlar elde etmelerini mümkün kılmıştır.

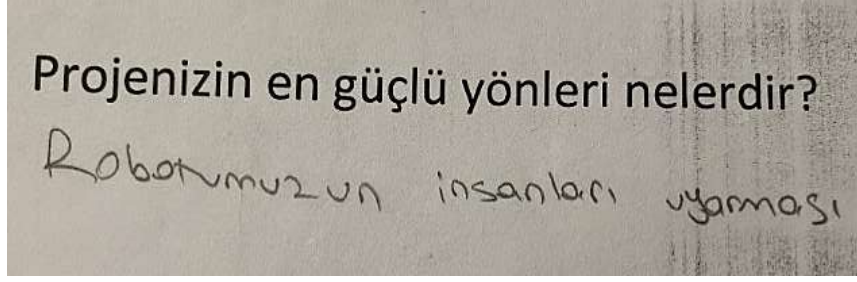
Ö1, Ö6, Ö13, Ö18 ve Ö19'un birlikte yürüttüğü mühendislik tasarım etkinliğinde, sorgulamanın ilk basamağı olan soru sorma aşaması gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.13'te görüldüğü gibi, öğrenciler sürece "Problem durumunuz nedir?" şeklinde bir soruyla başlayarak, ilk olarak bu soruya yönelik yanıtlar aramışlardır.



Şekil 4.13. Ö1, Ö6, Ö13, Ö18 ve Ö19 "Mühendislik Tasarım Süreci" çalışma kağıdı

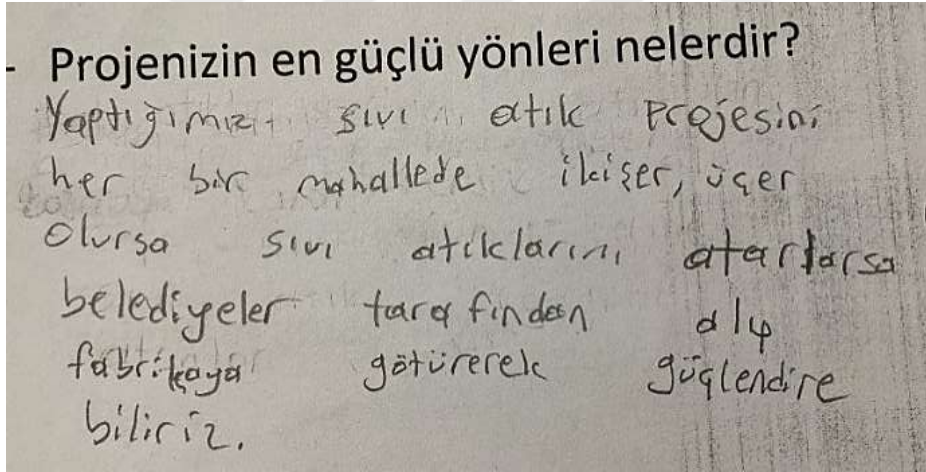
Ö5, Ö10, Ö9 ve Ö17'nin yürüttüğü mühendislik tasarım sürecinde, öğrenciler daha açıklayıcı ve anlaşılır şekilde ilk sorulan soruya "Evsel atıklar doğayı çok kirletiyor. Bizde bunu zarar olarak gördük ve burdan yola çıkarak icat yapmak istedik." Bunun yanı sıra, öğrencilerin süreç başında birbirleriyle fikir alışverişinde bulunarak tasarımın problem durumu ve amacı hakkında "Kağıtlar ayrıştırılıp öğütülecek ve doğayı temiz tutarak küresel ısınmayı da engelleyeceğiz" şeklinde daha kapsamlı değerlendirmeler yaptıkları da görülmüştür.

Öğrencilerin yürüttüğü mühendislik tasarım sürecinde, kanıt toplama basamağına da yer verdikleri gözlemlenmiştir. Özellikle projelerinin güçlü yönlerini vurgularken bu yönleri kanıt olarak sunmuşlar ve çalışmalarını bu doğrultuda sürdürmüşlerdir. Örneğin, plastik ve kağıdı öğüten bir robotun atıkları ayrıştırdıktan sonra kendini fabrikaya götürmesi ya da insanları uyarması gibi fikirler, öğrencilerin yaptıkları araştırmalar ve gözlemler sonucunda şekillenmiştir. Bu durum, öğrencilerin tasarım sürecinde bilimsel sorgulama basamaklarını etkili şekilde kullandıklarını ve çözüm önerilerini somut kanıtlarla desteklediklerini ortaya koymaktadır. Bu süreci yansıtan örnek çalışma görseli de Şekil 4.14'te sunulmuştur.



Şekil 4.14. “Mühendislik Tasarım Süreci” çalışma kağıdı kanıt örnekleri

Bunun aksine, kanıt toplama sürecini daha yetersiz yürüten bazı çalışma kağıtlarına da rastlanmıştır. Bu çalışmalarda, öğrencilerin topladıkları verileri yeterince analiz edemedikleri veya kanıtları bilimsel bir temele dayandırmadan sundukları görülmüştür (Şekil 4.15). Bazı gruplarda ise, veriler ile kanıtlar arasındaki bağlantının net kurulmadığı ve çıkarımların yüzeysel kaldığı dikkat çekmiştir. Bu durum, öğrencilerin sorgulama sürecinde daha fazla rehberliğe ihtiyaç duyduğunu ve kanıt temelli düşünme becerilerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.15. “Mühendislik Tasarım Süreci” çalışma kağıdı kanıt örneği

Mühendislik tasarım süreci kapsamında, öğrenciler kendilerine verilen öneriler doğrultusunda projelerini değerlendirmiş ve sorgulamanın önemli basamaklarından biri olan müzakere sürecini grup içinde yürütmüştür. Bu süreçte, öğrenciler fikirlerini tartışarak alternatif çözümler üzerinde durmuş ve projelerinin eksik yönlerini belirleyerek bazı değişiklikler yapmıştır. Özellikle, tasarımlarının işlevselliğini artırmak için elde ettikleri kanıtları göz önünde bulundurmuş ve daha güçlü çözümler üretmeye çalışmışlardır. Bu süreci yansıtan örnek çalışma Şekil 4.16’da verilmiştir.

DEĞERLİ BULDUĞUM ÖNERİLER	UYGULADIĞIM ÖNERİLER
- Fabrikanın geri dönüşüm sürecini tanı- tan afişin eksik. - Fabrika da ürünlerin modellerin gidiş yönü belli değil. - Fabrikanın insan ve çevre sağlığına zararı ve yararı. - Fabrikada ki depoladığım atıkları düşünmedim. - Fabrikanın üretim sürecine daha iyi alışarak sunmam gerekiyordu.	- Fabrikanın afişini yaptım. - Fabrikanın yollarını belirledim. - Fabrikada ki depoladığım atıkları düşündüm. - Fabrika sunumuna çalıştım.

Şekil 4.16. “Mühendislik Tasarım Süreci” müzakere basamağı örneği

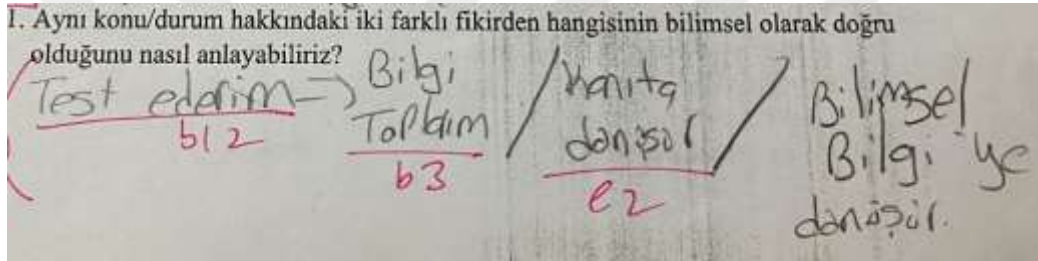
Araştırmanın bu bölümünde elde edilen bulgular, öğrencilerin sorgulama basamaklarını mühendislik tasarım süreciyle bütünleştirerek etkili bir şekilde kullandıklarını göstermiştir. Özellikle “Veri Topluyorum”, “Kanıt Topluyorum” ve “Bilimsel Bilgi Üretiyorum” etkinlikleri, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini uygulayarak problem çözme süreçlerini yapılandırdıklarını ortaya koymuştur. Öğrencilerin büyük bir kısmı, deneylerden elde ettikleri verileri anlamlandırarak kanıta dönüştürebilmiş ve bu kanıtlardan bilimsel bilgi üretme aşamasına ulaşabilmiştir. Ayrıca, mühendislik tasarım süreci kapsamında yürütülen etkinliklerde, öğrencilerin hem sorgulama sürecinin ilk adımlarını hem de kanıt temelli düşünme ve müzakere gibi ileri düzey becerileri sergiledikleri dikkat çekmiştir. Bununla birlikte, bazı gruplarda süreçler arasında karışıklık yaşandığı ve özellikle kanıt toplama ile müzakere basamaklarında yetersizlikler görüldüğü de belirlenmiştir. Son olarak, yapılan etkinlikler sonucunda öğrencilerin verdikleri yanıtlar doğrultusunda ortaya çıkan nitel bulguların, nicel bulguları da desteklediği görülmüştür.

4.2.3. Üçüncü alt probleme ilişkin nitel bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, nitel bulgular kapsamında üçüncü alt problem olan "ABY temelli bir öğretim süreçleri, öğrencilerin bilimin doğasına yönelik anlayışları ile sorgulama, sosyobilimsel argümantasyon ve mühendislik tasarımı becerilerinin bütüncül gelişimine nasıl katkı sunmaktadır ve bu gelişimi destekleyen nitel veriler hangi yönleriyle bu etkileşimi ortaya koymaktadır?" sorusu doğrultusunda elde edilen veriler analiz edilmiştir. Bu kapsamda, öğrencilerin ifade ettikleri görüşler, sınıf içi etkileşimler, uygulama sürecine ait gözlemler ve çalışma ürünleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiş; çok boyutlu bu yaklaşımın öğrencilerin çeşitli

bilimsel becerilerinde ve kavramsal anlayışlarında nasıl bir dönüşüm sağladığı ortaya konmuştur.

Elde edilen veriler, öğrencilerin sorgulama ve mühendislik tasarım süreçlerini birbirine entegre ederek kullandıklarını göstermiştir. Süreç boyunca öğrenciler, problem çözmeye dayalı etkinliklerde hem araştırma soruları oluşturmuş hem de çözüm odaklı ürünler geliştirerek tasarım süreçlerini bilimsel sorgulamayla bütünleştirmiştir. Bu uygulamalar, öğrencilerin sosyobilimsel konulara yönelik argümanlarını da daha yapılandırılmış ve kanıta dayalı biçimde ifade etmelerine olanak tanımıştır. Son olarak, bu üç boyutun ABY çerçevesiyle kesiştiği noktalar analiz edildiğinde, öğrencilerin bilimsel bilginin doğasına dair anlayışlarını geliştirirken aynı zamanda sorgulama, argümantasyon ve tasarım becerileri arasında anlamlı bağlantılar kurdukları görülmüştür.

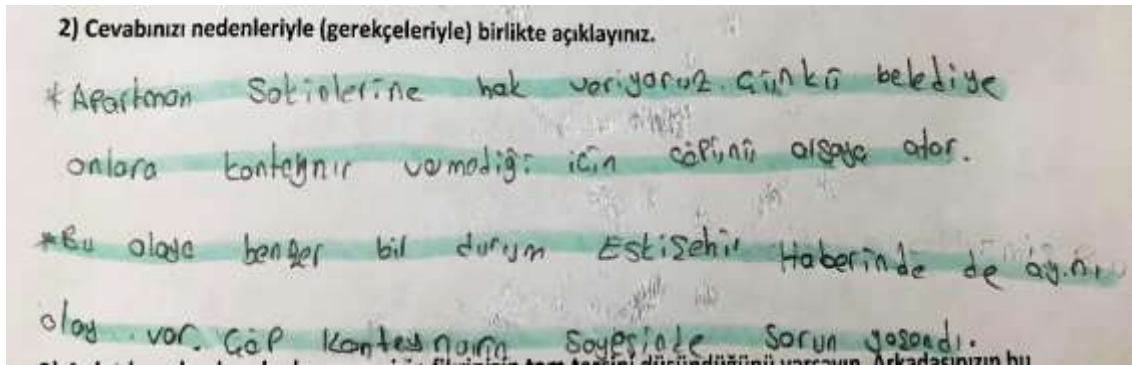


Şekil 4.17. Ö7'nin ABY görüşme soruları örneği

Ö7'nin “Bilimsel bilginin doğru olduğunu nasıl anlarız?” sorusuna verdiği yanıt, onun bilimsel bilginin oluşum sürecine dair anlamlı bir farkındalık geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4.17). Öğrenci, bilgiyi test ettiğini, veri topladığını ve bunları kanıta dönüştürerek bilimsel bilgiye ulaştığını belirtmiştir. Bu ifade, öğrencinin bilimsel yöntemi yalnızca ezberlenen bir süreç olarak değil; hipotez kurma, veri toplama, test etme ve çıkarımda bulunma gibi adımları içeren dinamik bir süreç olarak içselleştirdiğini göstermektedir. Aynı zamanda, sorgulama temelli öğrenmenin temel bileşenleri olan merak etme, araştırma yapma ve kanıt sunma adımlarını da işlevsel biçimde kullanabildiği görülmektedir. Nitekim öğrencinin süreç boyunca gösterdiği performans, yalnızca doğru bilgiye ulaşmayı değil, aynı zamanda bu bilginin nasıl üretildiğini anlamayı da önemseydiğini ortaya koymaktadır. Süreç odaklı bu yaklaşım, öğrencinin bilime bakış açısının daha derinlikli ve eleştirel hâle geldiğini göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca öğrencinin bu ifadeleri, uygulama sürecinde edindiği deneyimlerin bilişsel bir dönüşüme yol açtığını da göstermektedir. Böylece, öğrenci sorgulama süreci ile bilimin doğası anlayışını birleştirerek, bilimsel bilgiye nasıl ulaşıldığını hem bilişsel hem de uygulamalı düzeyde kavradığını ortaya koymuştur. Öğrencinin bu süreci kendi sözleriyle ifade

edebilmesi, ABY anketinde yer alan “bilgi test edilebilir, değişebilir ve kanıta dayanır” gibi bileşenlerin öğrenci düşüncesinde anlamlı bir karşılık bulduğunu da göstermektedir.

Öğrencinin sosyobilimsel argümantasyon kağıdı incelendiğinde, bilimsel bilgiye ulaşma sürecine dair geliştirdiği anlayışı bu uygulamaya da yansıttığı görülmüştür. Ele aldığı durumu değerlendirirken yalnızca kendi fikrini belirtmekle kalmamış; görüşünü destekleyen kanıtlar sunmuş, karşıt argümanlara da mantıklı gerekçelerle yanıt vermiştir. Bu yaklaşımı, öğrencinin bilimsel bilginin yalnızca bireysel düşünme değil, aynı zamanda toplumsal paylaşım ve tartışma yoluyla geliştirildiğine dair bir farkındalık kazandığını düşündürmektedir. Öğrencinin argümanlarını yapılandırırken kullandığı bilimsel kavramlar ve mantıksal bağlantılar, bilimsel düşünme becerisinin günlük yaşam bağlamlarına da aktarılabilmesini göstermektedir. Böylece, öğrencinin kanıta dayalı düşünme becerisini sadece bireysel bir sorgulama sürecinde değil, toplumsal içerikli bilimsel tartışmalarda da etkili biçimde kullanabildiği anlaşılmaktadır. Öğrencinin görüşme sırasında bilimsel bilgiye nasıl ulaşıldığına ilişkin olarak dile getirdiği "test ederim, bilgi toplarım, kanıta dönüşür" ifadesiyle, SBA etkinliğinde yazılı olarak sergilediği tutarlı yaklaşım birlikte değerlendirildiğinde, bilimsel bilginin geçerliliğini araştırma, dayanaklarla açıklama ve eleştirel sorgulama yoluyla anlamlandırıldığı söylenebilir (Şekil 4.18). Böylece, hem ABY görüşmelerinde hem de SBA uygulamasında ortaya çıkan bulgular, öğrencinin bilimsel yöntem süreçlerini işlevsel biçimde benimsediğini ve bu süreçleri argümantasyon temelli görevlerde başarıyla kullanabildiğini ortaya koymaktadır.

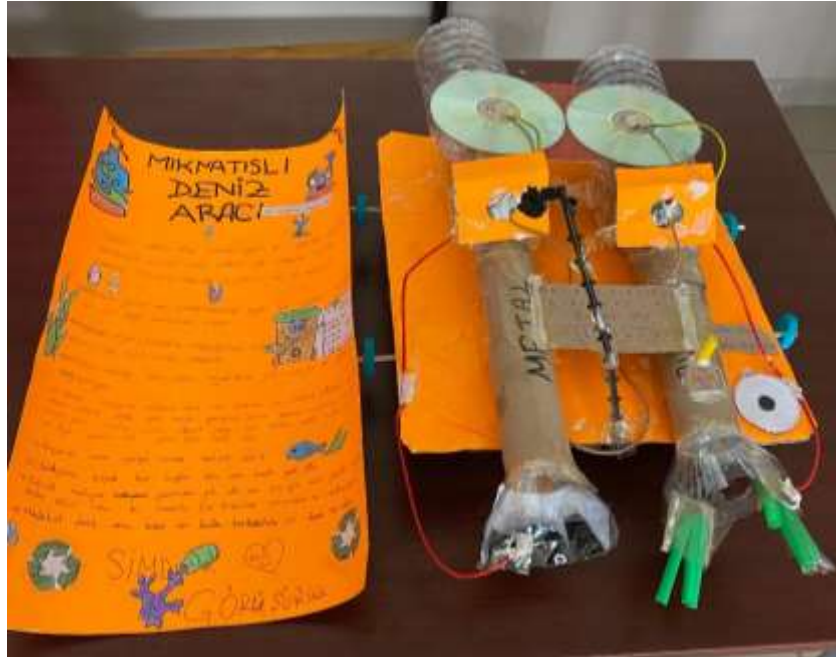


Şekil 4.18. Ö7 “Kim Hakkı?” etkinlik kağıdı örneği

Aynı öğrencinin mühendislik tasarımı sürecinde sergilediği yaklaşım da bu bütünsel düşünme biçimini desteklemektedir. Tasarım odaklı görevlerde problemi tanımlarken gözleme ve veri toplamaya dayalı sorgulama adımlarını kullanmış, önerdiği çözüm yollarını kanıtlara ve önceki denemelere dayandırarak gerekçelendirmiştir. Ürün geliştirme sürecinde yalnızca işlevselliğe değil, elde edilen veriler ışığında yapılan iyileştirmelere de odaklandığı

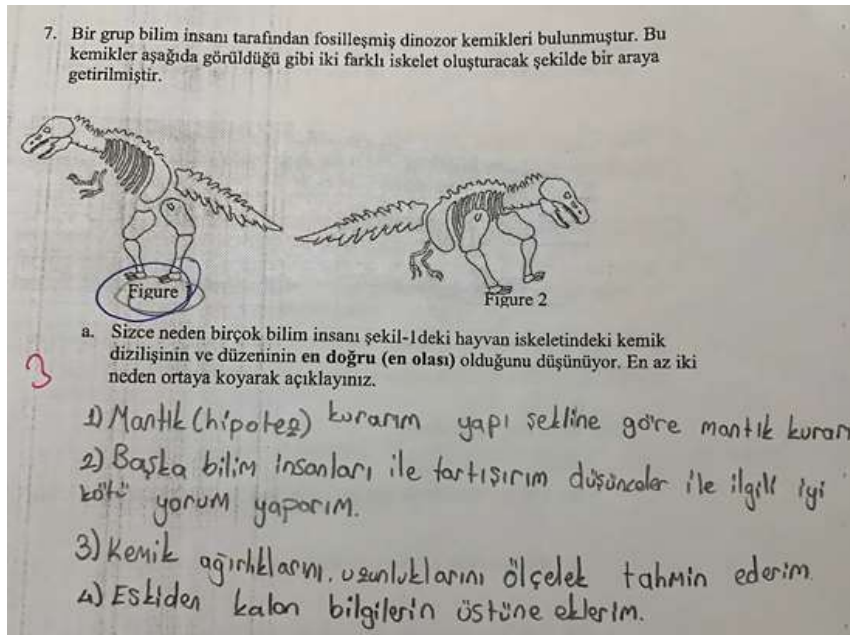
gözlemlenmiştir. Bu durum, öğrencinin sorgulamaya dayalı düşünme becerisini sadece bilgi edinme ya da argüman oluşturma aşamalarında değil, aynı zamanda somut bir ürün ortaya koyma sürecinde de aktif olarak kullandığını göstermektedir. Böylece öğrenci, ABY çerçevesinde yer alan bilimsel bilgi üretimi, eleştirel değerlendirme ve toplumsal bağlamla ilişkilendirme gibi bileşenleri; sorgulama, sosyobilimsel argümantasyon ve mühendislik tasarımı süreçlerini bütüncül bir biçimde birleştirerek anlamlı bir öğrenme deneyimi ortaya koymuştur.

Ö1'in mühendislik tasarım sürecinde ortaya koyduğu ürüne bakıldığında (Şekil 4.19), rubrik üzerinden yapılan değerlendirmede aracın işlevsellik, dayanıklılık ve özgünlük açısından yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu süreçte öğrenci, yalnızca bir araç üretmekle kalmamış; aynı zamanda bu aracın tasarımına ilişkin kararlarını sorgulayıcı bir yaklaşımla temellendirmiştir. Sürecin başında problem durumunu analiz ederek hangi malzemelerin daha dayanıklı olacağını araştırmış, farklı tasarım fikirleri arasında karşılaştırmalar yapmış ve deneme-yanılma yoluyla en uygun çözümü belirlemiştir. Elde ettiği verileri değerlendirerek tasarımında iyileştirmelere gitmiş ve sürecin sonunda ortaya koyduğu ürünün etkili çalışmasını bu sistematik sorgulama süreciyle sağlamıştır. Bu durum, mühendislik tasarımı ile sorgulamaya dayalı öğrenmenin öğrencinin düşünme sürecinde nasıl iç içe geçtiğini açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 4.19. Ö1 “Mühendislik tasarım süreci” ürünü

Ö1'in mühendislik tasarım sürecinde ortaya koyduğu ürün, yalnızca işlevsel bir çözüm sunmakla kalmamış, aynı zamanda bilimsel pratikleri de içeren bir öğrenme sürecine işaret etmiştir. Üretim sürecinde, tasarım kararlarını verirken araştırma yapmış, malzeme seçiminde dayanıklılığı test etmiş ve çözümünü sürekli gözden geçirerek geliştirmiştir. Öğrenci, bilim insanlarının yalnızca laboratuvarında değil, ihtiyaç duyulan her ortamda araştırma yapabileceğini ifade ederek bilimi gerçek yaşamla ilişkilendirmiştir. “Bilim insanları aklındaki soruyu yanıtlamak için araştırır, başka bilim insanlarına danışır, araştırmak için o bölgeye gider.” şeklindeki ifadesiyle hem sorgulama sürecinin hem de bilimin sosyal ve iş birliğine dayalı doğasının farkında olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, bilim insanlarını laboratuvarla sınırlı görmeyip onların sahada, toplumla etkileşim içinde çalışabileceğini düşünmesi, öğrencinin bilimsel bilginin üretim süreçlerine dair daha geniş ve yaşamla bütünleşik bir anlayış geliştirdiğini göstermektedir. Bu anlayış, ABY çerçevesinde vurgulanan bilimsel uygulamalar, toplumsal bağlam, iş birliği ve bilim-toplum etkileşimi gibi bileşenlerle örtüşmektedir. Aynı öğrencinin sosyobilimsel argümantasyon etkinliğinde grup arkadaşıyla birlikte oluşturduğu gerekçelerin tamamını kanıta dayandırması, sorgulayıcı düşünme becerilerinin sosyobilimsel bağlamda da sürdüğünü göstermektedir. Ayrıca, “Çöp konteyneri vermeyen belediyenin çevreye ve topluma saygısı yoktur.” ifadesiyle, bilimin toplumsal sorumluluğuna ve sosyal değerlere yaptığı vurgu, öğrencinin ABY çerçevesinde yer alan etik ve kültürel boyutları da içselleştirdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.20. Ö5 “Bilimsel Sorgulama Süreci Hakkında Görüşler Formu” örneği

Ö5'in "Bilimsel Sorgulama Süreci Hakkında Görüşler Formu"nda yer alan, dinazorlarla ilgili görsel üzerine verdiği yanıt incelendiğinde, öğrencinin bilimsel sorgulama sürecini kavradığı görülmektedir. Öğrenci, geçmişte yaşamış canlılara ilişkin çıkarımların yapılabilmesi için yeni bilgilerle önceki verilerin karşılaştırılması, gözlemler yapılması ve diğer bilim insanlarıyla iletişim kurularak değerlendirme yapılması gerektiğini belirtmiştir. Bu yanıt, ABY yaklaşımında vurgulanan bilginin birikimli ilerlemesi ve bilimsel bilginin kolektif süreçlerle inşa edilmesi bileşenleriyle doğrudan örtüşmektedir. Öğrencinin mühendislik tasarım sürecine yönelik çalışmaları da benzer şekilde yapılandırılmıştır; problem durumunu çözme sürecinde grup arkadaşlarıyla etkili müzakereler yürütmüş, fikir birliği sağlamak için gerekçeler sunmuş ve tasarım kararlarını bu süreçte şekillendirmiştir. Bu durum, öğrencinin mühendislik uygulamalarında da sorgulayıcı ve iş birliğine dayalı bir yaklaşımı benimsediğini göstermektedir. Sosyobilimsel argümantasyon etkinliğinde ise, çöp sorunu üzerine oluşturdukları görüşleri, çocukların sağlığını tehdit eden çevresel koşulları konu alan bir haber metnine dayandırarak gerekçelendirmiş; apartman sakinlerini destekleyerek görüşlerini kanıta dayalı biçimde savunmuşlardır. Tüm bu süreçler, öğrencinin bilimsel bilgi üretimine yönelik anlayışının hem bilişsel hem toplumsal boyutlarıyla geliştiğini ve sorgulama, mühendislik tasarımı ile sosyobilimsel argümantasyon süreçlerini ABY çerçevesinde bütüncül bir şekilde ilişkilendirebildiğini göstermektedir.

Elde edilen nitel veriler, ABY temelli öğretim sürecinin öğrencilerin bilimsel bilgiye, bilim insanlarına ve bilimsel süreçlere dair anlayışlarında anlamlı bir dönüşüm sağladığını ortaya koymaktadır. Öğrenciler, sorgulama temelli etkinliklerde bilimsel bilginin gözlem, deney, veri toplama ve test etme gibi süreçlerle üretildiğini kavramış; bilim insanlarının yalnızca laboratuvar ortamında değil, gerçek yaşam problemleriyle doğrudan ilişkili biçimde çalışabileceğini fark etmişlerdir. Mühendislik tasarım süreçlerinde ise, problem çözme, iş birliği, fikir alışverişi ve ürün geliştirme gibi becerileri etkili şekilde kullanarak bilimsel düşünme biçimini uygulamaya dökebilmişlerdir. Sosyobilimsel argümantasyon etkinliklerinde sundukları gerekçeleri kanıtlara dayandırmaları, hem eleştirel düşünme hem de toplumsal sorumluluk bilinci geliştirdiklerini göstermektedir. Tüm bu süreçler bir arada düşünüldüğünde, öğrencilerin bilimsel bilginin doğasını daha bütüncül kavradıkları ve bu bilgiyi toplumsal bağlamlarla ilişkilendirerek ABY'nin temel bileşenlerini içselleştirdikleri görülmektedir.

Bilimin doğası öğretiminde daha bütüncül bir yaklaşım geliştirmek amacıyla, bu çalışmada ABY, sorgulamaya dayalı öğrenme, mühendislik tasarım süreçleri ve sosyobilimsel argümantasyon bir araya getirilmiştir. Her bir bileşen kendi içinde özgün katkılar sunmakla birlikte, bilimsel okuryazarlık, eleştirel düşünme ve toplumsal sorumluluk gibi üst düzey

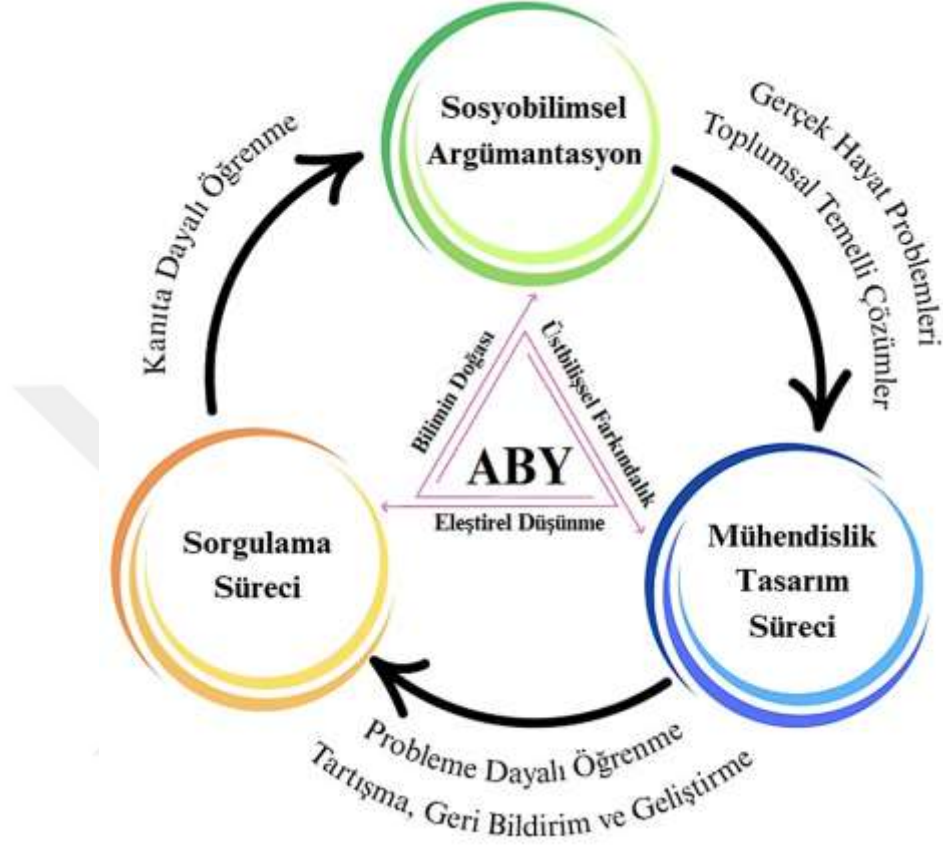
becerileri destekleyen ortak yönleri sahiptir. Bu ortaklıklar dikkate alınarak geliştirilen kuramsal yapı, öğretim süreçlerinde bu öğelerin birlikte daha verimli olmasını hedeflemektedir.

Sorgulama temelli öğrenme yaklaşımı, öğrencilerin bilimsel düşünme süreçlerine aktif olarak katılmalarını ve araştırmaya dayalı bilgi üretmelerini merkeze alır. Bu yaklaşımın temelinde yer alan kanıt temelli akıl yürütme, öğrencilerin yalnızca bilgi edinmesini değil, aynı zamanda bu bilgiyi değerlendirme ve gerekçelendirme becerilerinin gelişimini de destekler (Duban ve Yaşar, 2009). Öte yandan, sorgulama sürecinde öğrencilerin bilimsel bilgiye nasıl ulaşıldığını keşfetmeleri, bilimin doğasına ilişkin anlayışlarının da gelişmesine katkı sağlar. Alan yazında, bilimsel sorgulama ile bilimin doğası arasında anlamlı ve güçlü ilişkiler olduğu uzun süredir vurgulanmaktadır. Özellikle sorgulama süreçlerinin öğrencilere bilimsel bilginin değişebilirliği, yaratıcı süreçlerle inşa edildiği ve toplumsal bağlamlarla şekillendiği gibi kavramları daha somut hale getirme potansiyeli taşıdığı belirtilmektedir (Maaß ve Artigue, 2013; Kartal, 2014)

Mühendislik tasarım süreçlerinin bu yapıya dahil edilmesi, öğrencilerin problem çözme becerilerini daha işlevsel hale getirmekte, aynı zamanda bilimsel bilgi ile teknolojik uygulamalar arasındaki ilişkiyi görünür kılmaktadır. Nitekim Hacıoğlu (2020), sorgulama temelli öğrenme ile mühendislik tasarım süreçlerinin birbirini tamamlayacak şekilde bütüncül biçimde yapılandırılabilirliğini ortaya koymuştur. Bu bütünleşme, öğrencilerin gerçek dünya problemlerine yönelik çözüm üretme yetkinliklerini artırmakta ve bilimsel süreçlerin uygulamaya dönük doğasını kavramalarını sağlamaktadır. Bu bağlamda mühendislik tasarımı, bilimsel bilgi üretiminin toplumsal ve teknolojik işlevselliğini yansıtan somut bir araç olarak ABY'nin sosyal-kurumsal boyutuyla da örtüşmektedir.

Buna paralel olarak, sorgulama süreçlerinde vurgulanan kanıta dayalı akıl yürütme, sosyobilimsel argümantasyonla doğrudan ilişkilidir (Zeidler ve Nichols, 2009). Sosyobilimsel konular, öğrencilerin bilimsel verileri kullanarak toplumsal ve etik içerikli meseleler hakkında kararlar almalarını gerektiren durumları içerir. Bu tür argümantasyon süreçlerinde, öğrencilerin gerekçeli düşünceleri, alternatif görüşleri değerlendirmeleri ve kararlarını etik, bilimsel ve sosyal açılardan temellendirmeleri beklenir (Zeidler vd., 2005). Dolayısıyla, sorgulama ile sosyobilimsel argümantasyonun ortak paydasında yer alan “kanıta dayalı düşünme” ilkesi, bu iki yaklaşımın doğal bir biçimde bütünleştirilmesine olanak tanımaktadır. Sosyobilimsel argümantasyonun bir diğer dikkat çekici yönü ise bilimin doğası ile ilişkili boyutları kapsamasıdır (Khishfe, 2014). Bu tür konular aracılığıyla yürütülen tartışmalar, öğrencilerin bilimin değer yüklü doğası, bilimsel bilginin sınırları, bilim insanlarının etik sorumlulukları ve toplumsal etkileri gibi ABY'nin hem bilişsel-epistemik hem de sosyal-kurumsal boyutlarına

dair farkındalık geliştirmesini mümkün kılar. Böylece öğrenciler, yalnızca bilimsel içerik bilgisi edinmekle kalmayıp, bilimin toplumsal işlevlerini ve bilimsel bilginin doğasını da çok yönlü biçimde sorgulama fırsatı bulurlar (Sadler ve Zeidler, 2005).



Şekil 4.21. ABY ile ilişkili süreç döngüsü

Bu çerçevede geliştirilen öğretim modelinde, ABY'nin sunduğu bütüncül bakış açısı merkeze alınarak bilimsel bilgi üretimi, uygulamalı çözüm süreçleri, kanıt dayalı düşünme ve toplumsal-etkileşimsel bağlamlarla beraber sorgulama, mühendislik tasarım süreçleri ve sosyobilimsel argümantasyonun birleştiği dört temel bileşen öne çıkarılmıştır (Şekil 4.21). Bu bileşenler, hem öğrencilerin bilimsel süreçleri daha derinlemesine kavramasını sağlamakta hem de onların yaşamla ve toplumla bağlantılı anlamlı öğrenme deneyimleri yaşamasına zemin hazırlamaktadır. Sonuç olarak, bu kuramsal bütünleşme, bilimin doğasının öğretiminde yalnızca kavramsal değil; aynı zamanda deneyimsel, düşünsel ve toplumsal yönleri de dikkate alan çok boyutlu bir yaklaşım sunmaktadır. Öğrencilerin bilimi hem bir bilgi üretim süreci hem de toplumsal bir etkinlik olarak algılamalarını destekleyen bu yapı, bilimin doğasının daha etkili ve kalıcı biçimde öğretilebilmesi için güçlü bir zemin oluşturmaktadır.

5. TARTIŞMA

Bu bölümde, ABY'nin 7. sınıf öğrencilerinin bilimin doğası görüşleri ile sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına etkisi, deney ve kontrol gruplarının nicel ve nitel verileri karşılaştırılarak tartışılmıştır. Uygulama yapılan deney grubunda gözlemlenen değişimler ile kontrol grubunun verileri arasında ortaya çıkan farklar, ABY temelli öğretimin öğrencilerin bilimsel düşünme ve öğrenmeye yönelik algılarında nasıl bir etki yarattığını ortaya koymak amacıyla değerlendirilmiş; bulgular ışığında kapsamlı bir tartışma yürütülmüştür.

5.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Tartışma

Bilimin doğasının öğretimi, fen eğitiminin önemli hedeflerinden biridir. Bu bağlamda Erduran ve Dagher'in (2014a) geliştirdiği ve Kaya ile Erduran'ın (2016a) ABY olarak adlandırdığı çerçeve, bilimin bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal yönlerini bir arada ele alarak daha bütüncül bir BD öğretimi sunmayı amaçlamaktadır. Araştırmanın bu başlığı altında, ABY temelli öğretimin öğrencilerin bilimin doğası görüşlerine etkisi tartışılmıştır. Yapılan araştırmada “Saf Maddeler ve Karışımlar” ünitesi hem deney hem de kontrol grubunda işlenmiştir. Her iki grupta da 21 öğrenci yer almaktadır ve uygulama sekiz hafta sürmüştür. Deney grubunda ABY teorik çerçevesi doğrultusunda sorgulama temelli öğretim yapılırken, kontrol grubunda geleneksel fen öğretimine devam edilmiştir. Araştırmada ön test ve son test uygulanmış; iki nicel anket ve iki nitel görüşme formu ile veri toplanmıştır. Elde edilen bulgular analiz edilmiş, nicel sonuçlar nitel verilerle desteklenmiştir.

ABY anketine ait nicel bulgular incelendiğinde, ölçeğin genelinde ve alt boyutlarında istatistiksel olarak anlamlı farklara ulaşılmıştır. ABY ölçeği deney grubunda genel puan ortalaması 3,20'den 3,97'ye yükselmiş; bu artış $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuş ve Cohen's d 0,66 değeri ile orta-yüksek düzeyde bir etki büyüklüğü raporlanmıştır. Bu anlamlı artış, nitel bulgularla desteklenmiş; öğrencilerin düşüncelerinde derinleşme ve bilimsel kavramları ifade etme biçimlerinde belirgin bir gelişme gözlemlenmiştir. Bu durum, yapılan uygulamanın etkili olduğunu göstermektedir. Deney grubunda uygulanan ABY temelli öğretimin, geleneksel öğretime göre öğrencilerin bilimin doğasına yönelik anlayışlarını daha fazla geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular, hem uygulamalarda kullanılabilecek nitelikte materyaller ortaya koyması hem de ABY yaklaşımının öğrenciler üzerindeki etkilerini somut verilerle göstermesi açısından alan yazına anlamlı bir katkı sunmaktadır. Deney grubundaki öğrencilerin ABY temelli öğretim sonucunda, ABY kategorilerine yönelik anlayış ve algılarında ortaya çıkan gelişmeler, her bir kategori özelinde incelenmiş ve tartışılmıştır.

Öğrencilerin bilimsel uygulamalar, yöntem ve yöntemsel kurallar, bilimsel bilgi ile sosyal-kurumsal yapılar gibi farklı alanlardaki gelişimleri hem nicel hem de nitel verilerle desteklenmiştir. Bulgular genel olarak olumlu yöndedir. Öğretim yaklaşımının, öğrencilerin BD'ye yönelik farkındalıklarını artırdığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, ABY kategorilerinin ortaokul düzeyinde de etkili bir şekilde ele alınabileceğini ve öğrenciler tarafından anlamlandırılabilirliğini göstermektedir.

Bilimin amaç ve değerleri kategorisinde ortalama puanın 3,14'ten 4,60'a yükseldiği görülmektedir. Bu artış, tüm kategoriler içinde en fazla gelişme gösteren kategori olmuştur. Cohen's d değeri de 0,65 olarak bulunmuş ve bu durum orta düzeyde bir etki büyüklüğüne işaret etmektedir. Bu kategoride gözlemlenen gelişmenin temel sebeplerinden biri, öğrencilerin çalışma sürecinde ele alınan konularla ilgili araştırmalar yürütmeleri olabilir. Nitel verilere daha yakından bakıldığında; öğrencilerin deneysel çalışmalarda akla yatkın veriler kullanmaları, çevreye duyarlılık ve önyargılardan arınıklık gibi alt kategorilerde son testte daha fazla ifade üretmeleri gelişimi destekleyen önemli göstergelerdir. Özellikle Marie Curie etkinliğinde öğrencilerin bilim insanlarının taşıdığı nitelikleri açıkça ifade edebilmeleri ve bu ifadelerde bilimin doğasına dair kavramlara yer vermeleri, onların BD anlayışlarında derinleşme yaşadığını göstermektedir. Bu bulgular, hem yazılı ifadeler hem de süreç gözlemleriyle desteklenmiştir. Sosyobilimsel bağlamda yürütülen etkinlikler de öğrencilerin gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. Özellikle çevre sorunlarına yönelik hazırlanan SBA etkinlikleri, öğrencilerin yalnızca BD'ye yönelik anlayışlarını geliştirmekle kalmamış; aynı zamanda çevresel konulara duyarlılıklarını ve toplumsal farkındalık düzeylerini de artırmıştır (Herman, 2018). Bunun yanı sıra, geri dönüşüm temelli mühendislik tasarım sürecinde öğrencilerin çevreye duyarlı çözümler üretmeleri ve topluma fayda sağlama amacıyla ürün tasarımları, bu kategoriye ilişkin gelişimi desteklemiştir. Süreç sonunda ortaya konan mühendislik ürünleri, öğrencilerin yalnızca teknik becerilerini değil, aynı zamanda toplumsal faydaya dayalı değer temelli bir bakış açısı geliştirmelerini de sağlamıştır. Bu durum, mühendisliğin doğasında yer alan insan ihtiyaçlarına çözüm üretme ve toplumsal sorumluluk taşıma gibi değerlerle örtüşmektedir (Aydın-Günbatır ve Roehrig, 2025). Ayrıca öğrenciler, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunarken; atık bilinci ve kaynakların verimli kullanımı konusunda toplumsal farkındalık geliştirerek, bilimin amaç ve değerlerine ilişkin düşünsel gelişime de katkıda bulunmuşlardır. Bu sonuç, alan yazında yer alan bazı araştırmalarla da örtüşmektedir. Örneğin, Aksöz (2019) tarafından yürütülen bir araştırmada öğretmen adaylarının bu kategoride eksiklik yaşadığı belirtilmiştir. Bu bağlamda, araştırmanın 7. sınıf düzeyinde yürütülmüş olması ve öğrencilerin bu kategoride anlamlı bir gelişim göstermesi dikkat çekicidir. Çilekrenkli

(2019) araştırmasında bu kategorinin gelişmediğini ifade etmiştir. Ancak, bu çalışmada anlamlı bir gelişim hem nicel hem de nitel düzeyde gözlemlenmiştir. Bu da, doğru yöntem ve uygulamalarla bu becerinin geliştirilebileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, İnci'nin (2024) araştırmasında da bu kategoride gelişim gözlemlenmiş; bu bulgu, çalışmamızın sonuçlarıyla örtüşmektedir. Kaya vd. (2017) öğretmen adaylarıyla yaptığı çalışmalarda da bu kategorinin geliştiğini ifade etmiştir. Dolayısıyla, yalnızca yetişkin bireylerde değil, ortaokul düzeyindeki öğrencilerde de bu gelişimin mümkün olduğu görülmektedir.

Bilimsel bilgi kategorisinde ortalama puan 3,23'ten 4,54'e yükselmiş ve bu artış, araştırma kapsamında en fazla gelişim gösteren ikinci alan olmaktadır. Cohen's d değeri de 0,49 olarak bulunmuştur. Bu değer, orta düzeyde bir etki büyüklüğüne işaret etmektedir. Özellikle ön testte hiç yer almayan “bilimsel bilginin değişebilirliği” ve “birikimli ilerleme” gibi kavramların son testte yapılan kodlamalarda sıklıkla yer alması, uygulanan etkinliklerin etkisini ortaya koymaktadır. Bu süreçte, öğrencilerin bu kavramları fark ederek kendi ifadelerinde kullanmaya başlamaları, bilimsel bilgi anlayışlarının derinleşmesine katkı sağlamıştır. Özellikle teori, model ve yasanın farklı bilimsel bilgi türleri olduğunu fark etmeleri, ön test ve son test kodlamalarının karşılaştırılmasıyla ortaya konmuş önemli bir gelişim göstergesidir. Bu gelişim, atom modelleri ve atomun tarihsel gelişimini ele alan etkinliklerle desteklenmiş; etkinliklerde bilginin değişebilirliği, birikimli gelişim ve iş birliğine dayalı yapısı gibi özelliklere yer verilmiştir. Alan yazınla karşılaştırıldığında da benzer sonuçlar göze çarpmaktadır. Kaya vd. (2019) öğretmen adaylarıyla yaptığı çalışmada, teori, yasa ve modelin farklı bilgi türleri olduğu ve birbirini tamamladığı; bilginin değişebilir ve gelişebilir olduğu yönünde farkındalık artışı gözlemlenmiştir. Benzer biçimde, bu çalışmada da öğrencilerin bilimsel bilgiye ilişkin anlayışlarında bu kavramlara yönelik gelişmeler dikkat çekmiştir. Ayrıca, mühendislik temelli geri dönüşüm etkinliklerinde öğrencilerin kendi çözümlerini bilimsel bilgiye dayandırmaları, bilginin uygulanabilirliğini ve işlevselliğini deneyimlemelerini sağlamış; bu bulgu, Aydın-Günbatır ve Roehrig'in (2025) mühendislikteki bilgi türlerine ilişkin vurgularıyla örtüşmektedir. Kahraman (2021), Çilekrenkli (2019) ve İnci (2024) tarafından yapılan çalışmalarda da uygulama sonrası bilimsel bilgi kategorisinin geliştiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte, Kurt (2022) tarafından yapılan uygulamada, fen bilimleri öğretim programında bilişsel-epistemik kategorilere daha fazla yer verildiği ortaya konulmuştur. Yürütülen uygulamada elde edilen nitel veriler de nicel bulguları desteklemekte; bu kategorideki gelişimin hem istatistiksel hem de nitel açıdan geçerli olduğunu göstermektedir.

Bilimsel pratikler kategorisinde, ortalama puan 3,04'ten 3,70'e yükselmiş ve Cohen's d değeri orta düzeyde etkiyi göstermiştir. Diğer bileşenlerle karşılaştırıldığında, gelişimin bu kategori için orta düzeyde kaldığı görülmektedir. Nicel veriler ışığında çok yüksek bir artış olmasa da bu durumun kullanılan anketin sınırlılığıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Özellikle bu kategoriyi ölçmeye yönelik madde sayısının az olması, gelişimin tam olarak yansıtamamasına neden olmuş olabilir. Buna karşın, nitel veriler incelendiğinde tablo oldukça farklıdır. Öğrencilerin etkinliklerde bilimsel pratikleri rahatlıkla fark ettikleri, kullandıkları ve ifade ettikleri görülmüştür. Öğrencilerin çalışma kâğıtlarında, deney yapma sürecine hâkim oldukları; verileri topladıkları, analiz ettikleri ve sonuçları yorumladıkları görülmüştür. Örneğin "Çözünme hızına etki eden değişkenler" etkinliğine yönelik yapılan deneyde öğrenciler veriler toplamış, analizler yaparak kanıta dönüştürmüş ve sonuçlarını yorumlayarak bilimsel bilgi olarak ifade etmişlerdir. Ayrıca "Karışımları Sınıflandırıyorum" etkinliğinde öğrenciler bilimsel pratikleri kullanarak maddelerin özelliklerine göre ayırım yapabilmişlerdir. Mühendislik tasarım süreçlerine dayalı yapılan çalışmalarda ise öğrencilerin tasarım öncesinde araştırmalar yaptığı, farklı çözüm yollarını değerlendirerek projelerini geliştirme sürecine katkı sağladıkları görülmüştür. Bu süreçte öğrencilerin problemi tanımlama, veri toplama ve çözüm üretme gibi uygulamalarla mühendisliğin doğasını bilimsel pratiklerle bütünleştirdikleri ve bu pratikleri doğal bir öğrenme yolu olarak benimsedikleri anlaşılmıştır. Aydın-Günbatır ve Roehrig'in (2025) de belirttiği gibi, mühendislik tasarım süreci yalnızca teknik bir üretim değil; bilimsel bilginin sistematik uygulandığı, deneysel ve analitik düşünmenin iç içe geçtiği bir epistemik yapı olarak değerlendirilmelidir (Aydın-Günbatır ve Roehrig, 2025). Tüm bu süreçler, öğrencilerin bilimsel pratikleri içselleştirdiklerine dair ipuçları sunmaktadır. Ayrıca deney grubundaki öğrencilerin bilimsel pratiklere dair algılarının kontrol grubundaki akranlarına kıyasla daha fazla geliştiği de belirlenmiştir. Alan yazında da bu konuda benzer bulgulara rastlanmaktadır. Örneğin, Okan'ın (2021) ders kitapları üzerine yaptığı araştırmada, etkinliklerin bilimsel pratiklerle desteklendiği belirtilmiştir. Kurt (2022) ise bilimsel pratiklerin fen bilimleri dersi öğretim programında sık rastlanan bir kategori olduğunu vurgulamıştır. Buna karşın İnci'nin (2024) 6. sınıf öğrencileriyle yaptığı araştırmada bilimsel pratikler kategorisinde gelişim sağlanamadığı ifade edilmiştir. Ancak bizim araştırmamızda hem sınıf seviyesinin daha yüksek olması hem de uygulanan etkinliklerin doğrudan bilimsel pratikleri kapsaması sayesinde bu kategoride bir gelişim sağlandığı iddia edilebilir. Benzer şekilde istatistiksel olarak Çilekrenkli (2019) ve Karabaş (2017) tarafından yürütülen araştırmada da deney grubunda gelişim olduğu, ancak anlamlı fark oluşmadığı ifade edilmiştir. Bu araştırmada ise hem nicel hem nitel veriler birlikte değerlendirildiğinde, bu kategoride anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır.

Bu farkın, bu araştırmanın sadece belirli bir kategoriye değil, ABY kapsamında tüm bileşenleri kapsayacak şekilde yapılandırılmış olmasından ve sorgulama temelli etkinliklerin süreçte yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü sorgulama basamakları, veri toplama, verileri analiz etme ve bilimsel tartışma gibi pratikleri süreç içinde desteklemiştir.

Yöntemler ve yöntemsel kurallar kategorisinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmiştir. Bu bulgu, alan yazında yer alan benzer araştırmalarla da örtüşmektedir. Örneğin, Çilekrenkli (2019) 5. sınıf düzeyinde bu kategoride anlamlı gelişmeler gözlemlemiştir; benzer şekilde Kahraman (2021) yürüttüğü araştırmada bu alanda anlamlı farklar elde etmiştir. Ancak İnci (2024) tarafından yürütülen araştırmada deney grubunun ortalaması daha yüksek olsa da anlamlı bir fark oluşmamıştır. Bu araştırmada da bu yönde gelişme görülmekle birlikte, bu kategorinin diğer dört kategoriye kıyasla daha düşük puanlanması dikkat çekicidir. Bu durum, uygulama sürecinde bu kategoriye görece daha az yer verilmiş olabileceğinin yanı sıra, öğrencilerin ön bilgilerinin yeterince gelişmemiş olmasından da kaynaklanabilir. Okan (2021) ders kitaplarında yöntemler ve yöntemsel kurallar kategorisine yeterince vurgu yapılmadığını ve bunun öğrencilerin bu alandaki bilişsel altyapılarını zayıflatıldığını belirtmektedir. Bu bulgu, elde ettiğimiz bulguyu destekler niteliktedir. Bununla birlikte, nitel veriler incelendiğinde bazı alt boyutlarda belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Özellikle sorgulama, süreç, farklı bilimsel yöntemler ve öngörü gibi kavramlara öğrencilerin daha fazla değindiği görülmüştür. Bu artış, sınırlı sayıda etkinliğin yanı sıra sorgulama temelli etkinliklerde öğrencilerin farklı yöntemlerle karşılaşmaları sayesinde gerçekleşmiş olabilir. Ayrıca mühendislik tasarımı temelli etkinliklerde mühendisliğin doğasına uygun olarak öğrencilerin bir problem karşısında farklı çözüm yollarını sistematik olarak araştırmaları, kriter belirleyip çözüm önerilerini değerlendirmeleri ve uygulamaya geçmeden önce yöntemsel kararlar almaları, bu kategorideki gelişimi desteklemiştir. Bu bulgu, mühendislik uygulamalarının yalnızca teknik üretim değil, aynı zamanda belirli yöntemsel kurallar ve stratejik karar süreçleri içerdiğini vurgulayan Aydın-Günbatar ve Roehrig'in (2025) sonuçlarıyla da örtüşmektedir. Dolayısıyla, uygulama süresi boyunca sınırlı sayıda etkinlik yapılmasına rağmen, öğrencilerin farklı yöntemsel yaklaşımlara dair fikir geliştirebildikleri söylenebilir. Ancak bu kategoride daha kapsamlı ve çeşitli etkinliklerle çok daha yüksek gelişmelerin elde edilebileceği değerlendirilmektedir. Örneğin, uygulamada yalnızca hipotez kurmaya yönelik "Ne kadar hızlı çözünür?" isimli bir deneysel etkinlik yer almaktadır; benzer etkinliklerin sayısı artırılarak öğrencilerin farklı yöntemsel süreçleri daha derinlemesine kavramaları sağlanabilir.

Sosyal-kurumsal sistemler kategorisinde, ortalama puan 3,20'den 3,70'e yükselmiş ve anlamlı bir fark elde edilmiştir. Cohen's d değeri de bu kategori için orta düzeyde etkiyi

göstermektedir. Ancak bu gelişime rağmen, yöntemler ve yöntemsel kurallar kategorilerinden sonra en düşük ortalamaoya sahip kategori olması dikkat çekicidir. Bu durum, öğrencilerin bu kategoriye kavramada diğerlerine göre daha fazla zorlandıklarını düşündürmektedir. Nitel veriler de bu sınırlı gelişimi desteklemekte, fakat aynı zamanda etkili örnekler sunmaktadır. Özellikle Marie Curie etkinliğinde sosyal-kurumsal sistemlere fazlasıyla yer verilmiş; öğrenciler bilimin oluşumunda cinsiyet rolleri, kültürel inanışlar, devlet desteği ve denetimi gibi dış faktörleri vurgulamışlardır. Ayrıca SBA etkinliklerinde öğrencilerin bu kategoriye dair daha yerinde ve anlamlı kullanımlar yaptığı, bazı öğrencilerin yeterli kanıt bileşenine yoğunlaşarak sosyal-kurumsal bağlamları argümanlarına taşıdığı görülmüştür. Özellikle bilimin sosyal ve dinamik yönünün vurgulandığı uygulamalarda, öğrencilerin bu kategoriye dair anlayışlarında belirgin bir gelişim olduğu gözlemlenmiştir. Ön test ve son test karşılaştırmalarında kodlama sıklığında gözlemlenen artış, Marie Curie etkinliği ve SBA sürecinin etkili geçmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu gelişimin yalnızca bu etkinliklerle sınırlı olmadığı; mühendislik tasarım süreci gibi farklı bileşenlerin de katkı sunduğu değerlendirilmektedir. Alan yazın incelendiğinde, sosyal-kurumsal sistemler kategorisinin genel olarak kavranmasının zor olduğuna dair benzer bulgulara rastlanmaktadır. Akbayrak ve Kaya (2020), Kahraman (2021) ve İnci (2024) tarafından yapılan araştırmalarda, bu kategoride uygulama sonrasında anlamlı farklar elde edildiği belirtilmiştir. Aksöz'ün (2019) araştırmasında ise bu kategoriye yönelik özel bir uygulama yapılmamasına rağmen, öğretmen adaylarının yalnızca orta düzeyde bir anlayış geliştirebildiği ifade edilmiştir. Ayrıca, Kurt'un (2022) çalışmasında da sosyal-kurumsal kategorilere özellikle politik güç yapılarının öğretim programlarında sınırlı yer bulduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada mühendislik temelli etkinliklerin de sosyal-kurumsal farkındalığın gelişimine katkı sunduğu görülmektedir. Öğrencilerin toplumsal kurumlarla (örneğin belediye veya bakanlıklar) doğrudan iletişim kurarak çözüm üretmeye çalışmaları, mühendisliğin yalnızca teknik değil, aynı zamanda toplumsal sorumluluk içeren bir alan olduğunu kavramalarına olanak tanımıştır. Bu noktada, mühendisliğin doğasına özgü olan sınırlı kaynaklarla çözüm üretme, çeşitli etkenlere göre değerlendirme yapma, kullanıcı ve toplum ihtiyaçlarını dikkate alma, toplum yararını gözetme ve durumu bir bütün olarak değerlendirme gibi ilkelerin öğrenci ürünlerine ve tartışmalarına yansıdığı gözlemlenmiştir (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025; Pleasants and Olson, 2018). Bu doğrultuda, mühendisliğin yalnızca ürün geliştirme süreci değil; aynı zamanda sosyal-kurumsal bağlamlarda faaliyet gösterme, ilgili kişilerle (veya kurumlarla) iş birliği içinde çalışma ve toplumsal etki yaratma gibi çok boyutlu bir yapıyı içerdiği söylenebilir. Öğrencilerin geri dönüşüm temelli fabrika ve robot tasarımları bu süreci desteklemiş; mühendisliğe çevresel ve

toplumsal açıdan daha bütüncül bir bakış geliştirmelerine katkı sağlamıştır. Bu bağlamda, ABY yaklaşımı çerçevesinde sosyal-kurumsal sistemler katmanında elde edilen gelişim hem pedagojik hem de kavramsal düzeyde anlamlıdır. Öğrencilerin bilime yalnızca laboratuvar merkezli değil; toplumsal, kültürel ve politik bağlamlarda da yaklaşabilmeleri, bilimsel düşüncenin çok yönlü bir biçimde kavrandığını göstermektedir.

5.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Tartışma

Sorgulamaya dayalı öğrenme öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmede etkili bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Özellikle araştırma yapma, kanıta ulaşma ve elde edilen verilerle bilimsel bilgiyi inşaa etme süreçlerinde öğrenci katılımını artırır (Ekici, 2017; Saraçoğlu ve Kahyaoğlu, 2018). Merak uyandıran ve düşündüren etkinliklerin, öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme algılarını olumlu yönde etkilediği bilinmektedir (İnel, 2009; Balım, İnel ve Evrekli, 2008). Yürütülen bu çalışmada da sorgulamaya dayalı yaklaşım temel alınarak çeşitli etkinlikler uygulanmış, öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerilerindeki gelişimi ölçmek amacıyla sorgulayıcı öğrenme becerileri algısı ölçeği kullanılmıştır. Ölçekten elde edilen nicel verilere göre, deney grubunun ön test ve son test puanlarında genel anlamda bir artış olmuş, etki büyüklüğü ise orta düzeyde gerçekleşmiştir. Bu bulgular, uygulanan etkinliklerin öğrenciler üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. Özellikle mühendislik tasarım süreçleri, araştırma-geliştirme, yeni fikirler üretme, problem çözme, hipotez kurma ve test etme gibi etkinliklerin öğrencilerde merak uyandırdığı ve onları düşündürerek aktif öğrenmeye teşvik ettiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda veri toplama, kanıta dayalı çıkarım yapma ve bilimsel bilgi üretme gibi süreçler de bu gelişimi desteklemiştir (Balım ve Taşkoyan, 2007).

Olumlu algılar alt boyutuna göre, bilimin doğası öğretimi ile birlikte yürütülen sorgulama temelli öğretim sürecinin, öğrencilerin bilimsel süreçlere yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Son testte puanların anlamlı düzeyde artmış olması, öğrencilerin öğretmenin soru sormasını isteme, deney yapmayı arzulama, karşılaştıkları problemleri çözmek için çaba gösterme, olaylar arasında neden-sonuç ilişkisi kurma ve sorularına çözüm yolları arama gibi davranışlara yönelik daha güçlü bir tutum geliştirdiklerini ortaya koymaktadır. Süreç boyunca her dersin bir soruyla başlaması, öğrencilerin de zamanla kendi sorularını yöneltme isteği geliştirmesine katkı sağlamıştır. Öğrenciler, özellikle “Çözünme hızına etki eden değişkenler” ilgili yapılan deneyde bilimsel sürece doğrudan katılım sağlayarak deney yapma süreçlerine karşı olumlu bir tutum geliştirmiştir. Mühendislik tasarım süreci gibi yapılandırılmış etkinliklerde karşılaştıkları problemleri çözebilmiş olmaları, öğrencilerin

problem karşısında daha dirençli ve çözüm odaklı davranmalarını desteklemiştir. Ayrıca, süreç boyunca kullanılan kanıta dayalı öğrenme uygulamaları, öğrencilerin olaylar arasındaki neden-sonuç ilişkilerini daha kolay kurmalarına imkân tanımış; yapılan araştırmalar ve aktif katılım ise onların bilimsel süreçlere yönelik içsel motivasyonlarını pekiştirmiştir. Tüm bu etkenler bir arada değerlendirildiğinde, öğrencilerin sadece bilgiyi edinme sürecinde değil, aynı zamanda bilginin inşasında da aktif bir rol üstlenmeye başladıkları görülmektedir.

Olumsuz algılar alt boyutuna göre, öğrencilerin bilimsel süreçlere yönelik olumsuz tutumlarının azaldığını göstermektedir. Öğrenciler artık deney yapmayı sıkıcı bulma, araştırma yapma isteksizliği, öğretmenin sorularının düşündürücü olmasını istememe, problem karşısında çabuk vazgeçme gibi tutumları daha az sergilemektedir. Ayrıca, okuduklarının ya da öğrendiklerinin doğruluğunu kontrol etmeme, bilimsel yollarla çözüm aramaktan kaçınma gibi davranışların da azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin bilimsel süreçlere karşı daha ilgili, araştırmaya daha açık ve kararlı bir tutum geliştirdiklerini göstermektedir. Nitekim öğrencilerin, karışımları sınıflandırma sürecinde kitaplarından yaptıkları araştırmalarla bilgiyi teyit etmeye çalışmaları; mühendislik tasarım sürecinde karşılaştıkları problemleri çözmek amacıyla birden fazla çözüm önerisi üretmeleri ve bu önerilerden hangisinin işe yarayacağını değerlendirme çabaları, problem karşısında çabuk pes etme davranışlarının azaldığını ortaya koymaktadır. “Çözünürlüğe Etki Eden Değişkenler” deneyinde yaptıkları gözlemler, sınıf içi tartışmalar ve bu tartışmalar sırasında bilimsel kanıtları kullanarak ulaştıkları sonuçlar; onların bilimsel sürece olan ilgilerini artırmış, bilimsel düşünme yollarına daha çok yönelmelerini ve öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını sağlamıştır. Tüm bu gelişmeler, öğrencilerin merak duygularının ve öğrenmeye yönelik içsel motivasyonlarının desteklendiğini ve bilime karşı daha dirençli, sorgulayıcı bir yaklaşım benimsediklerini göstermektedir.

Doğruluğunu sorgulama algıları alt boyutuna göre elde edilen anlamlı artış, öğrencilerin bilimsel bilginin güvenilirliğini değerlendirme, eleştirel düşünme ve araştırmaya dayalı öğrenme eğilimlerinde belirgin bir gelişim yaşadıklarını ortaya koymaktadır. Öğrenciler, yalnızca deney sonuçlarını olduğu gibi kabul etmekle kalmayıp bu sonuçları yeniden değerlendirme, arkadaşlarıyla tartışarak farklı bakış açılarını dikkate alma ve edindikleri bilgilerin doğruluğunu sorgulama gibi davranışları benimsemeye başlamışlardır. Bu da onların, bilginin mutlak bir gerçeklik değil; kanıtlarla desteklenmesi, gerekirse yeniden gözden geçirilmesi gereken dinamik bir yapı olduğuna dair daha bilinçli bir yaklaşım geliştirdiklerini göstermektedir. Özellikle “Kim Haklı?” adlı sosyobilimsel argümantasyon etkinliğinde öğrencilerin dosya çalışmaları üzerinden arkadaşlarının görüşlerini dikkate alarak çeşitli fikirleri değerlendirmeleri, onların bilgiyi çok yönlü analiz etme becerilerini desteklemiştir.

Benzer şekilde, mühendislik tasarım sürecinde de öğrenciler fikirlerini grupla paylaşmış, arkadaşlarının önerileri doğrultusunda süreci yeniden gözden geçirme ve çözüm yollarını revize etme deneyimi yaşamışlardır. Ayrıca, “Karışımların Ayırıştırılması” etkinliğinde öğrenciler topladıkları verileri önce kanıt haline getirmiş, ardından bu kanıtlar üzerinden bilimsel bilgi üretmişlerdir. Tüm bu etkinlikler aracılığıyla öğrenciler, bilginin sorgulanabilirliğini, doğrulanabilirliğini ve verilere dayalı olarak yeniden yapılandırılabilirliğini doğrudan deneyimleme fırsatı bulmuşlardır. Böylece, bilimin doğasına ilişkin “bilgi değişebilir, kanıta dayanır ve sınıf içerisinde tartışılabilir” anlayışı öğrencilerin düşünce yapısına yerleşmeye başlamıştır.

Bu genel çerçevenin ardından, öğrencilerin bilimsel sorgulama anlayışlarını daha derinlemesine analiz etmek amacıyla kullanılan VASI (Views About Scientific Inquiry) ölçeğine ait bulgular incelenecektir. Karışan, Bilican ve Şenler (2017) tarafından Türkçeye uyarlanan bu ölçek, öğrencilerin bilimsel sorgulamaya ilişkin görüşlerini sekiz farklı bileşen üzerinden değerlendirmektedir. Ölçek sonuçlarına göre, 7. ve 4. bileşenler en fazla gelişim gösteren alanlar olurken; 1. ve 8. bileşenlerin ise en az gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu bileşenlere dair elde edilen bulguların nedenleri ve bu durumun doğurduğu sonuçlar aşağıda detaylı biçimde tartışılmıştır.

Bilimsel sorgulamanın ilk bileşeni olan “Bilimsel araştırmaların hepsi bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test etmez.” ifadesi, her bilimsel araştırmanın bir merak unsuru ya da gözleme dayalı bir soruyla başladığını, ancak her zaman bir hipotez test etme zorunluluğu olmadığını vurgulamaktadır. Nitekim bazı bilimsel araştırmalar yalnızca tanımlayıcı ya da açıklayıcı nitelikte olabilir ve bu durumda hipotez kurmak yerine gözlem ve veri toplama ön plandadır. Bu doğrultuda yapılan araştırmada deney grubu öğrencilerinin ön test sonuçları incelendiğinde, %71,4’ünün “net olmayan/boş” ve %28,6’sının “yetersiz” düzeyde olduğu görülmüştür. Uygulama sonrasında ise %33,33’ü “yetersiz”, %57,14’ü “karmaşık” ve %9,52’si “bilgili” düzeye ulaşmıştır. Bu bulgular, 1. bileşenin diğer bileşenlere kıyasla öğrencilerde daha az gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum alan yazındaki benzer araştırmalarla da örtüşmektedir. Tezcan’ın (2021) VASI ölçeğinin sekiz alt boyutuna yönelik yaptığı araştırmada, 10. sınıf öğrencilerinin en zayıf performans gösterdiği bileşenlerden birinin 1. bileşen olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Mıcık, Kartal ve Çağlar (2021) yürüttüğü araştırmada, okul öncesi öğretmen adaylarının %50’sinin 1. bileşene yönelik zayıf görüşlere sahip olduğu ve birçok öğretmenin her bilimsel süreçte soru sormaya gerek olmadığını düşündüğü ortaya konmuştur. Ayrıca, Lederman vd. (2019) da lise öğrencilerinin VASI ölçeğindeki en zayıf görüşlerinin yine 1. bileşene ait olduğunu ifade etmişlerdir.

Araştırmamızda elde edilen nitel veriler de bu bileşenin öğrenciler tarafından tam olarak kavranmadığını desteklemektedir. Hazırlanan ders planlarında etkinliklerin genellikle bir soruyla başlatılmasına ve öğrencilere araştırma sorusu oluşturma fırsatı verilmesine rağmen, öğrencilerin “Ne kadar hızlı çözünür?” etkinliğinde sadece bir hipotez kurmaya odaklandıkları, bunun da yüzeysel ve çoğu zaman yetersiz olduğu görülmüştür. Buradan hareketle, öğrencilerin araştırma sürecinde yalnızca hipotez kurma üzerine odaklandıkları, hipotez ile araştırma sorusu arasındaki farkı ayırt edemedikleri ve bu farkın öğretim sürecinde yeterince vurgulanamadığı anlaşılmaktadır. Özellikle bu etkinlikte öğrencilerin hepsinin bir hipotez üretmeye çalışması, onlara her bilimsel araştırmanın mutlaka hipotezle başlaması gerektiği gibi yanlış bir ön kabulü yaklaştıklarını düşündürmektedir. Bu da, öğretim sürecinde her araştırmanın hipotezle başlamayabileceği vurgusunun yeterince yapılamamış olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, araştırma süresi boyunca “hipotez” ve “araştırma sorusu” kavramları üzerinde yeterince durulmamış olması, öğrencilerin bu kavramlar arasındaki farkı anlamalarını zorlaştırmış olabilir. Alan yazında öğretmenler ve daha ileri kademe düzeyindeki öğrencilerde de bu bileşenin zayıf temsil edildiği görülmektedir; bu bağlamda ortaokul düzeyinde gelişim oranının sınırlı kalması beklenebilir bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla, bu bileşenin öğretimi için daha yapılandırılmış, kavramlar arası farklara vurgu yapan, uygulama temelli yaklaşımlara ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.

Bilimsel sorgulamanın ikinci bileşeni olan “Bütün araştırmalarda takip edilen tek bir bilimsel yöntem yoktur.” ifadesi, bilim insanlarının farklı araştırma sorularına yanıt bulmak için çeşitli yöntemler kullandığını vurgular. Gözlem, deney, modelleme, tarihsel inceleme gibi yaklaşımlar, bilimin doğasında yer alan yöntemsel çeşitliliği yansıtır. Bu bileşen, öğrencilerin bilimsel araştırmaların yalnızca klasik “hipotez kur-dene-sonuç çıkar” döngüsünden ibaret olmadığını fark etmelerini amaçlar. Bu araştırmada, deney grubunun ön test sonuçlarına göre %71,4’ü “net olmayan/boş” ve %28,6’sı “yetersiz” düzeyde yer almıştır. Uygulama sonrasında ise öğrencilerin %28,57’si “yetersiz”, %47,62’si “karmaşık” ve %23,81’i “bilgili” düzeye ulaşmıştır. Bu sonuçlar, öğrencilerin bilimsel yöntemlerin çeşitliliği hakkında farkındalık kazandıklarını, ancak bu farkındalığın örnekleme ve açıklama düzeyinde tam bir yeterliliğe dönüşmediğini göstermektedir. En fazla gelişimin “karmaşık” düzeyde yoğunlaşması, öğrencilerin bu konuya dair düşünsel bir gelişim yaşadığını, ancak hâlâ bazı kavramsal eksiklikler barındırdıklarını ortaya koymaktadır. Araştırma sürecinde deneysel çalışmalar, tarihsel incelemeler (atom modellerinin tarihsel gelişimi), sınıflandırma temelli etkinlikler (karışımların sınıflandırılması) gibi farklı yöntemleri içeren etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikler sayesinde öğrencilerin çeşitli bilimsel yöntemlerle tanışmaları sağlanmış; gözlem,

sınıflandırma, karşılaştırma gibi süreçler etkinliklerde aktif olarak kullanılmıştır. Ancak bu süreçte, uygulanan yöntemlerin ne tür bir bilimsel yaklaşımı temsil ettiğine dair yeterince açık ve sistematik vurgular yapılmamış olması, öğrencilerin bu yöntemleri birer “yöntem” olarak tanımasını ve isimlendirmesini zorlaştırmış olabilir. Bu noktada, öğrenciler uygulama sonrası farklı yöntemlerin varlığını kavrasalar da, bunları açık bir biçimde ifade etme, örnekleme ve sınıflandırma konusunda zorlandıkları gözlemlenmiştir. Bu da özellikle “karmaşık” düzeyde bir yoğunlaşmaya neden olmuş; “bilgili” düzeye ulaşan öğrenci oranı %23,81 ile sınırlı kalmıştır. Alan yazında yer alan araştırmalar da bu durumu desteklemektedir. Lederman vd. (2014) 8. sınıf öğrencilerinde bu bileşenin orta düzeyde bir gelişim gösterdiğini belirtmiştir. Tezcan (2021) ise öğrencilerin bu bileşende "bilgili" düzeye en az ulaştıklarını ifade etmiştir. Bolu'nun (2017) araştırmasında da, 6. sınıf öğrencilerinin son testlerde yöntem çeşitliliğine dair farkındalık kazandıkları ancak somut örnek verme konusunda zorluk yaşadıkları vurgulanmıştır. Benzer bir şekilde, bu araştırmada da öğrenciler, farklı yöntemleri anlamaya başlamış, ancak bu bilgiyi üst düzey bir şekilde açıklama ve örneklendirme noktasında sınırlı kalmıştır. Dolayısıyla, bu bileşende gelişim sağlanmakla birlikte, bu gelişimin üst düzey bilişsel çıktılara tam olarak yansımadağı söylenebilir. Sonuç olarak, bu bileşenin öğretiminde yöntemlerin yalnızca kullanılması değil, aynı zamanda hangi bilimsel yaklaşıma karşılık geldiğinin sistematik biçimde vurgulanması önemlidir. Öğrencilere farklı yöntemlerin sadece uygulama sırasında değil, açıklama ve değerlendirme basamaklarında da tanıtılması, bilimsel düşüncenin çok boyutlu doğasını daha iyi kavramalarına katkı sağlayacaktır.

Bilimsel sorgulamanın üçüncü bileşeni olan “Sorulan soru, sorgulama işlemine rehberlik eder.” ifadesi, araştırma sürecinin temel yönlendiricisinin sorular olduğunu vurgular. Bilimsel bir araştırmada sorulan soru, kullanılacak yöntemi belirler ve dolayısıyla elde edilecek sonucun doğruluğunu da doğrudan etkiler. Bu bağlamda, soru ve yöntem arasındaki uyum bilimsel geçerliliğin temelini oluşturur. Yapılan bu araştırmada, deney grubunun ön test sonuçlarına göre %42,86’sı “net olmayan/boş”, %57,14’ü ise “yetersiz” düzeyde yer almıştır. Son test sonuçlarına bakıldığında ise %33,33’ü “yetersiz”, %47,62’si “karmaşık” ve %19,05’i “bilgili” düzeye ulaşmıştır. Bu durum, öğrencilerin bu bileşenle ilgili olarak bir gelişim gösterdiğini, ancak bu gelişimin büyük ölçüde “karmaşık” düzeyde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Öğrenciler temel kavramı anlamış, ancak bilgilerini net, yapılandırılmış bir şekilde ifade etmede kısmen zorlanmışlardır. Alan yazında bu bileşenle ilgili çeşitli sonuçlara rastlanmaktadır. Bolu'nun (2017) 6. sınıf öğrencileriyle yürüttüğü araştırmada bu bileşende anlamlı bir gelişim gözlemlenmemiştir. Coşkun (2021) ise 7. sınıf öğrencileriyle gerçekleştirdiği araştırmada, “yetersiz” düzeydeki görüşlerin geliştiğini ancak “bilgili” düzeyin

değişmediğini ortaya koymuştur. Bu araştırmada da benzer şekilde “bilgili” düzeyde artış sınırlı kalmış, gelişim daha çok orta düzeye yani “karmaşık” basamağa doğru kaymıştır. Öte yandan Tezcan’ın (2021) 10. sınıf öğrencileriyle yürüttüğü araştırmada, öğrencilerin bu bileşene dair görüşlerinin daha ileri düzeyde olduğu görülmüştür. Bu durum, öğrencilerin yaş düzeyi ve bilimsel altyapısının etkili olabileceğini göstermektedir. Ergenlik döneminde artan bilişsel gelişim ve kavramsal derinlik, öğrencilerin soruyla yöntem arasındaki ilişkiyi daha net kavramalarını kolaylaştırmış olabilir. Ayrıca bu araştırmada dikkat çeken bir diğer unsur da VASI ölçeğinde bu bileşeni temsil eden 5. soruya verilen yanıtların başarı oranının görece düşük olmasıdır. Bu durumun, sorunun yapısının öğrenciler tarafından yeterince anlaşılmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Öğrenciler mühendislik tasarım süreçlerinde veya proje çalışmalarında “soruların süreçte rehber olabileceği” konusunda farkındalık sergileseler de, bu düşüncelerini yazılı ve yapılandırılmış bir biçimde ifade etmekte güçlük yaşamışlardır. Son olarak, 3. bileşen öğrencilere oldukça mantıklı gelse de, bu anlayışı yazılı dile dökülebilmek ve bilimsel bir çerçevede yapılandırmak adına daha fazla örnekleme, açıklama ve alıştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, öğretim süreçlerinde öğrencilerin kendi sorularını oluşturarak araştırma yöntemlerini tasarlamaları teşvik edilmeli ve soru-yöntem ilişkisi açık şekilde yapılandırılmalıdır.

Bilimsel sorgulamanın dördüncü bileşeni olan “Aynı işlemi yapan bilim insanları aynı sonuçlara ulaşmayabilirler.” ifadesi, bilim insanlarının bilgi birikimi, bakış açıları ve analiz yaklaşımlarının farklı olmasından dolayı, aynı soruyu benzer yollarla incelemelerine rağmen farklı sonuçlara ulaşabileceklerini vurgular. Bu durum, bilimin çok boyutlu ve dinamik doğasını ortaya koyar. Araştırmada, deney grubunun ön test sonuçlarına göre öğrencilerin %57,14’ü “net olmayan/boş” ve %42,86’sı “yetersiz” düzeyde yer almıştır. Uygulama sonrası yapılan son testte ise bu oranlar dikkate değer şekilde değişmiş; “yetersiz” düzey %19,05’e gerilemiş, %47,62 öğrenci “karmaşık” ve %33,33 öğrenci ise “bilgili” düzeye yükselmiştir. Bu gelişme, öğrencilerin konuya ilişkin kavramsal anlayışlarında önemli bir ilerleme kaydettiklerini göstermektedir. Bolu (2017) tarafından yürütülen araştırmada da benzer şekilde bu bileşene yönelik uygulamaların öğrencilerin algılarını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Çırak (2024) 7. sınıf öğrencileriyle yaptığı araştırmada bu bileşenin uygulama sonrası en çok gelişim gösteren bileşenlerden biri olduğunu vurgulamıştır. Karakurt (2022) ise 8. sınıf düzeyindeki öğrencilerle yürüttüğü araştırmada bu bileşenin anlamlı düzeyde gelişim gösterdiğini ifade etmiştir. Bu araştırmanın sonuçları da alan yazındaki araştırmalarla uyum içindedir. Ayrıca yapılan uygulamalarda mühendislik tasarım temelli etkinliklerle yürütülen sorgulama süreçlerinde, öğrencilere verilen aynı yönergelerle rağmen ortaya çıkan ürünlerin birbirinden

oldukça farklı olması, bu bileşenin doğrudan yaşantıyla öğrenildiğini göstermiştir. Öğrencilerin süreç boyunca farklı çözümler üretmeleri, onların bilimsel düşünme biçimini kişisel olarak geliştirdiklerini ve bu çoklu bakış açısını fark ettiklerini ortaya koymuştur. Bu nedenle bu bileşen, yapılan uygulama kapsamında öğrencilerde en belirgin gelişimin gözlemlendiği alanlardan biri olmuştur.

Bilimsel sorgulamanın beşinci bileşeni olan “Sorgulama işlemi sonuçlara etki eder.” ifadesi, araştırma sürecinde kullanılan araçların, veri toplama yöntemlerinin ve izlenen prosedürlerin elde edilen veriler ve ulaşılan sonuçlar üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtir. Bu bileşen aynı zamanda bilimsel araştırmalarda güvenilirliğin sağlanabilmesi için yöntem seçimlerinin ne kadar önemli olduğunu da ortaya koyar. Araştırmada ön test sonuçlarına göre öğrencilerin %90,48’i bu konuda “yetersiz” düzeyde görüş bildirmiş, %9,52’si ise “net olmayan/boş” düzeyde kalmıştır. Son testte ise öğrencilerin %23,81’inin “bilgili” düzeye ulaştığı, büyük çoğunluğunun ise “karmaşık” düzeye geçtiği gözlemlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin bu bileşeni anlamaya başladıklarını ancak henüz tam olarak yapılandırılmış bilgiye ulaşmakta zorlandıklarını göstermektedir. Ayyılmaz Çelik (2019) tarafından fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yürütülen araştırmada bu bileşende anlamlı bir gelişim gözlemlenmiş ve katılımcıların bu konuyu daha iyi kavradıkları sonucuna varılmıştır. Ancak söz konusu araştırma lise ve üniversite düzeyindeki bireylerle yapıldığı için gelişimin daha kolay sağlandığı düşünülebilir. Diğer yandan, Lederman vd. (2014) 8. sınıf öğrencileriyle yaptığı araştırmada bu bileşende öğrencilerin büyük çoğunluğunun yetersiz düzeyde kaldığı ifade edilmiştir. Bu da bizim araştırmamızla benzerlik göstermektedir. Araştırmamızda her ne kadar “bilgili” düzeye çıkan öğrenci sayısı sınırlı olsa da, “karmaşık” düzeyde gözlemlenen artış, öğrencilerin bu kavramı yavaş yavaş anlamaya başladığını göstermektedir. Ancak bu bileşenin gelişiminin sınırlı kalmasının bir nedeni, uygulama sürecinde aynı araştırma sorusuna farklı yöntemlerle (örneğin biri deney, biri gözlem, diğeri sınıflandırma) sistematik olarak yaklaşan ayrı öğrenci gruplarının oluşturulmamış olması olabilir. Yani aynı problemi farklı yöntemlerle ele alıp farklı sonuçlara ulaşan gruplar üzerinden yürütülen net bir karşılaştırmalı uygulama yapılmamıştır. Her ne kadar mühendislik temelli etkinliklerde farklı araç ve yollarla çözüm üretildiği gözlemlense de, öğrencilerin aynı bilimsel soruya farklı bilimsel süreçlerle yaklaşarak yöntem-sonuç ilişkisini doğrudan fark etmeleri sağlanamamıştır. Bu durum, öğrencilerin “sorgulama süreci sonuçları nasıl etkiler?” sorusuna dair farkındalıklarının sınırlı kalmasına neden olmuş olabilir. Dolayısıyla bu bileşenin daha güçlü bir şekilde gelişebilmesi için, ders planlarında aynı soruya farklı yöntemlerle yaklaşan grup çalışmaları kurgulanmalı ve öğrencilerin uygulama süreci sonunda farklı sonuçların nedenlerini tartışmaları teşvik edilmelidir. Yine de öğrencilerin

uygulama sırasında araç ve yöntem seçiminin sonuçları etkileyebileceğini fark etmeye başlamaları, özellikle “karmaşık” düzeydeki artışla ortaya konmuştur. Bu da bu kavramın sınıf düzeyine uygun biçimde somutlaştırılması hâlinde, ilerleyen süreçlerde daha üst düzey bilişsel çıktılar elde edilebileceğini göstermektedir.

Bilimsel sorgulamanın altıncı bileşeni olan “Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmak zorundadır.” ifadesi, bilimsel bir araştırmada ulaşılan sonucun mutlaka elde edilen verilere dayanması gerektiğini vurgular. Çünkü veriyle desteklenmeyen bir iddia, bilimsel geçerlilik taşımaz. Bu bileşen, öğrencilerin veriye dayalı düşünme ve bilimsel çıkarım yapabilme becerileri açısından oldukça önemli bir göstergedir. Deney grubunun bu bileşene ilişkin ön test sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin %52,38’inin “net olmayan/boş”, %47,62’sinin ise “yetersiz” düzeyde olduğu görülmüştür. Son test sonuçlarına bakıldığında ise %42,86’sının “karmaşık” ve %23,81’inin “bilgili” düzeye ulaştığı tespit edilmiştir. Bu gelişme, öğrencilerin önemli bir kısmının veriye dayalı düşünme becerilerinde ilerleme kaydettiğini göstermektedir. Ancak bu bileşende yer alan sorunun, öğrencilerin dikkatle incelemesi gereken bir tabloya dayalı olması ve cevabın yüzeysel bakışla anlaşılmaması, bazı öğrencilerin yanıtlarında hata yapmasına neden olmuş olabilir. Öğrencilerin tabloyu dikkatlice okumayı atlamaları, bu soruda zorlanmalarının temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Bu durum, öğrencilerin veri okuma ve yorumlama konusunda yeterince gelişmediklerini düşündürmektedir. Hazırlanan ders planları incelendiğinde, öğrencilerin sayısal veri toplama fırsatlarının sınırlı kaldığı ve özellikle grafik ya da tablo okuma-yorumlama etkinliklerine yeterince yer verilmediği görülmektedir. Bu eksiklik, doğrudan bileşenle ilgili başarının sınırlı olmasına neden olmuş olabilir. Ancak öğrencilerle yapılan çözünme hızı ile ilgili olan deneyde elde ettikleri sonuçları ders kitabındaki bilgilerle karşılaştırarak verilerini değerlendirmeleri, bilimsel çıkarım yapma sürecine doğrudan katkı sağlamıştır. Öğrenciler bu etkinlikte verilerini kanıta dönüştürmeyi öğrenmiş, sonuçlarını destekleyen ya da çürüten ifadeler geliştirmiştir. Coşkun (2021) 7. sınıf öğrencileriyle yaptığı araştırmada bu bileşeni geliştirmekte zorlandıklarını belirtmiştir. Benzer şekilde, Ayyılmaz Çelik (2019) lise düzeyindeki öğrencilerle yürüttüğü araştırmada da bu alanda başarılı sonuçlar alınamadığını ifade etmiştir. Bolu (2017) ise 7. sınıflarla yaptığı araştırmada, öğrencilerin yeterli düzeyde gelişim göstermediğini vurgulamıştır. Bu bağlamda, bizim araştırmamız da alan yazındaki benzer bulguları destekler niteliktedir ve öğrencilerin bu bileşende orta düzeyde bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bundan sonraki süreçte, öğrencilerin bilimsel verileri grafik, tablo ve ölçüm üzerinden yorumlama becerilerinin daha fazla desteklenmesi gerektiği

söylenbilir. Derslerde uygulamaya dayalı veri toplama ve görselleştirme etkinliklerinin artırılması, bu bileşendeki gelişimi daha da destekleyecektir.

Bilimsel sorgulamanın yedinci bileşeni olan “Bilimsel veri ile bilimsel kanıt aynı şey değildir.” ifadesi, araştırma sırasında elde edilen tüm bilgilerin “veri” olduğunu; bu verilerin analiz edilip, belli bir iddiayı destekleyecek şekilde anlamlandırılmasıyla “kanıt” hâline geldiğini açıklar. Yani her veri bir kanıt değildir, ancak uygun şekilde yorumlanmış ve bağlamına oturtulmuş veri bilimsel kanıt oluşturur. Bu bileşen, öğrencilerin yalnızca gözlem yapmayı değil, aynı zamanda bu gözlemlerden sonuç çıkarmayı öğrenmelerini hedefler. Yapılan araştırmada, nitel analiz tablosuna bakıldığında ön testte öğrencilerin %42,86’sının “net olmayan/boş”, %57,14’ünün ise “yetersiz” düzeyde görüş belirttiği görülmektedir. Uygulama sonrası yapılan son testte ise %52,38 oranında öğrencinin “bilgili” düzeye ulaştığı tespit edilmiştir. Bu oran, araştırmadaki en yüksek “bilgili” düzeylerinden biri olması bakımından oldukça dikkat çekicidir. Çırak (2024) tarafından yürütülen araştırmada bu bileşenin en az gelişim gösteren bileşen olduğu ifade edilmiştir. Lederman vd. (2014) da bu bileşenin öğrencilerde ancak orta düzeyde geliştiğini belirtmiştir. Karakurt (2022) ise 8. sınıf öğrencileriyle yaptığı araştırmada bu bileşende anlamlı bir fark elde edilemediğini raporlamıştır. Ancak bizim araştırmamıza bakıldığında bu bileşen, öğrencilerin en çok gelişim gösterdiği alanlardan biri olmuştur. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri, uygulama sürecinde yapılan yönlendirmelerdir. Özellikle “veri topluyorum, kanıt oluşturuyorum” temalı adım adım yönlendirmelerin yazılı olarak kağıtlarda uygulanması, öğrencilerin bu kavramı doğrudan deneyimlemesine olanak sağlamıştır. Sürecin her aşamasında verilerin yalnızca toplanmadığı, aynı zamanda bunların neyi desteklediği üzerine düşünülmesi öğrencilerin kavramsal gelişimine katkı sunmuştur. Ayrıca grup çalışmaları sırasında öğrencilerin birbirlerinin verilerini değerlendirmesi, hangi bilginin kanıt dönüşebileceğini sorgulamaları açısından oldukça etkili olmuştur. Öğrenciler bu süreçte yalnızca sonuç üretmeyi değil, o sonucun dayanağını da oluşturmayı öğrenmişlerdir. Bu da bilimsel sorgulamanın temel amaçlarından biridir. Dolayısıyla bu bileşendeki yüksek gelişim, sürece dayalı öğrenmenin ne kadar etkili olabileceğini bir kez daha göstermektedir.

Bilimsel sorgulamanın sekizinci bileşeni olan “Çıkarımlar, toplanan verilere ve önceden bilinenlere dayanılarak yapılır.” ifadesi, bilimsel açıklamaların yalnızca yeni verilere değil, aynı zamanda geçmişten gelen bilgi, deneyim ve kuramsal çerçevelere dayandırılması gerektiğini anlatır. Bu bileşen, öğrencilerin bilimsel bilginin dinamik doğasını anlamalarını ve yeni bulguları mevcut bilgilerle ilişkilendirme becerisi kazanmalarını hedefler. Yeni bilgiler yalnız başına anlamlı olmayabilir; bilimsel çıkarımlar ancak geçmişten gelen bilgilerle

harmanlandığında derinlik kazanır. Bu nedenle bu bileşen, soyut düşünme ve ilişkilendirme becerilerini birlikte gerektirir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında, ön testte öğrencilerin %47,62'si “net olmayan/boş” ve %52,38'i “yetersiz” düzeyde yer almıştır. Son testte ise %76,19'u “karmaşık” ve yalnızca %9,52'si “bilgili” düzeye ulaşmıştır. Bu oranlar, öğrencilerin belirli bir gelişim gösterdiğini ancak bu gelişimin çoğunlukla “karmaşık” düzeyde kaldığını ortaya koymaktadır. Tezcan'ın (2021) araştırmasında öğrencilerin bu bileşene dair oldukça düşük düzeyde bilgiye sahip oldukları ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Bolu (2017) tarafından yürütülen araştırmada da bu bileşen, ölçek üzerinde en zayıf gelişim gösteren alanlardan biri olarak raporlanmıştır. Lederman vd. (2014) ve Karakurt (2022) de aynı şekilde, bu bileşende öğrencilerin yeterli gelişim sağlayamadıklarını belirtmiştir. Coşkun'un (2021) araştırmada da benzer sonuçlara rastlanmış ve bu bileşende anlamlı bir ilerleme kaydedilemediği saptanmıştır. Bizim araştırmamızda da alan yazınla benzer bir tablo ortaya çıkmıştır. Özellikle bu bileşeni ölçen VASI ölçeğinin 7. sorusuna verilen yanıtlarda, öğrencilerin keşif yapmadan doğrudan çıkarımda bulunabileceklerini düşünmeleri dikkat çekmiştir. Bu durum, öğrencilerin bilimsel çıkarımın yalnızca mevcut veriye değil, önceki bilgileri de kullanmayı gerektirdiği fikrine hâlâ uzak olduklarını göstermektedir. “Karmaşık” düzeyde yer alan öğrenciler konuya dair bir farkındalığa sahip olsalar da, bunu açık ve sistematik bir biçimde ifade etmede zorluk yaşamışlardır. Bu bileşenin diğerlerine kıyasla daha düşük gelişim göstermesinin birkaç nedeni olabilir. İlk olarak, bu kavram oldukça soyuttur ve öğrencilerin yalnızca gözlem ve sonuç arasında değil, aynı zamanda geçmiş bilgi ve yeni veri arasında ilişki kurmalarını gerektirir. Bu ilişkiyi kurmak için hem kavramsal düzeyde derin bir anlayış hem de önceki bilgilerin aktif olarak hatırlanması gerekir. Ayrıca derslerde bu tarz ilişkilendirmelere dayalı etkinliklerin az yer alması, öğrencilerin bu yönde düşünme alışkanlığı geliştirmesini engellemiş olabilir. Öğrenciler çoğu zaman yeni bir bilgiye ulaştıklarında bunu doğrudan bir sonuç olarak değerlendiriyor, fakat bu sonucu geçmiş bilgilerle bağdaştırma ihtiyacını fark etmiyorlar. Dolayısıyla bu bileşenin gelişimi için sadece deney yaptırmak değil, aynı zamanda öğrencilerin geçmiş bilgileri hatırlayıp yeniden yapılandırabilecekleri düşünme ortamları yaratmak gereklidir.

5.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Tartışma

Bu araştırmada elde edilen nitel veriler, sorgulama temelli öğrenme, mühendislik tasarımı ve sosyobilimsel argümantasyon süreçlerinin, ABY çerçevesinde çok boyutlu biçimde bütünleştiğini ve öğrencilerin bilimsel düşünme yapılarını dönüştürücü bir etki yarattığını ortaya koymuştur. Öğrencilerin bilimsel bilgiye, bilim insanlarına ve bilimsel uygulamalara

dair geliştirdikleri anlayış; bu dört bileşenin birbirini destekleyen yönleriyle ilişkilendirilerek anlamlı hale gelmiştir (Erduran ve Dagher, 2014a).

Öğrencilerin sorgulama sürecine dair görüş ve uygulamaları, bilginin yalnızca aktarılmadığı, aksine oluşturulduğu ve yeniden yapılandırıldığı bir süreci işselleştirdiklerini göstermiştir (Kartal, 2014). Bilimsel bilgiyi sorgulamak, veriye dayalı karar vermek ve alternatif açıklamalar üretmek gibi beceriler, özellikle mühendislik tasarımı süreçlerinde işlevsel bir karşılık bulmuştur. Öğrenciler, karşılaştıkları problem durumlarına yönelik çözüm üretirken hipotez kurma, veri toplama, test etme ve değerlendirme gibi sorgulama adımlarını doğal bir şekilde mühendislik sürecine entegre etmişlerdir. Bu süreçlerde yapılan gözlemler, öğrencilerin yalnızca işlevsel ürünler tasarlamakla kalmayıp, süreci bilimsel bir bakış açısıyla yürüttüklerini göstermiştir (Hacıoğlu, 2020).

Mühendislik uygulamaları aynı zamanda ABY çerçevesinde yer alan bilimsel pratikler, araçlar ve epistemik değerler gibi bileşenlerle de doğrudan ilişkilidir (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025). Öğrenciler, tasarımlarını geliştirirken yalnızca teknik becerilerini değil, bilimsel bilginin geçici, kanıta dayalı ve eleştiriye açık doğasını da fark etmişlerdir. Öğrencilerin, "test ederim, bilgi toplarım ve kanıta dönüşür" gibi ifadeleri, sorgulama sürecini mühendislik süreciyle nasıl birleştirdiklerini açıkça ortaya koymuştur. Bu durum, bilginin birikimli doğası ve bilim insanlarının iş birliği içinde çalışarak yeni bilgiler ürettiği yönündeki ABY bileşenleriyle örtüşmektedir (Aydın-Günbatar ve Roehrig, 2025; Berland ve McNeill, 2010).

Sosyobilimsel argümantasyon süreçlerinde ise öğrenciler, toplumsal içerikli bilimsel sorunlara yönelik görüş geliştirirken, hem sorgulama süreçlerini hem de etik ve sosyal sorumluluk temelli değerlendirmeleri kullanmışlardır (Sadler ve Zeidler, 2005). Grup içinde yürütülen tartışmalarda, görüşlerin kanıtlara dayandırılması, karşıt fikirlerin çürütülmesi ve kararların gerekçelendirilmesi gibi beceriler belirgin şekilde gözlemlenmiştir. Öğrenciler sosyobilimsel etkinliklerde çöp konteyner yetersizliği gibi yerel bir evre sorununu tartışırken, sağlık, evre temizliği ve belediyenin sorumluluğu gibi sosyal yönleri bilimsel verilerle ilişkilendirmesi; onların bilimin toplumsal boyutunu kavradığını ve ABY çerçevesinde yer alan etik, kültürel ve kurumsal boyutları işselleştirdiğini göstermiştir (Akbayrak ve Kaya, 2020).

Tüm bu süreçler birlikte değerlendirildiğinde, ABY temelli öğretimin öğrencilerin yalnızca bilimsel kavramları anlamasını değil, aynı zamanda bilimsel bilgi üretimini çok boyutlu olarak algılamasını sağladığı görülmüştür. Öğrenciler, sorgulama sürecinde edindikleri bilgileri mühendislik tasarımı ile ürüne dönüştürmüş, bu bilgileri sosyobilimsel bağlamda kullanarak argümantatif yapılar içinde savunmuş ve tüm bu süreçlerde bilim insanlarının gerçek

hayattaki rollerini daha geniş bir çerçevede yorumlamışlardır. Özellikle bilim insanlarını yalnızca laboratuvarında çalışan kişiler olarak değil; sahada, toplumla iç içe, problem çözen bireyler olarak görmeye başlamaları, bilimsel sürecin sosyal ve kültürel yönlerini de fark ettiklerini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu dört bileşen bir arada ele alındığında, öğrencilerin bilimin doğasına yönelik anlayışlarında bütüncül bir dönüşüm yaşadıkları; bilimsel süreçleri yalnızca akademik içeriklerle sınırlı görmeyip, yaşamla ilişkilendiren, sorgulayan ve toplumsal sorumluluk temelli yorumlayabilen bireyler hâline geldikleri söylenebilir (Erduran ve Dagher, 2014a). Bu bulgu, ABY yaklaşımının yalnızca kuramsal bir çerçeve değil, aynı zamanda farklı pedagojik bileşenleri birleştiren etkili bir öğretim aracı olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır.

Bu araştırmada, ABY çerçevesinde geliştirilen BD öğretiminin, ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin bilimin doğası görüşlerine ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına olan etkisini incelemek amacıyla iç içe gömülü desen kullanılmıştır. Araştırma süreci, yalnızca öğretimin çıktısını değil, bu çıktının nasıl ortaya çıktığını ve öğrenciler tarafından nasıl anlamlandırıldığını ortaya koymaya yönelik olarak yapılandırıldığından, tek veri türünün sınırlılığını aşmak ve çok boyutlu bir analiz zemini oluşturmak gerekliliği doğmuştur. Bu nedenle, baskın veri türü olarak nicel veriler öncelik kazanırken, bu verilerin yorumlanmasını ve derinleştirilmesini sağlayacak şekilde nitel veriler süreç içerisine gömülmüş ve araştırmanın doğasına uygun bir bütünlük sağlanmıştır.

Nicel veriler, öğrencilerin ABY bileşenlerine ilişkin görüşlerindeki değişimi ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarındaki gelişimi sayısal düzeyde ortaya koyarken; nitel veriler, bu gelişimlerin hangi öğrenme deneyimlerinden beslendiğini ve öğrencilerin bu süreci nasıl anlamlandırıdığını gösterebilmiştir. Örneğin, öğrencilerin bilimsel bilginin doğasına dair anlayışlarında gözlenen istatistiksel gelişimin, teori, yasa ve model kavramlarına ilişkin yazılı ifadelerdeki çeşitlilik ve doğrulukla doğrudan örtüştüğü görülmüştür. Yine, sorgulayıcı öğrenme becerilerine yönelik olumlu tutum değişiklikleri, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde karşılaştıkları problemleri çözmek için birden fazla strateji üretmeleri, fikirlerini arkadaşlarının önerileriyle yeniden gözden geçirmeleri gibi davranışlarla nitel olarak desteklenmiştir. Bu durum, verilerin yalnızca çifte doğrulama yoluyla sağlamlaştırılmasını değil, aynı zamanda öğrenme sürecine yönelik pedagojik bir çözümleme sunulmasını da mümkün kılmıştır.

Bu bütünleşik yapı, araştırmanın temel amacına doğrudan hizmet etmektedir. Çünkü ABY yalnızca bilimin içeriğine dair değil, bilimin üretildiği sosyal-kurumsal sistemlere ve değer temelli yönlerine de odaklanan çok katmanlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu tür bütüncül bir

yaklaşımın öğrenciler tarafından nasıl algılandığını ve öğrenme sürecine nasıl yansıdığını anlamak, yalnızca istatistiksel verilerle sınırlı kalındığında eksik kalmaktadır. Örneğin, sosyal-kurumsal sistemler kategorisinde gözlenen puan artışının anlamlılığı, öğrencilerin çevresel sürdürülebilirlik, toplumsal fayda ve bilimsel sorumluluk gibi kavramlara dair kendi ifadeleri ve ürünleriyle açıklanabilmiştir. Aynı şekilde, sorgulama temelli etkinliklerde öğrencilerin bilginin doğruluğunu sorgulama ve veriye dayalı çıkarım yapma becerilerinde gelişim göstermeleri, yalnızca ölçek sonuçlarıyla değil, sürece dayalı gözlemlerle ve yazılı dokümanlarla da belirginleşmiştir.

İç içe gömülü desenin bu çalışmada anlamlı ve etkili bir biçimde kullanılmış olması, yalnızca veri toplama açısından değil, aynı zamanda öğretimin değerlendirilmesi açısından da önemli katkılar sunmuştur. Sorgulama temelli öğrenmenin ve mühendislik uygulamalarının ABY kapsamındaki öğelerle nasıl etkileşim kurduğunu, öğrencilerin hangi kategorilerde daha fazla içselleştirme gerçekleştirdiğini ve gelişimin hangi pedagojik stratejilerle desteklenebileceğini anlamak, çok katmanlı veri entegrasyonu ile mümkün olmuştur. Örneğin, aynı araştırma sürecini deneyimleyen öğrencilerin farklı çıktılar üretmesi, onların bilimin doğasına ve bilimsel sorgulamaya dair öznel yorumlarını ortaya koymuş; bu çeşitlilik de bilimin çok sesliliğini doğrudan yansıtan pedagojik bir çıktı haline gelmiştir.

Bu bağlamda, araştırmanın ortaya koyduğu bulgular yalnızca ölçülebilir gelişim düzeylerine işaret etmekle kalmamış, aynı zamanda bu gelişimin ardındaki dinamikleri anlamaya da katkı sunmuştur. Bilimin doğası öğretiminin öğrencilerde nasıl bir kavramsal dönüşüm sağladığı ve bu dönüşümün sorgulayıcı öğrenme becerileriyle nasıl etkileşime geçtiği, nitel verilerin sunduğu detaylarla birlikte yorumlandığında çok daha net biçimde anlaşılmıştır. Özellikle öğrencilerin bilimsel bilginin geçici, değişebilir ve sorgulanabilir bir yapıya sahip olduğu yönündeki farkındalıkları; hem sorgulama temelli süreçler hem de mühendislik uygulamalarıyla desteklenerek anlamlı hale gelmiş, bu da öğretimin bütüncül etkisini ortaya koymuştur. Dolayısıyla, iç içe gömülü desenin bu çalışmadaki kullanımı yalnızca yöntemsel bir tercih değil, aynı zamanda kuramsal çerçeveye ve araştırma sorularına doğrudan hizmet eden, verinin anlamlandırılmasını derinleştiren bir yaklaşım olmuştur. Nicel sonuçların yüzeyinde görülen gelişim, nitel bulgularla pedagojik bağlama oturtulmuş; böylece ABY temelli bilimin doğası öğretiminin, öğrencilerin hem bilimsel dünya görüşünü hem de öğrenme becerilerine yönelik tutumlarını dönüştürme potansiyeli bütünlüklü biçimde ortaya konmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, ABY'nin öğrencilerin bilimin doğası görüşlerine ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algılarına etkisi incelenmiş ve elde edilen bulgular doğrultusunda ulaşılan sonuçlara yer verilmiştir. Ayrıca, bu araştırmadan elde edilen veriler ışığında gelecekte yapılacak araştırmalar için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

6.1. Sonuçlar

Bu araştırma, ABY çerçevesinde tasarlanan öğretim etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin BD görüşleri ile sorgulayıcı öğrenme becerilerine yönelik algılarını nasıl etkilediğini ortaya koymayı amaçlamıştır. Sekiz haftalık uygulama süreci sonunda elde edilen bulgular, hem nicel hem nitel açıdan dikkat çekici bir dönüşümün gerçekleştiğini göstermektedir.

Araştırmanın bulguları, ABY temelli öğretimin bilimin doğasına yönelik öğrenme süreçlerini zenginleştirdiğini ve öğrencilerin BD'nin bilişsel-epistemik ve sosyal-kurumsal yönlerini daha bütüncül bir şekilde kavradıklarını göstermektedir. Deney grubundaki öğrencilerin bilimsel bilgiye dair anlayışlarında, özellikle bilginin değişebilirliği, birikimli ilerleyişi ve teori-model-yasa ilişkilerine dair farkındalıklarının anlamlı biçimde arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç, bilimin yalnızca içerik bilgisinden ibaret olmadığını, aynı zamanda öğrencilerde eleştirel düşünme, bilgi üretimi ve bilginin doğasına dair metabilişsel farkındalık geliştirme açısından da bir araç olduğunu göstermektedir. Öğretim programlarının, bilimin yapısını yalnızca "ne biliyoruz?" sorusuna değil, "bilgiyi nasıl ve neden biliyoruz?" sorusuna da yanıt verecek biçimde yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

Bilimsel pratikler alanında öğrencilerin veri toplama, analiz etme ve çıkarım yapma süreçlerine daha bilinçli şekilde katıldıkları gözlemlenmiştir. Özellikle sorgulama temelli etkinliklerde öğrencilerin sorular üretmeleri, kanıt temelli açıklamalarda bulunmaları ve grup tartışmalarında fikirlerini temellendirmeleri, bu pratiklerin öğrenme süreçlerine yerleştiğini göstermektedir. Öğrencilerin bilimsel bilginin sadece sonuç değil, süreç odaklı bir üretim olduğunu fark etmeleri, bu kategorideki en önemli kazanımlardan biridir. Bu durum, bilimsel pratiklerin öğrenciler açısından yalnızca uygulanan bir teknik değil; anlamlı, yapılandırılmış ve akıl yürütmeye dayalı bir öğrenme biçimi haline geldiğini göstermektedir.

Yöntemler ve yöntemsel kurallar kategorisinde elde edilen gelişim, öğrencilerin bilimsel süreci yalnızca doğrusal ve tekil bir yol olarak değil, birden fazla yöntemle ilerleyebilen esnek bir yapı olarak kavramaya başladıklarını göstermektedir. Özellikle sorgulama temelli etkinlikler, bu çoklu yapının anlaşılmasını desteklemiştir. Bununla birlikte, gelişimin diğer

kategorilere kıyasla sınırlı düzeyde kalması, bu alandaki kavramsal derinliğin tüm öğrenciler tarafından yeterince içselleştirilmediğini düşündürmektedir. Süreçte uygulanan etkinliklerin bazı öğrenciler için soyut kalmış olması, yöntemsel çeşitliliğe dair daha geniş örneklerle desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Sosyal-kurumsal sistemler kategorisinde ise öğrencilerin bilimin toplumsal, kültürel ve politik bağlamda nasıl işlediğini anlamaya başladıkları gözlemlenmiştir. Özellikle mühendislik temelli etkinlikler, öğrencilerin bilimsel çözüm üretmenin sadece teknik bir faaliyet olmadığını; aynı zamanda toplumun ihtiyaçlarına duyarlılık, sınırlı kaynaklarla karar verme ve etik değerlere bağlılık gibi çok boyutlu sorumluluklar içerdiğini kavramalarını sağlamıştır. Ancak öğrencilerin bu sistemi hâlâ büyük ölçüde hükümet veya otorite merkezli yorumladıkları; bilimsel iş birliği, disiplinlerarası etkileşim gibi konularda derinlemesine farkındalıklarının sınırlı olduğu görülmüştür. Bu durum, hem öğretim içeriklerinin hem de kavramsal çerçevelerin daha açık ve erişilebilir biçimde yeniden düzenlenmesini gerektirmektedir. Öğretmenlerin, sosyal-kurumsal boyutu doğrudan gözlemlenebilir örneklerle, öğrencinin deneyim dünyasına bağlamaları kolaylaştırıcı bir strateji olacaktır.

Bilimin amaç ve değerleri kategorisinde elde edilen gelişme, öğrencilerin bilimi yalnızca bilgi üretimiyle sınırlı bir süreç olarak değil; toplumsal fayda, çevresel duyarlılık ve etik sorumluluklarla bütünleşmiş çok boyutlu bir etkinlik olarak algılamaya başladıklarını göstermektedir. Özellikle sosyobilimsel bağlamda yürütülen etkinlikler ve mühendislik temelli çözüm arayışları, öğrencilerin bilimi insan yaşamına dokunan, gerçek dünya sorunlarına çözüm üreten bir süreç olarak değerlendirmelerine katkı sağlamıştır. Öğrenciler, yürüttükleri çalışmalarda “çevreye katkı”, “topluma hizmet”, “adil olma” ve “sorumluluk alma” gibi değerlere sıkça vurgu yapmış; bilimsel etkinlikleri bireysel başarıdan çok toplumsal fayda ile ilişkilendirmiştir. Bunun yanı sıra, öğrencilerin bilim insanlarının özelliklerine dair görüşlerinde de belirgin bir gelişme gözlemlenmiştir. Özellikle sabır, merak, sorgulayıcılık, iş birliğine açıklık ve topluma karşı duyarlılık gibi niteliklerin öne çıktığı görülmüştür. Bu durum, öğrencilerin bilim insanı imajını yalnızca “dahi birey” algısından çıkarıp, insanî yönleri güçlü, etik değerlere sahip, iş birliğine dayalı çalışan bireyler olarak tanımlamaya başladıklarını göstermektedir. Bu bağlamda geliştirilen değer temelli anlayış, bilim eğitiminin yalnızca kavramsal bilgi değil, aynı zamanda karakter eğitimiyle de bütünleşmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Araştırmanın ikinci alt problemine ilişkin olarak, sorgulamaya dayalı öğrenme becerileri algısında elde edilen gelişmeler, öğrencilerin merak duygusunu harekete geçiren, aktif katılımı ve eleştirel düşünmeyi teşvik eden ortamların öğrenme üzerindeki dönüştürücü etkisini

göstermektedir. Bu bağlamda mühendislik temelli etkinlikler, öğrencilerin problem çözme, hipotez kurma, veri toplama ve analiz etme gibi temel becerilerini pekiştirmiştir. Ancak bazı öğrencilerin sorgulama süreçlerinde hâlâ ezberci ve tek yönlü bakış açılarına sahip oldukları gözlemlenmiştir. Bu durum, sorgulamanın yalnızca yöntem değil, bir düşünme biçimi olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, öğrenme ortamlarında öğrencilerin fikir üretmesine, sorgulamasına ve kendi öğrenme süreçlerini inşa etmesine olanak tanıyan öğrenme kültürünün teşvik edilmesi gereklidir.

Bu araştırmanın sonuçları, bilim eğitiminin yalnızca bilgi aktarımına değil; bilimin doğasını, toplumsal rolünü ve üretim süreçlerini kavratmaya yönelik yeniden yapılandırılması gerektiğini göstermektedir. Ancak bu tür öğretim süreçlerinin uygulanabilirliği çeşitli kolaylaştırıcılar ve sınırlayıcılar tarafından etkilenebilir. Okulda fiziksel ortamın destekleyici olması, yönetsel teşvik, materyal erişimi ve öğretmen yetkinliği bu süreci kolaylaştıran etkenlerdir. Buna karşılık, zaman kısıtı, öğretmenlerin ABY yaklaşımına aşinalık düzeyinin düşük olması ve öğretim programının sıkı yapısı uygulamayı zorlaştırabilir.

Sonuç olarak, bu araştırma bilimin doğasının öğretilmesinde ABY yaklaşımının yalnızca kavramsal bir çerçeve sunmakla kalmadığını, aynı zamanda öğrencilerde sorgulama kültürü geliştirdiğini göstermektedir. Bilim eğitiminin, öğrencileri sadece bilimsel bilgiyle donatan değil; aynı zamanda toplumsal sorumluluk bilinci taşıyan, eleştirel düşünen ve bilimsel süreçleri anlayan bireyler olarak yetiştirmeyi hedeflemesi gerektiği açıktır. Bu doğrultuda, öğretmenler, program geliştiriciler ve politika yapıcılar, bu dönüşümü sağlayacak yapıların kurulmasında kilit aktörlerdir. ABY'nin sınıf ortamlarına entegre edilmesi, bilim eğitiminde yeni bir paradigmaya zemin hazırlayabilir.

6.2. Öneriler

Bu araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, bilimin doğasının öğretilmesine ve sorgulamaya dayalı öğrenmenin sınıf içi uygulamalarına ilişkin çeşitli öneriler sunulmuştur. Aşağıda yer alan öneriler, doğrudan araştırmanın bulgularına dayanmaktadır ve hem uygulayıcılara hem de eğitim politikası geliştiricilere yönelik olarak yapılandırılmıştır:

1- Fen bilimleri öğretim programı, bilimin doğasına ilişkin kavramları bütüncül biçimde içerecek şekilde yeniden düzenlenmelidir. Öğrencilerin bilimsel bilgiye dair anlayışlarında, özellikle bilginin değişebilirliği, birikimli doğası ve farklı bilgi türleri arasındaki ilişkilere dair farkındalıklarının arttığı gözlemlenmiştir. Bu gelişimi sürdürülebilir kılmak için öğretim programları yalnızca içerik bilgisini değil, bilginin üretim süreçlerini de açıkça

yapılandırılmalıdır. “Bilgiyi nasıl ve neden biliyoruz?” sorusuna odaklanan bir program yapısı önerilmektedir.

2- Bilimsel pratiklerin öğretimi, öğrencilerin kanıt temelli düşünme ve grup içinde bilimsel karar alma süreçlerine aktif katılımını sağlayacak biçimde yapılandırılmalıdır. Araştırma sürecinde öğrencilerin veri toplama, yorumlama ve çıkarım yapma süreçlerine etkin katılım gösterdiği ve bu süreçleri anlamlı bir öğrenme deneyimi olarak benimsediği görülmüştür. Bu kazanımı desteklemek için grup tartışmaları, argümantasyona dayalı etkinlikler ve açık uçlu sorgulama görevleri yaygınlaştırılmalıdır.

3- Bilimsel yöntemlerin çoklu doğasını yansıtan öğretim materyalleri geliştirilmelidir. Örneğin, sosyobilimsel argümantasyon etkinlikleriyle öğrenciler farklı bakış açılarını değerlendirerek kanıta dayalı kararlar alabilir. Mühendislik tasarımı sürecinde, öğrenciler bilimsel bilgiyi kullanarak ürün geliştirir ve çözüm yolları üretir. Bilimsel sorgulama etkinlikleriyle gözlem yapma, hipotez kurma ve deney tasarlama gibi beceriler kazandırılabilir. Ayrıca, bilimsel bilginin yapısını ele alan etkinliklerle, bilginin zamanla değişebileceği ve farklı kaynaklardan üretilebileceği fark ettirilebilir. Bu sayede öğrenciler, bilimin tek bir yolunun olmadığını, farklı yöntemlerle çalışılabileceğini öğrenir. Öğrencilerin bilimsel süreci çoklu yollarla ilerleyebilen bir yapı olarak kavrayabildikleri görülmekle birlikte, bazı alt boyutlarda kavramsal sınırlılıklar gözlemlenmiştir. Bu nedenle öğretim sürecine, sadece hipotez-test odaklı klasik deneylerin ötesine geçen, farklı bilimsel yöntemleri temsil eden örnek olaylar ve etkinlikler dahil edilmelidir.

4- Sosyal-kurumsal sistemler öğretimi, öğrenci deneyim dünyasına bağlanan somut örneklerle desteklenmelidir. Öğrenciler bilimsel süreçlerin sosyal, kültürel ve politik boyutlarını fark etmeye başlamış; ancak bu farkındalık çoğunlukla otorite merkezli sınırlı bir algıyla çerçevelenmiştir. Bu nedenle, bilimsel iş birliği, bilim kurumları arası etkileşim ve disiplinlerarası çalışma gibi soyut bileşenler, öğrencilerin gündelik yaşamı ve toplumsal gözlemleriyle ilişkilendirilerek sunulmalıdır.

5- Bilimin amaç ve değerlerine yönelik öğretim, karakter eğitimi ile bütünleşik bir yapıda ele alınmalıdır. Öğrencilerin bilimsel süreçleri çevresel ve toplumsal sorumluluk bilinciyle değerlendirmeye başladıkları gözlemlenmiştir. Özellikle sabır, sorgulayıcılık, merak ve iş birliği gibi bilim insanı niteliklerine dair gelişen farkındalıkları desteklemek amacıyla, öğretim materyalleri çeşitlendirilmeli; bilim insanlarını yalnızca bireysel başarıyla değil, etik sorumluluk ve toplumsal katkı çerçevesinde modelleyen örnekler sunulmalıdır.

6- Sorgulamaya dayalı öğrenme kültürü, okul düzeyinde sistematik olarak teşvik edilmelidir. Öğrencilerin merak duygusu, problem çözme becerileri ve aktif katılımı artarken

bazı öğrencilerde hâlâ yüzeysel ve ezbere dayalı yaklaşımlar gözlemlenmiştir. Bu nedenle, sadece sınıf içi etkinliklerle sınırlı kalmayan; öğretmen, yönetici ve okul politikalarını da kapsayan bir sorgulama kültürü oluşturulmalıdır. Okullarda açık uçlu öğrenme süreçleri, öğrenci fikirlerine değer veren ortamlar ve araştırmaya dayalı öğrenme fırsatları yaygınlaştırılmalıdır.

7- ABY yaklaşımının sınıf ortamlarında uygulanabilirliğini artırmak amacıyla öğretmenlere yönelik rehber materyaller ve örnek ders planları sunulmalıdır. Bu yaklaşımın etkili bir şekilde uygulanabilmesi için öğretmenlerin kavramsal yeterlikleri kadar, pratik uygulama örneklerine erişimi de önemlidir. MEB veya üniversiteler iş birliğiyle geliştirilecek dijital içerikler, video anlatımlar, örnek senaryolar ve etkinlik kitapçıkları, öğretmenlerin uygulama becerilerini destekleyebilir.



KAYNAKÇA

Abd-El-Khalick, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms. The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education, 41-61. https://doi.org/10.1007/1-4020-4996-x_3

Abd-El-Khalick, F. (2011). Nature of science in science education: toward a coherent framework for synergistic research and development. Second International Handbook of Science Education, 1041-1060. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_69

Abd-El-Khalick, F. and Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. Science Education, 88 (5), 785-810. <https://doi.org/10.1002/sce.10143>

Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. International Journal of Science Education, 22 (7), 665-701. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. and Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. Science Education, 82, 417-436.

Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. International Journal of Science Education, 34 (3), 353-374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>

Akbayrak, M. and Kaya, E. (2020). Fifth-grade students' understanding of social-institutional aspects of science. International Journal of Science Education, 42 (11), 1834-1861. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1790054>

Akerson, V. L. and Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. Journal of Research in Science Teaching, 43 (4), 377-394. <https://doi.org/10.1002/tea.20132>

Akerson, V. L. and Hanuscin, D. L. (2006). Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program. Journal of Research in Science Teaching, 44 (5), 653-680. <https://doi.org/10.1002/tea.20159>

Akerson, V. L. and Donnelly, L. A. (2008). Relationships among learner characteristics and preservice elementary teachers' views of nature of science. Journal of Elementary Science Education, 20 (1), 45-58. <https://doi.org/10.1007/bf03174702>

Akgün, S. and Kaya, E. (2020). How do university students perceive the nature of science?. Science and Education, 29 (2), 299-330. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00105-x>

Aksöz, B. (2019). The Effects Of Pre- And In-Service Training On Teachers' Understanding Of The Nature Of Science. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of (whole) science. *Science Education*, 95 (3), 518-542.

Allchin, D. 1999. Values in science. *Science and Education* 8 (1), 1–12

Alpaslan, N. (2011). Mühendislik tarihi ve felsefesi üzerine bir araştırma. *Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (1), 1-10.

Annisa, D. and Rohaeti, E. (2018, October). The effect of inquiry-based learning on students' understanding of the chemical equilibrium concept. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2021, No. 1). AIP Publishing.

Archila, P. A., Restrepo, S., Mejía, A. T. d. and Bloch, N. I. (2022). Drama as a powerful tool to enrich socio-scientific argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21 (5), 1661-1683. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10320-3>

Aydın-Günbatır, S. and Roehrig, G. H. (2025). Elaborating nature of engineering through family resemblance approach. *Science and Education*, 34(1), 95-127.

Ayyılmaz Çelik, H. (2019). Ortaokul Fen Bilimleri Öğretmenlerinin ve Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bilimin Doğası ve Bilimsel Sorgulama Hakkındaki Bilgi ve Görüşleri. Yüksek Lisans Tezi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Balım, A. G. ve Taşkoyan, N. (2007). Fene yönelik sorgulayıcı öğrenme becerileri algısı ölçeği'nin geliştirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21, 58-63.

Balım, A. G., İnel, D. ve Evrekli, E. (2008). Fen öğretiminde kavram karikatürü kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına ve sorgulayıcı öğrenme becerileri algılarına etkisi. *İlköğretim Online*, 7 (1), 188-202.

Barak, M., Ginzburg, T. and Erduran, S. (2022). Nature of engineering: A cognitive and epistemic account with implications for engineering education. *Science and Education*, 1–19.

Barrow, C. (2006). *Environmental management for sustainable development*. Routledge.

Bae, K. and Son, Y. (2024). Analysis of research trends in the family resemblance approach to the nature of science in science education. *Asia-Pacific Science Education*, 10 (2), 196-232. <https://doi.org/10.1163/23641177-bja10083>

Bell, R. L., Mulvey, B. K. and Maeng, J. L. (2016). Outcomes of nature of science instruction along a context continuum: Preservice secondary science teachers' conceptions and instructional intentions. *International Journal of Science Education*, 38 (3), 493-520.

Bencze, J. L., Bowen, G. M. and Alsop, S. (2006). Teachers' tendencies to promote student-led science projects: Associations with their views about science. *Science Education*, 90 (3), 400-419.

Berland, L. K. and McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student use of evidence and reasoning in K-12 classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (8), 765-787.

Bilasa, P., ve Taşpınar, M. (2018). Argümantasyon Tabanlı Bilim Öğrenme Yaklaşımının Öğretmen Adaylarının Eleştirel Düşünme Becerilerine Ve Tartışmaya İsteklerine Olan Etkisi: Gazi Üniversitesi Örneği. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 555-577.

Bjønness, B. and Knain, E. (2018). A science teacher's complex beliefs about nature of scientific inquiry. *Norwegian University of Life Sciences*.

Bolu, Y. (2017). 6. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Sorgulama, Yaratıcılık, Fen Başarısı Ve Tutumlarına Modellemeye Dayalı Fen Öğretiminin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Bozkurt Altan, E. and Tan, S. (2021). "Concepts of Creativity in Design Based Learning in STEM Education". *International Journal of Technology and Design Education*, 31 (3), 503-529. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09569-y>

Bozkurt, Y. (2019). STEAM Etkinlikleri İle 7. Sınıf Öğrencilerinin Başarı Ve Tutumlarındaki Değişimin Cinsiyete Göre Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Brandon, R. N. (1994). Theory and experiment in evolutionary biology. *Synthese*, 99 (1), 59-73. <https://doi.org/10.1007/bf01064530>

Braun, V. and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3 (2), 77-101.

Brunsell, E., (2012). Integrating engineering and science in your classroom. NSTA press.

Bybee, R. W. (2014). The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications. *Science and Children*, 51 (8), 10-13.

Cavlazoglu, B. and Stuessy, C. (2018). Examining science teachers' argumentation in a teacher workshop on earthquake engineering. *Journal of Science Education and Technology*, 27, 348-361.

Chanetsa, T. and Ramnarain, U. (2023). The effect of textbook analysis as a teacher professional development tool on teacher understanding of nature of science. *Science and Education*, 34 (1), 73-93. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00442-7>

Cheung, K. K. C. (2020). Exploring the inclusion of nature of science in biology curriculum and high-stakes assessments in Hong Kong: Epistemic network analysis. *Science and Education*, 29 (3), 491-512.

Crismond, D. P. and Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education-Washington*, 101 (4), 738.

Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36 (6), 974–1016.

Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science and Education*, 15, 463-494.

Cohen, M. A. (1988). Some New Evidence on the Seriousness of Crime. *Criminology*, 26 (2), 343-353.

Coşkun, A. (2021). Bilim Tarihi Örnekleri İle Destekli Sorgulamaya Dayalı Hücre Konusu Öğretiminin 7. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Sorgulamaya Yönelik Görüşlerine Ve Fen Başarılarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Couso, D. and Simarro, C. (2020). STEM education through the epistemological lens: Unveiling the challenge of STEM transdisciplinarity. In C. C. Johnson, M. J. Mohr-Schroeder, T. J. Moore and L. D. English (Eds.), *Handbook of Research on STEM education* (pp. 17–28). Routledge.

Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (4), 613-642.

Creswell, J. W. (2012). *Research Design: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Boston, Massachusetts: Pearson

Creswell, J. W. and Plano Clark, V. L. (2018). *Karma Yöntem Araştırmaları Tasarımı ve Yürütülmesi* (Y. Dede ve S. B. Demir (eds.); 3. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.

Cunningham, C. M. and Kelly, G. J. (2017). Epistemic practices of engineering for education. *Science Education*, 101 (3), 486-505. <https://doi.org/10.1002/sce.21271>

Çelik, H. (2021). STEM Eğitiminin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının STEM Eğitime Yönelik Farkındalıklarına, Bilimsel Yaratıcılıklarına Ve Problem Çözme Becerilerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Edirne: Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çepni, S. (2010). Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, 5.Baskı. Trabzon: Celepler Matbaacılık.

Çilekrenkli, A. (2019). Teaching Reconceptualized Family Resemblance Approach To Nature Of Science In Lower Secondary Classroom. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çırak, C. (2024). Ortaokul Öğrencilerinin Bilimin Ve Bilimsel Sorgulamanın Doğası Görüşlerinin Probleme Dayalı Öğrenme Yaklaşımı İle Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Giresun: Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çoban, Ö., Bozkurt, S., ve Kan, A. (2019). Eğitim yöneticisi 21. yy. becerileri ölçeğinin geliştirilmesi: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Kastamonu Education Journal*, 27 (3), 1059-1071.

Dagher, Z. R. and Erduran, S. (2023). To FRA or not to FRA: What is the question for science education?. *Science and Education*, 32 (5), 1247-1264. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00425-8>

Dagher, Z. R. and Erduran, S. (2017). Abandoning patchwork approaches to nature of science in science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17 (1), 46-52.

Dagher, Z. and BouJaoude, S. (2005). Students' perceptions of the nature of evolutionary theory. *Science Education*, 89 (3), 378–391.

Deboer, G. E. (2006). Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (ss. 17-35). Dordrecht: Springer Netherlands.

Demirel, Z. M. (2021). Investigating Science Teachers' Views Of The Nature Of Science Based On The Reconceptualized Family Resemblance Approach To NOS. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E. and Krysinski, D. (2008). Engagement and achievements: A case study of design-based learning in a science context. *Journal of technology education*, 19 (2), 22-39.

Doppelt, Y., Mehalik, M., Besterfield-Sacre, M. and Schunn, C. D. (2008). Implementing inquiry-based learning in engineering design: The impact on students' learning. *Journal of Engineering Education*, 97 (3), 335-345.

Dori, Y. J., Tal, R. T., and Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies—can we improve higher order thinking skills of nonscience majors?. *Science Education*, 87 (6), 767-793.

Driver, R., Leach, J., Millar, R. and Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.

Duruk, Ü. (2017). Üst Bilişsel Stratejilere Dayalı Bağlam Temelli Doğrudan Yansıtıcı Bilimin Doğası Öğretimi Yaklaşımının Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Bilimin Doğası Anlayışlarına Ve Bu Anlayışların Kalıcılığına Etkisi. Doktora Tezi. Adıyaman: Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Duruk, Ü. (2020a). Influence of a Socially-Mediated Contextual Professional Development Program on Prospective Science Teachers' Understandings of Nature of Science, and Integrating It into Their Instructional Planning. *International Online Journal of Education and Teaching*, 7 (3), 912-943.

Duruk, Ü. (2020b). Nature of Science Representation in Scenarios Created by Prospective Science Teachers on Socio-Scientific Issues. *African Educational Research Journal*, 8, 109-120.

Duruk, Ü., ve Akgün, A. (2020). Bilimin Doğası Bileşenlerinin Fen Bilimleri Ders Kitaplarında Temsil Edilme Durumu. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 196-229.

Duruk, U., Akgün, A., Dogan, C. and Gülsuyu, F. (2017). Examining the Learning Outcomes Included in the Turkish Science Curriculum in Terms of Science Process Skills: A Document Analysis with Standards-Based Assessment. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12 (2), 117-142.

Duruk, Ü., Çavuş, E. and Akgün, A. (2023). The Influence of Concept Cartoon-Supported Issue of Demarcation-Based Scientific Argumentation on Argumentation Skills and Pseudoscientific Beliefs. *Journal of Computer and Education Research*, 11 (22), 643-670.

Duruk, Ü., Kılınç, M. ve Elmas, A.O. (2024). “Adli Bilimler Temelli Fen Bilimleri Eğitimi”. Yağmur Suzan Sönmez (Ed.), *İlköğretim ve Ortaöğretim Fen Bilimleri Eğitimi* (ss.165-182) İstanbul: Efe Akademi Yayınları

Duruk, U., Kocabük, A. and Cavus, E. (2022). Students' Nature of Science Understandings: A Phenomenological Study. *Education Quarterly Reviews*, 5.

Duruk, Ü., Akgün, A. and Tokur, F. (2019). Prospective Early Childhood Teachers' Understandings on the Nature of Science in Terms of Scientific Knowledge and Scientific Method. *Universal Journal of Educational Research*, 7 (3), 675-690.

Duschl, R. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. New York: Teacher's College Press.

Duschl, R. A. (1994). Editorial policy statement and introduction. *Science Education*, 78 (3), 203-208.

Duschl, R. and Grandy, R. E. (2011). Demarcation in science education: Toward an enhanced view of scientific method.

Duschl, R. A. and Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science and Education*, 22, 2109-2139.

Duschl, R. A. and Erduran, S. (2005). Modelling the growth of scientific knowledge. In *Research in science education in Europe* (pp. 141-151). Routledge.

Dym C. L., Agogino A. M., Eriş Ö., Frey D. D. and Leifer L. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>

Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., Lewis, A., Amiri, L. and Applebaum, S. (2012). Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34 (15), 2289–2315. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.667582>

Ekici, D. I. (2017). “The use of edmodo in creating an online learning community of practice for learning to teach science”. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 5 (2), 91-106.

English, L., Hudson, P. and Dawes, L. (2013). Engineering-based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 3 (2), 1-13.

Erduran, S. and Dagher, Z.R. (2014a). Reconceptualizing Nature of Science for Science Education. In: *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Contemporary Trends and Issues in Science Education, vol 43. Springer, Dordrecht.

Erduran, S. and Dagher, Z. R. (2014b). Regaining focus in Irish junior cycle science: Potential new directions for curriculum and assessment on nature of science. *Irish Educational Studies*, 33 (4), 335–350.

Erduran, S. and Kaya, E. (2018). Drawing nature of science in pre-service science teacher education: Epistemic insight through visual representations. *Research in Science Education*, 48 (6), 1133-1149.

Erduran, S., Kaya, E., Cilekrenkli, A., Akgun, S. and Aksoz, B. (2021). Perceptions of nature of science emerging in group discussions: A comparative account of pre-service teachers from Turkey and England. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 1375-1396.

Erduran, S. and Muğaloğlu, E. Z. (2012). Interactions of economics of science and science education: investigating the implications for science teaching and learning. *Science and Education*, 22 (10), 2405-2425. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9519-8>

Erduran, S., Simon, S. and Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88 (6), 915-933.

Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W. and Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (10), 1081-1110.

Friesen, S. and Scott, D. (2013). Inquiry-based learning: A review of the research literature. Alberta Ministry of Education, 32, 1-32.

George, D. and Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*, 17.0 update (10a ed.) Boston: Pearson

George, D. and Mallery, P. (2024). *IBM SPSS statistics 29 step by step: A simple guide and reference*. Routledge.

Gerni, H. (2024). Aile Benzerliği Yaklaşımı Temelli Öğretim Etkinliklerinin 6. Sınıf Öğrencilerinin Bilimin Doğası Anlayışlarına Yansımalarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Gören, D. and Kaya, E. (2022). How is students' understanding of nature of science related with their metacognitive awareness?. *Science and Education*, 32 (5), 1471-1496. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00381-9>

Guest, G., MacQueen, K. M. and Namey, E. E. (2011). *Applied thematic analysis*. sage publications.

Gökbayrak, S. and Karışan, D. (2017). Altıncı sınıf öğrencilerinin FeTeMM temelli etkinlikler hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 25-40.

Gören, D. (2021). The Relationship Between Students' Understanding Of Nature Of Science And Their Metacognitive Awareness. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Hacking, I. (1996). The Disunities of the Sciences. In: P. Galison and D. Stump (eds.) The Disunity of Science (pp.37-74). Stanford: Stanford University Press.

Hacıoğlu, Y. (2017). Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Eğitimi Temelli Etkinliklerin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Eleştirel ve Yaratıcı Düşünme Becerilerine Etkisi. Doktora Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Hacıoğlu, Y. (2020). “Tematik STEM Eğitimi Uygulaması: Sürtünme Kuvveti Örneği”. Bogaziçi University Journal of Education, 37, 3-21.

Hacıoğlu, Y. and Gülhan, F. (2021). “The Effects of STEM Education On The Students’ Critical Thinking Skills and STEM Perceptions”. Journal of Education in Science Environment and Health, 7 (2), 139-155. <https://doi.org/10.21891/jeseh.771331>

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

Harlen, W. (Ed.). (2010). Principles and big ideas of science education. Association for science education.

Herman, B. C. (2015). The influence of global warming science views and sociocultural factors on willingness to mitigate global warming. Science Education, 99 (1), 1-38.

Herman, B. C., Owens, D. C., Oertli, R. T., Zangori, L. and Newton, M. H. (2019). Exploring the complexity of students’ scientific explanations and associated nature of science views within a place-based socioscientific issue context. Science and Education, 28 (3–4), 329–366.

Herman, B. C., Zeidler, D. L. and Newton, M. H. (2018). Students’ emotive reasoning through place-based environmental socioscientific issues. Research in Science Education, 50 (5), 2081-2109. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9764-1>

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. and Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning. Educational Psychologist, 42 (2), 99-107.

Hodson, D. (2013). Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. In International handbook of research in history, philosophy and science teaching (pp. 911-970). Dordrecht: Springer Netherlands.

Hodson, D. and Wong, S. L. (2017). Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 17 (1), 3–17.

Holbrook, J. and Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. International Journal of science education, 29 (11), 1347-1362.

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

Irzik, G. and Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science and Education*, 20 (5), 589-610.

Irzık, G. and Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, 999-1021.

İnci, K. (2024). The impact of history of science based instruction on students' understanding of the nature of science: The Reconceptualized Family Resemblance Approach. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

İnel, D. (2009). Fen Ve Teknoloji Dersinde Probleme Dayalı Öğrenme Yöntemi Kullanımının Öğrencilerin Kavramları Yapılandırma Düzeyleri, Akademik Başarıları Ve Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algıları Üzerindeki Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Joyce, B., Weil, W. and Calhoun, E. (2009). *Models of teaching and learning*.

Ju, H., Cho, E. H. and Paik, S. H. (2023). Impact of teaching materials based on the family resemblance approach on pre-service chemistry teachers' views of nature of science. *Asia-Pacific Science Education*, 9 (1), 194-225.

Kahraman, B. (2021). Harmanlanmış Öğrenme Yönteminin 6. Sınıf Öğrencilerinin Bilimin Doğası, Bilimde Aile Benzerliği Yaklaşımı Ve Bilimsel Araştırma Temalarını Anlamaları Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. Uşak: Uşak Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Karabaş, N. (2017). The Effect Of Scientific Practice-Based Instruction On Seventh Graders' Perceptions Of Scientific Practices. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karakurt, M. (2022). Hikâyelerle Bütünleştirilmiş Fen Etkinliklerinin Bilimsel Sorgulama Ve Bilişsel Esneklik Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Karataş, F. Ö., Micklos, A. and Bodner, G. M. (2010). Sixth-grade students' views of the nature of engineering and images of engineers. *Journal of Science Education and Technology*, 20 (2), 123-135. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9239-2>

Karisan, D. and Zeidler, D. L. (2017). Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: A review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5 (2), 139-152.

Kartal, T. (2014). Sorgulamaya Dayalı Öğrenme-Öğretme Yaklaşımı, G. Ekici (Yay. haz.). Etkinlik Örnekleriyle Güncel Öğrenme-Öğretme Yaklaşımları-I (I. baskı, ss. 472-520). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Karışan, D., Bilican, K. ve Şenler, B. (2016). Yansıtıcı Sorgulamaya Dayalı Laboratuvar Etkinliklerinin Sınıf Öğretmen Adaylarının Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisinin İncelenmesi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 13(1), 123-146.

Karışan, D., Bilican, K. ve Şenler, B. (2017). “Bilimsel Sorgulama Hakkında Görüş Anketi: Türkçeye Uyarlama, Geçerlik Ve Güvenirlik Çalışması”. İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 18 (1), 326-343. <https://doi.org/10.17679/inuefd.307053>

Kaya, E., Erduran, S., Akgün, S. and Aksöz, B. (2017). Öğretmen eğitiminde bilimin doğası: Bütünsel bir yaklaşım. Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen Ve Matematik Eğitimi Dergisi, 464-501. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.373423>

Kaya, E., Erduran, S., Aksoz, B. and Akgun, S. (2019). Reconceptualised family resemblance approach to nature of science in pre-service science teacher education. International Journal of Science Education, 41 (1), 21-47.

Kaya, E. and Erduran, S. (2016a). From FRA to RFN, or how the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on the nature of science. Science and Education, 25 (9), 1115-1133.

Kaya, E. ve Erduran, S. (2016b). Yeniden kavramsallaştırılmış “Aile Benzerliği Yaklaşımı”: Fen eğitiminde bilimin doğasına bütünsel bir bakış açısı. Türk Fen Eğitimi Dergisi, 13 (2), 77-90.

Kaya, S., Erduran, S., Birdthistle, N. and McCormack, O. (2018). Looking at the social aspects of nature of science in science education through a new lens: The role of economics and entrepreneurship. Science and Education, 27 (5-6), 457-478.

Kaya, E., Erduran, S. and Okan, B. (2024). Nature of science and domain-specificity: investigating the coverage of nature of science in physics, chemistry and biology curricula across grade levels. International Journal of Science Education, 47 (5), 697-727. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2348822>

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

Khishfe, R. and Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. Journal of Research in Science Teaching, 43 (4), 395-418.

Kim, D. H., Ko, D. G., Han, M. J. and Hong, S. H. (2014). "The Effects of Science Lessons Applying STEAM Education Program on the Creativity and Interest Levels of Elementary Students". *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 43-54. <https://doi.org/10.14316/jkase.2014.34.1.43>

Kolodner, J. L., Gray, J. and Fasse, B. B. (2003). Promoting transfer through case-based reasoning: Rituals and practices in learning by design classrooms. *Cognitive Science*, 27 (4), 499-555.

Krajcik, J. S. and Shin, N. (2014). Project-based learning. In *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 275-296). Cambridge University Press.

Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Kuhn, T. S. (1977). *The essential tension: Selected studies in scientific tradition and change*. University of Chicago Press.

Kurt, G. (2022). *The Inclusion Of The Nature Of Science In Turkish Science Curriculum*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kurt, G. and Kaya, E. (2025). Toward a holistic vision on the nature of science in science curricula: an investigation of primary and middle school curricula in Turkey. *Research in Science and Technological Education*, 43 (1), 209–229. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2262400>

Kurt, G. and Kaya, E. (2024). Turkish science teachers' views on nature of science: curriculum and implementation. *Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00566-4>

Kutlu, E., Bakırcı, H. ve Kara, Y. (2022). Ortak bilgi yapılandırma modeline dayalı fen öğretiminin sekizinci sınıf öğrencilerinin bilimsel bilginin doğası hakkındaki görüşlerine olan etkisinin incelenmesi. *Participatory Educational Research*, 9 (3), 248–263.

Lazonder, A. W. and Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of educational research*, 86 (3), 681-718.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331-359.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell and N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lederman, J. S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and opened-ended levels. *National geographic science: Best practices and research base*, 8, 20.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. and Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497–521.

Lederman, J. S. and Ko, E. K. (2004). Views of nature of science, Form E. Unpublished paper. Illinois Institute of Technology, Chicago.

Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartels, S., Jimenez, J. and Akubo, M. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching*, 56 (4), 486-515.

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51 (1), 65-83.

Lestari, D. P., Paidi, P. and Suwarjo, S. (2024). Effect of the inquiry-based nature of science argumentation instructional model in scientific literacy skills. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18 (3), 734-744.

Lewis, H. R. (2006). Excellence without a soul: How a great university forgot education (pp. 1995-2003). New York: PublicAffairs.

Li, X., Wang, L., Zhi, L. and Bao, L. (2025). Representations of nature of science in chinese physics curriculum standards over the past two decades. *Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00611-2>

Llewellyn, D. (2013). *Inquire Within: Implementing Inquiry-Based Science Standards in Grades 3-8*. Corwin Press.

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

Maaß, K. and Artigue, M. (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: A synthesis. *Zdm*, 45, 779-795.

Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3–26). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

McComas, W. F. and Nouri, N. (2016). The nature of science and thenext generation science standards: analysis and critique. *Journal of Science Teacher Education*, 27 (5), 555-576. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9474-3>

McComas, W. F. and Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas(Ed.), The nature of science in science education: Rationales and strategies (pp. 41–52). Dordrecht: Kluwer.

McDonald, C. V. (2017). Exploring representations of nature of science in Australian junior secondary school science textbooks: A case study of genetics. In Representations of Nature of Science in School Science Textbooks (pp. 110-129). Routledge.

MEB (2013). İlköğretim Kurumları (İlkokullar ve Ortaokullar) Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

MEB (2018). İlköğretim Kurumları (İlkokullar ve Ortaokullar) Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

MEB (2013). Ortaöğretim Kimya Dersi (9-12. Sınıflar) Öğretim Programı. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Mıcık, S., Kartal, E. E. and Çağlar, A. (2021). Preschool Teachers' Views on The Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry. Giresun Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1 (1), 1-17.

Minner, D. D., Levy, A. J. and Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 47 (4), 474-496.

Minstrell, J. (2000). Implications for teaching and learning inquiry: A summary. Inquiring into inquiry learning and teaching in science, 471-496.

Moore, T. J. and Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. Journal of STEM Education: Innovations and Research, 15 (1), 5.

Mork, S. M., Haug, B. S., Sørborg, Ø., Ruben, S. P. and Erduran, S. (2022). Humanising the nature of science: An analysis of the science curriculum in Norway. International Journal of Science Education, 44(10), 1601–1618. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2088876>

Murphy, C., Smith, G. and Broderick, N. (2019). A starting point: Provide children opportunities to engage with scientific inquiry and nature of science. Research in Science Education, 51 (1), 1759–1793.

National Academy of Engineering [NAE] and National Research Council [NRC] (2009). Engineering in K-12 education understanding the status and improving the prospects. Edt. Katehi, L., Pearson, G. and Feder, M. Washington, DC: National Academies Press.

National Aeronautics and Space Administration (NASA), (2015). Let it glide: Engineering Design Challenge Facilitation Guide.

National Research Council [NRC] (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council (NRC). (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy of Sciences.

National Research Council (NRC) (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board of Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, D.C.: The National Academies Press.

National Research Council, Division on Engineering, Physical Sciences, Board on Infrastructure, the Constructed Environment, Committee on Advancing the Productivity and Competitiveness of the US Industry Workshop (2009). Advancing the Competitiveness and Efficiency of the US Construction Industry. National Academies Press.

NGSS (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academy Press.

Nielsen, J. A. (2013). Dialectical features of students' argumentation: A critical review of argumentation studies in science education. *Research in Science Education*, 43, 371-393.

Nuangchalermp, P. (2014). Inquiry-Based Learning in China: Lesson Learned for School Science Practices. *Online Submission*, 10 (13), 64-70.

Okan, B. (2021). Exploring The Representation Of The Nature Of Science In Science Textbooks. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Okan, B. and Kaya, E. (2022). Exploring the inclusion of nature of science in turkish middle school science textbooks. *Science and Education*, 32 (5), 1515-1535. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00371-x>

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25 (2), 177-196.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. and Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? a delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (7), 692-720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>

Osborne, J., Henderson, J. B., MacPherson, A. and Szu, E. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53 (6), 821-846.

Özkan, G. and Topsakal, Ü. U. (2020). Investigating the effectiveness of steam education on students' conceptual understanding of force and energy topics. *Research in Science and Technological Education*, 39 (4), 441-460. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1769586>

Pallant, J. (2020). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS*. Routledge.

Patton, M. (2002). *Qualitative Research And Evaluation Methods* (3rd ed.) Thousand Oaks, CA: Sage.

Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä. and Sarapuu, T. (2012). "Improving Students Inquiry Skills Through Reflection and Self-Regulation Scaffolds". *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9 (1-2), 81-95. <https://doi.org/10.1613/jtc.9.1.81>

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T. and Tsourlidaki, E. (2015). Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

Pereira, B. B. and Ha, S. (2024). Reconceptualized family resemblance approach to the nature of science in middle-school science textbooks from brazil and south korea regarding environmental issues. *Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00514-2>

Pimenta, S. S., Okan, B. and Molnár, E. (2025). Analysing the nature of science in the brazilian common core curriculum. *Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-025-00632-5>

Pleasant, J. (2023). Rethinking the nature of engineering: Attending to the social context of engineering. *Science and Education*, 1–18.

Pleasant, J. and Olson, J. K. (2018). What is engineering? elaborating the nature of engineering for k-12 education. *Science Education*, 103 (1), 145-166. <https://doi.org/10.1002/sce.21483>

Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. Routledge and Kegan Paul.

Purzer, Ş., Goldstein, M., Adams, R., Xie, C. and Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2 (1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0019-7>

Razali, N. M. and Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2 (1), 21-33.

Resnik, D. B. (2005). *The ethics of science: An introduction*. New York: Routledge.

Ryder, J. and Martins, A. F. P. (2015). Nature of science in science education: A proposal based on 'themes'. In *Proceedings of the GIREP-MPTL 2014 international conference*. Università degli Studi di Palermo.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41 (5), 513-536.

Sadler, T. and Fowler, S. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90 (6), 986-1004.

Sadler, T. D., Romine, W. L. and Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socioscientific issues-based instruction: A multi-level assessment study. *International Journal of Science Education*, 38 (10), 1622-1635.

Sadler, T. D. and Zeidler, D. L. (2004). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89 (1), 71-93. <https://doi.org/10.1002/sce.20023>

Sadler, T. D. and Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (1), 112-138. <https://doi.org/10.1002/tea.20042>

Sandoval, W. A. and Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: An investigation of learning and teaching in the context of scientific inquiry. *Science Education*, 88 (3), 342-366.

Sarıbaş, D. and Ceyhan, G. D. (2015). Learning to teach scientific practices: pedagogical decisions and reflections during a course for pre-service science teachers. *International Journal of STEM Education*, 2 (1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0023-y>

Sarıcam, U. and Yildirim, M. (2021). The Effects of Digital Game-Based STEM Activities on Students' Interests in STEM Fields and Scientific Creativity: Minecraft Case. *International Journal of Technology in Education and Science*, 5 (2), 166-192.

Schussler, E. E. and Bautista, N. (2011). Learning about nature of science in undergraduate biology laboratories. *Advances in Nature of Science Research*, 207-224. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_10

Schussler, E. E., Bautista, N., Link-Pérez, M. A., Solomon, N. G. and Steinly, B. A. (2013). Instruction matters for nature of science understanding in college biology laboratories. *BioScience*, 63(5), 380-389. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.5.11>

Simarro, C. and Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: A proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education*, 8 (1), 1–12.

Simon, S., Erduran, S. and Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28 (2-3), 235-260.

Singer, J. and Maher, M. A. (2007). Preservice teachers and technology integration: Rethinking traditional roles. *Journal of Science Teacher Education*, 18 (6), 955-984.

Soprano, K. and Yang, L. L. (2013). Inquiring into my science teaching through action research: A case study on one pre-service teacher's inquiry-based science teaching and self-efficacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11, 1351-1368.

Tal, T. and Kedmi, Y. (2006). Teaching socioscientific issues: Classroom culture and students' performances. *Cultural Studies of Science Education*, 1 (4), 615-644.

Tashakkori, A. and Teddlie, C. (2010). Putting the human back in "human research methodology": the researcher in mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 4 (4), 271-277. <https://doi.org/10.1177/1558689810382532>

Tavakol, M. and Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education*, 2, 53.

Tezcan, M. N. (2021). Ortaöğretim 10. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Sorgulama Anlayışlarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Topçu, M. S. (2015). Sosyobilimsel konular ve öğretimi. Ankara: Pegem Akademi.

Topçu, M. S. and Atabey, N. (2017). Sosyobilimsel konu içerikli alan gezilerinin ilköğretim öğrencilerinin argümantasyon nitelikleri üzerine etkisi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 68-68. <https://doi.org/10.14686/buefad.263541>

Toulmin, S. E.: 1958, *The Uses of Argument*, CUP

Van Fraassen, B. C. (1980). *The scientific image*. Clarendon Press.

Wahbeh, N., (2009). The effect of a content-embedded explicit-reflective approach on inservice teachers' views and practices related to nature of science, Unpublished doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign, IL.

Wendell, K. B. and Lee, H. S. (2010). Elementary students' learning of materials science practices through instruction based on engineering design tasks. *Journal of Science Education and Technology*, 19 (6), 580-601.

Wendell, K. B. (2008). Engineering design-based science education: Its impact on students' problem-solving skills, creativity, and teamwork abilities. *Journal of Engineering Education*, 97 (2), 169-182.

Wendell, K. B. and Rogers, C. B. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102 (4), 513-540

Windschitl, M. (2004). Folk theories of "inquiry:" how preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5), 481-512. <https://doi.org/10.1002/tea.20010>

Windschitl, M., Thompson, J. and Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92 (5), 941-967.

Wittgenstein, L. (1958). *Philosophical investigations*. Oxford: Blackwell

Woodcock, B. A. (2014). "the scientific method" as myth and ideal. *Science and Education*, 23 (10), 2069-2093. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9704-z>

Yacoubian, H. (2012). Towards a philosophically and a pedagogically reasonable nature of science curriculum [Unpublished doctoral dissertation]. University of Alberta, Edmonton, Canada.

Yaşar, Ş. and Duban, N. (2009). Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına yönelik öğrenci görüşleri. *İlköğretim Online*, 8 (2), 457-475.

Yıldırım, C., (2011). *Bilim Felsefesi*, 15. Basım, Remzi Kitabevi, İstanbul.

Zacharia, Z. C. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (8), 792-823. <https://doi.org/10.1002/tea.10112>

Zeidler, D. L. (2014). Sociobiological argumentation in science education: Implications for teaching, learning, and research. *Research in Science Education*, 44 (3), 485-504.

Zeidler, D. L. and Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of elementary science education*, 21 (2), 49-58.

Zeidler, D. L., Sadler, D. T., Simmons, M. L. and Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89, 357-377.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Applebaum, S. and Callahan, B. E. (2008). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (1), 74-101. <https://doi.org/10.1002/tea.20281>

Zohar, A. and Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (1), 35-62.



EK-4. ABY Öğrenci Anketi

BİLİMİN DOĞASI ANKETİ

Her bir maddeyi dikkatli bir şekilde okumanızı ve cevabınızı uygun olan yere (X) işaretini koyarak ifade etmenizi rica ederiz. Eğer tam olarak anlayamadığınız bir ifade olursa yanına belirtiniz. Tüm soruları **mutlaka** cevaplamanız gerekmektedir. Emin olmadığınız veya anlayamadığınız sorularda **Kararsızım** (3) seçeneğini seçmeniz çalışmanın sonuçlarının daha güvenilir olmasını sağlayacaktır.

	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
1. Bilimsel bilgi değişmez.					
2. Bilim insanları birbirlerinin çalışmalarını inceler ve değerlendirir.					
3. Deneyler bilim insanları tarafından çokça test edildiği için güvenilirlerdir.					
4. Bilim, üniversiteler ve araştırma merkezleri gibi kurumlarda gerçekleşir.					
5. Fizik, kimya ve biyoloji gibi bütün bilim dallarında (örneğin mikroskopik canlılar, hayvanlar, maddenin yapısı ve kuvvet gibi farklı konularda çalışırken) aynı bilimsel yöntem kullanılır.					
6. Bilim insanları arasındaki sosyal ilişkilerden ve toplumdaki etkilenir.					
7. Bilimde ilerleme, bilim insanlarının bilimsel bilgiyi gözden geçirmesiyle ve değerlendirmesiyle gerçekleşir.					
8. Bilim insanları doğaya saygı göstermelidir.					
9. Bilimsel verilerin (araştırma sonuçlarının) incelenmesi ve yorumlanması bilimsel pratiklerden (uygulamalardan) bazılarıdır.					
10. Teoriler ve yasalar bilimsel bilgi türleridir; ancak modeller (örneğin şekil, sembol ya da resim) bir bilimsel bilgi türü değildir.					
11. Bilim insanları araştırmalarını toplumla paylaşmak zorunda değildir.					
12. Bilimsel modeller (örneğin şekil, sembol ya da resim) karmaşık bilimsel fikirleri anlamamızı kolaylaştırır.					
13. Gözlem tüm bilim dallarında kullanılır.					
14. Bilim insanları, problemleri çözerken yeterli miktarda kanıt bulabilmek için farklı yöntemler kullanmak zorundadır.					
15. Bilim insanları araştırma yapmak için paraya ihtiyaç duyarlar.					
16. Sınıflandırma yapmak (örneğin canlıların sınıflandırılması) bilim insanlarının olayları açıklamasına ve tahmin etmesine yardımcı olur.					
17. (Klonlama gibi) Bilimin ürettiği yeni yöntem ve teknolojiler toplumlarda yeni değer yargıları oluşturabilir.					
18. Bilim insanlarının cinsiyetleri onların bilimi nasıl yaptıklarını etkiler.					

	Kesinlikle Katılmıyorum (1)	Katılmıyorum (2)	Kararsızım (3)	Katılıyorum (4)	Kesinlikle Katılıyorum (5)
19. Eğer bilim insanları düşüncelerini deney ve gözlem gibi bilimsel yöntemlerle ispat edemezlerse düşüncelerini değiştirmeleri gerekir.					
20. Devletlerin aldıkları kararlar bilimsel bilginin gelişimini etkiler.					
21. Bilimsel modeller (örneğin güneş sistemi modeli gibi) gerçek dünyadaki olayları, varlıkları ve durumları temsil eden araçlardır.					
22. Bazı bilim insanlarının diğerlerinden daha fazla para kazanması bilim insanları arasında gerginliğe yol açar.					
23. Bilimsel bilgi bilim insanlarının şahsi fikirlerinden etkilenmez.					
24. Bilim insanlarının ırkları ve milliyetleri bilimi etkilemez.					
25. Teoriler, yasalar ve modeller birlikte çalışarak bilimsel bilgiyi oluşturur.					
26. Bilim insanları fizik, biyoloji ve kimya gibi farklı bilim dallarında (mikroskopik canlılar, hayvanlar, maddenin yapısı ve kuvvet gibi farklı konularda) çalışırken aynı bilimsel pratikleri (deney, gözlem, veri toplama ve model gibi uygulamaları) kullanırlar.					
27. Bilim insanları akademik dergilerde bilimsel yazılar yazarlar.					
28. Teorilerin bazıları kabul edilmiştir, bazıları ise hala tartışılmaktadır.					
29. Bilimsel bilginin oluşum süreci nesnellik ve bilim insanlarının maddi beklentileri gibi değerlerden etkilenmez.					
30. Bilim insanları, araştırmalarını diğer bilim insanlarıyla paylaşmak için konferanslara katılırlar.					
31. Bir çalışmanın bilimsel sayılabilmesi için çalışmaya başlarken bilim insanlarının sonuca dair varsayımları (beklentileri) olmalıdır.					
32. Bilimsel çalışmaların güvenilirliği nesnellik ve yeterli kanıt sunma gibi bazı standartlara göre değerlendirilir.					
33. Teori, kanun ve modeller bilim insanlarının olayları açıklamalarına ve tahmin etmelerine yardımcı olur.					
34. Yasalar teorilere göre daha doğrulanabilir bilimsel bilgilerdir.					
35. Bilim insanları araştırdıkları soruya göre deney ve gözlem gibi farklı yöntemler kullanır.					
36. Bilim insanları araştırma yaparken diğer bilim insanlarıyla iletişim kurarlar.					
37. Bilimsel çalışmalar sadece değişkenler değiştirilerek yapılabilir.					

EK-6. Bilimsel Sorgulama Süreci Hakkında Görüşler Formu

Bilimsel Sorgulama Süreci Hakkında Görüşler

Ad-Soyad

Cinsiyet

Doğum yılı

Sınıf

Tarih

Okul Adı

*Aşağıdaki sorular, bilim ve bilimsel araştırmalar hakkındaki görüşleriniz ile ilgilidir.
Soruların doğru ya da yanlış cevapları yoktur.*

Lütfen her soruya cevap veriniz. Soruların altında yer alan boşlukları ve ihtiyaç duyarsanız arka sayfaları cevaplarınızı yazmak için kullanabilirsiniz.

1. Kuşlarla ilgilenen bir kişi, farklı yiyecekler ile beslenen yüzlerce değişik kuş çeşidini incelemiştir. Bu sırada benzer yiyecekler ile beslenen kuşların benzer gaga şekillerine sahip olma eğiliminde olduklarını fark etmiştir. Örneğin sert kabuklu yemişlerle beslenen kuşların kısa ve güçlü gagaları, böceklerle beslenenlerin ise uzun ve ince gagaları vardır. Kuşların gaga şekilleri ile beslendikleri yiyecek türleri arasında ilişki olup olmadığını merak eden araştırmacı, bu soruya cevap vermek için veri toplamaya başlamıştır. Araştırmacı kuşların gaga şekilleri ile beslendikleri yiyecek türleri arasında bir ilişki olduğu sonucuna varmıştır.

- a. Bu kişinin yaptığı araştırmanın bilimsel olduğunu düşünüyor musunuz?
Lütfen verdiğiniz cevabın nedenini açıklayınız.

- b. Bu kişinin yaptığı araştırmanın bir deney olduğunu düşünüyor musunuz?
Lütfen verdiğiniz cevabın nedenini açıklayınız.

- c. Sizce bilimsel araştırmalar birden fazla yöntem takip edebilir mi?

Eğer cevabınız hayır ise, lütfen bilimsel araştırma yapmak için neden sadece bir yöntem olduğunu açıklayınız.

Eğer cevabınız evet ise, lütfen farklı bilimsel yöntemleri takip eden iki araştırmayı tarif ediniz, bu yöntemlerin nasıl farklılaştığını ve ikisinin de neden hala bilimsel sayılabileceğini açıklayınız.

2. İki öğrenciye, bilimsel araştırmaların her zaman bilimsel bir soru ile başlamak zorunda olup olmadığı sorulmuştur. Öğrencilerden biri “evet”, diğeri ise “hayır” yanıtı vermiştir. Siz hangi öğrenciye katılıyorsunuz, neden?
3. (a) Eğer farklı bilim insanları aynı soruyu sorup, veri toplamak için aynı süreçleri takip ediyorsa, araştırma sonunda *aynı sonuçlara* ulaşmaları gerekir mi? Lütfen verdiğiniz cevabın nedenini açıklayınız.
- (b) Eğer farklı bilim insanları aynı soruyu sorup, veri toplamak için farklı süreçleri takip ediyorsa, araştırma sonunda *aynı sonuçlara* ulaşmaları gerekir mi? Lütfen verdiğiniz cevabın nedenini açıklayınız.
4. “Veri” ve “delil” birbirinden farklı mıdır? Lütfen açıklayınız.

5. İki grup bilim insanı bir gün laboratuvarlarına doğru yürürken lastiği patlamış bir arabanın çekildiğini gördüler. Hepsinin aklına “Belirli markalara ait lastiklerin patlama olasılıkları daha yüksek midir?” sorusu geldi.

A araştırma grubu laboratuvara gittiklerinde farklı markalara ait lastiklerin performansını tek bir yol yüzey tipinde test ettiler.

B araştırma grubu laboratuvara gittiklerinde bir markaya ait lastiği üç farklı yol yüzey tipinde test ettiler.

Hangi grubun izlediği araştırma sürecinin neden diğerinden daha iyi olduğunu açıklayınız

6. Aşağıda veri tablosu, bitkinin bir hafta sürecindeki büyüme miktarı ile o hafta içerisinde maruz kaldığı günlük ışık süresi arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Bir günde alınan ışık süresi (dk.)	Bitkinin bir haftalık büyümesi/uzaması (cm)
0	25
5	20
10	15
15	5
20	10
25	0

Bu verilerden yola çıkarak, aşağıda verilen sonuçlardan hangisine katıldığınızı ve bunun nedenini açıklayınız.

Lütfen birini daire içine alınız:

- a) Bitkiler daha fazla gün ışığı aldıklarında daha çok uzarlar.
- b) Bitkiler daha az gün ışığı aldıklarında daha çok uzarlar.
- c) Bitkilerin büyümesi gün ışığı ile ilişkili değildir.

Lütfen seçtiğiniz sonucu açıklayınız.

7. Bir grup bilim insanı tarafından fosilleşmiş dinazor kemikleri bulunmuştur. Bu kemikler aşağıda görüldüğü gibi iki farklı iskelet oluşturacak şekilde bir araya getirilmiştir.



- a. Sizce neden birçok bilim insanı şekil-1deki hayvan iskeletindeki kemik dizilişinin ve düzeninin en doğru (en olası) olduğunu düşünüyor. En az iki neden ortaya koyarak açıklayınız.
- b. Yukarıdaki soruya verdiğiniz cevabı düşündüğünüzde, bilim insanlarının kendi sonuçlarını açıklarken ne tür bilgiler kullandıklarını söyleyebilirsiniz.

EK-8. ABY Görüşme Soruları

APPENDIX B: INTERVIEW PROTOCOL FOR STUDENTS

1. Bilim deyince aklına ne geliyor?
2. Kimler bilim yapar?
3. Bilim insanları 'bilim yapmak' için neler yaparlar? Bilimsel araştırmalarını nasıl yaparlar?
4. Bilim insanları hangi amaçlarla bilimsel çalışmalar yaparlar? Sen bilimsel bir çalışma yürütecek olsan amacın neler olabilirdi?
5. Bilimin amaçlarından biri de çevremizde olan olayları anlamlandırabilmektir. Mesela her zıplayışımızda Dünya'ya düşeriz değil mi? Einstein bunun sebebini araştırmıştır. Peki, bilim insanlarının hakkında çalışmadığı, bilimsel olarak yanıtlanamayacak sorular var mıdır? (EVET ise Bilimin konusu dahilinde olmayan ne gibi sorular olabilir?)
6. Bir bilim insanının aklındaki bir soruyu yanıtlamak için çalıştığını düşünelim. Mesela kuvvetin cisimler üzerindeki etkisini ya da uzaydaki gök cisimlerini inceliyor olsun. Bu bilim insanı bu soruları yanıtlamak için neler yapabilir? Hangi yöntemleri kullanabilir?
7. Peki bu bilim insanı bilimsel çalışmasını yaparken sonucun ne olacağına dair bir beklentisi var mıdır? (EVET ise Çalışmanın sonucu onun beklediğinden farklı olabilir mi? Mesela hareket eden bir cisme kuvvet uyguladığında durduracağını düşünürken çalışmasının sonucunda o kadar kuvvetle durduramadığını öğrenebilir mi?)

8. Bilimsel pratikler deyince aklına ne geliyor?
9. (Daha önce bahsetmediyse) Gözlem yapmak diye bir şey duydun mu? Gözlem yapmak ne demektir? Daha önce fen dersinde gözlem yaptınız mı? (EVET ise neler yapmıştınız?)
10. (Daha önce bahsetmediyse) Peki, deney yapmak diye bir şey duydun mu? Deney yapmak ne demektir? Daha önce fen dersinde deney yaptınız mı? (EVET ise neler yapmıştınız?)
11. Sana göre deney ve gözlem arasında bir fark var mı?
12. (Daha önce bahsetmediyse) Sınıflandırma yapmak diye bir şey duydun mu? Sınıflandırma yapmak ne demektir? Daha önce fen dersinde sınıflandırma yaptınız mı? (EVET ise neler yapmıştınız?)
13. Bilim dalları deyince aklına ne geliyor? Daha önce derslerinizde bu kavramı kullandınız mı? (HAYIR ise açıklama yapılabilir. Önce örnek ver bilimin fizik, kimya biyoloji gibi farklı alanları var. Bu farklı alanlarda bilim insanları farklı konularda çalışırlar. Örneğin kimya maddenin doğrudan göremediğimiz tanecik halini çalışıyor, biyoloji ise canlıları onların davranışlarını ya da organları ve vücut yapıları gibi konuları)
14. Böyle farklı alanlarda çalışırken bilim insanlarının kullandıkları yöntemler aynı mıdır? (Örneğin gözlem demiştin bunu hayvanların doğal yaşam alanlarını incelerken ve ısının suya etkisini incelerken aynı şekilde mi kullanırlar?)

15. Bilimsel bilgi türleri nelerdir?

16. Bazı bilimsel çalışmalarda bilimsel model denilen şekiller, semboller veya üç boyutlu cisimler kullanılır. Mesela belki hatırlarsın geçen sene yer kabuğunun yapısını öğrenirken farklı katmanlarını göstermek için ders kitabında bu görsel kullanılmıştı. Peki, sence bilim insanları bu tarz gösterimleri neden kullanırlar? Siz daha önce hiç model yaptınız mı? (+düz yazı kullanmamla model kullanmam arasında bir fark var mı?)



17. Bugün Dünya ve doğa olayları hakkında yüzyıllar önce yaşanmış birinden daha çok şey biliyoruz değil mi? Mesela biz yağmur neden yağıyor biliyoruz. Bu konuma nasıl geldik? Bilimsel bilgi birikimimiz nasıl gelişti? Peki bugüne kadar bildiğimizi düşündüğümüz her şeyin yeni bir keşifle tamamen değişmesi mümkün mü?

18. Bilim insanları birbirlerinin çalışmalarından yararlanabilir mi?

19. Bilim insanlarının inançları, cinsiyetleri ve kişisel düşünceleri bilimsel çalışmaların sonucunu etkileyebilir mi? Nasıl, ne yönden etkileyebilir?

20. Bilim insanlarının ortaya çıkardığı bilgiler güvenilir midir? Bilimsel bir çalışmanın güvenilir olup olmadığını nasıl anlarız? (BAZEN ise neye bağlı, nasıl karar verebiliriz? Güvenilirliğini kontrol etmek için yapabileceğimiz bir şey var mıdır?)

21. Aynı konu/durum hakkındaki iki farklı fikirden hangisinin bilimsel olarak doğru olduğunu nasıl anlayabiliriz?

22. Bilim insanlarının sahip olması gereken değerler/takip etmesi gereken kurallar nelerdir? (EVET ise Bunlar neler olabilir?)
23. Bilimsel bir çalışma yürütmek için paraya ihtiyaç var mıdır? (EVET ise bilim insanları gerekli olan bu parayı nereden bulurlar?)
24. Devletler yapılacak olan bilimsel çalışmaları etkileyebilirler mi? Örneğin farklı alanlardaki çalışmalara destek veya engel olabilirler mi?
25. Bir bilim insanı olduğunu ve önemli bir şey keşfettiğini düşünelim. Diğer bilim insanlarını ve halkı bundan haberdar etmen gerekir mi? Neden? (EVET ise diğerlerini bilgilendirmek için neler yapabilirsin? Çalışma sonuçlarını yayınlamanın yararı ne olabilir?)
26. Peki, bilim insanları araştırmalarının sonuçları hakkında toplumu ve diğer bilim insanlarını bilgilendirmek için neler yaparlar? Daha önce konferans, seminer gibi kelimeler duydun mı?
27. Bilimsel çalışmalar hangi ortamlarda/kurumlarda gerçekleştirilir? (LAB ise bu laboratuvarlar nerelerde bulunabilir?)

EK-10. Fene Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısı Ölçeği



FEN'E YÖNELİK SORGULAYICI ÖĞRENME BECERİLERİ ALGISI ÖLÇEĞİ FORMU

Sevgili öğrenciler,

Bu ölçek sizin Fen Bilgisi dersine yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algınıza ilişkin düşüncelerinizi belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Burada belirteceğiniz görüşler yalnızca araştırma amacıyla kullanılacak ve sonuçlar tüm grubun yanıtları göz önüne alınarak değerlendirilecektir. Bu araştırmanın güvenilirliği için gerçek düşüncelerinizi belirtmeniz özel bir önem taşımaktadır. Lütfen hiçbir maddeyi bos bırakmayınız ve her biri için tek yanıt veriniz.

Maddeleri yanıtlarken sizden söyle bir yol izlemeniz istenmektedir:

1. Lütfen her bir maddeyi dikkatlice okuyunuz.
2. Okuduğunuz maddenin sizin için ne kadar uygun olduğunu (ya da olmadığını) kararlaştırınız.
3. Yanıt vermek için su seçeneklerden birini işaretleyiniz.

TK: Tamamen Katılıyorum

K: Katılıyorum

KS: Kararsızım

KM: Katılmıyorum

HK: Hiç Katılmıyorum

Okul Adı :

Şube Adı :

Tarih :

Sınıfı :

No :

Bu çalışmaya yaptığınız katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

	Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Hiç Katılmıyorum
1. Deney sonuçlarımın doğruluğuna karar vermek için arkadaşlarımla tartışırım.	TK	K	KS	KM	HK
2. Bir problemi çözemediğimde onla uğraşmaktan <u>vazgeçerim</u> .	TK	K	KS	KM	HK
3. Sorularımın cevabını araştırmak için çözüm yolları ararım.	TK	K	KS	KM	HK
4. Karşılaştığım problemleri çözmek için çözüm yolları bulmaya çalışırım.	TK	K	KS	KM	HK
5. Karşılaştığım olayların nedenini merak ederim.	TK	K	KS	KM	HK
6. Bilim adamlarının çalışma yöntemlerinden birisi olan deney yapmak bana <u>sıkıcı gelir</u> .	TK	K	KS	KM	HK



7. Yaptığım deneyin doğruluğunu kontrol ederim.	TK	K	KS	KM	HK
8. Karşılaştığım olaylar arasında neden sonuç ilişkisi kurmaya çalışırım.	TK	K	KS	KM	HK
9. Bir problemi çözerken öğretmenin cevaplamasından çok kendim çözüm yolu bulmaya çalışırım.	TK	K	KS	KM	HK
10. Çözüm yollarını ararken bilimsel yollar kullanmaya <u>çaba göstermem.</u>	TK	K	KS	KM	HK
11. Kafama takılan sorulara deney yaparak cevap bulmak isterim.	TK	K	KS	KM	HK
12. Deney sonuçlarımın doğruluğunu araştırmaya <u>gerek duymam.</u>	TK	K	KS	KM	HK
13. Herhangi bir şey okurken okuduklarımın doğru olup olmadığını düşünürüm.	TK	K	KS	KM	HK
14. Merak ettiğim soruların cevabını verirken cevaplarımın doğruluğunu kanıtlamaya <u>gerek duymam.</u>	TK	K	KS	KM	HK
15. Derste yapmak istediğim deneylerin, merak ettiğim soruların cevabını bulmamı sağlamasını isterim.	TK	K	KS	KM	HK
16. Öğretmenin bir konuyu anlatırken bana sorular sormasını isterim.	TK	K	KS	KM	HK
17. Öğretmenin sorduğu soruların beni düşünmeye zorlamasını <u>istemem.</u>	TK	K	KS	KM	HK
18. Derste öğrendiğim konularla ilgili daha derin araştırmalar yapmak isterim.	TK	K	KS	KM	HK
19. Öğretmen konuya girerken ilgimi çekecek sorular sormasını isterim.	TK	K	KS	KM	HK
20. Bilimsel sonuçları elde etmek için deney yapmam gerektiğini düşünürüm.	TK	K	KS	KM	HK
21. Beklediğim sonucu alamazsam yaptığım deneyi tekrar gözden geçiririm.	TK	K	KS	KM	HK
22. Derste öğrendiklerimi başka kaynakları araştırarak doğruluğunu kontrol ederim.	TK	K	KS	KM	HK

EK-12. ABY'ye Dayalı Ders Planı 1

SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME	
DERS PLANI 1	
Etkinliğin Adı: Atom ve Tarihsel Gelişimi Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
Etkinlikle İlişkili MEB Kazanımları	F.7.4.1.1. Atomun yapısını ve yapısındaki temel parçacıklarını söyler. F.7.4.1.2. Geçmişten günümüze atom kavramı ile ilgili düşüncelerin nasıl değiştiğini sorgular.
Etkinlikle İlişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler model oluştururlar. (Bilimsel Bilgi) - Öğrenciler yaptıkları modeller üzerine tartışma yaparlar. (Bilimsel pratikler) - Öğrenciler bilimsel bilginin değişebilirliğini fark ederler. (Bilimsel Bilgi) - Öğrenciler, mevcut durumu açıklamak için önceki modellerden yararlanırlar. (Bilimsel Bilgi) - Öğrenciler Marie Curie'nin hayatını incelerler. (sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler, bilimsel değerler sistemi, finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler ile politik güç yapıları) - Öğrenciler bilim insanlarının niteliklerini öğrenirler. (Bilimin amaç ve değerleri) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler)
UYGULAMA	
SS: YÖNLENDİRME	1) Öğretmen derse, içinde ne olduğunu bilmedikleri bir hediye paketiyle gelir ve öğrencilere “İçinde ne olduğunu bilmediğiniz bir hediye paketi hakkında yorumda bulunabilir misiniz?” ve “Paketin içinde ne olduğunu bilmek için bana hangi soruları sorabilirsiniz?” gibi sorular yöneltir. Öğrencilerden gelen yanıtların ardından, öğretmen bu sorunun cevabından neden emin olamadıklarını tekrar sorar ve öğrencilerin tahminlerini alır. Bu süreç, öğrencilerin sorgulama becerilerini geliştirerek sürecin rehberliğini sağlar. (Sorulan sorular, sorgulama işlemine rehberlik eder.)
SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğretmen, “Kutunun içerisinden birkaç adet küp şeker çıkarır. Küp şekerleri ezerek toz haline getirir ve öğrencilere şöyle der: ‘Toz şekerlere baktığımızda daha küçük taneler görüyoruz. Bu taneler, küp şekerin özelliğini taşır. Şimdi bunları daha da küçük parçalara ayırdığımızı hayal edin. Hala küp şekerin özelliğini taşımaya devam edeceklerdir. Ancak küp şekerin özelliğini taşıyan en küçük tanecik de parçalandığında, artık küp şekerin özelliğini taşımayan farklı parçacıklar oluşur. Bu parçacıklar, küp şekeri oluşturan ve maddenin yapı taşları olan atomlardır.’ diyerek sorularını sürdürür. 2) Öğretmen, “Şimdi kendinizi bir bilim insanı olarak hayal edin. Geçmişte atomla ilgili ilk görüşü ortaya atan filozof bu fikri nasıl ortaya koymuştur? Maddelerin atomlardan oluştuğunu düşünen bilim insanlarının, bir atom modeli oluşturabilmek için hangi bilgilere sahip olmaları gerekir?” sorusunu öğrencilere yöneltir. (Sorulan sorular, sorgulama işlemine rehberlik eder.) 3) Öğrencilerin verdiği yanıtlar tahtaya yazılır ve bu yanıtlar, araştırma sorusu olarak yapılandırılır. (Bilimsel araştırmalar her zaman bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test edilmez.)

SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme-Deney Yapma-Verileri Yorumlama) ve Sonuç Çıkarma	1- Öğretmen, öğrencileri gruplara ayırır ve her bir gruba atomun yapısında proton, nötron, elektron ve katmanları temsil eden dört renk oyun hamuru verir. Öğrenciler, daha önce verdikleri yanıtlar doğrultusunda atom modeli oluşturmak için gerekli bilgileri öğrenir ve öğretmenin ipuçlarıyla birlikte oyun hamurlarını kullanarak atom modelini oluştururlar. 2- Diğer aşamada, öğretmen “Atomun Tarihsel Gelişimi” ile ilgili MEB kitabında yazan kısa metinlerin incelemelerini sağlar. İlk olarak, ilk paragraf sesli okunarak tartışılır. Ardından, öğretmen öğrencilerden karton üzerinde oluşturacakları posterin ilk aşamasını, yani Dalton atom modelini çizmelerini ve bu modelin özelliklerini (çıkış tarihi, şekli vs.) aynı kağıda not etmelerini ister. Geriye kalan dört paragraf için aynı süreç tekrarlanır. (Sorgulama işlemi sonuçlara etki eder. Aynı işlemi yapan insanlar aynı sonuçlara ulaşmayabilirler. Çıkarımlar, toplanan verilere ve önceden bilinenlere dayanarak yapılır) 3- Öğretmen, Marie Curie'nin hayatını anlatan videoyu izletir. Marie Curie'nin hayatının bilimsel çalışmalarına olan etkilerini, olumlu ve olumsuz yanlarını ve toplum üzerindeki etkilerini öğrencilere sorar. Bu konu ile ilgili çalışma kağıdı, video sonrasında her grup tarafından doldurulur. EK-13
SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1- Öğrencilerden bir futbol sahası hayal etmeleri istenir ve bunun üzerinden bir analogi kurulur. Öğretmen, “Atomu büyütüp bir stadyum gibi düşünelim. Elektron, stadyumdaki bir toplu iğne başı kadar küçük, proton ise bir futbol topu büyüklüğündedir. Stadyumun etrafında dolaşan kuşlar ise atomun katmanlarını temsil eder.” diyerek atomun yapısını açıklar. 3- Öğrencilere, aynı metni okuyup çalışmalara başladıkları halde herkesin farklı sonuçlar çıkardığı vurgulanır.
DEĞERLENDİRME	
SS: Sunma ve İletişim	1- Son olarak yapılan çalışmalardan sonra öğrenciler gruplar halinde tahtaya çağırılır ve yaptıkları posterleri gruplar halinde sunarlar. 2- Her grup üyesinin görüşünün alınmasına dikkat edilir. 3- Sunum değerlendirme formuna göre değerlendirme yapılır. EK-14

MARIE CURIE

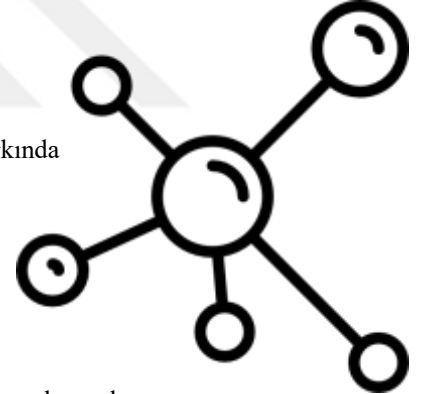
1. Marie Curie'nin bilime olan merakı ne zaman başlamıştır ve çalışmalarını neler etkilemiştir? Bu durum bilim çarkında hangi bileşeni gösterir?



2. Ülkede yaşanan belirsizlik ve savaş durumları bilim çarkında hangi etkenleri anlatır?

3. Ülkesine geri dönme hayalini kurup onları gururlandırmak isteyen Marie Curie'nin yaşadıkları bilim çarkında hangi bileşenleri anlatır?

4. “Gezici Üniversitelerde” eğitim gören Marie Curie'nin durumu bilim çarkında hangi bileşen ile anlatılır?

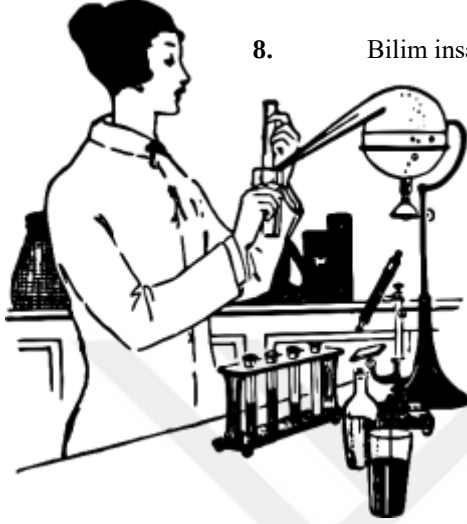


5. Marie Curie evlendiğinde bilimsel çalışmalara ara vermiş midir? Bilim insanları çalışma yapmak için sosyal hayattan uzak mı yaşamak zorundadırlar?



6. Marie Curie'nin aklında çok soru olmasına rağmen neden belli sorular üzerine araştırmalar yapıyor?

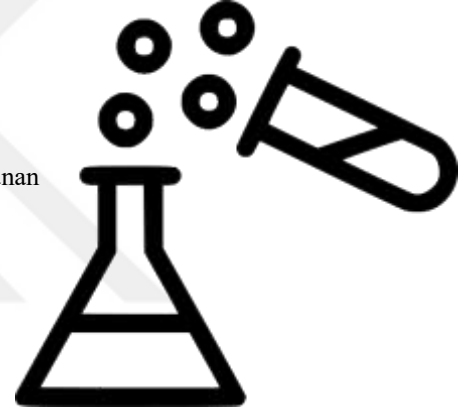
7. Evlenmeden önce yeniden ülkesine dönerek orda yaşamak için şansını denemesi bize bilim çarkı bileşenlerinden hangisini gösterir?



8. Bilim insanları bir çalışma yürütürken sadece onunla mı ilgilenmelidirler, yoksa başka çalışmaları da ilerletebilirler mi?

9. Yaptıkları çalışmaları tüm ülkeye açarak herkesin faydalanmasını sağlamaları bilim çarkı bileşenlerinden hangisini ifade eder?

10. Bilimsel kongrelerde çalışmalarının paylaşılması ile ödül almaya hak kazanan Marie Curie kadın olduğu için ayrımcılığa uğramıştır. Bu durumları bilim çarkında hangi bileşenler gösterir?



11. Marie ve Pierre Curie'nin laboratuvarları için asistan tutmaları ve araştırmalarını daha da kurumsallaştırmaları bilim çarkında hangi bileşenleri gösterir?

12. Marie Curie'ye bakarak bilim insanlarının hangi özelliklere sahip olması gerektiğini söyleyebiliriz?

EK-14. Etkinlik Değerlendirme Formu**DEĞERLENDİRME FORMU**

Ölçütler	Düzeyler				
	Çok İyi				Yetersiz
	5 Puan	4 Puan	3 Puan	2 Puan	1 puan
1. Etkili bir giriş yapma					
2. Konu ile ilgili temel ilke ve kavramları bilme					
3. Görsel açıdan tasarımı ve organizasyon					
4. ABY kategorilerini vurgulama					
5. ABY bileşenleri arasında ilişki kuruldu mu? Kurulan ilişkiler tutarlı mı?					
6. Zamanı verimli kullanabilme					
7. Grupta herkesin söz alması					
Toplam Puan					

EK-15. ABY'ye Dayalı Ders Planı 2

SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME	
DERS PLANI 2	
Etkinliğin Adı: Molekül Modelleri	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar
Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
Etkinlikle İlişkili MEB Kazanımları	F.7.4.1.3. Aynı veya farklı atomların bir araya gelerek molekül oluşturacağını ifade eder. F.7.4.1.4. Çeşitli molekül modelleri oluşturarak sunar.
Etkinlikle ilişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler, açıklamalarını sunmak için modeller çizerler. (Bilimsel Bilgi) - Öğrenciler yaptıkları modeller üzerine tartışma yaparlar. (Bilimsel pratikler) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler)
UYGULAMA	
SS: YÖNLENDİRME	1- Öğretmen derse başladığında, öğrencilere “Çevremizde gördüğümüz maddelerin renk, koku, tat gibi birçok farklı özelliği vardır. Sizce maddelerin bu özelliklerinin birbirinden farklı olmasını sağlayan nedir?” sorusunu yöneltir ve öğrencilerin verdiği cevapları tahtaya yazar. (Sorulan sorular sorgulama işlemine rehberlik eder.)
SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğretmen, öğrencilerle gruplar oluşturur ve onlara “Doğada atomlar tek olarak bulunabileceği gibi, birden fazla atom da bir arada, toplu hâlde bulunabilir. Gözle görülemez ve duyu organlarıyla algılanamaz olan atomlar birbirine bağlanarak gruplar oluşturur.” şeklinde açıklamalar yapar. 2- Öğretmen ayrıca, öğrencilere “Bir molekül modeli gördüğünüzde, molekülün yapısında kaç cins atom olduğunu anlayabilir misiniz? Eğer anlayabiliyorsanız, nasıl anlarsınız?” sorusunu sorarak verilen cevaplara göre öğrencilerin araştırma sorusu oluşturmalarına yardımcı olur. (Bilimsel araştırmalar her zaman bir soru ile başlar, ancak her zaman bir hipotez testi yapmaz.)
SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme-Deney Yapma-Verileri Yorumlama) ve Sonuç Çıkarma	1- Öğretmen bu aşamada, öğrencilere çalışma kağıtlarını dağıtarak her bir gruptan yönergelere uygun şekilde molekül model kitleriyle molekül modelleri oluşturmalarını ister. Öğrenciler, oluşturdıkları modelleri kuru boyalarla kağıt üzerine çizerler. EK-16

SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1- Öğretmen, konu ile ilgili birkaç açıklama yapar: “İki veya daha fazla aynı ya da farklı atomun bir araya gelerek oluşturdukları bağımsız atom grubuna molekül denir. Moleküllerden oluşan maddelere ise molekül yapılı madde adı verilir. Molekülün yapısındaki atom sayısı, maddenin cinsine göre çok farklılık gösterebilir.” 2- Bu aşamada öğretmen, her grubun molekül modellerini ve çalışma kağıdını birbirine göstermesini ister. Öğrencilere, aynı yönergelerin verildiği halde herkesin farklı molekül modelleri oluşturduğu vurgusu yapılır. (Aynı işlemi yapan insanlar aynı sonuçlara ulaşmayabilirler)
DEĞERLENDİRME	
SS: Sunma ve İletişim	1- Son olarak yapılan çalışmalardan sonra öğrenciler gruplar halinde tahtaya çağırılır ve yaptıkları çalışmaları gruplar halinde sunarlar. 2- Sunum sırasında her grup üyesinin görüşünün alınmasına dikkat edilir. 3- Sunum değerlendirme formuna göre değerlendirme yapılır. EK-14

EK-16. Molekül Modelleri Oluşturuyorum Etkinlik Kağıdı

MOLEKÜL MODELLERİ OLUŞTURUYORUM

Etkinliğin Yapılışı

- 1) Model kiti içerisinde yer alan boncukları kullanarak moleküller modelleri hazırlayınız.
- 2) Yaptığınız modellerin aynısını kuru boyaları kullanarak aşağıda yer alan numaralı yerlere çiziniz.
- 3) 3 adet aynı ve 3 adet farklı atomlardan oluşan moleküller yapınız.
- 4) En son en aşağıda yer alan tabloyu uygun olacak şekilde doldurunuz.

A) Aynı atomlardan oluşan moleküller

1)

2)

3)

B) Farklı atomlardan oluşan moleküller

4)

5)

6)

Molekül Model Numarası	Atom Çeşidi	Atom Sayısı
1		
2		
3		
4		
5		
6		

- Sizce neden atomları renklendirdiniz?

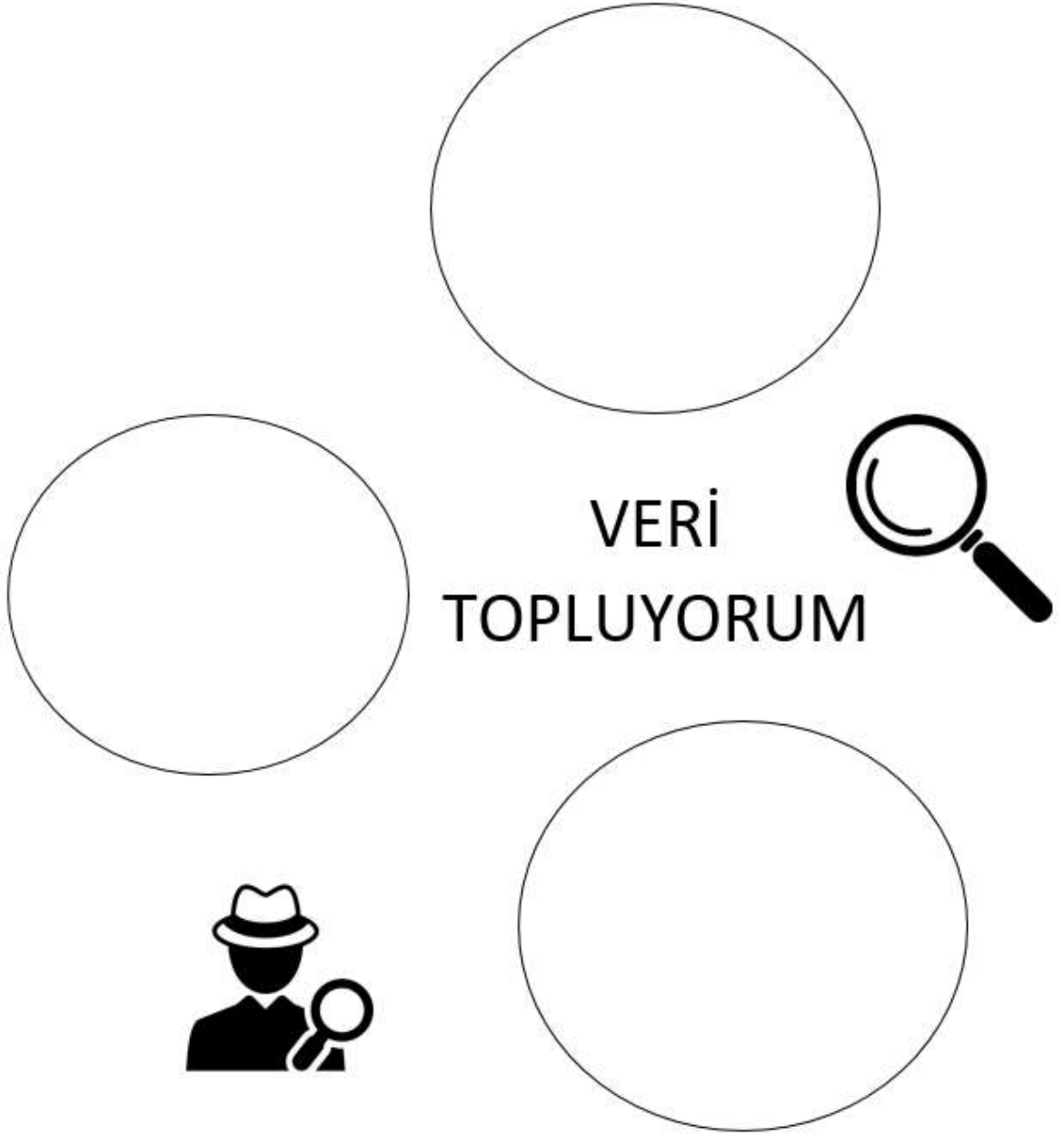
Cevap:

EK-17. ABY'ye Dayalı Ders Planı 3

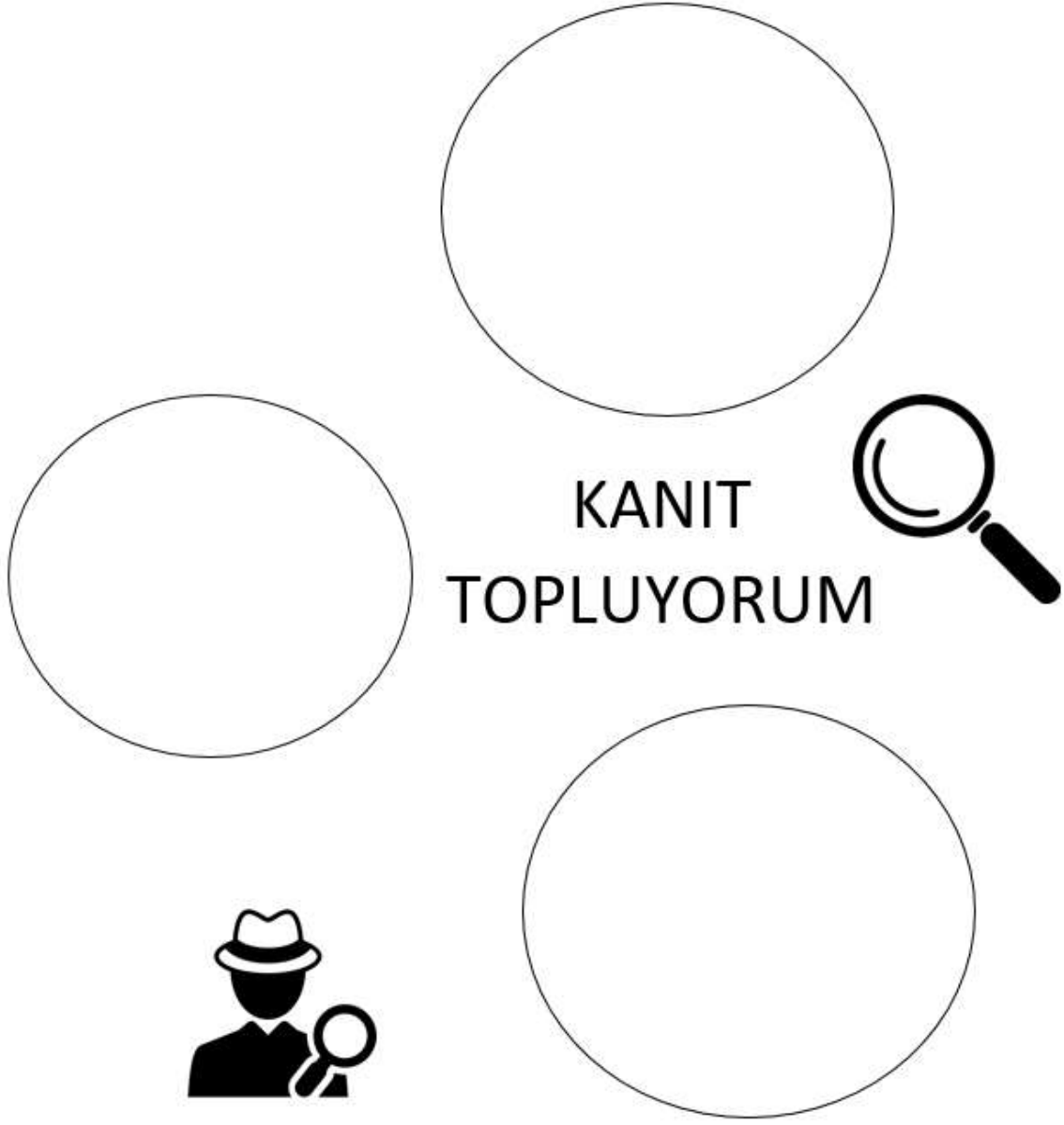
SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME	
DERS PLANI 3	
Etkinliğin Adı: Saf Maddeler	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar
Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
Etkinlikle İlişkili MEB Kazanımları	F.7.4.2.1. Saf maddeleri, element ve bileşik olarak sınıflandırarak örnekler verir. F.7.4.2.2. Periyodik sistemdeki ilk 18 elementin ve yaygın elementlerin (altın, gümüş, bakır, çinko, kurşun, civa, platin, demir ve iyot) isimlerini, sembollerini ve bazı kullanım alanlarını ifade eder. F.7.4.2.3. Yaygın bileşiklerin formüllerini, isimlerini ve bazı kullanım alanlarını ifade eder.
Etkinlikle İlişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler, sınıflandırma yaparlar. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler araştırma yaparlar. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler topladıkları verileri kanıta dönüştürerek bilimsel yöntem kullanırlar. (Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar)
UYGULAMA	
SS: YÖNLENDİRME	1- Öğretmen derse “Çevrenizde gördüğünüz cisimlerin hangileri tek çeşit maddeden oluşmaktadır?” sorusu ile başlar. Öğrencilerden gelen cevapların ardından “Su içtiğinizde çok farklı tatlar hissetmezsiniz. Çünkü su tek çeşit moleküllerden oluşur. Naneli limonata içtiğinizde ise birçok farklı tadı birlikte alırsınız. Limonun ekşi tadı yanında şekerin tatlılığını ve nanelenin de ferahlığını hissedersiniz. Çünkü limonata farklı molekül çeşitleri içerir.” diyerek devam eder.
SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğrencilere “Siz de çevrenizdeki maddelerde benzer durumla karşılaştınız mı? Örnek verebilir misiniz?” sorusu sorularak onların örnekler vermesi beklenir. Öğrencilerin verdiği örnekler tahtaya karışık bir şekilde yazılır. Yazılan örnekler bakılarak öğrencilerin bunları kendi grupları ile beraber gruplandırması istenir. Bu aşamada öğretmen “Verdiğiniz örnekler bakarak sizce yapacağımız araştırma sorusu ne olur? şeklinde soru yönelterek öğrencilerden kendi, araştırma sorusunu yazmalarını ister. 2- Öğretmen bu aşamada öğrencilere “Sizce element ve bileşikler günlük hayatta kullanılır mı?” sorusunu yönlendirir. Öğrencilerden bu sorunun cevabını öğrenmek için merak ettikleri soruları sormalarını ister. 3- Öğrencilerin günlük hayatta kullandığımız elementler ve bileşiklerle ilgili araştırma ödevini derse gelmeden önce getirmeleri istenir. Her iki aşama içinde öğrencilerin sorduğu sorular tahtaya yazılır ve araştırma sorusu olarak yapılandırılır. (Bilimsel araştırmaların hepsi bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test etmez)

SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme-Deney Yapma-Verileri Yorumlama) ve Sonuç Çıkarma	1- Öğrenciler ile beraber “Saf Madde ve Karışımlar” ile ilgili bir kavram haritası hazırlanır ve bu sınıflandırmayı kendi grup arkadaşları ile beraber yaparlar. 2- Öğretmen yapılan gruptan sonra kavram haritasında saf maddeler başlığı altında yer alan “Bileşik ve Element” kavramları üzerinde durur. İlk olarak konu ile ilgili bir video açar ve öğrencilerden çalışma kağıdına örnekler çizmelerini ister. 3- Araştırmaları ile gelen öğrencilere araştırmaları hakkında daha fazla soru sorularak yaptıkları çalışmanın yeterliliği hakkında dönütler verilir. Sonuçlara göre daha fazla araştırma yapmaları için öğrenciler yönlendirilir. Veri toplayan öğrenciler (EK-18) topladıkları verileri yorumlayarak kanıt dönüştürerek araştırma sonuçlarını üretir. EK-19 (Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmak zorundadır. Bilimsel veri ile bilimsel kanıt aynı şey değildir.)
SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1- Kanıtlarını kağıtlarına yazan öğrenciler bir açıklama üreterek yeniden araştırmaya yönelir. 2-Yapılan çalışmanın ardından sınıf arkadaşları ile beraber müzakere ederek grup halinde bilimsel açıklama kağıtlarını doldururlar (EK-20).
DEĞERLENDİRME	
SS: Sunma ve İletişim	1- Son olarak yapılan çalışmalardan sonra öğrenciler gruplar halinde tahtaya çağırılır ve ulaştıkları bilimsel bilgileri sınıf ile müzakereden sonra grup halinde sunarlar. 2- Her grup üyesinin görüşünün alınmasına dikkat edilir.

EK-18. Veri Topluyorum Etkinlik Kağıdı



EK-19. Kanıt Topluyorum Etkinlik Kağıdı





EK-21. ABY'ye Dayalı Ders Planı 4

SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME	
DERS PLANI 4	
Etkinliğin Adı: Karışımlar	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar
Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
Etkinlikle İlişkili MEB Kazanımları	F.7.4.3.1. Karışımları, homojen ve heterojen olarak sınıflandırarak örnekler verir. F.7.4.3.2. Günlük yaşamda karşılaştığı çözücü ve çözünenleri kullanarak çözelti hazırlar.
Etkinlikle İlişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler, sınıflandırma yaparlar. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler verilen metne bakarak ABY kategorilerini metin üzerinden işaretler. (Sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler, bilimsel değerler sistemi, finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler ile politik güç yapıları) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler)
UYGULAMA	
SS: YÖNLENDİRME	1- Öğretmen derse “Günlük yaşamınızda kullandığınız maddelerin saf madde mi ya da karışım mı olduğunu anlayabilmeniz için hangi özelliklerini bilmeniz gerekir? diyerek başlar.
SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğrencilerden gelen cevaplar tahtaya yazılarak not edilir. Öğretmen öğrencilerden MEB kitaplarına bakarak gördükleri karışımları sınıflandırmalarını ister. Bu aşama içinde öğrencilerin sorduğu sorular kendileri tarafından not edilir ve araştırma sorusu olarak yapılandırılır. (Bilimsel araştırmaların hepsi bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test etmez) 2- Öğretmen, öğrencilerin sınıflandırdığı karışımların homojen karışımlar olduğunu ve bu karışımların çözelti olarak adlandırıldığını açıklar. Ardından, öğrencilerden homojen karışımları çözücü ve çözünen olarak sınıflandırmalarını ve her birinin fiziksel hallerini yazmalarını ister.

SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme-Deney Yapma-Verileri Yorumlama) ve Sonuç Çıkarma	1- Öğrenciler verilen maddeleri gruplandırarak yaptıkları gruplamaların gerekçelerini grup arkadaşları ile tartışır. 2- Kendilerine sözlü olarak verilen yönergeleri kullanarak MEB kitaplarında yer alan karışımları hazırlayan öğrenciler topladıkları verileri (EK-18), oluşturdukları karışım türlerine göre kitaplarına not alırlar. Daha sonra bu verilerden kanıt üretirler. EK-19 Kanıtlarına göre yaptıkları açıklamanın ardından öğrenciler kitaplarından faydalanır ve öğretmen de konu hakkında bilgi vererek öğrencileri karışımları sınıflama konusunda destekler. (Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmak zorundadır. Bilimsel veri ile bilimsel kanıt aynı şey değildir.) 4- Öğrencilere homojen karışımlara çözelti dendiği belirtilir. Ve MEB kitabında maddelerin hallerine göre yer alan tabloyu yaparak çözücü, çözünen ve çözelti gibi kavramları pekiştirecekleri alıştırmalar yapılır. 5- Öğrencilere karışımlar ile ilgili bir haber metni dağıtılır ve öğrenciler ile beraber ilk olarak sınıfta okunur. Sonrasında öğrenciler ABY kategorilerine göre verilen metni incelerler.
SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1- Konu ile ilgili çalışmalarını tamamlayan öğrenciler bilimsel bilgi üretirler. EK-20 Çıkardıkları sonuçlar öğrenciler tarafından sınıf ile müzakere edilir. 2- Haber metninde yer alan ABY bileşenlerini bularak arkadaşları ile karşılaştırarak tartışır. EK-22
DEĞERLENDİRME	
SS: Sunma ve İletişim	1- Son olarak yapılan çalışmalardan sonra öğrenciler gruplar halinde tahtaya çağırılır ve ulaştıkları bilimsel bilgileri sınıf ile müzakereden sonra grup halinde sunarlar. 2- Her grup üyesinin görüşünün alınmasına dikkat edilir.

GÖZ TANSİYONU İÇİN YENİ BİR TEDAVİ GELİŞTİRİLDİ



Göz tansiyonu tedavisi için bir protein karışımının göze enjekte edilmesine dayalı yeni bir tedavi geliştirildi.

Northwestern Üniversitesi Tıp Fakültesinden bir grup araştırmacı, göz tansiyonu (glakom) tedavisi için yeni bir yöntem geliştirdi. Dr. Benjamin R. Thomson ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmanın sonuçları **Nature Communications**'ta yayımlandı.

İnsanların gözlerinde, kornea ile göz merceği arasında yer alan çeşitli odacıklarda göz sıvısı olarak adlandırılan bir sıvı bulunur. Büyük çoğunluğu su olan, düşük yoğunluklu bu sıvının göz küresine şekil vermek ve göz kuruluşunu engellemek gibi çeşitli işlevleri vardır.

Göz sıvısı, ömür boyunca bir taraftan devamlı üretilir bir taraftan da çeşitli kanallarla boşaltılır. Sağlıklı bir insanda göz sıvısının üretilme ve boşaltılma hızları aynıdır. Göz tansiyonu hastalarında ise göz sıvısı olması gerektiği hızla boşaltılmaz. Bu durum gözde aşırı basınç oluşmasına, göz sinirinin zarar görmesine ve sonunda körlüğe yol açar.

Günümüzde dünya genelinde 60 milyondan fazla insan göz tansiyonu sorunu yaşıyor. Altmış yaş üzeri insanlarda ortaya çıkan körlük sorunlarının en yaygın nedeni de göz tansiyonu. Bugün göz tansiyonu için geliştirilmiş göz damlaları, haplar ve lazer tedavileri olsa da hastalık tam olarak iyileştirilemiyor.

Northwestern Üniversitesi'nden Prof. Dr. Susan Quaggin ve öğrencileri, göz tansiyonu tedavisi için yeni bir yöntem geliştirerek bu fikri bilim konferanslarında paylaşmışlardır. Araştırmacılar, ilk olarak gen düzenleme yöntemlerinden yararlanarak göz tansiyonu sorunu yaşayan fareler üretmiş, daha sonra farelerin gözlerine bir protein karışımı enjekte ederek yapısı bozulduğu için işlevini yerine getiremeyen genlerden kaynaklanan sorunları gidermeye çalışmışlar. Sonuçta, farelerin gözlerinin normale döndüğu görülmüş. Ancak bu yöntem bazı çevreler tarafından önyargı ve şüphe ile karşılanmıştır. Prof. Dr. Susan Quaggin'e göre ilk olarak yapılan çalışmalarda toplum yararı düşünölmeli ve deneysel çalışmalar için önemli bir konu olarak görölmelidir. Bu konuda herkes destek sağlamalı ve bu yöntemi daha da ileri taşımak için herkesin ekip halinde çalışması gerekmektedir.

Bunun yanında Northwestern Üniversitesi ve Harward Üniversitesi iş birliği ile yapılan diğer bir çalışmada enjeksiyon yöntemiyle doğuştan gelen birincil göz tansiyonunun ortaya çıkmasının engellenebileceği de tespit edilmiş. Araştırmacılar aynı yöntemi sağlıklı yetişkin fareler üzerinde test ettiklerinde, farelerin gözlerindeki basıncın düştüğünü de gözlemlemişler. Bu durum yeterli maddi kaynak bulunursa yeni yöntemin yetişkin insanlarda da tedavi amacıyla kullanılabileceği anlamına geliyor.

Araştırmacılar bir sonraki hedeflerinin tedavi için kullandıkları protein karışımını insanların gözlerine aktarmaya en uygun yöntemi bulmak olduğunu söylüyorlar. Ancak hangi ölkeler ile anlaşma sağlanıp sağlanmayacağı henüz bilinmiyor.



EK-23. ABY'ye Dayalı Ders Planı 5

SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME	
DERS PLANI 5	
Etkinliğin Adı: Çözünürlüğe Etki Eden Değişkenler	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar
Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
Etkinlikle ilişkili MEB Kazanımları	F.7.4.3.3. Çözünme hızına etki eden faktörleri deney yaparak belirler.
Etkinlikle ilişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler, test edilebilir bir hipotez oluştururlar. (Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar) - Öğrenciler, değişkenleri belirlerler. (Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar) - Öğrenciler, elde edilen verilere dayanarak hipotez test ederler. (Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar) - Öğrenciler iş birliği yaparak grup halinde deneysel süreçlerini yürütürler. (Bilimin amaç ve değerleri) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler topladıkları verileri kanıta dönüştürerek bilimsel yöntem kullanırlar. (Yöntemler ve Yöntemsel Kurallar)
UYGULAMA	
SS: YÖN LENDİRME	1- Öğretmen derse “Eliniz kirlendiğinde sıcak suyla yıkayınca mı daha çabuk temizleniyor soğuk suyla yıkayınca mı? diyerek başlar.
SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğrencilerden gelen cevapların ardından “Çaya şeker attığımızda eridi deriz. Sizce orda kullandığımız erime kavramı doğru mu? Doğru söyleyebilmek için hangi kavramı kullanmamız gerekir? sorusunu yöneltir. 2- Öğretmen öğrencilere çözünme kavramını aktardıktan sonra homojen karışımların çözelti olduğunu vurgular. Yeniden çay örneğinden devam ederek “Sizce çayıma attığım şeker nasıl daha hızlı çözünür?” sorusunu yönlendirir. 3- Gelen cevaplar tahtaya yazılır. Örneğin; öğrenciler sıcaklık ile ilgili bir fikir söylediğinde öğretmen bunu deney yapabilecekleri hipotez oluşturacakları bir cümleye dönüştürmeleri için öğrencileri yönlendirir. Her grup kendi hipotezlerini oluşturur. (Bütün araştırmalarda takip edilen tek bir bilimsel yöntem yoktur.)
SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme- Deney Yapma- Verileri Yorumlama) ve Sonuç Çıkarma	1- Oluşturulan hipotezlerin ardından öğrenciler sırayla deneylerini kurdukları hipotezlere göre tasarlarlar. Yaptıkları deneyler ile eş zamanlı çalışma kağıtlarını doldururlar. EK-24 Yaptıkları çalışma içerisinde özellikle değişkenler konusuna dikkat ederler. Çalışma kağıtlarının ardından buldukları kanıtları “kanıt bulma” kağıtlarına not alırlar. EK-19 (Bilimsel veri ile bilimsel kanıt aynı şey değildir.)
SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1- Konu ile ilgili çalışmalarını tamamlayan öğrenciler elde ettikleri kanıtlardan bilimsel bilgi üretirler. EK-20 Çıkardıkları sonuçlar öğrenciler tarafından sınıf ile müzakere edilir.
DEĞERLENDİRME	
SS: Sunma ve İletişim	1- Son olarak yapılan çalışmalardan sonra öğrenciler gruplar halinde tahtaya çağırılır ve ulaştıkları bilimsel bilgileri sınıf ile müzakereden sonra grup halinde sunarlar. 2- Her grup üyesinin görüşünün alınmasına dikkat edilir.

NE KADAR HIZLI ÇÖZÜNÜYOR?

HİPOTEZ 1: _____

TEMAS YÜZEYİNİN ETKİSİ	SÜRE
Toz şekerin çözülmesi	
Pudra şekerinin çözülmesi	

Bağımsız Değişken:

Bağımlı Değişken:

Kontrol Edilen Değişken:

HİPOTEZ 2: _____

KARIŞTIRMANIN ETKİSİ	SÜRE
Karıştırılan şekerin çözülmesi	
Karıştırılmayan şekerin çözülmesi	

Bağımsız Değişken:

Bağımlı Değişken:

Kontrol Edilen Değişken:

HİPOTEZ 3: _____

SICAKLIĞIN ETKİSİ	SÜRE
Sıcak sudaki toz şekerin çözünmesi	
Soğuk sudaki toz şekerin çözünmesi	

Bağımsız Değişken:

Bağımlı Değişken:

Kontrol Edilen Değişken:

EK-25. ABY'ye Dayalı Ders Planı 6

SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME		
DERS PLANI 6		
	Etkinliğin Adı: Geri Dönüşüm Robotu Tasarlıyoruz Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
	Etkinlikle İlişkili MEB Kazanımları	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.
	Etkinlikle İlişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler, sonuçları açıklamak için akıl yürütme kullanırlar. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler geliştirdikleri projelerle insanlığa hizmet ederler. (Bilimin amaç ve değerleri) - Öğrenciler iş birliği yaparak mühendislik tasarım süreçlerini yürütürler. (Bilimin amaç ve değerleri)
UYGULAMA		
MTS: Problemin Belirlenmesi	SS: YÖNLENDİRME	1- Öğretmen derse “Evinizde hangi tür atıklar ortaya çıkıyor? Bunları ne yapıyorsunuz? soruları öğrencilere yöneltilerek sınıf içerisinde tartışma ortamı oluşturulur. 2- Öğrencilere atıkların geri dönüşümü ile ilgili birçok haber gösterilir. Ardından “Siz bu konuda nasıl bir katkı sağlayabilirsiniz?” sorusu yönlendirilir. Öğrencilerden olumlu dönüşler beklenir ve kendi evlerinde evsel atıkların geri dönüşümü ile ilgili neler yaptıkları öğrenilir. 3- Öğretmen öğrencileri bu aşamadan vereceği görev için hazırlar. “Bulunduğunuz şehirde yer alan büyükşehir belediyesi “Bulunduğunuz şehirde yer alan büyükşehir belediyesi “Sıfır Atık projesi kapsamında “Evsel Atıkların Geri Dönüşümü” konusunda proje geliştirecek mühendislerden oluşan ekipler kurmuştur. Siz ve takım arkadaşlarınız mühendislerden oluşan bu ekiplerden biri olmaya hak kazandınız. Yapacağınız projenin tasarım aşamasında ilk önce ön araştırmalar yapıp kritere bakarak çözüm önerileri geliştireceksiniz. En iyi çözüm önerisi geliştirdikten sonra belirlenen sorulara yanıtlar verip çalışmanızın ön tanıtımını yapacaksınız. Ön tanıtımı geçen ekipler projenin üç boyutlu modelini oluşturacaklar. Modelin de tamamlanmasının ardından tüm kriterlerde başarılı olarak raporunu en iyi şekilde sunan takım, belediye tarafından ödüllendirilecek ve projesi uygulamaya geçecektir.”

MTS: Çözüm Önerilerinin Sunulması ve Değerlendirilmesi	SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğrencilerden gelen cevapların ardından yapılacak olan etkinlik için sınıfta tahtaya 3 adet geri dönüşüm kutusu getirilir ve atık malzemelerin yazılı olduğu kağıtlar hazırlanır. Öğrencilere “Bir maddenin hangi gruba dahil olacağını anlamamız için o madde hakkında neleri bilmeliyiz?” sorusu yönlendirilerek araştırma sorularını oluştururlar. (Bilimsel araştırmaların hepsi bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test etmez) 2- Öğrencilerden belirlenen kriterlere dikkat ederek proje ile ilgili çözüm önerileri geliştirmeleri ve geliştirdikleri çözüm önerilerini açıklamaları istenir. Çözüm önerilerini verilen kağıtlara çizerek açıklarlar. EK-26 3- Öğrencilere yapacakları proje için “Projeniz için hangi bilgilere sahip olmalısınız?” sorusu yönlendirilir ve onlara konularında araştırma yapmaları için fırsat verilir. Öğrenciler bu sayede araştırma sorularını yapılandırırlar.
MTS: Çözüm Önerilerinin Sunulması ve Değerlendirilmesi	SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme-Deney Yapma-Verileri Yorumlama ve Sonuç Çıkarma Kurma)	1- Öğrencilere oluşturdukları sorular ile beraber sınıflandırma ile ilgili EBA üzerinden bir video izletilir. Gerekli bilgileri buradan öğrendikten sonra kağıtlara yazılı olan malzemeleri ise ilgili geri dönüşüm kutusuna atarlar ve bu malzemelerin geri dönüşüm aşamasında hangi kutuya atılması gerektiği sonucuna ulaşırlar. Ayrıca bu aşamada hiçbir sınıfa dahil olamayan maddelerinde geri dönüşümü olmayan maddeler olarak sınıflandırıldığını sorgularlar. 2- Öğrencilerden geri dönüşüm konusunda kendilerinin araştırarak buldukları yapılmış çalışmaları gruplandırarak birbirlerine benzer ve farklı yönlerini bulmaları beklenir. Bu gruplamanın ardından, öğrenciler kendi kriterlerine hangi çalışmalarında daha uygun olduğunu seçer ve açıklama yaptıkları çözüm önerileri ile de karşılaştırma yaparlar. (Sorgulama işlemi sonuçlara etki eder.) 3- Öğrenciler kendi araştırma soruları ve yaptıkları araştırmalar ışığında hazırladıkları çözüm önerileri arasından en iyi öneriyi seçmeyi amaçlarlar. (Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmak zorundadır.) Yaptıkları seçimin ardından öğrencilere aşağıda yer alan soruların olduğu kağıt dağıtılır. En iyi çözüm olarak seçtikleri proje için araştırmalar yaparak ön formu doldurmaları beklenir (EK-27).
MTS: Prototipi Tasarlama ve Test Etme	SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1- Konu ile ilgili çalışmalarını tamamlayan öğrenciler elde ettikleri bilimsel bilgileri sınıfta paylaşırlar. 2- Öğrencilerden çizdikleri tasarımları verilen malzemeler ile üç boyutlu hale getirerek prototip oluşturmaları istenir. Eksik olan malzemeler laboratuvarından veya öğrencilerin kendileri tarafından temin edilir. 3- Tasarımlarını tamamlayan öğrenciler EK-28'te yer alan forma göre birbirlerini değerlendirir. Ardından okulda çalışan öğretmenler tarafından da değerlendirilerek dönütler alırlar. Yapılan bu değerlendirmenin ardından prototipler yeniden gözden geçirilir.
DEĞERLENDİRME		
MTS: Sunma ve İletişim	SS: Sunma ve İletişim	1- Yapılan son gözden geçirmenin ardından öğrenciler birbirlerini yeniden değerlendirerek değişime puan verirler. EK-28 2- Tüm aşamalar tamamlandıca sonuç olarak ürün ortaya konulur ve ürün hazırlanan afiş ve posterlerle beraber sunulur.

PROJEMİ TASARLIYORUM

Çözüm Önerileri



1)



2)

EK-27. Proje Tasarım Ön Değerlendirme Formu

PROJEMİ TASARLIYORUM

- Projenizi tasarlarken yola çıktığınız problem durumu nedir?



- Projenizin amacı nedir?

- Yapacağınız projenin öne çıkan özellikleri nedir?

- Tasarladığınız proje nerede ve ne şekilde kullanılacaktır?

- Projeyi tasarlarken hangi malzemelere ihtiyaç duyacaksınız?

- Projenizin maliyeti nedir? Tahmini olarak değerlendiriniz.



- Projenizin hayata geçmesi için gerekli şartlar nelerdir ve bunun için kimlerden izin alınmalıdır?

- Projenizin en güçlü yönleri ve sınırlılıkları nelerdir?

- Yapacağınız projeyi nasıl tanıtacaksınız?

- Çizdiğiniz farklı çözüm önerilerinden hangisini uygulamaya karar verdiniz? Neden?

- Yapacağınız proje kriterleri karşılıyor mu? Dikkatle değerlendiriniz?



EK-28. Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Dereceli Puanlama Anahtarı

Aşamalar	1 (Hedeflenen düzeyin altında)	2 (Hedeflenen düzeyde)	3 (Hedeflenen düzeyin üzerinde)
İhtiyacı ya da problemin belirlenmesi	İhtiyaç ya da problemi gerekli detay ve açıklık olmadan ifade eder. Kriter ve sınırlılıkların tanımlanmasında başarısızdır.	İhtiyaç ya da problemi açıkça ifade eder. Kriter ve sınırlılıkların çoğunu tanımlar.	İhtiyaç ya da problemi eksiksiz olarak ifade eder. Kriter ve sınırlılıklarının tamamını tanımlar.
İhtiyaç ya da problemin araştırılması	İhtiyaç ya da problem iyi araştırılmamış ve çözümlerin geliştirilmesinde yardımcı olamayacaktır.	İhtiyaç ya da problem yeterince araştırılmış ve çözümlerin geliştirilmesinde yardımcı olabilir.	İhtiyaç ya da problem ayrıntılarıyla araştırılmış ve çözümlerin geliştirilmesinde doğrudan yönlendirebilir.
Olası çözümler geliştirme	Akla yatkın olmayan fikirler ortaya koyar veya herhangi bir fikri yoktur. Tamamlanmamış çizimler üretir. Fikirler ve çizimler bir kavramı göstermemektedir.	Akla yatkın bir fikir ortaya koyar. Tasarım yapılan kavramları kısmen doğru olacak şekilde çizimlerle gösterebilmektedir.	Birden fazla akla yatkın çözüm ortaya koyar. Tasarım yapılan kavramları kısmen doğru bir şekilde çizimlerle gösterebilmektedir.
En iyi çözümü (leri) seçme	Olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini yeterince analiz edemez. İhtiyaç ya da problemin kriter ve sınırlılıklarına dayalı bir çözüm seçemez.	Olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini kısmen analiz eder. İhtiyaç ya da problemin kriter ve sınırlılıklarını kısmen değerlendirerek bir çözüm seçer.	Olası çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini ayrıntılarıyla analiz eder. İhtiyaç ya da problemin kriter ve sınırlılıklarını tüm yönleri ile değerlendirerek parlak bir çözüm seçer.
Prototipi yapılandırma	Prototip, görevin kriterlerini sınırlı ölçüde karşılar.	Prototip, görevin kriterlerini karşılar.	Prototip, görevin kriterlerini net ve detaylı bir şekilde karşılar.
Çözüm (leri) test etme ve değerlendirme	Veriler doğru bir şekilde kaydedilmemiş ya da prototipin performansını yansıtmamaktadır.	Veriler doğru olarak kaydedilmiş ve prototipin performansını yansıtmaktadır.	Veriler doğru olarak kaydedilmiş ve prototipin performansını yansıtmaktadır. Veriler yeniden tasarlama sürecinde açık bir biçimde yol göstericidir.
Çözüm(leri) sunma	Test sonuçları doğru bir şekilde raporlaştırılmamış ve nasıl gelişim göstereceği paylaşılmamıştır.	Ya test sonuçları doğru bir şekilde raporlaştırılmamış ya da nasıl gelişim göstereceği paylaşılmamıştır.	Test sonuçları doğru bir şekilde raporlaştırılmış ve nasıl gelişim göstereceği paylaşılmıştır.
Yeniden tasarlama	Tasarımı geliştirme, prototipin test ve değerlendirme sonuçlarına dayanmamaktadır.	Tasarımı geliştirme, prototipin test ve değerlendirme sonuçlarına dayanmaktadır.	Tasarımda, prototipin test ve değerlendirme sonuçlarına göre önemli iyileştirmeler yapılmıştır.

EK-29. ABY'ye Dayalı Ders Planı 7

SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME	
DERS PLANI 7	
Etkinliğin Adı: Atık Kontrolü Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
Etkinlikte İlişkili MEB Kazanımları	F.7.4.5.4. Yakın çevresinde atık kontrolüne özen gösterir. F.7.4.5.5. Yeniden kullanılabilir eşyalarını, ihtiyacı olanlara iletmeye yönelik proje geliştirir.
Etkinlikte İlişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler verilen argümantasyon süreci sonunda ABY kategorilerini belirleyerek not alır. (Sosyal değerler, sosyal kabul ve yayılım, profesyonel etkinlikler, bilimsel değerler sistemi, finansal sistemler, sosyal kurumlar ve etkileşimler ile politik güç yapıları) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler geliştirdikleri toplumsal projelerle sosyal fayda amaçlarlar. (Bilimin amaç ve değerleri)
UYGULAMA	
SS: YÖNLEN DİRME	1- Öğretmen derse “Günlük yaşamımızda karşılaştığımız atık problemleri nelerdir?” diyerek başlar. 2- Ayrıca öğretmen “Günlük yaşamımızda kullanmadığınız ama başka insanların ihtiyacını karşılayabilecek olan eşyalarınızı ne yapıyorsunuz?” diye öğrencilere soru sorar.
SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğrencilerden gelen fikirler doğrultusunda öğretmen, öğrencilerle birlikte konuyla ilgili haberleri araştırır. Ardından bu haberler birlikte yorumlanır ve öğretmen, haberler üzerinden sorular sorarak öğrencilerin zihinlerinde konuyla ilgili yeni soruların oluşmasını sağlamayı hedefler. 2- Öğrencilere “Yeniden kullanabileceğimiz eşyalarımızı insanlara ulaştırmak için neler yapabiliriz? sorusunu yönelterek onların gruplar halinde kendileri içerisinde tartışmasını sağlar. Ardından yapılacak olanlar ile ilgili bir liste hazırlayarak sonuca ulaşmaları için gereken soruları belirlemeleri sağlanır. (Bilimsel araştırmaların hepsi bir soru ile başlar ve her zaman bir hipotez test etmez. Sorulan sorular sorgulama işlemine rehberlik eder.)
SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme- Deney Yapma- Verileri Yorumlama) ve Sonuç Çıkarma	1- Toulmin Argüman Modeli'ne göre hazırlanan “Kim haklı?” çalışma kağıdı öğrencilere dağıtılır. Öğrenciler kağıtta yer alan sorulara yanıt vererek argümantasyon aşamalarını gerçekleştirmiş olurlar. EK-30 2- Belirlenen sorular ile beraber öğrenciler bunlara en iyi yanıt bulmaya çalışır ve geliştirecekleri projeleri boş kağıt üzerinde renkli bir şekilde çizimlerle anlatırlar.
SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1-Öğrenciler, yapılan argümantasyonu önce tartışma kağıdı üzerinde bireysel olarak kendi kendilerine yürütürler. Bu süreçte, dersin başında birlikte araştırdıkları haberleri kendi fikirleriyle birleştirerek ulaştıkları sonuçları kağıtlarına not ederler. 2-Öğrenciler hazırladıkları projelerinde grup arkadaşlarından da fikirler alarak onlarla iletişim halinde olurlar. Öğretmen ise öğrencilere yaptıkları çalışmalarda aynı yönergelerin verildiği ancak herkesin farklı proje ortaya çıkardığını vurgular.
DEĞERLENDİRME	
SS: Sunma ve İletişim	Son olarak öğrenciler grup halinde tartışmaya devam eder, farklı görüşleri değerlendirerek kendi fikirlerini savunurlar. Ardından ulaştıkları görüşlerin ABY'ye göre hangi kategoriye ait olduğunu belirleyip kağıtlarının arkalarına yazarlar. 2- Öğrenciler yeniden kullanılabilir eşyalarını ihtiyacı olanlara iletmeye yönelik projelerini sınıf arkadaşlarına sunarlar.

EK-30. Sosyobilimsel Argümantasyon Etkinlik Kağıdı

KİM HAKLI?

Selim Bey üç bloklu bir sitede oturmaktadır. Site sakinleri olarak sitede çöp atma konusunda sorun yaşamaktadırlar. Çünkü site çevresinde belediyeye ait bir çöp konteyneri bulunmamaktadır.



Site yönetimi, belediyeye ait siteye uzak olan konteynerlere çöpleri taşımak için site sakinlerinden oldukça yüksek bir fiyat istemektedir. Selim Bey ve komşuları bu sorunu belediyeye taşıdıklarında ise her siteye konteyner koyamayacaklarını ortak toplanma alanlarında, mahalledeki daha büyük meydanlarda zaten konteynerlerin bulunduğu yanıtını almışlardır. Bu sebeple site sakinleri bir daha bu konu ile ilgili belediyeye herhangi bir başvuruda bulunmamışlardır.



Sitede oturan insanlar da bu durumda çöplerin kapının önüne koyduklarında koku yayması, etrafın çöplerle çevre kirliliği oluşturması ve site içerisinde



oynayan çocukların da sağlığını tehdit etmesi sebebiyle çöplerini sitenin arkasında yer alan boş arsaya atmaktadırlar. Ancak arsanın sahibi kısa süre içerisinde arsada biriken çöpler sebebiyle hafta sonu site yönetime gelmiştir. Bundan sonra arsasına çöplerin atılmaması gerektiğini bu durum devam ederse şikâyetle bulunacağını söylemiştir.

1) Yukarıda anlatılan hikâyede kime hak verdiniz?

A) Apartman sakinleri

B) Arsa sahibi

2) Cevabınızı nedenleriyle (gerekçeleriyle) birlikte açıklayınız.

3) Anlatılan olayda arkadaşınızın sizin fikrinizin tam tersini düşündüğünü varsayın. Arkadaşınızın bu şekilde düşünmesinin sebepleri neler olabilir?

4) Yukarıdaki olayda sizin fikrinizin tam tersini savunan arkadaşlarınızı fikrinizin doğruluğuna ikna etmek adına ne gibi kanıtlar kullanırdınız?

EK-31. ABY'ye Dayalı Ders Planı 8

SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME		
DERS PLANI 8		
	Etkinliğin Adı: Geri Dönüşüm Fabrikası Kuruyoruz Etkinlik Düzeyi: 7. Sınıf	Etkinliğin Konusu: Saf Madde ve Karışımlar Etkinliğin Süresi: 6 ders saati
	Etkinlikle İlişkili MEB Kazanımları	F.7.4.5.3. Geri dönüşümü, kaynakların etkili kullanımı açısından sorgular.
	Etkinlikle İlişkili ABY Kazanımları	- Öğrenciler, sonuçları açıklamak için akıl yürütme kullanırlar. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler bilimsel tartışma yürütürler. (Bilimsel Pratikler) - Öğrenciler geliştirdikleri projelerle insanlığa hizmet ederler. (Bilimin amaç ve değerleri) - Öğrenciler iş birliği yaparak mühendislik tasarım süreçlerini yürütürler. (Bilimin amaç ve değerleri)
UYGULAMA		
MTS: Problemin Belirlenmesi	SS: YÖNLENDİRME	1- Öğrencilere kaynakların etkili kullanımı ile ilgili haberler gösterilir. 2- Öğretmen öğrencileri bu aşamadan vereceği görev için hazırlar. “T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nda çalışan bir mühendis olarak bugün yurt dışında yürüteceğiniz bir göreve davet edildiniz. Bakanlıkta yaptığınız çalışmalar takip edilmiş; geri dönüşüm ve üretim konusunda projelerinizin üst düzey olduğu görülmüştür. Almanya’da bulunan bir geri dönüşüm firması tarafından büyük bir fabrika kurulmuştur. Kurulan bu fabrikada geri dönüştürülebilen atıklar toplanacaktır. Toplanan bu atıklar sadece ham maddeye dönüştürülmeyecektir. Diğer fabrikalardan farklı olarak, ortaya çıkan ham maddeler yeni ürünlerin üretiminde de kullanılıp, satışa sunulacaktır. İnşaat aşaması bitmiş olan fabrikamızın geri dönüşüm ve ürünlerin üretim sürecini tasarlamamız ve satış aşamasında bizlere destek sağlayarak planlamalar yapmanız için sizleri aramızda görmeyi çok isteriz.”
MTS: Çözüm Önerilerinin Sunulması ve Değerlendirilmesi	SS: KAVRAMSALLAŞTIRMA (Soru Sorma – Hipotez Kurma)	1- Öğrencilerden belirlenen kriterlere göre araştırmalar yaparlar. Bu araştırmalar ile fabrikanın geri dönüşüm ve ürünlerin üretim sürecinin tasarlanması ve geliştirdikleri satış aşaması planlamaları için çözüm önerileri bulmaları istenir. Çözüm önerilerini EK-26’te verilen kağıtlara çizerek açıklarlar. 2- Öğrencilere yapacakları proje için “Fabrika sürecini yürütebilmek için hangi bilgilere sahip olmalısınız?” sorusu yönlendirilir ve onlara konularında araştırma yapmaları için fırsat verilir. Öğrenciler bu sayede araştırma süreçlerini yapılandırır. Sonrasında öğrencilere “Geri dönüşümün yaşantımıza katkısı neler olabilir?” sorusu sorulur ve yanıt vermeleri beklenir. (Sorgulama işlemi sonuçlara etki eder.)

MTS: Çözüm Önerilerinin Sunulması ve Değerlendirilmesi	SS: ARAŞTIRMA (Keşfetme-Deney Yapma-Verileri Yorumlama ve Sonuç Çıkarma Kurma)	1- Öğrenciler kendi araştırma soruları ve yaptıkları araştırmalar ışığında kağıt üzerinde hazırladıkları çözüm önerilerinden birini seçerek artık fabrika sürecini oluşturmaya başlarlar. (Araştırma sonuçları toplanan verilerle tutarlı olmak zorundadır.) En iyi çözüm olarak seçtikleri süreç önerisi için araştırmalar yaparak EK-27' de yer alan ön formu doldurmaları beklenir.
MTS: Prototipi Tasarlama ve Test Etme	SS: Sonuç Çıkarma ve İletişim	1- Öğrencilerden çözüm önerileri doğrultusunda çizdikleri tasarımları, verilen malzemeler ile üç boyutlu hale getirerek fabrikaları oluşturmaları istenir. Eksik olan malzemeler laboratuvardan veya öğrencilerin kendileri tarafından temin edilir. 2- Tasarımlarını tamamlayan öğrenciler birbirlerini EK-28'e göre değerlendirir. Ardından okulda çalışan öğretmenler tarafından da değerlendirilerek dönütler alırlar. Yapılan bu değerlendirmenin ardından inşa edilen fabrikalar, geri dönüşüm süreçleri ve ortaya çıkan ürün yeniden gözden geçirilir.
DEĞERLENDİRME		
MTS: Sunma ve İletişim	SS: Sunma ve İletişim	1- Yapılan son gözden geçirmenin ardından öğrenciler birbirlerini yeniden değerlendirerek değişime puan verirler. EK-28 2- Tüm aşamalar tamamlanınca sonuç olarak ürün ortaya konulur ve ürün hazırlanan afiş ve posterlerle beraber sunulur.