

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

DİSİPLİNLER ARASI MATEMATİKSEL MODELLEME
ETKİNLİKLERİNİN UYGULANMASINDA
ÖĞRETMEN ROLÜ

DOKTORA TEZİ

ALİ TEMURTAŞ

DANIŞMAN
PROF. DR. RAMAZAN GÜRBÜZ

ADİYAMAN, 2023

ÖZET

DİSİPLİNLER ARASI MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİNİN UYGULANMASINDA ÖĞRETMEN ROLÜ

Ali TEMURTAŞ

**Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Adıyaman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak/2023
Danışman: Prof. Dr. Ramazan GÜRBÜZ**

Matematiğin gerçek hayatla ilişkisini ortaya koymayı hedefleyen ve 21. yüzyıl becerileri arasında görülen matematiksel modelleme yaklaşımı günümüzde öğrencileri disiplinler arası düşünmeye sevk eden yönüyle dikkat çekmektedir. Bu çalışmada STEM eğitime geçişte bir araç olarak görülen ve matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin birlikte uyguladığı disiplinler arası matematiksel modelleme (DMM) etkinliklerinin planlanması ve uygulanması süreçlerinde öğretmenlerin rolünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 2 matematik ve 2 fen bilimleri öğretmenin 8. sınıf öğrencileriyle gerçekleştirdiği 4 farklı DMM etkinliğinin sınıf ortamına taşınması sırasında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri ve bu müdahalelerin öğrencilerin modelleme süreçlerini nasıl destekledikleri incelenmiştir. Araştırma verileri sınıf uygulamalarının video ve ses kayıtları, gözlemci notları ve öğrenci çözüm raporlarından oluşmuştur. Veriler açık, eksensel ve seçici kodlama süreçlerinden geçirilerek analiz edilmiştir. Analizler sonucunda DMM etkinliklerinin uygulanmasından önce, uygulanması sırasında ve uygulanması sonrasında olmak üzere öğretmenlerin müdahaleleri belirlenmiştir. Bu müdahaleler sonucu öğretmenlerin genel olarak öğrencilerin DMM süreçlerini olumlu olarak destekledikleri görülmüştür. Diğer taraftan, öğretmenlerin etkinliğe hâkimiyetleri onların olumlu müdahalelerde bulunmaları noktasında belirleyici olmuştur. Araştırma sonunda DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması süreçlerinin etkili bir şekilde yürütülebilmesi için öğretmenler ve araştırmacılar için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Disiplinler arası matematiksel modelleme; Matematiksel modelleme; Öğretmen rolü; Matematik öğretmenleri.

ABSTRACT

TEACHER'S ROLE IN THE IMPLEMENTATION OF INTERDISCIPLINARY MATHEMATICAL MODELING APPLICATIONS

Ali TEMURTAŞ

Department of Mathematics and Science Education

Adıyaman University, Graduate Education School, January/2023

Supervisor: Prof. Dr. Ramazan GÜRBÜZ

The mathematical modeling approach, which aims to show how mathematics relates to real life and is considered as one of the 21st century abilities, has been gaining popularity since it encourages students to think interdisciplinary. This study aims to identify the role of teachers in the planning and implementation of interdisciplinary mathematical modeling (IMM) activities, which are implemented by mathematics and science teachers simultaneously and seen as a tool for the transition to STEM education. For this purpose, teacher interventions that arose during the transfer of four different IMM activities to the classroom environment by two mathematics teachers and two science teachers working with 8th grade students were examined to see how these interventions scaffolded the students' modeling processes. The research data consisted of video and audio recordings of classroom applications, observer notes and student solution reports. Open, axial, and selective coding procedures were used to analyze the data. After the analyses, the interventions of the teachers were determined before, during and after the implementation of the IMM activities. The results of these interventions revealed that teachers generally provided constructive assistance for students' IMM processes. On the other hand, teachers' proficiency in the activity was key to their successful interventions. At the end of the study, suggestions were made for teachers and researchers for the planning and implementation of IMM activities to be carried out effectively.

Keywords: Interdisciplinary mathematical modeling; Mathematical modeling; Teacher role; Mathematics teachers.

DESTEKLER

Bu çalışma “Matematiksel Modelleme Yoluyla Bir Öğrenme Ortamının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi: Disiplinler Arası Geçiş” adlı proje kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana rehberlik eden, bu uzun süreçte anlayışlı ve kolaylaştırıcı yaklaşımıyla karşılaştığım zorlukların üstesinden gelmeme yardımcı olan değerli danışmanım Prof. Dr. Ramazan GÜRBÜZ’e;

Tez İzleme Komitelerimde yer alarak değerli yorumlarıyla tezimin olgunlaşması sürecinde katkılarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Eyüp İZCİ’ye;

Doktora tezimin oluşum sürecinde her türlü desteği sağlayan, yoğun mesaisi içinde zaman ayırarak yorumlarıyla tezime katkılarını sunan değerli hocam Doç. Dr. Muhammed Fatih DOĞAN’a;

Tez jürimde yer alarak kıymetli yorumlarıyla tezimin son halini almasında katkılarını sunan sayın Prof. Dr. Bilal ALTAY ve sayın Doç. Dr. Mesut BÜTÜN’e;

Bu çalışmanın verilerinin toplandığı “Matematiksel Modelleme Yoluyla Bir Öğrenme Ortamının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi: Disiplinler Arası Geçiş” adlı projeye ve dolayısıyla doktora tezime desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Ayrıca, hayatım boyunca dualarını ve desteklerini esirgemeyen, haklarını asla ödeyemeyeceğim aileme;

Her zaman ve her koşulda yanımda duran, üzüldüğümde neşe yorulduğumda motivasyon kaynağım olan sevgili eşim Elif, güzel kızlarım Ece Su ve Ada’ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

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.

Ali TEMURTAŞ

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
DESTEKLER.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı ve Araştırma Soruları	3
1.2. Araştırmanın Önemi.....	4
1.3. Araştırmanın Sınırlılıkları	6
2. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ LİTERATÜR.....	8
2.1. Matematiksel Modelleme	8
2.1.1. Modelleme Yaklaşımları	13
2.1.2. Matematiksel Modelleme Süreci/Döngüsü	16
2.2. Matematiksel Modellemede Öğretmen Rolü.....	18
2.3. Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme	24
2.4. Modellemede Öğretmen Rolü ile İlgili Çalışmalar	28
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	36
3.1. Araştırmanın Modeli	36

3.2.	Araştırmanın Katılımcıları	37
3.3.	Uygulama Süreci	39
3.4.	Veri Toplama Araçları	43
3.4.1.	Görüşme Formları	44
3.4.2.	Video ve Ses Kayıtları	44
3.4.3.	Öğrenci Çözüm Raporları ve Gözlemci Notları	45
3.5.	Veri Analizi	45
3.6.	Geçerlik ve Güvenirlik	46
4.	BULGULAR	49
4.1.	Uygulama Öncesi Kategorisinde Elde Edilen Bulgular	49
4.2.	Uygulama Sırası Kategorisinde Elde Edilen Bulgular	62
4.2.1.	Problemi Anlama	63
4.2.2.	Çözüm Planı	69
4.2.3.	Varsayım Oluşturma	74
4.2.4.	Model Çözümü	77
4.3.	Uygulama Sonrası Kategorisinde Elde Edilen Bulgular	91
5.	TARTIŞMA	100
5.1.	Uygulama Öncesi	100
5.2.	Uygulama Sırası	103
5.3.	Uygulama Sonrası	108
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER	111
6.1.	Etkinliğe Hazırlık	111
6.2.	Etkinliğin Uygulanması	112
6.3.	Etkinliğin Değerlendirilmesi	113
6.4.	Öneriler	114
7.	KAYNAKÇA	115

EKLER

ÖZGEÇMİŞ



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Modelleme perspektifleri (Kaiser ve Sriraman, 2006)	15
Tablo 3.1. Okullara göre öğretmen ve öğrencilerin demografik bilgileri.....	39
Tablo 3.2. Öğretmen eğitimi çalıştay programı	40
Tablo 3.3. Çok katmanlı öğretim deneyi (Lesh ve Kelly (2000)'den uyarlanmıştır)	41
Tablo 3.4. DMM uygulama takvimi	42
Tablo 3.5. Araştırmanın alt problemlerini cevaplamak için kullanılan veri kaynakları	43
Tablo 3.6. Geçerlik ve güvenirliği sağlamak için alınan önlemler	47
Tablo 4.1. Bulguların sınıflandırılması.....	49
Tablo 4.2. Uygulama öncesi için kullanılan kodlama şeması.....	50
Tablo 4.3. Uygulama sırası için kullanılan kodlama şeması	63
Tablo 4.4. Uygulama sonrası için kullanılan kodlama şeması	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Matematiği fark etme ve gerçeği matematikselleştirme (Lesh ve Yoon, 2007) .	10
Şekil 2.2. Matematiksel modelleme süreci (Blum ve Leiss, 2007, akt. Çavuş Erdem, Gürbüz, Doğan ve Şahin, 2018)	16
Şekil 2.3. Matematiksel modelleme süreci (Blomhoj ve Jensen, 2007, akt. Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2013).....	17
Şekil 2.4. Matematiksel modelleme süreci (Lesh ve Doerr, 2003)	18
Şekil 2.5. Matematiksel modelleme öğretiminde öğretmen yeterlikleri modeli (Borromeo Ferri ve Blum, 2009; Borromeo Ferri, 2018 s. 5).....	21
Şekil 2.6. Matematik ve fen bilimleri derslerinin disiplinler arası matematiksel modelleme süreci (Doğan vd., 2019)	26
Şekil 2.7. STEM disiplinler arası matematiksel modelleme süreci.....	27

GÖRSELLER DİZİNİ

Görsel 4.1. Örnek haber metni.....	56
Görsel 4.2. Öğrenciler video izlerken	57
Görsel 4.3. Pet şişeleri kullanarak ölçüm yapan öğrenciler.....	73
Görsel 4.4. Öğrenci çözümlerini takip eden öğretmenler	78



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

DMM	: Disiplinler arası Matematiksel Modelleme
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
MM	: Matematiksel Modelleme
STEM	: Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
YÖK	: Yüksek Öğretim Kurumu



1. GİRİŞ

Matematik başarısının çağdaş dünyada önemli ve belirleyici bir faktör olarak değerlendirildiği ancak matematiğin birçok öğrenci tarafından zor bir ders olarak algılandığı yadsınamaz gerçeklerdendir. Bununla birlikte, bilgi ve iletişim olanaklarının artması ve çağdaş yaşamın getirdiği diğer yenilikler neticesinde toplumda matematik bilen bireylere olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Dolayısıyla, toplumun birçok kesiminde olduğu gibi eğitim araştırmacıları arasında da “*herkes için matematik*” anlayışı giderek yaygınlaşmaktadır (Alexsaht-Sneider ve Hart, 2001; Martin, 2003). Moses (1994) daha da ileri giderek matematik bilmenin temel insan haklarından biri olduğunu iddia etmektedir. Sfard (2012) matematiğin herkes tarafından öğrenilmesi gerektiğini savunan araştırmacıların bu iddialarını 3 temel gerekçeye dayandırdıklarını belirtmektedir. Bu gerekçeler (i) matematiğin gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin çözümünde yardımcı olması, (ii) matematiğin politik olarak insanları daha güçlü kılması ve (iii) matematiğin insanların kültürel kimliklerinin önemli bir parçası olması şeklinde sıralanmıştır. Bunun yanında, herkesin bütün matematik konularını çok iyi bilmesini beklemenin gerçek dışı olduğu aşikâr olsa da matematik bilmenin insanların hayatını kolaylaştıran bir ayrıcalık olduğu söylenebilir.

İnsanların gerçek hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümünde kullanılabilecek faydalı bir araç olması matematiğin en güçlü özelliği olarak görülebilir. Bununla beraber, özellikle öğrenciler için zorlayıcı olan soyut matematik konularının öğretimi sırasında karşılaşılan “*Bunu neden öğreniyoruz?*”, “*Bu konu benim ne işime yarayacak?*” gibi sorular bütün öğretim seviyelerindeki matematik öğretmenlerinin karşılaştığı ortak sorulardandır. Matematik konularının gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin çözümünde yardımcı olabileceğini görmek öğrencilerin motivasyonlarını, dolayısıyla da öğrenmelerini olumlu yönde etkileyecektir. Buna ek olarak, modelleme kavramını ilk kez kullanan Pollak (1979) “*matematik ve dünyanın geri kalanı*” (s. 234) sınıflandırmasını yaparak matematiği ve gerçek dünyayı birbirinden ayrı kavramlar olarak ele almış ve matematiğin dünyanın geri kalanının anlamlandırılmasında kullanılabileceğini iddia etmiştir. Bu noktada matematiksel modelleme, matematiğin daha fazla öğrenci tarafından öğrenilmesi amacıyla matematiği gerçek yaşamla ilişkilendirmede kullanılabilecek önemli bir yaklaşım (Blum ve Niss, 1991) olarak karşımıza çıkmaktadır. Dahası, matematiksel modelleme 21. yüzyıl matematik becerileri arasında görülmektedir (Dewanti ve ark., 2020).

Matematiksel modelleme herkes tarafından kabul gören ortak bir tanıma sahip olmamakla birlikte, gerçek bir yaşam durumunun matematikselleştirilmesi (Doerr ve English, 2003), bu gerçek yaşam durumu ile matematiksel özelliklerin göz önünde bulundurularak bir model oluşturulması (Blum ve Niss, 1991) ve bu modelin gerçek yaşama uygulanması süreçlerini içermektedir. Başka bir ifadeyle, matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilerin gerçek hayat problemlerinin çözümü için farklı varsayımları ve değişkenleri kullanarak gruplar halinde özgün çözümler üretebildiği, çözümlerini tartışabildiği ve çözümlerin gerçek hayata uygunluklarını test etme imkânı sunan uygulamalardır (Blum ve Niss, 1991). Son yıllarda matematik eğitimi araştırmacıları arasında popüler bir konu haline gelen matematiksel modelleme, birçok ülkenin öğretim programında da yer almaya başlamıştır. Türkiye’de 2017 yılında yayınlanan Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programı taslak metninde matematiksel modelleme temel süreç becerilerinden biri olarak yer almıştır. Ancak 2018 yılında yürürlüğe giren Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programı’nda (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) matematiksel modelleme ifadesine yer verilmezken, modelleme kavramı sınırlı bir yaklaşımla somutlaştırma ve görselleştirme anlamında kullanılmıştır. Bununla birlikte, 2018 yılında Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) tarafından güncellenen İlköğretim Matematik Öğretmenliği ve Matematik Öğretmenliği lisans programlarında matematiksel modelleme zorunlu ders olarak yer almaktadır.

Yukarıda açıklanan gelişmeler ışığında, matematiksel modellemenin araştırmacılarla birlikte önemli karar alıcılar tarafından da öğrencilerin kazanması gereken önemli bir beceri olarak görülmeye başlandığı söylenebilir. Ayrıca öğretmen adaylarının matematiksel modelleme konusunda gerekli yeterliğe ulaşması adına düzenlemeler yapıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, matematiksel modellemenin sınıflardaki uygulayıcıları olan öğretmenlerin matematiksel modelleme ve matematiksel modellemeyi öğretme becerileri daha fazla araştırılmaya ihtiyaç duyulan alanlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Matematiksel modellemenin yaygınlaşmasıyla beraber konuyu farklı boyutlarda ele alan yeni çalışma alanları ortaya çıkmaktadır. Bu alanlardan birinde matematiksel modelleme ile disiplinler arası öğretimi, özel olarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimini ilişkilendiren çalışmalar yer almaktadır (örn., Banks ve Barlex, 2014; Doğan ve ark., 2018; English, 2008). Matematiksel modelleme ve disiplinler arası öğretim konusu ile ilgili Pollak (1979) ilk önemli tavsiyelerde bulunsa da alanın olgunlaşma

sürecinde araştırmacıların konuya eğilmeleri zaman almıştır. Matematiksel modelleme doğası gereği matematik ile herhangi bir alana ait olabilecek bir gerçek yaşam durumu içerdiğinden disiplinler arası bir yapıya sahiptir (Borromeo Ferri ve Mousoulides, 2017; English, 2022). Bu nedenle birçok araştırmacı matematiksel modellemenin STEM disiplinlerini entegre ederek STEM eğitime geçişte bir araç olarak kullanılabileceğini savunmuştur (örn., Banks ve Barlex, 2014; Doğan ve ark., 2018; English, 2017; Kertil ve Gürel, 2016). Doğan ve ark. (2019) bu düşünceden hareketle geliştirdikleri Disiplinler arası Matematiksel Modelleme (DMM) teorik çerçevesinde matematiksel modelleme sürecinde matematikle beraber STEM disiplininden diğer bir alanın beraber kullanılarak disiplinler arası ve daha kapsamlı bir öğrenme ortamı oluşturulabileceğini savunmuşlardır. Çalışmalarında özel olarak matematik ve fen disiplinlerini ele alan Doğan ve ark. (2019) bu iki disipline ait kazanımların aynı anda verilmesinin teorik olarak mümkün olduğunu iddia etmişlerdir. Bu tez çalışmasının da bir ürünü olduğu “Matematiksel Modelleme Yoluyla Bir Öğrenme Ortamının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi: Disiplinler Arası Geçiş” başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında DMM etkinlikleri 1 matematik ve 1 fen bilimleri öğretmeninin aynı anda öğretim yaptığı sınıf ortamlarında uygulanmıştır. Öğretmenlerin modelleme etkinliklerini uygulama yeterlikleri ve DMM etkinliklerinin disiplinler arası yapısı göz önünde bulundurulduğunda, literatüre yeni kazandırılan bu yaklaşımın sınıf ortamına taşınması sürecinin araştırılmaya ihtiyaç duyulan konulardan biri olduğu değerlendirilmektedir. Bu düşünceden hareketle, bu çalışmada DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması aşamalarında öğretmenlerin rolü incelenmiştir.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Araştırma Soruları

Matematiksel modellemenin okullardaki uygulayıcıları olan öğretmenlerin matematiksel modellemeyi öğretebilmeleri için sahip olmaları gereken beceriler incelenmesi gereken konulardandır. Bu konuda yapılan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte (Zbiek, 2016; Borromeo Ferri, 2018), Borromeo Ferri ve Blum (2009) tarafından geliştirilen matematiksel modelleme öğretiminde öğretmen yeterlikleri modeli kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu modele göre öğretmen yeterlikleri (1) teorik (*theoretical*), (2) etkinlik (*task*), (3) öğretim (*instruction*) ve (4) tanılama/teşhis (*diagnosis*) olmak üzere dört boyutta ele alınmaktadır. Bu boyutlar bir bütün olarak düşünülmektedir ancak bu çalışmada öğretmenlerin belirlenen modelleme etkinliklerini sınıfta uygulamalarını içeren öğretim boyutu ele alınmıştır. Bu

boyut modelleme etkinliklerini uygun bir şekilde planlama ve gerçekleştirme ile modelleme sürecinde öğrencilere uygun desteği sağlayabilme yeterliklerini kapsamaktadır.

Modelleme problemlerinin kullanılacağı dersleri planlanmanın ve uygulamanın tek ve her zaman geçerli bir yolu bulunmamaktadır. Bununla beraber, matematiksel modelleme etkinliklerinin sınıflarda etkili bir şekilde uygulanması için öneriler sunan çalışmalar da mevcuttur (örn., Blum, 2015; Borromeo Ferri, 2018; Leiss, 2010). Öğretmenlerin modelleme etkinliklerinde kullandıkları müdahaleleri inceleyen Leiss (2010) modellemeye özgü müdahalelerin belirlenmesinin ve kullanılmasının öğrencilerin modelleme becerilerini geliştirebileceğini savunmaktadır. Hangi müdahalelerin ortaya çıkacağı ise uygulanan etkinliğe ve modelleme döngülerine göre değişkenlik gösterebilir (Cai ve ark., 2014). Dolayısıyla uyarlanabilir müdahalelerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Ancak geleneksel matematik sınıflarında kullanılan öğretmen müdahaleleri çoğunlukla uyarlanabilir olmaktan uzaktır (Blum, 2015). Matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması sürecinde ise deneyimli öğretmenlerin dahi uygun müdahalelerde bulunmada zorlandıkları görülmektedir (Blum ve Borromeo Ferri, 2009). DMM etkinliklerinin disiplinler arası yapısı ve öğretmenlerin modelleme etkinliklerini uygulama konusundaki yeterlikleri göz önünde bulundurulduğunda, DMM etkinliklerinin sınıf ortamına taşınması süreci araştırılması gereken bir konu olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, mevcut çalışmada matematiksel modellemenin öğretim boyutu ile ilgili öğretmen müdahaleleri matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin gerçek sınıf ortamında birlikte uyguladıkları DMM etkinlikleri bağlamında incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması süreçlerinde öğretmenlerin rollerinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki alt araştırma problemleri cevaplanmaya çalışılmıştır:

1. DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması süreçlerinde ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri nelerdir?
2. Öğretmen müdahaleleri öğrencilerin DMM süreçlerini nasıl desteklemektedir?

1.2. Araştırmanın Önemi

Matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilerin gerçek hayat problemlerinin çözümü için farklı varsayımları ve değişkenleri kullanarak gruplar halinde özgün çözümler üretebildiği, çözümlerini tartışabildiği ve çözümlerin gerçek hayata uygunluklarını test etme imkânı sunan uygulamalardır (Blum ve Niss, 1991). Matematiksel modellemenin tanımı

hakkındaki farklılıklara paralel olarak, matematiksel modellemeyi konu alan çalışmalar da çeşitlilik göstermektedir. Bu çalışmalar arasında özellikle matematiksel modellemenin yeri ve önemi ile öğretmen, öğretmen adayları ve öğrencilerin matematiksel modelleme becerilerinin ele alındığı çalışmalar oldukça yaygın hale gelmiştir (örn.; Blum ve Borromeo Ferri, 2009; Deniz, 2014; Gürbüz ve Çalık, 2021; Kaiser ve Brand, 2015). Bunun yanında, matematiksel modellemenin farklı boyutlarını ele alan yeni çalışma alanları da ortaya çıkmaktadır.

Matematiksel modellemeye yeni bakış açılarından biri olan disiplinler arası yaklaşımı teorik bir çerçeve halinde ortaya koyan Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme (DMM) etkinlikleri (Doğan ve ark., 2019), matematiksel modellemenin farklı disiplinleri bir arada bulunduran yapısını temel almaktadır. DMM etkinlikleri farklı disiplinlere ait kazanımları bir arada sunmakta ve uygulamada iki branş öğretmenin bir arada bulunmasına olanak tanımaktadır. Buna paralel olarak, Doğan ve ark. (2019) tarafından önerilen DMM döngüsü literatürde bulunan diğer matematiksel modelleme döngülerinden farklılaşmaktadır. Söz konusu farklılıklar göz önünde bulundurulduğunda, matematiksel modelleme literatürüne yeni kazandırılan DMM yaklaşımının ele alındığı mevcut çalışmanın literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Mevcut çalışmada yer alan DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanmasını içeren süreçte matematik ve fen bilimleri öğretmenleri bir arada bulunmuştur. DMM etkinliklerinin uygulanması sırasında öğretmenlerin müdahalelerinin ve bu müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerini nasıl desteklediğinin incelendiği bu çalışma, DMM etkinliklerinin sınıf ortamına taşınması sürecinde öğretmenlerin rollerini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma literatürde bir ilk olma özelliği taşımaktadır.

Matematiksel modelleme ve DMM etkinliklerinin sınıflarda uygulanması planlı bir süreç gerektirmektedir. Bu süreçte, özellikle modelleme deneyimi olmayan öğretmenlerin zorluklar yaşayacağı öngörülebilir. Mevcut çalışmada ele alınan DMM etkinlikleri ise matematiksel modelleme etkinliklerinden farklılaştığı için hem öğretmenler hem de öğrenciler için yenilikler içermektedir. Öğretmenlerin modelleme etkinliklerini uygulama tecrübeleri ve DMM etkinliklerinin yapısı düşünüldüğünde araştırma sonuçlarının matematiksel modelleme ve DMM etkinliklerinin sınıf ortamına taşınması noktasında öğretmenlere bir rehber vazifesi göreceği düşünülmektedir.

Modelleme çalışmalarında özellikle Türkiye’de öğretmenlerle yapılan çalışmalar sınırlıdır. Öğretmen adaylarının modellemeye yaklaşımı ve modelleme yeterlikleri üzerine

alışmalar bulunsa da bu çalışma sonuçlarının ğretim ortamına nasıl yansıdığını tam olarak ortaya koyabilmek için öğretmenlerle yapılan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Matematik ve fen bilimleri öğretmenleriyle gerçekleştirilen bu çalışma gerçek sınıf ortamında yürütülen DMM etkinliklerini içermektedir. Dolayısıyla, araştırmanın DMM etkinliklerinin uygulanmasına yönelik araştırmacılar ve öğretmenler için önemli sonuçlar ortaya koyduğu değerlendirilmektedir. Araştırma sonuçlarının ğretim programları ve hizmet içi eğitim programlarını hazırlayan uzmanlar için de faydalı olacağı düşünülmektedir.

1.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

Disiplinler arası matematiksel modelleme problemlerinin sınıf ortamına taşınması sürecinde öğretmenlerin rolünü inceleyen bu çalışma nitel araştırma deseninde tasarlanmıştır. Dolayısıyla araştırma bulguları mevcut çalışmanın katılımcıları ve bu çalışmada kullanılan etkinliklerle sınırlıdır.

Mevcut çalışmada matematiksel modelleme ğretimi için ğretmen yeterlikleri modelinin yalnızca ğretim boyutu ele alındığından araştırma sonuçları yalnızca etkinliklerin planlanması ve uygulanmasını içeren ğretim boyutuyla sınırlıdır.

1.4. Sayıtlar

1. Araştırma kapsamında öğretmenlerle gerçekleştirilen görüşmelerde öğretmenlerin görüşlerini samimi bir şekilde aktardığı kabul edilmiştir.
2. Araştırma kapsamında gerçekleştirilen DMM etkinliklerinin uygulanmasında öğrencilerin etkinlikleri ciddi bir şekilde gerçekleştirdikleri kabul edilmiştir.
3. Araştırma kapsamında elde edilen yazılı ve görsel dokümanlar ile ğrenci ve öğretmenlerden elde edilen verilerin incelenen gerçek durumu yansıttığı kabul edilmiştir.

1.5. Tanımlar

Matematiksel Modelleme: Gerçek yaşam durumlarının/problemlerinin modellenerek matematik diline çevrildiği, oluşturulan modelin matematiksel olarak çözümlendiği ve bulunan çözümün gerçek yaşama uygunluğunun kontrol edilerek raporlaştırıldığı uygulamalar.

Öğretmen Müdahalesi: Öğretmenlerin DMM etkinliklerinin planlanması sırasında gerçekleştirdikleri hazırlıklar ile etkinliklerin sınıf ortamında uygulanması sırasında kullandıkları ğretim uygulamaları.

Varsayım Oluşturma: Modelleme etkinlikleri sırasında öğrencilerin özgün mler gerçekleştirebilmek için hangi değişkenleri, nasıl kullanabileceklerine yönelik kabuller geliştirmeleri.



2. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ LİTERATÜR

Bu bölümde öncelikle matematiksel modelleme kavramı tanımlanarak bu kavramla ilgili farklı yaklaşımlara değinilmiştir. Daha sonra farklı araştırmacılar tarafından önerilen matematiksel modelleme süreci tanımlarından bazıları tanıtılmıştır. Sonrasında, matematiksel modelleme etkinliklerinde öğretmenlerin rolü tartışılarak, bu çalışmanın temelini oluşturan disiplinler arası matematiksel modelleme teorik çerçevesi ortaya konulmuştur. Son olarak modelleme etkinliklerinde öğretmen rolü ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Matematiksel Modelleme

Soyut kavramların ağırlıklı olarak yer aldığı ve varsayımlar üzerine kurulu bir bilim dalı olarak matematiği gerçek dünya ile ilişkilendirmek ve matematiksel kavramların gerçek dünyadaki uygulamalarını düşünmek zor gelebilir. Matematiğin kullanışlılığı hakkında göz ardı edilemez deliller sunabilecek bu ilişkilendirme ve uygulama yöntemi matematiksel modelleme yaklaşımının temelini oluşturmaktadır. Başlangıçta matematik uygulamaları ve matematiksel modelleme (*applications and modeling*) olarak adlandırılan bu yaklaşımın öğretim ortamlarına dâhil edilmesiyle ilgili çalışmalar 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Bu iki kavram aynı anlama gelecek şekilde kullanılsa da matematiksel modelleme matematik uygulamalarının da kullanıldığı daha geniş bir süreci ifade ettiğinden dolayı (Stillman, 2019) bu çalışmada *matematiksel modelleme* veya kısaca *modelleme* ifadesi tercih edilmiştir.

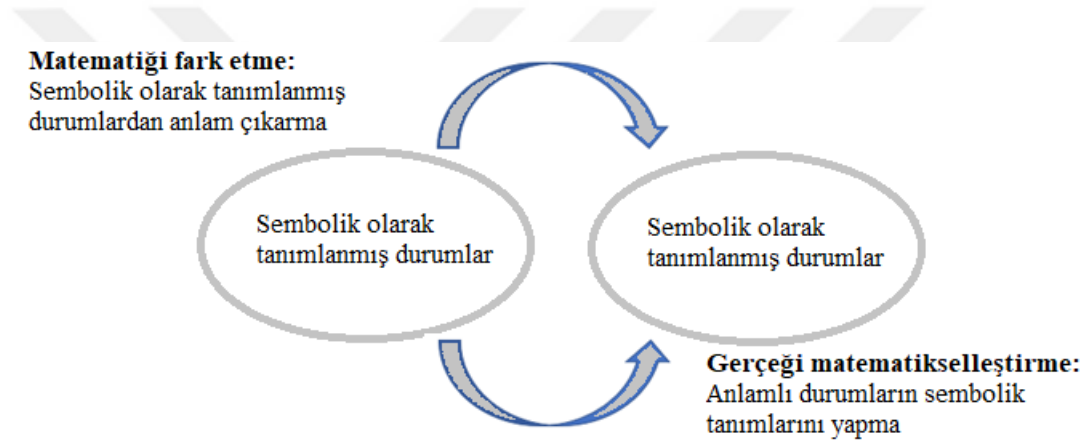
Yarım yüzyılı aşkın bir süredir sayısız araştırmaya konu olan matematiksel modelleme hakkında yapılmış birçok tanım bulunmaktadır (örn., Berry ve Houston, 1995; Blum ve Niss, 1991; Haines ve Crouch, 2007; Lesh ve Doerr, 2003; Pollak, 1979, 2011). Farklı ülkelerden araştırmacıların katıldığı ve modelleme çalışmalarının uluslararası boyutta ele alınmasına imkân sağlayan organizasyonlar (örn., International Congress on Mathematical Education [ICME], International Commission on Mathematics Instruction [ICMI], International Community of Teachers of Mathematical Modeling and Applications [ICTMA]) sayesinde matematiksel modellemenin tanınırlığı da artmıştır. Buna rağmen, alan yazında matematiksel modelleme için ortak kabul gören bir tanım bulunmamaktadır. Blum ve Niss'e (1991) göre matematiksel modelleme, öğrencilerin gerçek hayat problemlerinin çözümü için farklı varsayımları ve değişkenleri kullanarak özgün çözümler üretebildiği, çözümlerini tartışabildiği ve çözümlerin gerçek hayata uygunluklarını test ettikleri süreci ifade etmektedir. Haines ve Crouch (2007) matematiksel modellemenin gerçek yaşam

problemlerinin sırasıyla soyutlaştırıldığı, matematikselleştirildiği, çözümlendiği ve değerlendirildiği döngüsel bir süreçten oluştuğunu belirtmektedir. Cirillo ve ark. (2016) ise matematiksel modellemeyi gerçek yaşam problemlerinin matematiksel forma dönüştürüldükten sonra gerekli değişkenlerin ve varsayımların belirlenip, sonuçların raporlaştırılması olarak tanımlamaktadır. Modelleme yaklaşımları arasındaki farklılıkların bu yaklaşımlarda kullanılan ortak dil yüzünden gölgelendiğini iddia eden Kaiser ve Sriraman (2006), farklılıkların daha iyi ortaya konması için kullanılan matematiksel modelleme kavramlarının kesin olarak tanımlanması gerektiğini savunmaktadır. Bu bağlamda, çalışma kapsamında kullanılan uygulama (matematik uygulamaları), model, matematiksel model ve problem çözme gibi matematiksel modelleme kavramlarının detaylı tanımlarına aşağıda yer verilmiştir.

Matematiksel modelleme çalışmalarında sözü edilen kavramlardan biri *matematik uygulamaları* (applications of mathematics) veya kısaca *uygulamalar*dır. Matematiksel modellemenin öncü isimlerinden biri olan Henry Pollak'ın 1976 yılındaki 3. Uluslararası Matematik Eğitimi Kongresi'nde (ICME-3) yaptığı tarihi konuşma (Pollak, 1979) matematiksel modelleme alanında bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir (örn., Kaiser ve ark., 2011; Blum, 2015). Uygulamalı matematik kavramının daha iyi anlaşılabilmesi için bu kavramla ilgili dört farklı tanım veren Pollak (1979), matematiksel modellemenin tanımlanmasında önemli katkılar sunmuştur. Buna göre uygulamalı matematik (i) klasik uygulamalı matematik (analiz ve fizik alanındaki uygulamaları), (ii) pratik uygulamalı matematik (lineer cebir, olasılık ve istatistik), (iii) başka bir alandaki veya gerçek hayattaki durumdan başlayan matematik (gerçek dünyada başlayıp matematik dünyasında devam eden ve gerçek dünyada son bulan uygulamalar) ve (iv) matematiği gerçek hayatlarına uygulayan insanların yaptığı matematik (tanım iii'deki döngünün birçok kez tekrarlandığı uygulamalar) şeklinde tanımlanmıştır.

Blum'a (1993) göre bütün modelleme sürecinde matematik uygulamaları gerçek yaşamın kendisi, gerçek yaşamın incelenmesinde matematiğin kullanılması veya gerçek dünya ile matematiğin bir şekilde ilişkilendirilmesi şeklinde karşımıza çıkabilir. Niss ve ark. (2007) ise matematik uygulamalarını, matematik dışı dünyadan bir durumu anlama, olguları açıklama ve karar alma gibi amaçlarla matematiğin kullanılması olarak tanımlamaktadır. Önceleri matematik uygulamalarının bir kolu olarak görülen *modelleme* kavramı (Fischer ve Malle, 1985) 1980'lerden itibaren alan yazında ayrı bir kavram olarak kullanılmaya başlamıştır. Niss ve ark. (2007) modellemenin matematik uygulamalarından farkını ortaya

koyarken, matematik uygulamalarında matematik dünyasından başlayıp gerçek dünyaya doğru gidilirken (eldeki matematik bilgisinin gerçek dünyada kullanılması), matematiksel modellemede gerçek dünyadan matematik dünyasına gidildiğini (gerçek dünyadan bir problemin matematik kullanılarak çözülmesi) ifade etmişlerdir. Dolayısıyla bu iki kavram ayrı anlamlara gelmekte, daha kapsayıcı olması açısından modelleme ve uygulamalar şeklinde birlikte kullanılmaktadır (Blum, 1993). Lesh ve Doerr (2003) uygulamalı matematik yapmayı bir sistemi model (kuramsal araç) olarak kullanarak başka bir sistemi oluşturmak, tanımlamak, açıklamak veya kontrol etmek olarak tanımlamaktadır. Niss ve ark. (2007) ile benzer şekilde, Lesh ve Yoon (2007) bir durumu matematikselleştirmek ile bir durumdaki matematiği fark etmenin farklı şeyler olduğunu savunmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Matematiği fark etme ve gerçeği matematikselleştirme (Lesh ve Yoon, 2007)

Öğrencilere belirli kalıplara sokulmuş kavramsal yollarda rehberlik etmek ile onları belirli kavramlarla ilgili düşünme biçimlerini ifade edip, deneyecekleri ve düşünme biçimlerini yenileyecekleri durumlara maruz bırakmak birbirinden oldukça farklı bilgi ve süreçler gerektirir. Modelleme sürecinde de kullanılan gerçeği matematikselleştirmek, sayısallaştırma, boyutlandırma, düzenleme ve sistematikleştirme süreçlerini vurgulamaktadır (Lesh, 2003). Bu bakımdan, Lesh ve Yoon (2007) öğrencilerin seviyelerine bakılmaksızın matematiksel modelleme yoluyla matematiksel kavramlar geliştirebileceğini savunmaktadır.

Matematiksel modelleme çalışmalarında sıkça kullanılan diğer kavramlar *model* ve *matematiksel model* kavramlarıdır. Model, bir nesneyi veya olguyu temsil eden ve daha anlaşılır kılan nesne veya kavram (Meyer, 1984) olarak tanımlanabilir. Örneğin bir arabanın veya evin küçük ölçekli olarak yapılması o arabanın veya evin modelini temsil eder. Model kavramı “ideal, örnek” anlamında da kullanılabilir (Lesh ve Doerr, 2003); bir çocuğun aile

büyüklerini model alması örneğinde olduğu gibi. Ancak matematiksel modelleme çalışmalarında kullanılan model kavramı bu tanımlamalardan farklı bir anlamda kullanılmaktadır. Blum ve Niss'e (1991) göre model, gerçek yaşam durumunun sadeleştirilip yapılandırılması ve problemi çözen kişi için daha anlamlı hale getirilmesiyle oluşan, orijinal problem durumunun bazı özelliklerini taşımakla beraber matematiksel işlemlerin de uygulanabilmesi için şematize edilmiş halidir. Lesh ve Doerr'a (2003) göre model kavramı öğrencilerin problem durumunu nasıl yorumladığıyla ilgili açıklayıcı deliller sunan kavramsal araçlar olarak tanımlanmaktadır. Buna göre model, bir sistemi oluşturmak, tanımlamak veya açıklamak için kullanılan yazılı semboller, konuşma dili, bilgisayar grafikleri gibi görsel materyallerden oluşan, amaçlı kavramsal sistemlerdir (Lesh ve Harel, 2003). Matematiksel model, oluşturulan modele ait matematik dışı kavramların, verilerin ve varsayımların matematik diline dönüştürülmesi ile (matematikselleştirme) elde edilir (Blum ve Niss, 1991) ve elde edilen matematiksel model ilgilenilen sistemin fiziksel özelliklerinden ziyade yapısal özellikleriyle ilgilidir (Lesh ve Doerr, 2003).

Matematiksel modelleme ile ilgili açıklığa kavuşturulması gereken diğer bir husus, matematiksel modelleme ve problem çözme arasındadır. Matematiksel modelleme ile problem çözme arasındaki benzerlik kavram karmaşasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, *problem* ve *problem çözme* kavramlarının açıkça tanımlanması gerekmektedir. Blum ve Niss (1991) problemi, kişiyi düşünsel olarak zorlayan ve kişinin cevabı bulmak için gerekli yöntem ve metotlara sahip olmadığı durumlar olarak tanımlamaktadır. Bu bağlamda, matematiksel problemler pür ve uygulamalı problemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Pür matematik problemleri herhangi bir matematik evrenine aitken, uygulamalı problemler gerçek dünyanın herhangi bir alanına ait olabilir. Problem çözmeyi, eldeki problemin çözümü için girişilen sürecin tamamı olarak tanımlayan Blum ve Niss (1991), matematiksel modellemeyi uygulamalı problem çözmeyi de içeren bir süreç olarak görmektedir.

Matematiksel problemlerin yapısının ve problemleri çözmek için gerekli olan matematik bilgisinin sürekli olarak değiştiğini savunan Lesh ve Zawojewski (2007), günün ihtiyaçlarına göre problem çözmeyi kavram öğrenimi ve bu kavramların gerçek hayattaki kullanımlarından bağımsız ele almayacak şekilde problem ve problem çözmenin yeniden tanımlanması gerektiğini savunmaktadır. Geleneksel problem çözme yaklaşımında verilenler ve istenilenler sabit ve değişmez olarak ele alınırken, amaç belirli adımları takip ederek istenilen cevabı bulmaktır (Zawojewski, 2013). Modeller ve modelleme (*models and modeling*) adı verilen matematiksel modelleme bakış açısıyla problem “*bir görev veya amaç*

odaklı etkinlik, problemi çözen kişi (veya grup) problem durumuyla ilgili daha üretken bir düşünme yolu geliştirme ihtiyacı duyduğunda problem halini alır” (Lesh ve Zawojewski, 2007, s. 782) şeklinde tanımlanmaktadır. Tanımda geçen “*üretken düşünme yolu*” ifadesi problemi çözen kişinin durumu yorumlama süreci içine girmesi, matematik dilinde ise modelleme anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, problem çözme “*verilen durumun matematiksel olarak yorumlanması süreci*” (s. 782) olarak tanımlanmıştır. Modelleme bakış açısıyla sunulan problem çözme yaklaşımında kullanılan problemler geleneksel problemlerden farklılaşmakta ve model oluşturma etkinlikleri (*model eliciting activities*) olarak adlandırılmaktadır. Bu süreç matematiksel yorumların ifade edilmesi, denenmesi ve yenilenmesi ile matematiksel kavramların sıralanması, entegre edilmesi, değiştirilmesi ve geliştirilmesi gibi işlemlerin birçok kez tekrarlanmasından oluşmaktadır.

Yukarıda verilen kavram tanımlarının ardından, bu çalışmada temel alınan matematiksel modelleme yaklaşımının kapsamlı tanımını farklı araştırmacıların bakış açısıyla sunulmuştur.

Pollak (1969) matematik konularının gerçek dünyadan herhangi bir durumla ilişkilendirilerek uygulanmasının gerçek dünyayı anlamada faydalı bir yaklaşım olduğunu savunmaktadır. Matematiğin gerçek dünyaya uygulanmasını tanımlarken matematik ve dünyanın geri kalanı şeklinde bir sınıflamaya giden Pollak (1979), matematiksel modellemeyi dünyanın geri kalanında (gerçek yaşam) başlayan, önemli noktaların belirlenerek durumun matematiksel olarak ifade edildiği (matematiksel model), oluşturulan modelin çözümlenerek gerçek yaşama uygulandığı ve kullanışlılığının test edilerek gerekirse bütün aşamaların baştan tekrarlandığı bir süreç (Pollak, 2011) olarak tanımlamaktadır. Bu döngüyü (1) yapılması gereken bir iş olduğunu görmek, (2) o işi yapmak ve (3) işin doğru yapılıp yapılmadığını kontrol etmek şeklinde üç aşamada özetleyen Pollak (2016), bu aşamaların insan aktivitelerinin birçoğunda görüldüğünü savunmaktadır. Matematiksel modellerin tüm insan aktivitelerine uygulanabileceğini söyleyen Pollak (1979), matematiksel modellemeye uygun problemler geliştirmenin matematiği keşfetmek kadar yaratıcı bir aktivite olduğunu belirtmiştir (Pollak, 1969).

Matematiksel modellemeyi yine bir süreç olarak tanımlayan Blum ve Niss (1991) ise, öncelikle matematiksel modelleme etkinliklerinde kullanılacak problemleri, problemi çözen kişinin problemi çözmek için gerekli çözüm yollarını hemen bulamadığı ve düşünsel olarak zorlandığı gerçek (matematik dışı) dünya durumları olarak tanımlamıştır. Bu problem durumunun basitleştirilip uygun varsayımlar aracılığıyla problemi çözen kişi için daha

anlamalı hale getirilmesiyle bir *model* oluşturulur. Bu model matematikselleştirilerek yani veriler, kavramlar ve varsayımlar matematik diline transfer edilerek *matematiksel model* oluşturulur. Oluşturulan bu matematiksel model (i) problem durumu, (ii) matematiksel kavramlar ve (iii) bu ikisi arasındaki ilişkiler olmak üzere üçlü bir yapıdan oluşmaktadır. Bu model gerekli matematiksel işlemlerin yapılmasıyla çözümlenir ve gerçek dünyadaki duruma uyarlanarak yorumlanır. Uygun sonuçların elde edilip edilmemesine göre bu süreç birkaç defa tekrarlanabilir. Blum ve Niss (1991) problem durumundan başlayıp matematiksel modelin oluşumuna kadar olan süreci (*matematiksel*) *modelleme* olarak tanımlasa da daha sonra matematiksel modelleme kavramının bütün süreci ifade etmek için de kullanılabileceği belirtilmiştir (Blum, 1993, 2002).

Modeller ve modelleme yaklaşımı ilk olarak matematiksel problem çözme çalışmalarını yapılandırmacı ve sosyokültürel teorilerin de katkısıyla yeni bir bakış açısıyla ele almak amacıyla ortaya atılmıştır (Lesh ve Zawojewski, 2007). Matematik eğitimi çalışmalarının eğitim, psikoloji ve matematik alanlarının kesişiminde yer aldığını belirten Lesh ve Doerr (2003), bu çalışmaların sonuçlarının öğretmenler, ebeveynler, sivil toplum kuruluşları, kanun yapıcılar gibi her kesimden insanlara aktarılması gerektiğine inanmaktadır. Dolayısıyla, hem her kesimden insan için mantıklı ve kullanışlı olan hem de politikacılar için güçlü yansımaları olan modeller ve modelleme dilini benimsemişlerdir. Model oluşturma etkinlikleri sayesinde öğrencilere önemli öğrenme imkânları sunulabileceğini savunan Lesh ve Doerr (2003), bu etkinliklerin öğrencilerin kavramsal gelişimlerine de katkıda bulunduğunu iddia etmektedir.

Matematiksel modelleme çalışmalarında kullanılan problemler için modelleme görevi (*modeling task*) (Borromeo Ferri ve Blum, 2009), modelleme etkinliği (*modeling activity*) (Gainsburg, 2006), modelleme problemi (*modeling problem*) (English, 2006) ve model oluşturma etkinliği (*model eliciting activity*) (Lesh ve Doerr, 2003) gibi isimler kullanılmaktadır. Matematiksel modelleme çalışmalarında bu isimlendirmelerle ilgili bir tartışma olmadığından söz konusu farklılıkların kuramsal olarak bir sorun teşkil etmeyeceği değerlendirilmektedir. Bu çalışmada kullanılan problemler için “(*matematiksel*) *modelleme problemi*” ve modelleme problemlerinin kullanıldığı derslerdeki uygulamalar için “(*matematiksel*) *modelleme etkinliği*” ifadeleri kullanılmıştır.

2.1.1. Modelleme Yaklaşımları

Matematiksel modellemenin tanımlanmasında karşılaşılan farklılıklar modellemenin nasıl anlaşıldığı ve uygulandığı ile ilgilidir. Başka bir ifadeyle matematiksel modellemeye yaklaşımlar farklılaşmaktadır. Bu farklılıkları inceleyen çalışmalardan biri Kaiser ve Sriraman (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Matematiksel modelleme yaklaşımlarının amaçlarıyla beraber önceki yaklaşımlarla ilişkisi ve teorik altyapısına göre oluşturulan kategorilerin birbirinden oldukça farklı olduğunu iddia eden Kaiser ve Sriraman'ın (2006) sınıflandırmasına göre matematiksel modelleme yaklaşımlarını 5 farklı perspektif altında toplamak mümkündür. Bu perspektifler (i) gerçekçi/uygulamalı modelleme, (ii) bağlamsal modelleme, (iii) eğitimsel modelleme, (iv) sosyo-kritik modelleme ve (v) epistemolojik/teorik modelleme şeklindedir. Bunların haricinde bilişsel modelleme de bir üst yaklaşım olarak sınıflandırmaya dâhil edilmiştir (Tablo 2.1).

Gerçekçi/uygulamalı modelleme matematiksel teorilerin geliştirilmesi değil, endüstri ve bilim alanlarından otantik problemlerin çözülmesi için bir etkinlik olarak anlaşılmaktadır. Bu yaklaşım Anglo-Saxon pragmatizm geleneğinden ve uygulamalı matematikten etkilenmiştir.

Bağlamsal modelleme problem çözmeye model oluşturma etkinlikleri (*model eliciting activities*) kullanarak modeller ve modelleme perspektifinden bakmaktadır. Piaget, Vygotsky ve Amerikan pragmatistlerinden etkilenen bu yaklaşımın önemli temsilcileri arasında Richard Lesh ve Helen M. Doerr sayılabilir.

Eğitimsel modelleme öğrenme süreçlerinin yapılandırılması ve kavram öğrenmeye öncelik vermektedir. Didaktik teorilerden ve öğrenme teorilerinden etkilenen bu yaklaşımın önemli temsilcileri arasında Werner Blum ve Mogens Niss sayılabilir. Modelleme alanında geliştirilen yaklaşımların çoğu bu perspektif altında sınıflandırılabilir.

Sosyo-kritik modelleme matematiğin, matematiksel modellerin ve matematiksel modellemenin toplum hayatındaki yerine ve kritik düşünmenin önemine vurgu yapmaktadır. Matematiğin sosyo-kültürel boyutuyla ilgili çalışmaları temel alan Jonei Cerqueira Barbosa bu modelleme perspektifinin öncülerindendir.

Epistemolojik/teorik modelleme Roma epistemolojisinden etkilenmiştir ve kullanılan örneklerde gerçeklik boyutuna daha az önem verilmektedir. Bu yaklaşıma göre bütün matematiksel etkinlikler modelleme etkinliği olarak kabul edilebilir. Bu yaklaşımın önde gelen isimleri arasında Fco. Javier Garcia ve Josep Gascon sayılabilir.

Tablo 2.1. Modelleme perspektifleri (Kaiser ve Sriraman, 2006)

Perspektif Adı	Ana Amaçları	Diğer Perspektiflerle İlişkisi	Altyapısı
Gerçekçi veya uygulamalı modelleme	Pragmatik hedefler: gerçek dünya problemlerinin çözülmesi, gerçek dünyanın anlaşılması, modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi	Pollak'ın pragmatik perspektifi	Anglo-saxon pragmatizmi ve uygulamalı matematik
Bağlamsal modelleme	Konu ile ilgili ve psikolojik hedefler: hikâye problemleri (word problems) çözme	Bilgiyi işleme yaklaşımları	Amerikan problem çözme tartışmaları ve psikolojik laboratuvar deneyleri
Eğitimsel modelleme a) didaktik modelleme b) kavramsal modelleme	Pedagojik ve konu ile ilgili hedefler: a) Öğrenme süreçlerinin yapılandırılması ve tanıtılması, b) Kavram öğretimi ve gelişimi	Bütünleştirici perspektifler (Blum ve Niss) ve bilimsel-insancıl yaklaşım	Didaktik teoriler ve öğrenme teorileri
Sosyo-kritik modelleme	Etrafındaki olaylarla ilgili kritik anlayış gibi pedagojik hedefler	Örgürlükçü (emancipatory) perspektif	Politik sosyolojideki sosyo-kritik yaklaşımlar
Epistemolojik veya teorik modelleme	Teori odaklı hedefler: teori geliştirmenin tanıtılması	Freudenthal'ın bilimsel-insancıl perspektifi	Roma epistemolojisi

Bilişsel modelleme ise modelleme süreçlerini bilişsel psikoloji bakış açısıyla analiz etmeye dayanan bir üst yaklaşımdır. Modellemenin okullarda öğretilmesinden ziyade bireysel modelleme yolları veya bireysel engeller gibi tanımlayıcı bir pozisyon almaktadır. Diğer yaklaşımlara göre daha yeni olan bu yaklaşımın öncü isimleri arasında Werner Blum, Dominik Leiss ve Rita Borromeo Ferri yer almaktadır.

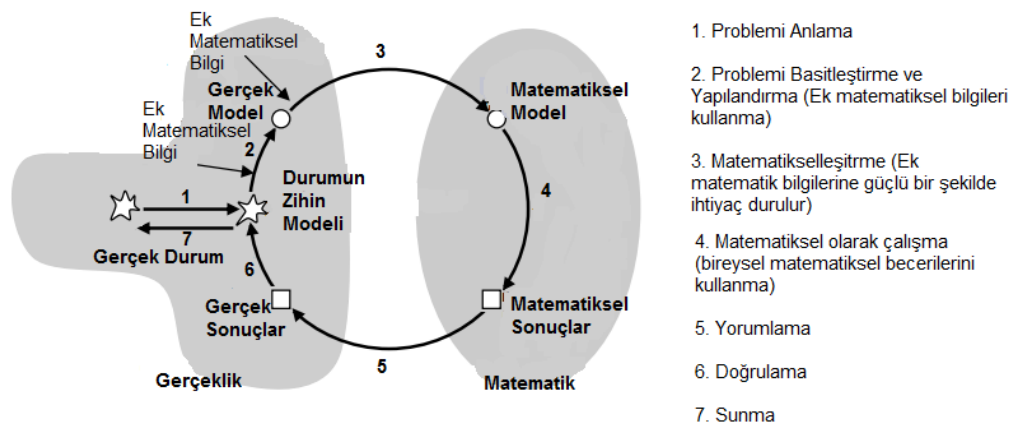
Genel olarak ICMI ve ICTMA etkinliklerinde yayınlanan çalışmalar arasında yapılan taramaya dayanan ve kategorileri detaylı şekilde açıklanmayan bu sınıflandırma yüzeysel kalmaktadır. Galbraith (2012) yapılan bu sınıflandırmayı önemli bulsa da bağlamsal modelleme, eğitimsel modelleme gibi farklı isimler vermenin gereksiz olduğunu, bunun yerine bu perspektiflerde sunulan farklı amaç ve önceliklerin öne çıkarılmasının daha önemli olduğunu vurgulamaktadır. Örneğin, bağlam hem gerçek yaşam problemlerinin çözülmesinin amaçlandığı gerçekçi/uygulamalı modellemede, hem de sosyo-kritik meselelerin öncelikli olduğu durumlarda önemli bir yere sahiptir. Dolayısıyla, perspektifleri modellemenin farklı türleri olarak sunmak yerine, onları birbiriyle ilişkilendirmek gerektiğini savunan Galbraith (2012) bu doğrultuda dünya çapında daha kabul göreceğini ifade ettiği ve daha basitleştirilmiş olarak gördüğü *araç olarak modelleme* ve *amaç olarak modelleme* ayrımına gitmektedir. Birinci yaklaşımda matematiksel modelleme müfredattaki diğer kazanımların öğretilmesinde bir araç olarak kullanılırken, ikinci yaklaşımda amaç

modelleme becerilerinin kazanılması ve bu becerilerin gerçek yaşam problemlerinin çözümünde kullanılmasıdır.

2.1.2. Matematiksel Modelleme Süreci/Döngüsü

Matematiksel modelleme ile ilgili çalışmalarda modellemenin bir süreci ifade ettiği belirtilmektedir (örn., Blum ve Leiss, 2007; Blomhoj ve Jensen, 2007). Gerektiğinde tekrarlanabilen bir süreç olduğundan modelleme döngüsü olarak da adlandırılan bu sürecin nasıl gerçekleştiği ise farklı araştırmacılar tarafından ele alınmıştır. Alan yazında yer alan bazı modelleme döngülerine aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

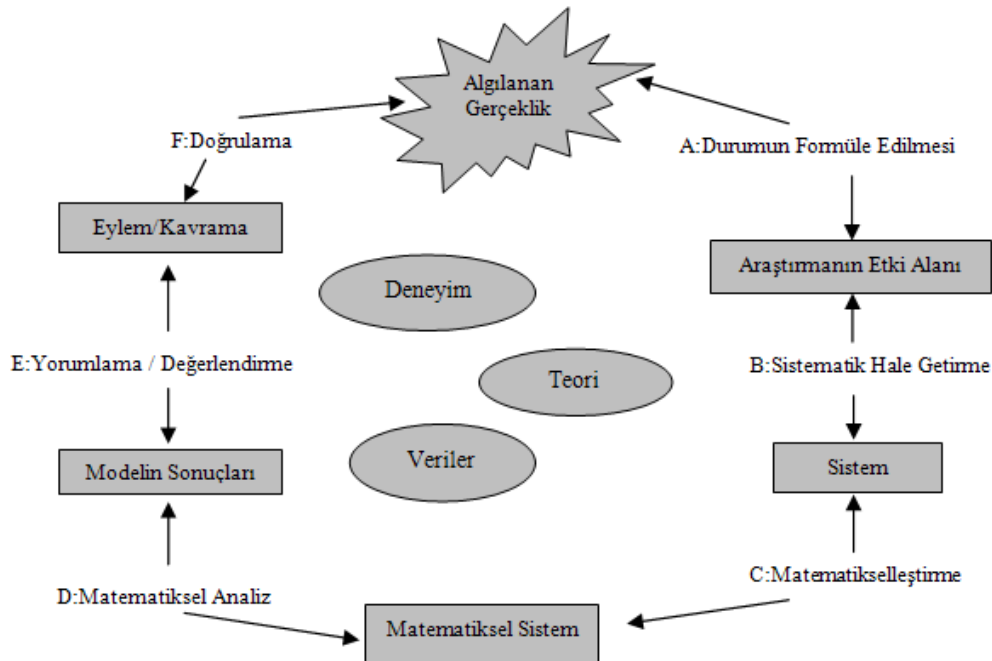
Matematiksel modelleme sürecini detaylı olarak ele alan ilk araştırmalardan biri Blum (1985) tarafından gerçekleştirilmiştir. Önerilen döngü modelini geliştiren Blum ve Leiss (2007), matematiksel modelleme sürecini alt basamaklara ayırarak 7 basamakta gerçekleşen bir süreç tanımlı yapmıştır (Şekil 2). Buna göre modelleme süreci *gerçek yaşam durumunun* anlaşılmasıyla başlar ve problem durumunun kabaca resmedildiği *durum modeline* geçilir. Gerekli sadeleştirme ve varsayımların uygulanmasıyla *gerçek model* oluşturulur. Daha sonra oluşturulan gerçek model matematikselleştirilerek (matematik diline transfer edilerek) *matematiksel model* elde edilir. Bu matematiksel modelin çözümlenmesi ile elde edilen *matematiksel sonuçlar* gerçek dünyada *gerçek sonuçlara* dönüştürülür ve çözümlerin geçerliği kontrol edilir. Çözümlerin gerçek yaşamdaki probleme uygunluğunda sorun olması durumunda süreç baştan tekrarlanabilir. En sonunda elde edilen çözümün raporlaştırılması ile modelleme süreci sonlandırılır.



Şekil 2.2. Matematiksel modelleme süreci (Blum ve Leiss, 2007, akt. Çavuş Erdem ve ark., 2018)

Blomhoj ve Jensen (2007) önceden doğrusal olarak tanımladıkları modelleme süreci tanımlamalarını (Blomhoj ve Jensen, 2003) daha sonra 6 basamaktan oluşan döngüsel bir süreç olarak ifade etmişlerdir (Şekil 3). Bu basamaklar aşağıdaki şekilde açıklanmıştır:

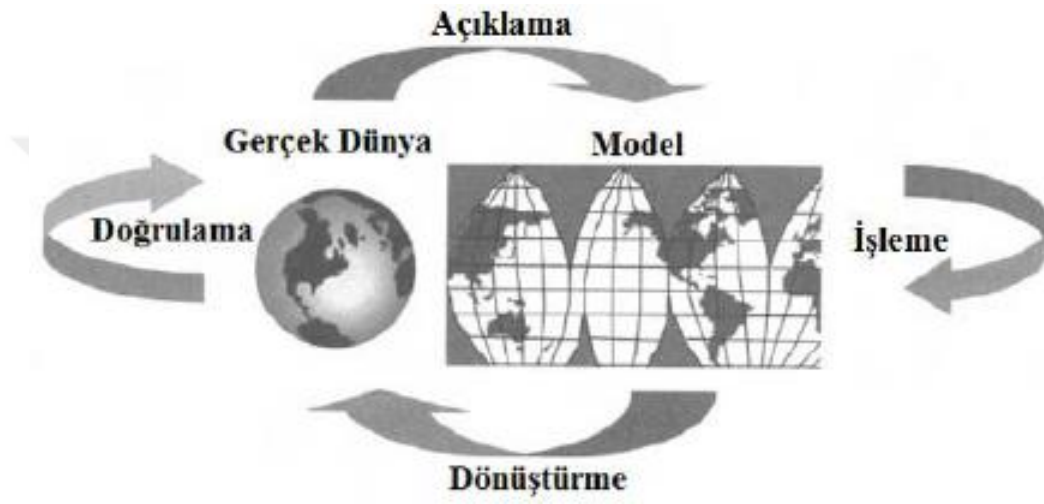
- (i) Modellenecek olan algılanan gerçekliğin özelliklerinin belirlenmesini sağlayacak görevin açık ve kesin bir biçimde ifade edilmesi,
- (ii) Ortaya çıkan araştırma sonuçlardan ilgili nesnelerin ve ilişkilerin seçilmesi; matematiksel bir temsili mümkün kılmak için bunların düzenlenmesi,
- (iii) Belirlenen nesnelerin ve ilişkilerin matematik diline transfer edilmesi,
- (iv) Matematiksel yöntemlerin kullanılarak matematiksel sonuçların ve çıkarımların elde edilmesi,
- (v) Bu sonuçların ve çıkarımların algılanan gerçekliğe göre yorumlanması,
- (vi) Modelin geçerliğinin gözlenen (veya tahmini) verilerle veya teorik bilgilerle karşılaştırılarak değerlendirilmesi (Blomhoj ve Jensen, 2003).



Şekil 2.3. Matematiksel modelleme süreci (Blomhoj ve Jensen, 2007, akt. Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2013)

Lesh ve Doerr (2003) ise geliştirdikleri modeller ve modelleme yaklaşımında matematiksel modellemeyi 4 basamaktan oluşan bir süreç olarak tanımlamaktadır (Şekil 4). Bu süreç tanımlamasına göre ilk basamak olan *tanımlama* (description) basamağında gerçek dünyanın model dünyasındaki yansıması oluşturulur. Bu basamakta problemi çözen kişinin

problem durumundan ne anladığına bağlı olarak model geliştirilir. İkinci basamak olan *işleme* (manipulation) basamağında, önce orijinal problem durumuyla ilgili tahminler ve varsayımlar geliştirilerek geliştirilen model matematik diline çevrilir, daha sonra gerekli matematiksel işlemler gerçekleştirilir ve bir çözüm elde edilir. Bu basamakta elde edilen ilgili çözümler *dönüştürme* (translation) basamağında gerçek dünyadaki problem durumuna uygulanır. Son basamak olan *doğrulama* (verification) basamağında ise çözümün kullanışlılığı test edilerek modelleme süreci sona erdirilir.



Şekil 2.4. Matematiksel modelleme süreci (Lesh ve Doerr, 2003)

Yukarıda, alan yazında yer alan modelleme süreç tanımlamalarından bazılarına yer verilmiştir. Bu tanımlamalar modelleme sürecini farklı bakış açılarıyla ele alsalar da hepsinde modellemenin doğrusal değil döngüsel bir yapıda olduğu ve ihtiyaç duyulduğunda basamaklar arasında ileri-geri hareket edilebileceği ortak görüşlerdir. Bu çalışmada kullanılan anlamıyla matematiksel modelleme, gerçek yaşam durumlarının/problemlerinin modellenerek matematik diline çevrildiği, oluşturulan modelin matematiksel olarak çözümlendiği ve bulunan çözümün gerçek yaşama uygunluğunun kontrol edilerek raporlaştırıldığı uygulamalar olarak kabul edilmektedir.

2.2. Matematiksel Modellemede Öğretmen Rolü

Matematiksel modellemenin öğrenciler açısından önemini göz önünde bulundurarak yaygınlaştırılması ile ilgili önemli sayıda araştırmacı önerilerde bulunmuştur. Örneğin, Kaiser (1995) ve Blum (1996), matematiksel modellemenin ilkokuldan lisans düzeyine kadar her düzeyde öğretilmesi gerektiğini belirtmektedir. Benzer şekilde, Lesh ve Doerr

(2003), geliştirdikleri model oluşturma etkinlikleri kapsamında matematiksel modellemenin okul öncesi dönemden itibaren kullanılması gerektiğini, böylece öğrencilerin matematiğın gerçek hayatta nasıl işe yaradığını anlayabileceklerini savunmaktadır. Bahsedilen düzeyde bir eğitimin sağlanması için, bu eğitimi verecek kişiler olarak öğretmenlerin matematiksel modelleme konusunda donanımlı olmaları gerekmektedir. Matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilerin iş birliğı yaparak gerçekleştirdiğı etkinlikler olduğundan öğrencilerin birlikte çalışmaları sürecinde öğretmenlerin önemli bir role sahip olduğu unutulmamalıdır (Webb ve ark., 2019). Dahası, öğrencilerin modelleme süreçleri üzerinde öğretmenlerin önemli bir etkisinin olduğu yapılan araştırmalarda ortaya konmuştur (Greefrath ve Vorhölter, 2016). Matematiksel modellemenin öğretimiyle ilgili öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalar bulunmakla birlikte, bu çalışmalar kapsamında verilen eğitimlerin etkililiğı tam olarak bilinmemektedir (Cai ve ark., 2014). Bununla birlikte, matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanmasında öğretmenlerin nasıl bir öğretim gerçekleştirmeleri gerektiğı araştırmacılar tarafından üzerinde sıkça durulan konulardan biri olmuştur.

Alan yazında matematiksel modellemenin öğretimi ile ilgili en çok karşılaşılan yaklaşımlar Blomhoj ve Jensen (2007) tarafından bütüncül (*holistic*) ve çekirdek (*atomistic*) yaklaşımlar olarak ifade edilmektedir. Bütüncül yaklaşımda matematiksel modelleme süreci bir bütün olarak ele alınırken, çekirdek yaklaşımda matematikselleştirme ve matematiksel analiz gibi alt yeterlik alanlarına odaklanılmaktadır. Genel olarak her iki yaklaşım da modelleme sürecinde etkili olsa da her iki yaklaşımın da güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Örneğın, bütüncül yaklaşım yorumlama ve doğrulama alt yeterlik alanlarında daha etkiliyken, çekirdek yaklaşım matematiksel işlemlerle ilgili alt yeterlik alanlarında daha etkilidir (Kaiser ve Brand, 2015). Öğrencilerin modelleme yeterliklerini geliştirmeye yönelik yaklaşımları inceleyen Aydın Güç ve Baki (2016), öğrencilerin matematiksel modelleme becerilerinin geliştirilmesi için “*matematiksel modelleme alt-yeterliklerini desteklemeye yönelik öğrenme ortamları*” tasarlanmasını önermektedir (s. 637).

Doerr ve Lesh (2011) modelleme bakış açısıyla matematik öğretimi için gerekli öğretmen bilgilerinin geleneksel ve reform temelli yöntemlerin ötesinde olduğunu belirtmektedir. Modelleme öğretimi için farklı öğretmen bilgi türlerini öne çıkaran Doerr ve Lesh (2011), öğretmenlerin öğrencilerin anlamlı matematiksel modeller geliştirebilecekleri etkinliklere katılımlarını sağlama ve modelleme sürecinde öğrenci öğrenmelerini takip

ederek uygun dönütler verme konusunda yeterli bilgiye sahip olmaları gerektiğini savunmaktadır. Niss ve arkadaşlarına (2007) göre ise matematiksel modelleme öğretiminde kullanılacak öğretmen uygulamaları kaliteli bir matematik öğretimi için kullanılması gereken yöntemlerle benzerlik gösterse de geleneksel matematik sınıflarında bulunmayan bazı uygulamalar da içermektedir. Blum ve Borromeo Ferri (2009) bahsi geçen kaliteli matematik öğretimini tanımlarken öğretimin;

- *öğrencilere matematiksel yeterlikler kazanmaları ve matematiksel bağlantılar kurmaları için geniş fırsatlar sunan bir planlama,*

- *bilişsel ve meta-bilişsel etkinlikler ile öğrencileri bağımsızlığa teşvik ederek onları sürekli bilişsel olarak aktif tutan bir uygulama ve*

- *etkili ve öğrenci merkezli bir sınıf yönetimi*

içermesi gerektiğini belirtmişlerdir (s. 52). Burada tanımlanan öğretim genel bir yaklaşımı ifade etmektedir. Gerçekten de matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilere farklı çözümler geliştirebilme imkânı sunan esnek yapısı dikkate alındığında, bu etkinliklerin nasıl uygulanacağını kalıplara sıkıştırarak bir formül halinde sunmanın mümkün olmadığı aşıkardır. Bununla beraber, matematiksel modellemenin etkili bir şekilde öğretimi için araştırmacılar tarafından yapılan öneriler öğretmenler için yol gösterici olabilir.

Öğretmen adayları için hazırladıkları bir dönemlik seminer dersi kapsamında Borromeo Ferri ve Blum (2009) öğretmen adaylarının yalnızca modelleme problemlerini hazırlayabilmelerini ve çözebilmelerini değil ayrıca modellemeyi nasıl öğretebilecekleri ile ilgili yöntemleri de öğrenmelerini amaçlamışlardır. Araştırmacılar bu seminer dersinin yapılandırılması aşamasında matematiksel modellemenin öğretimi için gerekli öğretmen yeterliklerini (i) teorik, (ii) etkinlik, (iii) öğretim ve (iv) tanılama/teşhis olmak üzere dört başlık altında toplamıştır (Şekil 2.5).

Matematiksel modelleme öğretimi için gerekli olan ilk yeterlik teorik boyutta ele alınmıştır. Burada matematiksel modellenin ne olduğu, amacının ne olduğu, neden öğretilmesi gerektiği ve farklı araştırmacıların matematiksel modellemeyi nasıl yorumladıkları ile ilgili teorik bilgilere sahip olunması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, yukarıda bahsedilen modelleme döngüleri hakkında bilgi sahibi olmak ve öğrencilerin farklı modelleme süreçlerinden geçebileceğini göz önünde bulundurmak modelleme problemlerinin sınıf uygulamalarında öğrencilere daha verimli bir ortam sağlamak adına faydalı olacaktır.

Teorik Boyut	a) Modelleme döngüleri b) Modellemenin amaçları ve perspektifleri c) Modelleme problemi türleri
Etkinlik Boyutu	a) Modelleme problemlerinin farklı çözümleri b) Modelleme problemlerinin bilişsel analizi c) Modelleme problemi tasarlama
Öğretim Boyutu	a) Modelleme probleminin kullanılacağı dersi planlama b) Modelleme problemini uygulama c) Müdahaleler, destek ve dönüt verme
Tanımlama/Teşhis Boyutu	a) Modelleme süreci basamaklarını tanımlama b) Zorluk ve hataları tanımlama c) Modelleme problemlerini değerlendirme

Şekil 2.5. *Matematiksel modelleme öğretiminde öğretmen yeterlikleri modeli (Borromeo Ferri, 2018, s. 5; Borromeo Ferri ve Blum, 2009)*

Öğretmenlerin sahip olması gereken ikinci yeterlik olan etkinlik boyutunda öğretmenlerin öncelikle iyi bir matematiksel modelleme probleminin özelliklerini bilmesi gerektiği belirtilmektedir. Borromeo Ferri'ye (2018) göre iyi bir matematiksel modelleme problemi gerçek yaşama uygun olmalı; öğrencileri bilişsel olarak aktif hale getirerek onları düşünmeye zorlamalı; öğrencilerin farklı çözümler üretebilmelerine imkân vermeli ve modelleme basamaklarına uygun olarak çözülebilmelidir. Bu bilgiler ışığında matematiksel modelleme problemleri geliştirebilmek matematiksel modelleme öğretimi için gerekli görülen ikinci yeterliği oluşturmaktadır.

Mevcut çalışma kapsamında ele alınan ve Borromeo Ferri ve Blum (2009) tarafından üçüncü boyut olarak açıklanan öğretim boyutunda matematiksel modellemenin öğretilebilmesi için öğretmenlerin bir modelleme dersini planlayıp yürütebilmesi ve modelleme sürecinde öğrencilere uygun müdahalelerde bulunabilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu boyut, teorik ve etkinlik boyutunda ele alınan yeterliklerin bir bakıma uygulamaya koyulması olarak değerlendirilebilir. Öğrencilere ve dersin amacına uygun modelleme problemlerinin geliştirilmesi veya seçilmesi; öğrencilerin bireysel farklılıklarını dikkate alarak dersin planının yapılması ve uygun müdahalelerin tasarlanması ile teorik ve etkinlik boyutunda ele alınan yeterliklerin öğretim boyutunda uygulamaya geçirilmektedir. Daha sonraki çalışmalarında bu boyutu detaylandıran Borromeo Ferri (2018) modelleme dersinin planlanması ve gerçekleştirilmesi için bazı ilkeler önermiştir. Bu ilkeler dersin planlanması (4 ilke) ve uygulanması (4 ilke) için ayrı ayrı ele alınmıştır.

Derse hazırlık ve planlama aşamasında;

- Öğrenciler için ilginç gelebilecek bir bağlamı olan, gerçekçi ve modelleme sürecindeki adımlara uygun olarak çözülebilecek bir modelleme probleminin seçilmesi,

- Problemin modelleme sürecine uygun olarak öğretmen tarafından çözülmesi, birden fazla model ve çözüm yolu üretilmesi, modelleme sürecinde öğrencilerin karşılaşılabileceği bilişsel zorlukların ve olası müdahalelerin düşünülmesi,

- Modelleme problemini uygulamadaki amacın ne olduğunun açıkça belirlenmesi,

- Modelleme probleminin uygulanması için gerekli materyallerin ve zamanlamanın önceden ayarlanması önerilmiştir.

Derse hazırlık ve planlama aşamasının ilk basamağında uygun bir modelleme probleminin seçilmesi yer almaktadır. Bir problemin matematiksel modelleme problemi olabilmesi için öncelikle gerçek yaşamdan bir durum içermesi gerekir. Bu gerçek yaşam durumunun öğrencilerin ilgisini çekebilecek nitelikte olması onların modelleme sürecine aktif olarak katılımına yardımcı olacaktır (Galbraith, 2007; Vos, 2011). Yine, problemin modelleme basamaklarına uygun olarak çözülebilmesi, öğretmenin öğrencilerin modelleme süreçlerini takip edebilmesi adına önemlidir. Öğretmen uygulama öncesinde modelleme problemi için farklı çözümler geliştirerek öğrencilerin deneyimleyeceği olası süreçleri ve problemleri önceden görme imkânı bulabilir (Stender, 2018). Buna ek olarak, uygulama sırasında kullanılacak gerekli materyallerin önceden hazırlanması ve uygun ders planının da yapılması önemlidir. Bu sayede uygulama sırasında yaşanabilecek aksaklıkların önüne geçmek daha kolay hale gelecektir.

Modelleme probleminin uygulanması ve çözümlerin değerlendirilmesi aşamasında ise;

- Derse başlamadan önce öğrencilerin süreçle ilgili bilgilendirilmesi,

- Modelleme sürecinde grupların ziyaret edilerek farklı çözümlerin öne çıkarılması,

- Dersin amacına ve plana uygun yürüyüp yürümediğinin kontrol edilmesi,

- Ders sonunda nelerin yolunda gidip nelerin değiştirilmesi gerektiğinin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Matematiksel modelleme problemlerinin uygulandığı dersler geleneksel matematik derslerinden farklılaşmaktadır. Matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanmasıyla ilgili çalışmalar öğrencilerin modelleme sürecinin nasıl olduğuyla ilgili bilgilendirilmelerinin onların modelleme süreçlerini olumlu etkilediğini göstermektedir (örn., Niss, 2010; Schukajlow ve ark., 2015). Dolayısıyla, öğrencilerin nasıl bir süreç yaşayacakları ile ilgili bilgilendirilmeleri onları derse hazırlamak adına önemlidir. Modelleme problemi öğrencilere sunulduktan sonra öğrenci grupları arasında dolaşarak öğrenci çözümleri kontrol edilmeli, farklı çözüm yolları teşvik edilerek öğrenciler bilişsel

olarak sürekli aktif tutulmalıdır. Borromeo Ferri'ye (2018) göre öğretmen öğrencilerin modelleme sürecinde ilerleme kaydedip kaydetmediğini anlayabilmeli ve müdahaleye gerek olup olmadığına karar verebilmelidir. Modelleme sürecinde yapılacak öğretmen müdahaleleri öğrencilerin bağımsız bir şekilde çalışması ve öğretmenin rehberlik etmesi noktasında dengeyi sağlayacak uyarlanabilir müdahaleler olmalıdır. van de Pol ve arkadaşlarına (2011) göre uyarlanabilir müdahaleler daha az yönlendirici, öğretmenin aklındaki plana yönelik olmayan ve öğrencinin ihtiyaçlarına cevap verecek müdahalelerdir. Leiss (2007) uyarlanabilir müdahaleleri “*öğrencilerin bireysel öğrenme ve problem çözme sürecini minimum düzeyde destekleyen, böylece öğrencilerin maksimum bağımsız düzeyde çalışmaya devam edebilmeleri için öğretmenin öğrenciye yaptığı bu tür yardımlar*” olarak tanımlamaktadır (s. 65). Blum'a (2015) göre ise “Metni dikkatlice okuyun!”, “Çözüm planı oluşturun!”, “Hangi verilere ihtiyacınız var?” gibi stratejik müdahaleler öğrenci merkezli bir öğrenme ortamı için gerekli uyarlanabilir müdahalelerdendir. Ders sonunda öğretmen modelleme etkinliğinin amacına ulaşmış ulaşmadığını değerlendirmeli ve sonraki etkinlikler için nelerin yapılması gerektiği konusunda fikir üretme yoluna gitmelidir.

Bu öneriler etkili bir matematiksel modelleme öğretimi için genel hatlar sunmakla birlikte, bu önerilerin nasıl hayata geçirileceği ve bu süreçte hangi öğretmen müdahalelerinin/uygulamalarının ortaya çıkacağı uygulanan etkinliğe ve modelleme döngülerine göre değişkenlik gösterebilir (Cai ark., 2014). Nitekim, yukarıda verilen ilkelerin kullanıldığı ve modelleme problemlerinin sınıflarda uygulanması ile ilgili yapılan çalışmalar deneyimli öğretmenlerin dahi zengin uygulamalar geliştirme ve uygun müdahalelerde bulunma noktasında yeterli donanıma sahip olmadığını ortaya koymaktadır (Blum ve Borromeo Ferri, 2009). Bu açıdan, modelleme etkinliklerinin sınıf ortamına taşınmasıyla ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Matematiksel modelleme öğretimi için gerekli yeterliklerden sonuncusu tanılama/teşhis boyutu önceki boyutlarla, özellikle öğretim boyutuyla, yakından ilişkilidir. Bu yeterlik modelleme sürecinin basamaklarını iyi bilmeyi ve öğrencilerin karşılaşılabilecekleri zorlukları önceden tahmin etmeyi gerektirir. Söz konusu seminer dersi öğretmen adayları için hazırlandığından değerlendirme boyutunu eklemeyi gereksiz bulan Borromeo Ferri ve Blum (2009) buna gerekçe olarak öğretmen adaylarının henüz değerlendirme konusunda gerekli tecrübeye sahip olmadığını göstermektedir. Daha sonra Borromeo Ferri (2018) bu yeterlik boyutlarını detaylandırırken tanılama/teşhis boyutunun aslında gizli bir değerlendirme boyutu da içerdiğini belirtmiştir. Dolayısıyla, modelleme

sürecinin sonunda öğrenci cevaplarının modelleme basamaklarına uygunluğu da dikkate alınarak değerlendirilmesi tanılama/teşhis boyutunda yer alan bir yeterlik olarak değerlendirilebilir.

Bu bölümde Borromeo Ferri ve Blum (2009) tarafından geliştirilen modelleme öğretimi için gerekli öğretmen yeterlikleri çerçevesi ele alınmıştır. Yukarıda da görüldüğü gibi bu boyutlar birbirleriyle ilişkili olduklarından bir bütün olarak ele alınmalıdır. Ancak bu çalışma kapsamında yalnızca öğretim boyutu çalışmanın kuramsal temelini oluşturmaktadır. Öğretim boyutuna ek olarak tanılama/teşhis boyutunda yer alan değerlendirme boyutu da çalışma kapsamında öğrencilerin model çözümlerinin sunumu sırasında ele alınacaktır.

2.3. Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme

Çalışmanın buraya kadar olan kısmında matematiksel modelleme, matematiksel modellemeye farklı yaklaşımlar ve matematiksel modelleme döngüsü açıklanarak matematiksel modellemede öğretmen rolüne değinilmiştir. Bu bölümde ise araştırmaya konu olan disiplinler arası matematiksel modelleme (DMM) yaklaşımı tanıtılmış ve DMM süreci açıklanmıştır.

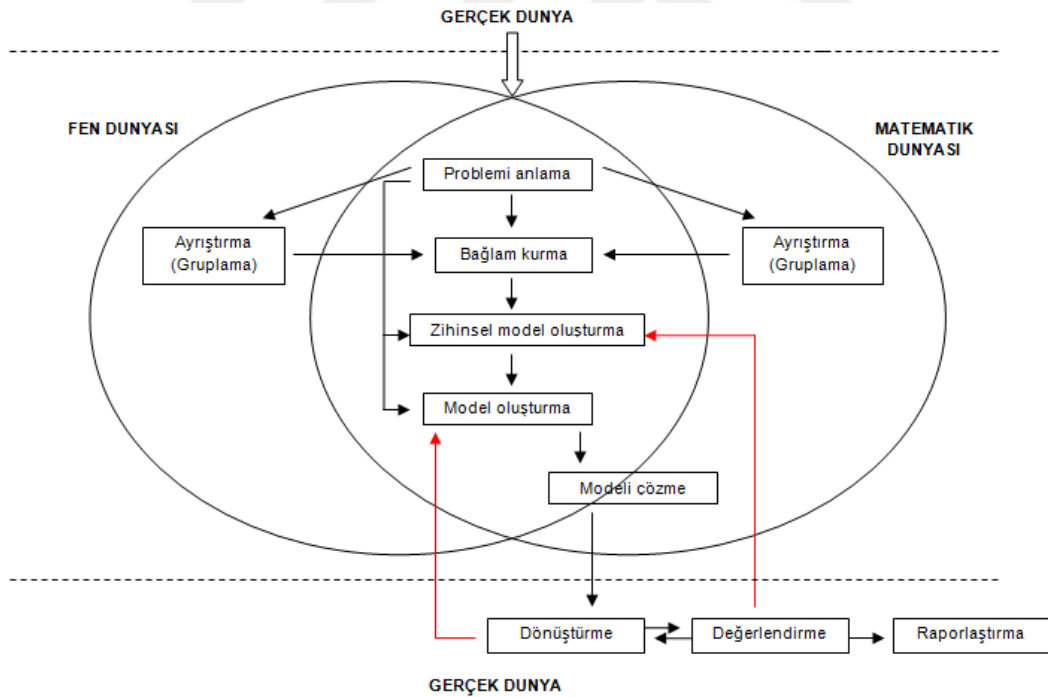
Matematiksel modellemenin disiplinler arası boyutunun ele alınması yeni bir yaklaşım değildir. Matematiksel modellemenin öncü isimlerinden Henry Pollak, matematik ve diğer disiplinlerin etkileşimini incelediği çalışmasında (Pollak, 1979) matematik uygulamalarının -matematiksel modelleme anlamında- gerçek hayatta matematiğin uygulanabilirliğini ve kullanışlılığını ortaya koymada etkili olduğunu tartışmaktadır. Borromeo Ferri ve Mousoulides'e (2017) göre ise matematiksel modelleme problemleri, matematikle birlikte herhangi bir disiplinle ilgili olabilecek gerçek yaşam bağlamlarını içerdiğinden, doğası gereği disiplinler arasıdır. Matematiksel modellemenin disiplinler arası boyutu, günümüzde kendisine önemli bir araştırma alanı bulan STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi araştırmacılarının da dikkatini çekmiştir. Örneğin, Maas ve arkadaşlarına (2019) göre, amacı fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarındaki bilgilerin uygulanarak gerçek yaşam problemlerinin nasıl çözüleceğini öğrenmek olan STEM eğitiminin bu amacını gerçekleştirmede matematiksel modelleme önemli katkılar sunabilir. STEM disiplinlerinin başarılı bir şekilde entegre edilmesi ve STEM etkinliklerinde aranan bir özellik olan gerçeklik/orijinallik (*authenticity*) özelliğinin sağlanması için matematiksel modellemenin kullanılabileceği ifade edilmektedir (örn.,

Baker ve Galanti, 2017; Doğan ve ark., 2018; English, 2017; Gilbert, 2004). Treacy ve O'Donoghue (2014) tarafından STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesi için önerilen gerçekçi entegrasyonun (*authentic integration*) özellikle matematik ve fen bilimleri için uygun olduğu belirtilmektedir. Fen bilimlerinin temelde gerçek dünyayı keşfetme ve anlamaya dayalı olduğu düşünüldüğünde, fen bilimleri ile matematiksel modelleme arasında doğal bir bağ olduğu söylenebilir (Burkhardt, 1981). Ayrıca, matematiksel modellemenin STEM eğitime geçişte bir köprü vazifesi göreceği çeşitli araştırmacılar tarafından dile getirilmektedir (örn., English, 2015, 2022; Gürbüz ve Çalık, 2021; Hallström ve Schönbörn, 2019; Kertil ve Gürel, 2016). Örneğin, matematik ve fen bilimleri kavramlarının bir arada bulunduğu bir modelleme etkinliğinin uygulandığı çalışmalarında Gürbüz ve Çalık (2021), kullanılan etkinliğin öğrencilerin hedeflenen kavramları kazanmalarına yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. English (2022) ise, ilköğretim öğrencileriyle gerçekleştirdiği çalışmada öğrencilerin farklı alanlara ait kavramları kullanarak modelleme sürecini başarıyla gerçekleştirdiklerini belirtmiş ve matematiksel modellemenin farklı disiplinleri birleştirerek öğrenciler için gerçekçi problem deneyimleri sunabileceğini savunmuştur. Bütün bu çalışmalar, matematiksel modellemenin STEM eğitimi açısından önemine işaret etmektedir.

Doğan ve ark. (2019), matematiksel modellemenin disiplinler arası özelliğinden ve STEM eğitimi için öneminden hareketle Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme (DMM) teorik çerçevesini ortaya atmışlardır. Bu çerçeveye göre, modelleme sürecinde STEM disiplinlerinden matematikle beraber fen, teknoloji ve mühendislik alanlarından birinin veya birkaçının birlikte kullanılması ile disiplinler arası ve daha kapsayıcı bir modelleme süreci oluşturulabilir. Öncelikle matematik ve fen bilimleri için önerilen bu çerçeve kapsamında, matematiksel modellemenin farklı disiplinleri bir arada ele alabilecek bir problem çözme yaklaşımına sahip olması, fen öğretimi için matematik kadar farklı disiplinlerin de kullanılmasına olanak sağlar. Bu bağlamda, özellikle matematik ve fen bilimleri konularını birlikte ele alan bir DMM problemini inceleyen Doğan ve ark. (2019), her iki disipline ait kavramların birlikte öğretilmesinin teorik olarak mümkün olduğunu iddia etmişlerdir. Matematik ve fen bilimleri için önerilen DMM süreci ve bu süreçte problemi çözen kişinin geçtiği bilişsel basamaklar Şekil 2.6'daki gibidir.

Gerçek dünyada başlayan DMM sürecinde ilk olarak *problemi anlama* basamağında verilen gerçek yaşam probleminin tanımlanması gerçekleşir. Problemin anlaşılmasıyla STEM dünyasına geçiş yapan birey, bu basamakta problemin çözümü için gerekli olan değişkenleri de belirler. Bu değişkenlerin problemin çözümünde kullanılması için

varsayımlarda bulunulması ve olası çözüm yollarının belirlenmesi ile *zihinsel model* oluşturulur. *Ayrıştırma* (gruplama) basamağında problemde yer alan kavramlar bireyin zihninde süzgeçten geçirilerek ilgili disiplinle ilişkilendirilir. Her iki disiplinde ayrı ayrı gerçekleşen bu kısa süreli basamakta birey kısa süreliğine ilgili disiplin alanına geçer, her iki disiplinin birbirini tamamlayıcı özelliklerini ayrıştırarak ortak alana (STEM) geri döner ve gerekli bağlamı oluşturur. Model oluşturma alanına geri dönen birey, daha önce oluşturduğu zihinsel modeli *matematikselleştirerek* problem çözümünde kullanacağı matematiksel modeli oluşturur. Birey matematik bilgisini kullanarak oluşturduğu matematiksel modeli çözer. Bu basamak matematik bilgilerinin kullanılmasından dolayı matematik dünyasında gerçekleşse de diğer alanlardan bilgiler de kullanılabilir. Bu basamakta elde edilen çözüm *dönüştürme* basamağında gerçek dünyaya uygulanır ve *değerlendirme* basamağında çözümün gerçek dünyada uygulanabilirliği ve geçerliği değerlendirilir. Çözümün uygun olduğuna emin olduktan sonra birey çözüm basamaklarını ve sonuçlarını kısaca özetlediği bir *rapor oluşturur*.

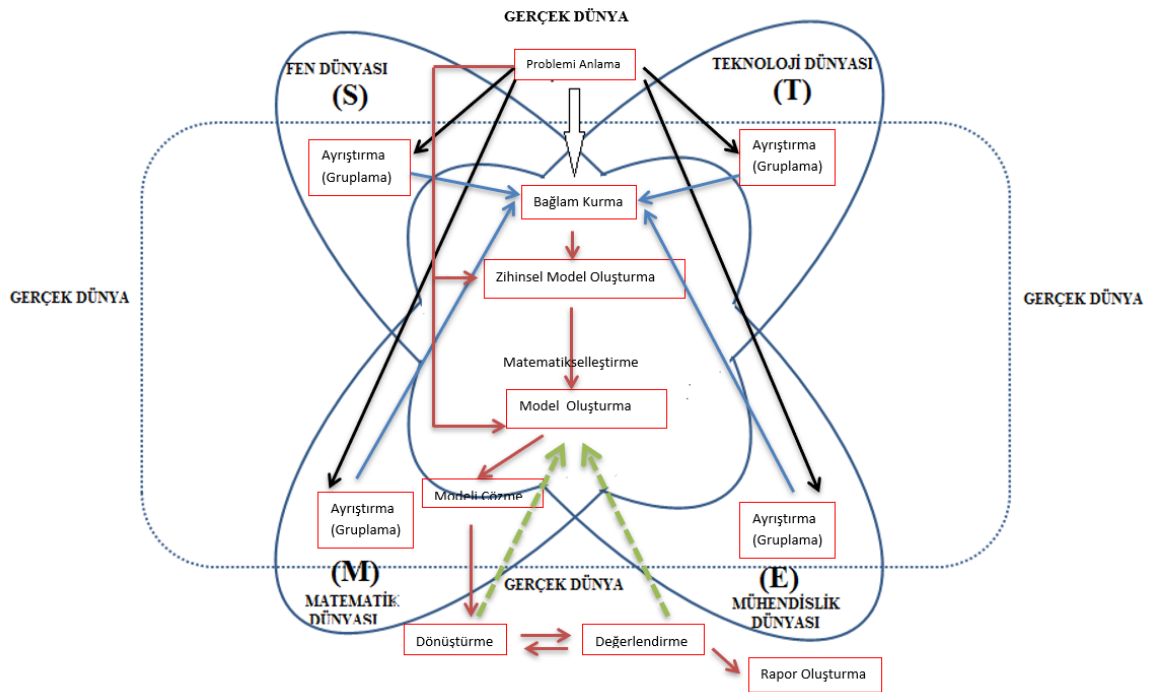


Şekil 2.6. Matematik ve fen bilimleri derslerinin disiplinler arası matematiksel modelleme süreci (Doğan ve ark., 2019)

DMM sürecinde açıklanan bu bilişsel basamaklar esnek olup, problemi çözen kişinin basamaklar arasında geçiş yapabilmesine imkân tanıyacak niteliktedir. Örneğin, oluşturduğu

modelin gerçek yaşam durumuna uygun olmadığını veya çözümünün gerçek dünyada uygulanabilir olmadığını anlayan birey, dönüştürme veya değerlendirme basamağından model oluşturma basamağına geri dönebilir ve modelini düzenleyebilir. Benzer şekilde, geliştirdikleri matematiksel modelin başka değişkenler de içerebileceğini fark eden gruplar model oluşturma basamağına dönerek modellerini yenileyebilirler.

Yukarıda matematik ve fen bilimleri disiplinleri için açıklanan DMM süreci tüm STEM disiplinleri için de uygulanabilir. STEM disiplinlerinin tamamını içine alan DMM süreci Şekil 2.7’deki gibidir.



Şekil 2.7. STEM disiplinler arası matematiksel modelleme süreci

DMM'nin çok disiplinli yapısından dolayı, DMM problemlerinin hazırlanmasında matematikle beraber fen bilimleri, teknoloji ve mühendislik alanlarından biri veya birkaçına (veya tamamına) ait kavramlar kullanılabilir. Şekil 2.7’de sunulan uygulama süreci bütün STEM disiplinlerini içermektedir. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7 birlikte düşünüldüğünde, uygulanan DMM etkinliğinin yapısına göre ilgili disipline ait köşe hareket ettirilebilir. Bu durumda, süreç basamakları ve basamaklar arası geçişler aynı şekilde gerçekleşecektir. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de yer alan oklar doğrusal olsa da DMM süreci döngüsel bir süreci ifade etmektedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan DMM problemleri yalnızca matematik ve fen bilimleri alanlarına ait kavramlar içermektedir. Dolayısıyla bu etkinlikleri uygulayacak öğretmenlerin hem matematik hem de fen bilimleri konularına hâkim olmaları

gerekmektedir (Borromeo Ferri ve Blum, 2009). Bu yüzden çalışma kapsamındaki uygulamalar hem matematik hem de fen bilimleri öğretmenleri sınıfta aynı anda bulunarak öğretimlerini birlikte planlayacak ve uygulayacak şekilde tasarlanmıştır.

2.4. Modellemede Öğretmen Rolü ile İlgili Çalışmalar

Farklı disiplinlerin bir arada kullanıldığı matematiksel modelleme etkinliklerini kapsayan DMM yaklaşımı modelleme araştırmalarında yeni bir teorik çerçeve olarak yerini almıştır. Alan yazında DMM etkinlikleri ve bu etkinliklerde öğretmenlerin rolüyle ilgili çalışmalar oldukça sınırlı olduğundan bu bölümde matematiksel modelleme etkinliklerinde öğretmen rolüyle ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

Öğretmenlerin modelleme sürecinde kullandıkları müdahale yöntemlerini kontrollü bir öğretim ortamında inceleyen Leiss (2007) öğretmen müdahalelerini farklı gruplara ayırmıştır. Bu gruplar (1) modelleme süreci ve ilgili matematiksel içerikle ilgili müdahaleler, (2) modelleme ve problem çözme süreçlerinin genel özellikleriyle ilgili üst bilişsel düzeyde yer alan stratejik müdahaleler, (3) öğrencilerin mental durumunu etkilemeye yönelik duyuşsal müdahaleler ve (4) öğrenci çalışmaları ve sunumların genel durumuyla ilgili örgütsel müdahaleler olarak sıralanmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre öğretmen müdahalelerinin bir kısmı modelleme derslerinde kullanılması tavsiye edilen stratejik müdahaleler olarak değerlendirilirken, öğretmenler genellikle dolaylı olarak öğrencilere tavsiyelerde bulunmayı tercih etmiştir.

Doerr ve Lesh (2011) modelleme bakış açısıyla matematik öğretimi için gerekli öğretmen bilgilerinin geleneksel ve reform temelli yöntemlerin ötesinde olduğunu belirtmektedir. Buna göre, modelleme bakış açısıyla öğretim yapabilmek için öğretmenlerin gerekli içerik bilgisine sahip, öğrencilerin farklı düşünme biçimleri geliştirebileceğine inanan ve farklı öğrenme ortamlarında öğrencilerin matematiksel düşüncelerini destekleyebilecek pedagojik bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. Ancak matematiksel bilginin işlemsel (nasıl yapılacağıyla ilgili) ve kavramsal (ne zaman ve neden yapılması gerektiğiyle ilgili) boyutlarını vurgulayan Doerr ve Lesh (2011), modelleme öğretimi için iki farklı öğretmen bilgisini öne çıkarmaktadır: (1) öğrencilerin anlamlı matematiksel modeller geliştirebilecekleri etkinliklere katılımlarını sağlamak ve (2) modelleme sürecinde öğrenci öğrenmelerini takip ederek uygun dönütler vermek. Buradan, öğretmenlerin öğrenciler için uygun modelleme etkinliklerini seçebilmeleri, öğrencilerin modelleme becerilerini geliştirecek uygulama ve materyalleri seçebilmeleri ve öğrencilerin modellerini

değerlendirip geliştirmelerine yardımcı olacak stratejiler geliştirebilmeleri gerektiği sonucu çıkarılabilir. Doerr ve Lesh (2011) tarafından vurgulanan öğretmen yeterlikleri Borromeo Ferri ve Blum (2009) tarafından geliştirilen öğretmen yeterlikleri modeliyle benzerlik göstermektedir. Ancak, bu çalışmanın da temelini oluşturan ve Borromeo Ferri ve Blum (2009) tarafından geliştirilen öğretmen yeterliklerinin daha kapsamlı olduğu söylenebilir.

Öğretim yöntemlerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışma Schukajlow ve ark. (2012) tarafından gerçekleştirilmiştir. 224 9. sınıf öğrencisi ve 14 öğretmenle gerçekleştirilen çalışmada modelleme öğretiminde kullanılan farklı öğretim yöntemleri karşılaştırılmıştır. Araştırmada öğretmenin yönlendirici olduğu, daha öğretmen merkezli öğretim yöntemi ile Maria Montessori'den etkilenecek tasarlanan ("Kendim yapmama yardım et!") ve öğrencilerin gruplar halinde bağımsız çalışmalarına imkân tanıyan daha öğrenci merkezli operatif-stratejik yöntemin öğrencilerin modellemeye karşı duyuşsal özelliklerinin (eğlenme, değer, ilgi ve öz-yeterlik beklentisi) yanı sıra modelleme becerileri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonunda operatif-stratejik öğretim yönteminde öğrencilerin modelleme problemlerine daha fazla ilgi gösterdiği ve etkinliklerde daha fazla eğlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Daha da önemlisi operatif-stratejik öğretim yöntemi öğrencilerin modelleme sürecindeki başarılarını daha fazla artırmıştır.

Kaiser ve Stender (2013) 9. sınıf öğrencileriyle gerçekleştirdikleri çalışmalarında öğrencilerin kendi kendilerine devam ettirdikleri bir modelleme sürecinde mikro yardımların (micro-scaffolding) etkisini incelemişlerdir. Bu kapsamda öğrencilere modelleme sürecinde motivasyonel, geri bildirim, genel stratejik, içeriğe dönük stratejik ve içerik olmak üzere farklı müdahalelerde bulunmuşlardır. Araştırmacıların ilk bulguları öğrencilerin müdahalelere farklı şekillerde tepki verdiği yönünde olmuştur. Araştırma sonuçları öğretmen müdahalelerinin uygunluğunun ve etkililiğinin öğrencilerin entelektüel kapasiteleri, matematik inançları ve özgüvenleri gibi etkenlere bağlı olarak onları nasıl algıladığıyla ilgili olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Tropper ve ark. (2015) modelleme sürecinde giderek azalan ve sonunda öğrencilerin kendi başlarına modelleme problemi üzerinde çalıştıkları bir öğretmen destek yöntemini incelemişlerdir. Çalışmaya katılan 5 matematik öğretmeni modelleme problemlerini düzenli olarak sınıflarında uygularken, ikili gruplar halinde çalışan 10 9. sınıf öğrencisine modelleme sürecinde rehberlik etmiştir. İncelenen öğretmen destek modelinde öğretmenin (i) öğrencilerin ihtiyaç duyduğunda müdahale ederek destek vermesi, (ii) öğrenci performansı arttığında desteği azaltması ve (iii) sonunda öğrenme sorumluluğunu tamamen

öğrenciye bırakması beklenmektedir (van de Pol, Volman ve Beishuizen, 2010). Bu şekildeki bir desteği uyarlanabilir destek olarak tanımlayan araştırmacılar, çalışma kapsamında özellikle ilk basamağa odaklanmışlardır. Araştırma sonunda öğretmen müdahalelerinin genellikle öğrenciler problem yaşadıkları için değil, öğretmenler tercih ettiği için gerçekleştiği görülmüştür. Başka bir ifadeyle, öğretmen müdahaleleri beklendiği gibi öğrencilerin problemlerine yönelik değil, öğretmenlerin süreci yönlendirmelerine yönelik gerçekleşmiştir. Ek olarak, öğretmen müdahalelerinin çoğunlukla içeriğe yönelik olduğu, modelleme sürecine çok az değinildiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla, öğretmen müdahalelerinin çok az bir kısmının uyarlanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Öğrencilere matematiksel modelleme sürecinde sağlanan desteğin incelendiği bir diğer çalışmada Schukajlow ve ark. (2015) öğrencilere sundukları çözüm planının öğrencilerin çözüm süreçlerine olan etkisini incelemiştir. 9. sınıf öğrencilerinin katıldığı deneysel çalışmada daha büyük bir proje kapsamında geliştirilen çözüm planı deney grubundaki öğrencilere yardımcı olarak kullanılmıştır. Bu çözüm planı öğrencilere matematiksel modelleme sürecinde yardımcı olacak stratejiler belirlemeleri amacıyla kullanılmıştır. Çalışma sonunda her iki grup öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerinde gelişme olsa da çözüm planı kullanılan deney grubu öğrencilerinin organize etme, detaylandırma, tekrarlama ve planlama stratejilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Çalışma bulguları ışığında çözüm planı kullanmanın öğrencilerin modelleme yeterliklerinin geliştirilmesinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çözüm planı modelleme süreci hakkında bilgi verdiğinden, modelleme süreci hakkında bilgi sahibi olmanın modelleme süreci üzerinde olumlu etkisi olduğu söylenebilir.

Jung (2015) iki matematik öğretmeniyle gerçekleştirdiği çalışmada yerinde hizmet içi eğitim (in situ PD) vererek öğrencilerin modelleme problemlerini çözmelerine yardımcı olacak öğretim yöntemlerini ve bir araştırmacı ve öğretmenin modelleme sürecindeki rollerini görmeyi amaçlamıştır. Çalışma boyunca her öğretmenin sınıfında 3 model oluşturma etkinliği uygulanmıştır. Bu süreçte araştırmacı öğretmenlere sırasıyla model oluşturma etkinliklerini tanıtmış, etkinliğin uygulanmasıyla ilgili öğretmenlerin endişeleri tartışılmış, modelleme etkinliği öğretmen ve araştırmacı tarafından birlikte uygulanmış, son olarak uygulama değerlendirilmiştir. Her etkinlik için gerçekleştirilen bu süreçte öğretmenler bir sonraki uygulama için öğretim uygulamalarını uyarlama imkânı bulmuştur. Çalışma başlangıcında modelleme hakkında herhangi bir tecrübeye sahip olmayan öğretmenler, modelleme sürecini ve modelleme öğretimini uygulamalar sırasında

araştırmacının rehberliğinde öğrenmiştir. Araştırma sonunda öğrencilerin tabloları okuma, problem çözme ve grupla çalışma öğretmenin endişelerini dile getirdiği alanlarda önemli gelişme gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Lewis (2018) bir matematik öğretmenin matematiksel modellemeyi sınıf kültürü haline getirmesi sürecini etnomatematik teorik çerçevesinden incelemiştir. Buna göre, emik (sınıf kültürüne has olan) ve diyalojik (diyalogla ilgili) bakış açısıyla matematiksel modelleme sürecinde etkinlik oluşturan sosyal uygulamalar sosyo-modelleme uygulamaları olarak tanımlanmıştır. Araştırma kapsamında, bir öğretmenin modelleme uygulaması sırasında ortaya çıkan sosyo-modelleme uygulamaları incelenmiştir. Araştırma sonunda öğretmenin modelleme uygulamalarının göstergesi olan 23 öğretim uygulaması ortaya çıkmıştır. Modelleme sürecinde koordineli tartışmaların önemine dikkat çeken Lewis (2018), öğretmenin sosyo-modelleme uygulamalarına güvenmesi ve bağlı kalması sayesinde öğrencilerin bu uygulamaları kavrama konusunda daha istekli oldukları sonucuna ulaşmıştır. Yansıtıcı dinlemenin önemine de vurgu yapan araştırmacı, bu sayede öğrenciler modelleme sürecinde bir sorun yaşadığında onları tekrar modelleme sürecine katmanın kolaylaştığını belirtmiştir. Ayrıca, katılımcı öğretmenin matematiksel modellemeyi ne matematiksel kavramların öğretimi için bir araç, ne de öğretilmesi gereken bir içerik olarak görmediği; bunun yerine bu iki perspektif arasında dengeyi sağlayan ve hem modelleme yeterliklerinin geliştirilmesine hem de kazanımların verilmesine yardımcı olabilecek bir köprü olarak gördüğü belirtilmiştir.

Stender (2018) çalışmasında matematiksel modelleme sürecinde ortaya çıkan sezgisel (*heuristic*) stratejileri incelemiştir. Polya'nın (1973) matematiksel problem çözme sürecinden esinlenerek hazırlanan sezgisel stratejiler verilenleri organize etme/problemi anlama, çalışma belleğini efektif kullanma, büyük düşünme, bilinenleri kullanma, işlevsel yönler ve işi organize etmek şeklinde belirlenen basamaklara ayırmışlardır. Çalışmaya katılan 9. sınıf öğrencilerinin modelleme süreçlerinin incelenmesi sonunda bazıları öğretmenlerin desteğiyle ortaya çıkan birçok sezgisel strateji belirlenmiştir. Çalışma sonunda sezgisel stratejilerin öğrencilerin modelleme sürecinde yardımcı olmak üzere kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda, öğretmenlerin modelleme problemlerini uygulamadan önce farklı çözümler üretmeleri, bu çözümlerin sezgisel stratejilerin kullanımına göre incelenmesi ve bu bilgilerin öğrencilere stratejik ve içerikle ilgili stratejik müdahalelerde bulunmak üzere kullanılması önerilmiştir. Benzer sonuçlar Stender (2019) tarafından başka bir modelleme etkinliğinin uygulanmasında da elde

edilmiştir. Dolayısıyla sezgisel stratejilerle ilgili sonuçların yalnızca bir modelleme etkinliği ile sınırlı olduğunu söylemek yanlış olacaktır.

Stender (2018) tarafından önerilen sezgisel yaklaşımlara bir örnek olarak Albarracin ve ark. (2021) yükseltme (*upscaling*) adı verdikleri bir yaklaşım kullanarak ilkokul seviyesindeki öğrencilerin modelleme süreçlerini incelemişlerdir. Yükseltme yaklaşımında Polya'nın (1973) bilinen bir stratejiyi genelleyerek yeni bir problemi çözme sezgisel stratejisinden esinlenilmiştir. Deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmada deney grubundaki öğrencilere tahmin becerisi gerektiren bir modelleme problemi sunulurken basitten karmaşığa doğru ilerleyen bir yol izlenmiştir. Öğrencilere önce daha kolay tahmin edebilecekleri sorular sorulmuş, sorular kademeli olarak zorlaştırılarak asıl problemi çözmelerine yardımcı olunmuştur. Çalışma sonunda yükseltme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen modelleme etkinliğinde öğrencilerin istatistiksel olarak anlamlı derecede daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Schneider ve ark. (2021) çalışmalarında matematiksel modelleme ile ilgili teorik bilgiye sahip olmanın öğrencilerin çözüm süreçlerinin yapısı üzerindeki etkiyi incelemiştir. Deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmada 40 (20 deneysel, 20 kontrol grup) 10. sınıf öğrencisi yer almıştır. Deney grubundaki öğrenciler kontrol grubundan farklı olarak matematiksel modelleme hakkında bilgilendirilmiştir. Daha sonra öğrenciler aynı matematiksel modelleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Öğrencilerin modelleme süreçleri Borromeo Ferri (2010) tarafından geliştirilen bireysel modelleme döngüsü göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Öğrencilerin çözüm süreçleri araştırmacılar tarafından geliştirilen ve Modelleme Aktivitesi Etkileşim Aracı adı verilen özel bir değerlendirme aracı kullanılarak incelenmiştir. Bu süreçte öğrencilerin modelleme döngüsünde yer alan basamaklar arasında ne kadar geçiş yaptıkları ve her basamakta ne kadar zaman geçirdikleri üzerine odaklanılmıştır. Araştırma sonunda modellemeye yönelik bilgilendirme yapılan gruptaki öğrencilerin modelleme problemini anlamak için zaman ayırdığı, matematiksel model oluşturup çözerek matematik dünyasında daha fazla zaman harcadığı, çözüm sürecine katıldıkları ve nadiren etkinlik harici uğraşlara girdikleri sonucuna ulaşılmıştır. Modelleme hakkında bilgi sahibi olmayan gruptaki öğrenciler ise matematik dünyasında çok az zaman harcayarak hızlıca bir model oluşturmakta, sıkça konu dışına çıkmakta ve modellerini geliştirmek yerine aynı çözüm üzerinde ısrar etmektedir.

Geiger ve ark. (2022) çalışmalarında matematiksel modelleme etkinlikleri için geliştirdikleri Matematiksel Modelleme Etkinlikleri için Dizayn ve Uygulama Çerçevesini

tanıtmışlardır. Özellikle ortaöğretimde görev yapan öğretmenler için uygun görülen çerçeve modelleme öğretimi yeterliği için bütüncül yaklaşımların desteklenmesi amacını taşımaktadır. Araştırmacılar çerçevenin geliştirilmesinde teorinin yanında deneyimli öğretmenlerin tecrübelerinden de yararlanmışlardır. Tanıtılan çerçeve etkinlik tasarım prensipleri ve pedagojik mimari olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan etkinlik tasarım prensipleri matematiksel modelleme etkinliklerinde bulunması gereken gerçeklik, açık uçlu olma, uygulanabilirlik gibi özellikleri içermektedir. İkinci bölümde ise modelleme sürecinin tanıtılması, problem durumunun sunumu, model çözümü ve çözümlerin sunumu gibi etkinliklerin uygulanmasına yönelik kısımlardan oluşmaktadır. Bu bölümlerde öğretmenlerin dikkat etmesi gereken noktalar ve öğrencilerden beklentilerin neler olduğu açıklanmıştır. Araştırma sonunda, tanıtılan tasarım ve uygulama çerçevesinin avantajları ve eksiklikleri tartışılarak daha geniş kapsamı araştırmalar aracılığıyla çerçevenin etkililiğinin araştırılabileceği belirtilmiştir.

Modelleme çalışmalarında öğretmen rolüyle ilgili ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalardan birinde Özdemir ve Üzel (2013) öğretmenlik uygulaması dersi kapsamında bir matematik öğretmen adayının uygulama okulunda 38 öğrenciyle (8. sınıf) gerçekleştirdiği bir modelleme etkinliğini incelemiştir. Öğretmen adayının hazırladığı ders planını ve öğrencileri derse hazırlamak için kullandığı ısındırma aktivitesini oldukça başarılı olarak değerlendiren araştırmacılar, seçilen modelleme probleminin öğrencilerin seviyesine uygun olmadığını ancak kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Modelleme sürecinde öğretmen adayının öğretim uygulamalarına odaklanan araştırmacılar, öğretmen adayının öğrencileri modelleme sürecine aktif olarak katabildiği, öğrencilerin sorularını uygun şekilde cevaplayabildiği, öğrencileri bilişsel olarak aktif tutabildiği ve uyarlanabilir müdahalelerde bulunarak öğretmen desteği ile öğrenci bağımsızlığı dengesini sağlayabildiği sonuçlarına ulaşmışlardır.

Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin model oluşturma etkinlikleri hazırlama ve uygulama becerilerini inceleyen Deniz (2014), etkinliklerin uygulanması aşamasında öğretmenlerin modelleme basamaklarını takip etmelerine ve öğrencilerle aralarındaki iletişime odaklanmıştır. Çalışma kapsamında 13 matematik öğretmeni ve onların öğrencileri (lise düzeyi) ile 49 model oluşturma etkinliği gerçekleştirilmiştir. Uygulanan etkinliklerin çoğunda (49 etkinlikten 47'sinde) öğretmenlerin modelleme basamaklarını takip ettiği gözlemlenmiştir. Diğer taraftan uygulanan az bir kısmında (49 etkinlikten 10'unda) öğretmenlerin öğrencilere sürekli bilgi veren konumda olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucu

öğrencilerin hazır bulunuşluk seviyelerinin düşük olmasına bağlayan Deniz (2014), uygulanan diğer etkinliklerde öğretmenlerin öğrencileri düşünmeye sevk ettiği sonucuna ulaşmıştır.

Yenmez ve ark. (2017) lise düzeyinde öğretim yapan 4 matematik öğretmeniyle yürüttükleri çalışmalarında verilen hizmet içi eğitimin öğretmenlerin model oluşturma etkinlikleri süresince sınıf organizasyonu ve etkinlik yönetimine dönük pedagojik bilgileri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 5 farklı model oluşturma etkinliğinin uygulandığı araştırma boyunca her uygulamadan önce ve sonra toplantılar gerçekleştirilmiştir. Bu toplantılarda temel olarak öğretmenlerin kendi hazırladıkları uygulama planları ve bu planların gerçekleşme düzeyleri, varsa problemler nedenleriyle birlikte tartışılmıştır. Çalışma sonunda öğretmenlerin model oluşturma etkinliklerinin uygulanmasına yönelik pedagojik bilgilerinde önemli değişimler gözlenmiştir. Öğretmenler hizmet içi eğitim sırasında model oluşturma etkinliklerinin uygulanmasıyla ilgili bilgilerini test etme ve düzenleme fırsatı bulmuşlardır. Ayrıca modelleme etkinliklerinin uygulanmasıyla ilgili etkili stratejiler geliştirmişlerdir.

Sağiroğlu ve Karataş (2018) lise düzeyinde 5 matematik öğretmenin matematiksel modelleme etkinliği geliştirme ve uygulama süreçlerini incelenmiştir. Öğretmenlerin uygulama süreçlerinin incelenmesinde amaç öğretmenlerin modelleme problemlerini uygulama yeterliklerini ve karşılaşılan zorlukları belirlemek olarak ifade edilmiştir. Öğretmenlerin modelleme problemi geliştiremediği çalışmada hazır etkinlikler kullanılmıştır. Bunun yanında, öğretmenlerin uygulamaya hazırlanma ve öğrencilerin modelleme sürecine aktif katılımı noktasında sorunlar yaşadığı, modelleme sürecini basamaklarına uygun olarak yürütemediği ve genellikle öğrencilere uygun müdahalelerde bulunmadıkları sonuçlarına ulaşılmıştır.

Didiş Kabar ve İnan Tutkun (2021) iki ortaokul matematik öğretmeni ile yürüttükleri çalışmalarında öğretmenlerin bir matematiksel modelleme etkinliğini planlama, uygulama ve değerlendirme süreçlerini incelemiştir. Her iki öğretmenin başarıyla yürüttükleri ifade edilen uygulamalarda öğretmenlerin müdahalelerinin daha çok öğrenci düşüncelerini anlamaya yönelik ve öğrencilerin organizasyonlarıyla ilgili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öğretmenler uygulama sırasında bazı sorunlarla karşılaşsa da sürecin hem kendileri hem de öğrenciler için olumlu geçtiğini ifade etmişlerdir. Çalışma sonunda öğretmenlerin matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanmasıyla ilgili daha fazla deneyime sahip olmaları gerektiği vurgulanmıştır.

Modelleme etkinliklerinde öğretmenlerden öğrencilerinin modelleme süreçlerini başarılı bir şekilde yürütmelerine yardımcı olmaları beklenmektedir. Bunun için öğrenci seviyesine uygun modelleme etkinliklerinin belirlenmesi ve öğrencilere ihtiyaç duydukları desteğin sağlanması gerekmektedir. Bu desteğin gerektiği zamanda ve uygun miktarda ortaya çıkması modelleme sürecinin etkili bir şekilde yürütülmesi ve öğrenci çözümlerinin özgünlüğü açısından önemlidir. Bu bağlamda, öğrenciyi merkeze alan, öğrencilerin farklı yaklaşımlar geliştirmelerine imkân tanıyan ve öğrencilerin kendi fikirlerini ortaya çıkarmaya dönük öğretim uygulamaları ve öğretmen müdahaleleri önerilmektedir. Modellemede öğretmen rolü ile ilgili çalışmalar incelendiğinde öğretmenlerin genel olarak modelleme etkinliklerini uygulama konusunda yeterli olmadıkları ve modelleme öğretimi konusunda eğitime ve daha fazla uygulama tecrübesine ihtiyaç duydukları söylenebilir. Modelleme etkinliklerinin çeşitliliği ve öğrenmenin bireysel yapısı düşünüldüğünde daha genellenebilir öğretmen müdahalelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, mevcut çalışmada DMM etkinliklerinin uygulanması sürecinde ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

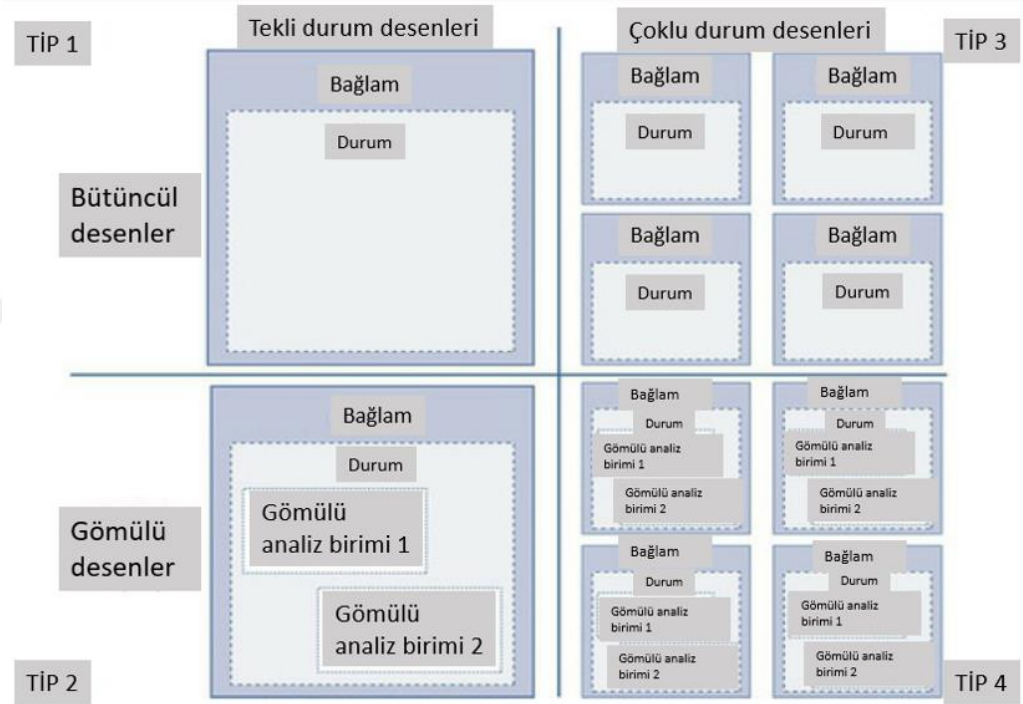
Bu bölümde araştırmanın modeli, katılımcıları, veri toplama aracı, uygulama ve veri toplama süreçleri ile verilerin analizi detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmanın amacı, disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanma sürecinde öğretmenlerin rollerinin derinlemesine incelenmesidir. Bu doğrultuda, iki farklı orta okuldaki matematik ve fen bilimleri öğretmenleri ve bu öğretmenlerin öğrencileri ile gerçekleştirilen uygulamalar nitel bir yaklaşımla ele alınmıştır. Kendi bağlamı içinde sınırlı sayıda durumun incelendiği bu çalışma durum çalışması olarak tasarlanmıştır. Durum çalışmaları, olayların ve olguların doğal ortamlarında bütüncül bir şekilde yorumlandığı çalışmalardır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Stake (1995) durum çalışmasının bir araştırma yöntemi değil neyin araştırılacağına dair bir seçim olduğunu ifade etse de birçok araştırmacı durum çalışmalarını bir araştırma yöntemi olarak görmektedir (örn., Creswell, 2011; Merriam, 1998; Yin, 2003). Yin (2003)'e göre durum çalışmaları, gerçek yaşamdan güncel bir olgunun, bulunduğu bağlamla beraber ele alınarak derinlemesine incelendiği, birden fazla veri kaynağı ile desteklenen, veri toplama ve veri analizi aşamalarında önceki teorik gelişmelerden faydalanan araştırmalardır. Bu bakımdan durum çalışmaları araştırmanın tasarlanması, verilerin toplanması ve analizi süreçlerini kapsayan bütüncül bir araştırma yöntemi olarak görülebilir. Stake (1995) ve Yin (2003) durum çalışmalarının hem nicel hem de nitel veriler üzerine kurulu olabileceğini savunsa da durum çalışmalarının nitel yönü ağır bastığından, bu çalışmada durum çalışması nitel bir yaklaşımla kullanılmıştır.

Durum çalışmalarında ele alınan olgu *durum* veya *analiz birimi* olarak adlandırılır ve bu durum bir birey, bir grup, bir program veya bir süreç olabilir. Ele alınan durum bir grup gibi veri toplanması gereken birden fazla bireyden oluşuyorsa bu bireyler gömülü analiz birimi olarak tanımlanmaktadır (Yin, 2003). Bazen de araştırmada birden fazla durumu incelemek mümkündür. Yin (2003) incelenen durumun gömülü analiz birimleri içermesi ve birden fazla durumun ele alınmasına göre durum çalışmalarının genel olarak bütüncül veya gömülü ve tekli veya çoklu olmak üzere dört farklı şekilde dizayn edilebileceğini belirtmiştir. Buna göre bütüncül tekli durum (Tip 1), gömülü tekli durum (Tip 2), bütüncül çoklu durum (Tip 3) ve gömülü çoklu durum (Tip 4) tasarım yöntemlerinden bahsedilebilir. Bu yöntemler Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Buna göre her durum çalışması tasarımı ele alınan

durumla ilgili bağlamı analiz etmeyi amaçlamaktadır ve durum ile bağlam arasındaki kesikli çizgi bu ikisi arasında keskin bir sınır olmadığı anlamına gelmektedir. Tekli ve çoklu durum çalışmaları da tek bir analiz birimi (bütüncül tasarım) veya birden fazla analiz biriminden (gömülü tasarım) oluşabilir.



Şekil 3.1. *Durum çalışması tasarım yöntemleri (Yin, 2003)*

Bu çalışma kapsamında iki farklı okuldaki iki sınıfta (8. sınıf) DMM etkinlikleri uygulanmıştır. Çalışmanın temel aldığı kuramsal yaklaşıma göre (Borromeo Ferri ve Blum, 2009) öğretmenler sınıflarından bağımsız düşünilemeyeceğinden, uygulama yapılan her sınıf bir durum olarak ele alınmıştır. Doğan vd. (2019) çalışmanın temelini oluşturan DMM etkinliklerinin matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin bir arada bulunduğu sınıf ortamlarında gerçekleştirilmesini önermektedir. Her sınıfta öğrencilerle beraber iki öğretmen öğretim yaptığından birden fazla gömülü analiz birimi bulunmaktadır. Dolayısıyla çalışma gömülü çoklu durum çalışması (Tip 4) olarak tasarlanmıştır.

3.2. Araştırmanın Katılımcıları

Durum çalışmaları belirli bir durum hakkında detaylı bilgi toplamayı amaçladığından, çalışmanın katılımcılarının seçimi mümkün olan en fazla bilgiyi toplamak üzere yapılmalıdır. Meriam (1998) durum çalışmalarında çalışma grubunun oluşturulmasında

amaçlı örnekleme yöntemini önermektedir. Bu örnekleme yönteminde araştırmada incelenen konuyu anlamak için amaçlı olarak o konu hakkında zengin bilgi elde edilebilecek bireyler veya durumlar belirlenir (Creswell, 2011; Patton, 1990). Mevcut çalışmada amaçlı örnekleme tekniklerinden ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Ölçüt örnekleme araştırma problemiyle ilgili bazı kriterlerin belirlenerek, bu kriterleri taşıyan birey, nesne veya olguların çalışmaya dâhil edilmesidir (Büyüköztürk ve ark., 2015). Araştırmaya dâhil olan katılımcıların belirlenme süreçleri aşağıda açıklanmıştır.

Araştırmanın katılımcılarının belirlenmesi iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada TÜBİTAK tarafından desteklenen “*Matematiksel Modelleme Yoluyla Bir Öğrenme Ortamının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi: Disiplinler Arası Geçiş*” başlıklı projeye dâhil edilecek öğretmenlerin belirlenmesi, ikinci aşamada ise DMM etkinliklerinin uygulanması için öğretmenlerin belirlenmesi yer almaktadır. Birinci aşamada katılımcıların belirlenmesi için ölçütler proje ekibi tarafından oluşturulmuştur. Buna göre gelişim ve öğrenmeye açık, grupla çalışmaya uygun ve sosyal olarak aktif öğretmenlerin belirlenmesi için resmi olmayan bir tarama yapılmıştır. Bu kriterlere uygun 11 matematik ve 11 fen bilimleri öğretmeni proje için düzenlenen ön bilgilendirme toplantısına katılmıştır. Gönüllülük esasına dayalı olarak projeye katılmayı kabul eden 9 matematik ve 9 fen bilimleri öğretmeniyle proje süreci başlamıştır.

Proje kapsamında öğretmenlere matematiksel modelleme ve disiplinler arası matematiksel modelleme hakkında eğitimin verildiği bir çalıştay düzenlenmiştir. Bu çalıştayın detayları uygulama süreci bölümünde yer almaktadır. Çalışmanın katılımcılarının belirlendiği ikinci aşamada öğretmenlerin öncelikli olarak uygulama yapmaya istekli olması, uygulama için kendi okulunda uygun sınıf ortamının bulunması ve öğretmen programının uygun olması kriterleri belirlenmiştir. Uygulamalarda iki öğretmen aynı anda bulunacağından ve müfredat derslerinin aksamaması amaçlandığından uygulamalar Matematik Uygulamaları dersinde gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta bu kriterlere uygun 3 farklı orta okuldaki 8. sınıflardan birer şube ve 6 öğretmen belirlenmiş, daha sonra bir okulda idari gerekçelerden dolayı uygulama gerçekleştirilememiştir. Sonuç olarak 2 matematik öğretmeni ve 2 fen bilimleri öğretmeni çalışmaya katılmıştır. Çalışmaya katılan öğretmenlerin demografik bilgileri ile uygulamaların gerçekleştiği okullardaki öğrenci sayıları Tablo 3.1’de yer almaktadır.

Tablo 3.1. Okullara göre öğretmen ve öğrencilerin demografik bilgileri

Uygulama Okulu	Öğretmenin Adı*	Öğretmenin Branşı	Öğretmenin mesleki deneyimi (yıl)	Öğrenci Sayıları	
				Kız	Erkek
A Ortaokulu	Fırat	Matematik	9	4	16
	Okan	Fen Bilimleri	11		
B Ortaokulu	Zehra	Matematik	16	14	10
	Ceren	Fen Bilimleri	3		

* Takma isimlerdir

Çalışma kapsamında yer alan öğretmenler için takma isimler kullanılırken, öğrenciler için grup ve öğrenci numarasını içeren bir kod kullanılmıştır. Örneğin 2. grupta yer alan 3. öğrenci için kullanılan kod G2Ö3 şeklindedir. Çalışma grubunda yer alan öğretmenlerden Fırat ve Okan öğretmenler Fırat öğretmenin görev yaptığı A ortaokulunda, Zehra ve Ceren öğretmenler ise Zehra öğretmenin görev yaptığı B ortaokulunda uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Okan ve Ceren öğretmen başka okullarda görev yapmakta olup, uygulamaların gerçekleştirileceği gün ve saatlerde İl Millî Eğitim Müdürlüğü'nün izni ile uygulama okullarında bulunmuşlardır.

3.3. Uygulama Süreci

Çalışmanın uygulama süreci öğretmen eğitimi ve disiplinler arası matematiksel modelleme problemlerinin uygulanması olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda proje kapsamında 2017-2018 Bahar döneminde düzenlenen çalıştay ile katılımcı öğretmenlere matematiksel modelleme, disiplinler arası matematiksel modelleme, modelleme etkinliği geliştirilmesi ve uygulanması konularında eğitim verilmiştir. Bu eğitimler sırasında katılımcılar iki gruba ayrılmıştır. Birinci grupta 5 matematik, 5 fen bilimleri öğretmeni ikinci grupta ise 4 matematik, 4 fen bilimleri öğretmeni yer almıştır. Ayrıca grupla çalışma gerektiren etkinlikler için bir matematik ve bir fen bilimleri öğretmeni eşleştirilmiş, çalıştay süresince bu öğretmenler birlikte çalışmıştır. Çalıştay süreciyle ilgili bilgiler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Çalıştay süresince her grup için haftada yaklaşık 4 saat süren bir oturum gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte öğretmenlere öncelikle matematiksel modelleme ve disiplinler arası matematiksel modelleme hakkında teorik bilgiler sunulmuş, daha sonra kendi modelleme etkinliklerini geliştirmeleri istenmiş ve seçilen etkinlikler çok katmanlı öğretim deneyi yöntemi ile uygulanmıştır. Öğretim deneyi araştırmacılara öğrencilerin öğrenme süreçlerini ve öğretmenlerin bu süreçleri nasıl desteklediğini yakından görme

fırsatı sunan yenilikçi bir yaklaşımdır (Steffe ve Thompson, 2000). Bu çalışmada Lesh ve Kelly (2000) tarafından geliştirilen ve öğretim deneyinin özel bir hâli olan ve genellikle matematiksel modelleme problemlerinin sınıf içi uygulamalarında kullanılan (Nutchey ve ark., 2015) çok katmanlı öğretim deneyi uygulaması kullanılmıştır.

Tablo 3.2. *Öğretmen eğitimi çalıştay programı*

Oturum	Süre ve Uygulama bilgisi (ortalama)	Uygulama/Konu adı	İçerik
1.	4 saat (1 oturum)	Matematiksel modellemenin teorik boyutu	Matematiksel modelleme (MM), modelleme perspektifleri, modelleme süreci, modelleme becerileri, modellemenin eğitimdeki rolü ve önemi, disiplinler arası matematiksel modelleme (DMM) ve DMM süreci
2.	4 saat (1 oturum)	Matematiksel modellemenin bilişsel analizi	Yeni bir problem çözme yaklaşımı olarak matematiksel modelleme, matematiksel modelleme problemlerinin özellikleri, matematiksel modellemeyi geleneksel problemlerden ayıran özellikleri
3.	4 saat (1 oturum)	Matematiksel modelleme problemi hazırlama ve uygulama prensipleri	Bir DMM problemi çözümü, MM öğretiminde öğretmenin rolü, problem tasarlama prensipleri ve uygulamada dikkat edilmesi gereken hususlar, öğretmenlere MM problemi hazırlama ödevinin verilmesi
4 ve 5.	8 saat (2 oturum)	Problemlerin tartışılması	Öğretmenlerin hazırladıkları problemleri ve örnek çözüm önerilerini sunmaları, problemlerin tartışılması
6.	4 saat (1 oturum)	Çok katmanlı öğretim deneyi ve tartışma	Her gruptan iki öğretmenin hazırladığı MM probleminin uygulanması ve uygulama videolarının diğer öğretmenlerle izlenerek tartışılması
7 ve 8.	8 saat (2 oturum)	DMM problemi hazırlama	Öğretmenlerin gruplar halinde DMM problemi geliştirmeleri ve örnek çözümler üretmeleri
9.	4 saat (1 oturum)	Çok katmanlı öğretim deneyi ve tartışma	Her gruptan iki öğretmenin hazırladığı DMM probleminin uygulanması ve uygulama videolarının diğer öğretmenlerle izlenerek tartışılması

Çok katmanlı öğretim deneyi farklı seviyelerdeki katılımcıların (araştırmacılar, öğretmenler ve öğrenciler) birbiriyle ilişkili olarak ele alınması gerektiği esasına dayanmaktadır ve bu uygulamalarda her seviyedeki katılımcının mümkün olduğunca fazla öğrenme imkânı bulacağı bir ortam sunulmaya çalışılır (Lesh ve Kelly, 2000; Lesh ve ark., 2008). Çok katmanlı öğretim deneyinin özellikleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Çok katmanlı öğretim deneyi uygulamalarında öğretmenler ikişerli gruplar halinde kendi hazırladıkları modelleme etkinliklerini laboratuvar ortamında ve araştırmacıların

gözetiminde küçük öğrenci gruplarına uygulamışlardır. Bu uygulamalara ait video kayıtları diğer öğretmenlerle beraber izlenerek öğretim hakkında tartışmalar yapılmıştır. Bu tartışmalar doğrultusunda öğretmenler hazırladıkları modelleme problemlerini düzenleme ve öğretimleri hakkında geri bildirim alma imkânı bulmuşlardır. Çok katmanlı öğretim deneyi uygulamaları hem matematiksel modelleme hem de disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri için gerçekleştirilmiştir.

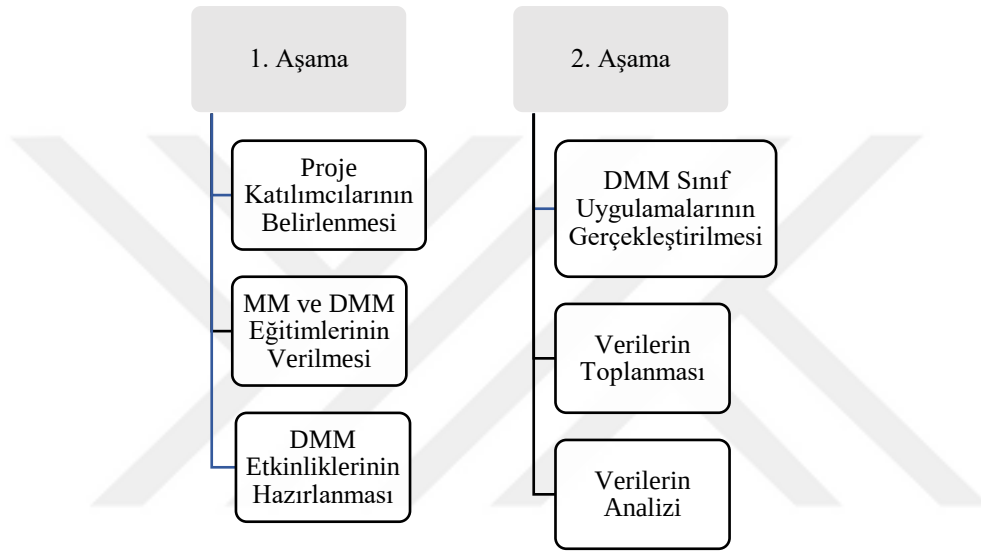
Tablo 3.3. Çok katmanlı öğretim deneyi (Lesh ve Kelly'den (2000) uyarlanmıştır)

Aşama 1-Araştırmacılar	- Öğretmenlerin iki aşamada modelleme görevlerini kolaylaştırmak amacıyla bilgi ve kapasitelerini geliştirmek için kavramsal çerçevenin (model) geliştirilmesi. Bu, öğretmenlerin ve öğrencilerin davranışlarını tanımlama, açıklama, tahmin etme yoluyla öğretmenler ve öğrenciler için öğrenme durumları yaratmayı içeriyordu. - Araştırmacılar, DMM etkinliklerini test etmek ve incelemek için öğretmenlerle iş birliği yaparlar. - Araştırmacılar, öğretmenleri destekleme araçları geliştirmek için katılımcıların öğrenme deneyimleri üzerine düşünürler.
Aşama 2-Öğretmenler	- Öğretmenler DMM etkinliğini test etmek ve incelemek için araştırmacılarla iş birliği yaparlar. - Öğretmenler kendi modelleme görevlerini tasarlamak için geribildirimleri gözden geçirirler. - Öğretmenler, öğrencilerin öğrenmelerini desteklemek amacıyla öğrencilerin öğrenme deneyimlerine dair kendi bilgileri üzerine düşünürler.
Aşama 3-Öğrenciler	- Öğrenciler küçük gruplar halinde (3-4 kişilik) problem durumunu nasıl yorumladıklarını gösteren modeller oluşturma görevinde bulunurlar. - Öğrenciler matematiksel yapılarını tanımlar, sunar, temellendirir ve belgelendirirler.

Uygulama sürecinin buraya kadar olan kısmı “*Matematiksel Modelleme Yoluyla Bir Öğrenme Ortamının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi: Disiplinler Arası Geçiş*” başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu kısım öğretmenlerin teorik olarak DMM etkinliklerinin uygulanması sürecine hazırlanmasına yönelik olup, bu bölümden elde edilen veriler çalışma kapsamında kullanılmamıştır.

Uygulama sürecinin çalışmanın odak noktası olan ikinci aşamasında öğretmenler tarafından çalıştay kapsamında hazırlanan ve araştırmacılar tarafından uygun olduğu değerlendirilen disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri 2018-2019 Güz döneminde belirlenen okullardaki sınıflarda uygulanmıştır. Öğrencilerin modelleme problemlerine aşinalık kazanması amacıyla DMM problemlerinin uygulamasına geçmeden

önce her iki sınıfta da iki matematiksel modelleme problemi yalnız matematik öğretmenleri nezaretinde gerçekleştirilmiştir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması bittikten sonra DMM etkinliklerinin uygulanmasına başlanmıştır. DMM etkinliklerinin uygulanmasından önce ve sonra öğretmenlerle yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bunların dışında araştırmacılar haftalık olarak bir araya gelerek DMM uygulama süreci hakkında görüşmeler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın uygulama süreci Şekil 3.2’de görsel olarak özetlenmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmanın uygulama süreci

Çalışma kapsamında toplam 7 DMM etkinliği gerçekleştirilmiş; bunlar arasından en fazla bilgi elde edileceği düşünülen 4 etkinlik (Ek 1, 2, 3 ve 4) seçilerek analize dâhil edilmiştir. İncelenen DMM problemlerine ilişkin uygulama takvimi Tablo 3.4’te yer almaktadır.

Tablo 3.4. DMM uygulama takvimi

Etkinlik adı	Uygulama tarihi (A Ortaokulu)	Uygulama tarihi (B Ortaokulu)
Su İsrafi	31.10.2018	22.10.2018
Isı Yalıtımı	07.11.2018	05.11.2018
Pet Şişe Etkinliği	21.11.2018	12.11.2018
Küresel Isınma	05.12.2018	26.11.2018

Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenciler tarafından bireysel olarak yürütülmesi yerine gruplar halinde yürütülmesi önerilmektedir (Zawojewski ve ark., 2003).

Bu doğrultuda, uygulama yapılan sınıflardaki öğrenciler 4'er kişilik gruplara ayrılmış, A ortaokulunda 5, B ortaokulunda ise 6 grup oluşturulmuştur. Gruplar oluşturulurken grup içinde heterojen, gruplar arasında ise homojen bir dağılım sağlanmıştır. Oluşturulan gruplardaki öğrenciler korunarak bütün uygulamalarda aynı gruplarla çalışılmıştır.

Etkinlikler uygulanmaya başladıktan sonra hem çözüm hem de çözümlerin sunumlarının gerçekleştirilmesi konusunda zaman problemi yaşanmıştır. Bu yüzden iki ders saati etkinliklerin çözümü için kullanıldıktan sonra öğrencilerin çözüm kağıtları toplanmış, sonraki hafta aynı kağıtlar gruplara dağıtılarak sunumlarını gerçekleştirmeleri istenmiştir. A ortaokulunda Isı Yalıtımı, Pet Şişe ve Küresel Isınma etkinlikleri ile B ortaokulunda Pet Şişe ve Küresel Isınma etkinliklerinin çözümleri ve çözümlerin sunumları bu şekilde iki haftada gerçekleştirilmiştir. Böylece öğrenciler ve öğretmenler DMM etkinliklerinin çözümü için daha geniş zamana sahip olurken, çözümlerini paylaşmak için de bütün gruplar fırsat bulmuşlardır.

3.4. Veri Toplama Araçları

Durum çalışmalarında ele alınan durum veya durumların bütün olarak anlaşılabilmesi ve karmaşıklığın giderilmesi için verilerin birden fazla kaynaktan elde edilmesi önerilmektedir (Merriam, 1998; Yin, 2003). Bu doğrultuda çalışmanın verileri uygulamalar öncesinde ve sonrasında öğretmenlerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşme formları, uygulama sırasında alınan video ve ses kayıtları ile gözlemci notları ve öğrenci çalışmalarını içeren raporlardan oluşmaktadır. Uygulama sürecinde mümkün olduğunca fazla veri toplayabilmek için hem öğretmenler hem de öğrencileri takip eden 3 adet video kamera ve 3 adet ses kayıt cihazı kullanılarak uygulamalar kayıt altına alınmıştır. Çalışmada kullanılan veri kaynaklarının araştırmanın hangi alt problemlerini cevaplamak için kullanıldığını gösteren dağılım Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. *Araştırmanın alt problemlerini cevaplamak için kullanılan veri kaynakları*

Alt Problemler	Veri Kaynakları
DMM etkinliklerinin sınıf içine taşınmasında ve uygulanmasında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri nelerdir?	• Uygulama öncesi görüşme formu • Uygulama sonrası görüşme formu • Uygulama video ve ses kayıtları • Gözlemci notları
Öğretmen müdahaleleri öğrencilerin DMM ile etkileşimini nasıl desteklemektedir?	• Uygulama video ve ses kayıtları • Öğrenci çözüm raporları • Gözlemci notları

Aşağıda, çalışma kapsamında kullanılan veri toplama araçları detaylı olarak açıklanmıştır.

3.4.1. Görüşme Formları

Nitel araştırmalarda en sık kullanılan veri toplama araçlarından biri görüşmedir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Görüşmede amaç bireylerin iç dünyasına girerek onların belirli bir olguya yönelik deneyimlerini, tutumlarını, düşüncelerini ve bakış açılarını anlamaya çalışmaktır (Patton, 1987; akt. Yıldırım ve Şimşek, 2013). Mevcut çalışmada katılımcı öğretmenlerin uygulamaya hazırlık süreçleri ve gerçekleştirilen uygulamalar hakkındaki görüşleri uygulamalar öncesinde ve sonrasında gerçekleştirilen görüşmeler aracılığıyla elde edilmiştir. Katılımcıların görüşlerini daha rahat ifade edebilmeleri için (Flick, 1995) yarı-yapılandırılmış görüşme yöntemi tercih edilmiştir. Görüşme sorularının hazırlanmasında uzman görüşüne başvurulmuştur. Uygulamalar öncesi yapılan görüşmelerde öğretmenlere etkinliği nasıl planladıkları, etkinlik için hangi hazırlıkları yaptıkları ve diğer öğretmenle nasıl bir görev paylaşımı yaptıkları ile ilgili sorular yöneltilmiştir. Uygulamalar sonrasında ise etkinliğin planlandığı gibi geçip geçmediği, yapılan hazırlıkların yeterli olup olmadığı ve etkinliği tekrar uygulamaları gerekirse ne tür değişiklikler yapacakları ile ilgili sorular kullanılmıştır. Bu görüşmelerde kullanılan yarı-yapılandırılmış görüşme formları Ek 5'te verilmiştir.

3.4.2. Video ve Ses Kayıtları

Nitel araştırmalarda veri kaynaklarının çeşitliliği kadar, bu veri kaynaklarından elde edilen bilgilerin zenginliği de önemlidir. Bu doğrultuda, DMM etkinliklerinin sınıf uygulamaları sırasında herhangi bir veri kaybı olmaması adına bütün uygulamalar video kamera veya ses kayıt cihazı kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Bu verilerin analize hazır hale getirilmesi için elde edilen görüntü ve ses kayıtları transkript edilerek yazılı hale getirilmiştir. Daha sonra bu yazılı verilerin doğru bir şekilde analiz edilebilmesi için bütün sesli ve görüntülü veriler araştırmacı tarafından tekrar gözden geçirilerek güçlendirilmesi yapılmıştır. Güçlendirme sürecinde araştırmacı uygulamalar sırasındaki öğretmen müdahalelerini tespit edebilmek amacıyla bütün video kamera ve ses kayıtlarını detaylı bir şekilde incelemiştir. Bu süreçte transkript haline getirilen veriler gözlemci notları ve öğrenci çözüm raporlarıyla birlikte yeniden incelenmiş; dokümanlar üzerinde gerekli açıklamalar, resimler ve ifadeler kullanılarak zenginleştirilmiştir. Çalışma verilerinin büyük bir kısmını

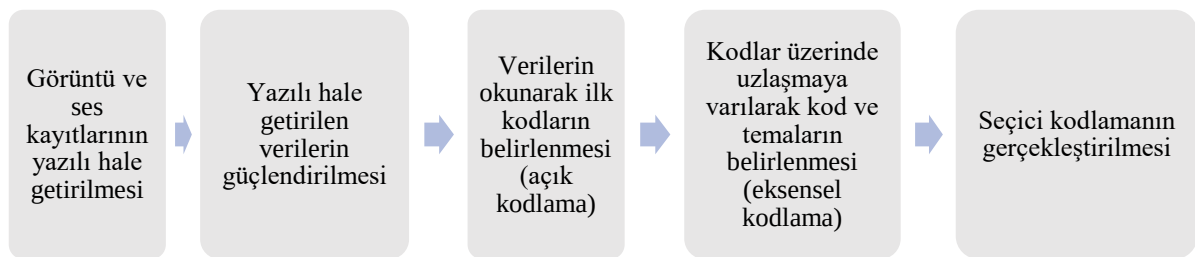
DMM etkinliklerinin sınıf uygulamalarını içeren video ve ses kayıtlarından elde edilen transkriptler oluşturmaktadır.

3.4.3. Öğrenci Çözüm Raporları ve Gözlemci Notları

DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması aşamasında ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin öğrencilerin DMM süreçlerini nasıl desteklediğinin belirlenmesi için öğrenci çözümleri ve modelleme sürecinde araştırmacılar tarafından tutulan yapılandırılmamış gözlemci notları kullanılmıştır. Öğretmen müdahalelerinin DMM sürecindeki potansiyel etkisini gösterebilmek için bulgular öğrenci çözümlerinden kesitlerle desteklenmiştir.

3.5. Veri Analizi

Çalışma verilerinin analizinde Corbin ve Strauss (1990) tarafından geliştirilen Gömülü Teori (grounded theory) çalışmalarında kullanılan analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde verilerin kodlanması açık, eksensel ve seçici olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşama olan açık kodlamanın amacı geleneksel düşünme biçimlerinin dışına çıkarak verilerde gömülü olan olguları ortaya çıkarmak ve yorumlamaktır. Bu aşamada veriler analitik olarak ele alınmış ve parçalarına ayrılmıştır. Veri analizi sürecinde güvenilirliği sağlamak için verilerin bir kısmı araştırmacı haricinde başka bir uzman tarafından kodlanmıştır. Veri analizi süreci Şekil 2.3'te özetlenmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma verilerinin analiz süreci

İlk olarak uygulama sürecindeki öğretmen müdahaleleri herhangi bir grupta olmadan belirlenerek kodlanmıştır. Benzerlik ve farklılıklar için sürekli karşılaştırılan ve kavramsal olarak birbirine benzeyen müdahaleler bir araya getirilerek daha sonra temalar ve kategorilerin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Analiz sürecinin ikinci aşaması olan eksensel kodlamada, açık kodlamada belirlenen öğretmen müdahaleleri kullanılarak temalar ve kategoriler birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirmeler verilerle desteklenerek güçlendirilmiş veya gerekli durumlarda iyileştirmeler ve düzenlemeler yapılmıştır. Bu süreçte birbiriyle ilişkili olduğu düşünülen kodlar birleştirilmiştir. Döngüsel bir süreç olan analiz sürecinde veriler sürekli karşılaştırılarak kodlanmış ve kodlama şeması oluşturulmuştur.

Analiz sürecinin son aşaması olan seçici kodlama ise sürecin olgunlaştığı aşamadır. Bu aşamada temalar ve kategoriler kesin hatlarıyla belirlenmiş ve birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Bütün öğretmen müdahaleleri kodlanarak temalar ve kategoriler son halini almıştır. Bu süreçte ikinci aşamada oluşturulan kodlama şeması kullanılmıştır. Verilerin analizinde kullanılan kodlama şeması Ek 6'da verilmiştir.

3.6. Geçerlik ve Güvenirlik

Bilimsel araştırmaların sonuçları araştırmanın amacına uygun ve inandırıcı olmalıdır. Bu özellikler bilimsel araştırmaların geçerlik ve güvenirlilikleri ile doğrudan ilişkilidir. Nitel araştırmalara yöneltilen en büyük eleştirilerden biri, geçerlik ve güvenirlikle ilgili yeterli kanıtların sunulamamasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bununla beraber, nitel araştırma sonuçlarının inandırıcılığını artırmanın çeşitli yolları bulunmaktadır. Geçerlik kavramını yapı geçerliği, iç geçerlik ve dış geçerlik olmak üzere üç bölümde ele alan Yin (2018), bu geçerlik türlerinin ve güvenirliliğin ne anlama geldiğini aşağıdaki gibi açıklamıştır:

“Yapı geçerliği: incelenen kavramlar için doğru yöntemleri belirlemek,

İç geçerlik: belirli koşulların diğer koşullara yol açtığına inanılan nedensel bir ilişki kurmaya çalışmak,

Dış geçerlik: bulguların genelleştirilip genelleştirilemeyeceğini ve nasıl genelleştirilebileceğini göstermek,

Güvenirlilik: Bir çalışmanın veri toplama prosedürleri gibi işlemlerinin aynı sonuçlarla tekrarlanabileceğini göstermek” (s. 87).

Bu doğrultuda Yıldırım ve Şimşek (2013) durum çalışmalarında geçerlik ve güvenirliliği sağlamak üzere yapılabilecekleri birden fazla veri kaynağının kullanılması, sonuçlara nasıl ulaşıldığının açıkça ortaya konması, analitik genelleme yapılması, araştırma sürecinin detaylı bir şekilde açıklanması ve kanıt zinciri oluşturulması şeklinde sıralamaktadır. Bu çalışmada geçerlik ve güvenirliliği sağlamak üzere alınan önlemler Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Geçerlik ve güvenilirliği sağlamak için alınan önlemler

	Alınan Önlemler
Yapı Geçerliği	• Birden fazla veri kaynağının kullanılması • Verilerin bir kısmının birden fazla araştırmacı tarafından kodlanması • Verilere ilişkin kanıt zinciri oluşturulması
İç Geçerlik	• Sonuçlara nasıl ulaşıldığının açıkça ortaya konması • Veri toplama araçlarının geliştirilmesinde uzman görüşü ve literatürün göz önünde bulundurulması • Veri analizinin bir kısmının birden fazla araştırmacı tarafından gerçekleştirilmesi
Dış Geçerlik	• Analitik genelleme yapılması • Bulguların doğrudan verilerle desteklenerek sunulması
Güvenirlik	• Çalışma sürecinin detaylı olarak açıklanması • Kodlayıcı güvenilirliği formülünün kullanılması • Araştırma sürecinde uzman görüşüne başvurulması

Araştırmada yapı geçerliğinin sağlanması için uygulama öncesi ve sonrası öğretmenlerle yapılan görüşme formları, uygulamaların görüntülü ve sesli kayıtları, araştırmacı tarafından tutulan yapılandırılmamış gözlem notları ile öğrencilerin çözüm raporları farklı veri kaynakları olarak kullanılmıştır. Ayrıca verilerin bir kısmı araştırmacıyla birlikte başka bir uzman tarafından kodlanmıştır. Bunların yanında araştırmanın aşamaları ve bu aşamaların birbiriyle nasıl ilişkilendirildiği detaylı şekilde açıklanarak kanıt zinciri oluşturulmuştur.

Araştırmanın iç geçerliğini sağlamak için sonuçlara nasıl ulaşıldığı açıkça ortaya konulmaya çalışılmıştır. Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının geliştirilmesinde uzman görüşü ve literatürden faydalanılmış; veri analizinin bir kısmı birden fazla araştırmacı ve/veya uzman tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın dış geçerliğini sağlamak için ise bulgular doğrudan verilerle desteklenerek sunulmuş ve analitik genelleme yapılmıştır. Analitik genelleme evrene genelleme yapmak yerine çalışılan konuyla ilgili kavramsal bir model oluşturulması amacıyla gerçekleştirilir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu doğrultuda DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması süreçleriyle ilgili sonuçlar araştırma sonunda tartışılarak öneriler sunulmuştur.

Araştırma sonuçlarının güvenilirliğini sağlamak için çalışmanın nasıl planlandığı, katılımcıların nasıl belirlendiği, uygulamaların nasıl gerçekleştirildiği, verilerin hangi veri toplama araçlarıyla ve nasıl elde edildiği ve verilerin nasıl analiz edildiği detaylı olarak açıklanmıştır. Bu süreçlerin tamamında uzman görüşüne başvurulmuştur. Ayrıca, araştırma

verilerinin bir kısmı birden fazla araştırmacı tarafından analiz edilmiş ve farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen kodlamaların güvenirliğinin sağlanması için kodlayıcılar arasında kodlama uyumunun sağlanması amaçlanmıştır. Yukarıda açıklanan önlemler aracılığıyla araştırma sonuçlarının geçerlik ve güvenirliğinin sağlandığı düşünülmektedir.



4. BULGULAR

Bu bölümde araştırma verilerinin analizi sonucu elde edilen bulgular araştırma problemleri göz önünde bulundurularak sunulmuştur. Çalışmanın birinci araştırma problemi “DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması süreçlerinde ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri nelerdir?” şeklinde belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci alt problemi ise “öğretmen müdahaleleri öğrencilerin DMM süreçlerini nasıl desteklemektedir?” şeklindedir. Bu iki alt problemle ilgili bulgular birbirleriyle ilişkili olduğundan problemlerle ilgili bulgular bütüncül olarak sunulmuştur. Bu doğrultuda, ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri uygulama öncesi, uygulama sırası ve uygulama sonrası olmak üzere 3 kategori altında incelenmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. *Bulguların sınıflandırıldığı kategoriler*

Uygulama Öncesi	Uygulama Sırası	Uygulama Sonrası
• Etkinliğe hazırlık • Öğrencileri etkinliğe ısındırma	• DMM probleminin tanıtılması • Model çözümü	• Grupların çözümlerini sunması • Grup çözümlerinin değerlendirilmesi

Uygulama öncesi kategori öğretmenlerin dersten önce yaptıkları hazırlık aşaması ile etkinliğin başında problem metni dağıtılmadan önce öğrencileri etkinliğe hazırlama sürecini kapsamaktadır. Uygulama sırası kategori DMM etkinliğinde yer alan problemin çözümü, uygulama sonrası kategori ise öğrencilerin çözümlerinin sunumu ve değerlendirilmesi aşamalarını içermektedir. Her kategoride öncelikle birinci alt probleme cevap verebilmek amacıyla matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin DMM etkinliklerini uygulama süreçleri detaylı olarak incelenerek DMM sürecinde ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri belirlenen temalar altında sunulmuştur. Daha sonra ikinci alt problemi cevaplayabilmek adına birinci alt problem için belirlenen temalar altındaki öğretmen müdahaleleri örneklendirilerek bu müdahalelerin öğrencilerin DMM sürecini nasıl desteklediğine yönelik bulgular ortaya konulmuştur.

4.1. Uygulama Öncesi Kategorisinde Elde Edilen Bulgular

Öğretmenlerin DMM etkinliklerini uygulayacakları dersten önce yaptıkları hazırlıklar ile etkinliğin başında öğrencileri etkinliğe hazırlama amacıyla gerçekleştirdikleri müdahaleler uygulama öncesi olarak belirlenen kategori altında ele alınmıştır. Uygulama öncesi ve sonrasında öğretmenlerle gerçekleştirilen görüşmeler, uygulama videoları ve

transkriptleriyle birlikte gözlemci notlarının analizleri sonucunda uygulama öncesi kategoride gözlemlenen öğretmen müdahaleleri etkinliğe hazırlık teması altında toplanmıştır. Bu tema altında ortaya çıkan kodlar ve açıklamaları ile bu müdahalelerin hangi sıklıkla gerçekleştiğini ifade eden frekans değerlerinin bulunduğu kodlama şeması Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. *Uygulama öncesi için kullanılan kodlama şeması*

Tema	Kod	Açıklama	Frekans
Etkinliğe Hazırlık	Planlama	Öğretmenlerin etkinliğin planlanması aşamasında gerçekleştirdikleri hazırlıklar	16
	Araştırma ödevi verme	Etkinlik uygulamasından birkaç gün önce öğrencilere problemin konusu ile ilgili araştırma yapmalarını isteme	8
	Yazılı veya görsel materyaller paylaşma	Etkinliğe başlamadan önce problemin konusu ile ilgili yazılı veya görsel materyaller paylaşma	6
	Tartışma yaptırma	Dersin başında etkinlik konusu ile ilgili öğrencilere tartışma yaptırma	30
	DMM süreciyle ilgili bilgilendirme yapma	Dersin başında öğrencilere etkinliğin nasıl gerçekleşeceği ile ilgili açıklama yapma	6

Etkinliğe hazırlık teması altında yer alan kodlardan biri öğretmenlerin uygulanacak etkinlikle ilgili yaptıkları hazırlıkları ve etkinliğe hâkim olmalarını ifade eden planlamadır. Bu kod kapsamında değerlendirilen öğretmen uygulamaları doğrudan öğretmen müdahalesi olarak değerlendirilmemekle birlikte öğretmenlerin etkinliğe hazırlıklı gelip gelmediği hakkında fikir veren durumları ifade etmektedir. Örneğin, Yalıtım etkinliği öncesinde yapılan görüşmede Ceren öğretmen etkinlik için yaptığı hazırlıkları şu şekilde açıklamıştır:

Araştırmacı: *Etkinlik için yaptığınız hazırlıkları anlatır mısınız?*

Ceren: *Şey yaptık, aşamalarda, çözümde nelere dikkat edebilirler, model oluştururken çözümde hangi basamaklara dikkat etmeleri lazım gibi böyle hani, yalıtım yapılacak alan gibi basamaklandırdık.*

Araştırmacı: *Mesela örnek verebilir misiniz? Hem detaya girmiş oluruz biraz.*

Ceren: *Mesela ısındırma aktivitesinde Isı yalıtımı nedir, amacı nedir, avantajları nelerdir gibi sorular yönlendirerek çocukların günlük hayatında bununla daha önce karşılaştılar mı ya da hazırlıklı geldiler mi... Çünkü problemlerde faydalanacakları şeyler bunlar. Problemden de hani aşama olarak, evin boyutunu belirleyebiliyorlar mı, yalıtım yapılacak alanı hesaplayıp, nerelere yalıtım, hangi malzemeyi tercih etmek gerekiyor gibi,*

o ayırımı gidebiliyorlar mı? Burada malzemeler verilmiş ama mesela sağlıklı olup olmadıkları gibi bilgiler burada yok. (...) Ben araştırdım, ihtiyaç duyarlarsa o bilgiyi de veririz diye araştırmalar yaptık.

Ceren öğretmeninin açıklamalarından etkinliğe nasıl giriş yapacakları, DMM sürecinde öğrencilerin nelere dikkat etmesi gerektiği ve öğrencilerin model çözümü sırasında ihtiyaç duyabilecekleri bilgiler gibi konularda hazırlıklar gerçekleştirdikleri anlaşılmaktadır. Bu hazırlıklar planlama kodu altında değerlendirilmiştir.

Su İsrafı etkinliğinden önceki görüşmenin bir kısmı aşağıdaki gibidir:

Araştırmacı: *Etkinliği çözdünüz mü? Ortaya çıkacak olası modellerle ilgili bir fikriniz var mı?*

Ceren: *Etkinlik zaten bana aitti...*

Araştırmacı: *Siz etkinliğe daha hâkimsiniz...*

Ceren: *Sadece unutmuş olabilirim diye birtakım kavramlara tekrar baktım. Çözüm olarak zaten ben bir çözüm yapmıştım, Filiz hocanın da (etkinliği hazırlayan diğer öğretmen) bir çözümü vardı... Farklılık şu noktada çıkabilir, hani evde biz hangi alanlarda daha çok suyu kullanıyoruz, bu aileden aileye farklılık gösterir, ailenin yaşam tarzı da burada farklılık arz edecektir. Yine öğrencilerin tasarruf yapma noktasında hangilerini dikkate alacaklarını, nereden kısacaklarını da tahmin edemediğimiz için farklı sonuçlar çıkabilir, farklı modeller...*

Zehra: *Ben cuma günü ödevlendirmeyi hatırlattım, su israfıyla ilgili de biraz konuştuk çocuklarla (...)*

Araştırmacı: *Etkinlik için bir hazırlıkları oldu yani öğrencilerin.*

Ceren: *Geçen hafta hazırlıklı gelmemelerini göz önünde bulundurarak bu hafta hani bu girişteki tartışma kısmını çok değil ama biraz uzun tutup, öğrencilerin hani su israfı en çok nerede oluyor, bunu önlemek için en çok nereden tasarruf yapabiliriz gibi...*

Yukarıdaki diyalogda araştırmacı öğretmenlerin etkinliğe hazırlık süreçlerini ortaya koymaya çalışmaktadır. Öğretmenlerin mevcut çözümleri inceledikleri ve öğrencilerin geliştirebileceği olası modeller hakkında fikir sahibi oldukları anlaşılmaktadır. Ceren öğretmen birden fazla çözümü incelediğini ifade etmiştir. Ayrıca öğretmenlerin önceki uygulamalardan elde ettikleri tecrübeyle etkinliğin uygulanması konusunda planlamalar yaptıkları görülmektedir.

Su İsrafı etkinliğinin öncesindeki görüşmede “Öğrencilerinizin karşılaşacakları zorluklar (varsa) neler olabilir? Bu zorlukları önlemek ya da ortadan kaldırmak için ne yapmayı düşünüyorsunuz?” şeklindeki soruya Fırat öğretmen şu şekilde cevap vermiştir:

Fırat: “Birim çevirmelerde zorlanabilirler. Bu durumda sıvı ölçü birimleriyle ilgili sorun yaşadıkları çevirmelerde yardımcı olmamız gerekebilir. Su faturasını okumakta güçlük çekebilirler, bununla ilgili gerekli açıklamalar yapılabilir.”

Fırat öğretmenin öğrencilerin yaşayabileceği zorluklar konusunda fikir sahibi olduğu ve bu konularda çözüm önerileri sunduğu görülmektedir. İleride model çözümü ile ilgili bulgularda görülebileceği gibi Fırat öğretmenin öğrencilerin yaşayabileceği zorluklar hakkındaki tahminlerinde haklı çıkmıştır.

Diğer taraftan öğretmenlerin etkinliğe hâkim olma konusunda sorunlar yaşadığı noktalar da olmuştur. Örnek olarak Yalıtım etkinliği sırasında Ceren öğretmen ile grup 3 öğrencileri arasında geçen konuşma aşağıdaki gibidir:

G3Ö1: Hocam bir de çatıda sadece cam yünü kullanacağız, duvarlarda ise diğer şeyleri kullanabiliriz.

Ceren: O senin çözüm tercihin.

G3Ö2: Hocam burada yazıyor.

Ceren: Ha şey olarak, tamam.

Yukarıdaki diyalogda öğrenciler etkinliğin problem metninde verilen, çatıda yalnızca cam yünü kullanılacağı bilgisini paylaştıktan sonra Ceren öğretmen buna kendileri karar verebileceğini söylemiştir. Başka bir öğrenci bu bilginin problem metninde verildiğini söyleyince Ceren öğretmen durumun farkına varmıştır. Yukarıdaki diyalogdan Ceren öğretmenin problem metnine tam olarak hâkim olmadığı anlaşılmaktadır. Öğretmenlerin DMM etkinliğine hâkimiyetleri ile ilgili başka bir örnek aşağıda yer almaktadır:

Zehra: Pencere ve kapıları...

G2Ö1: Göz ardı edin diyor.

Zehra: Ne demek göz ardı etmek?

G2Ö1: Saymayacağız.

Zehra: Oralara döşeme yapmayacaksınız demek.

G2Ö1: O mu? Ben de pencere ve kapıları saymayacağız sandım.

Zehra: Yani onları çıkaracaksınız demek.

Yukarıdaki diyalogda Zehra öğretmen Yalıtım etkinliği sırasında grup 2 öğrencileriyle çözümleri üzerinde konuşurken tasarladıkları evin pencere ve kapılarını ne yaptıklarını sormaktadır. Öğrencilerden biri problem metninde yazan bilgiyi aktardıktan sonra Zehra öğretmen bunun ne anlama geldiğini sormuştur. Öğrenci problem metninde istendiği gibi pencere ve kapıları hesaplamaya katmayacaklarını ifade etmesine rağmen Zehra öğretmen yanlış bir bilgi vererek pencere ve kapıların yüzey alanlarının toplam yüzey alanından çıkarılması gerektiğini söylemiştir. Zehra öğretmen diğer gruplara da aynı bilgiyi vererek öğrencileri istemeyerek de olsa hatalı bir çözüme yönlendirmiştir. Bu durumun Ceren öğretmen tarafından fark edilmesi üzerine öğrenciler uyarılarak çözümlerini düzenlemeleri istenmiştir. Bu durum Zehra öğretmenin DMM etkinliğinde yer alan problem durumuna tam olarak hâkim olmadığı şeklinde yorumlandığından planlama kodu altında yer almıştır. Bu durum daha sonra düzeltilse de öğretmenin etkinliğe hâkim olmamasının öğrenci çözümlerini olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Buna ek olarak, öğretmenlerin uygulanacak olan DMM etkinliğinin geliştirme sürecinde aktif olarak katılmasının da onların etkinliğe hakimiyeti noktasında önemli rol oynadığı söylenebilir. Örneğin çalışma kapsamında uygulanan ve Ceren öğretmenin geliştirdiği Su İsrafı etkinliğinin uygulanması sürecinde Ceren öğretmenin daha aktif bir rol aldığı ve sürece daha hâkim olduğu etkinlik uygulamalarının yer aldığı video kayıtlarında gözlemlenmiş ve gözlemci notları arasında yer almıştır. Benzer şekilde, geliştirme sürecinde Okan öğretmenin yer aldığı Yalıtım etkinliğinin uygulanması sürecinde Okan öğretmenin etkinlik öncesi, etkinlik sırası ve etkinlik sonrası aşamalarında daha aktif bir şekilde rol aldığı ve etkinliğin başarıyla gerçekleştirilmesi için yoğun bir çaba sarf ettiği gözlemci notlarından anlaşılmaktadır.

Etkinliğe hazırlık teması altında yer öğretmen müdahalelerinden bir diğeri araştırma ödevi vermedir. DMM etkinliklerini uygulayan matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlik uygulanmadan bir veya birkaç gün önceden öğrencilere etkinlikte ele alınacak konu ile ilgili araştırma ödevi verdikleri görülmüştür.

Örneğin, Su İsrafı etkinliğinin uygulanmasından bir gün önce Zehra öğretmen öğrencilere ödevlendirme yapmış ve dünyada kullanılabilir su miktarları, Türkiye’de kullanılabilir su miktarları, nüfus artış hızı ve doğal kaynakların tükenmemesi için yapılacaklar konusunda araştırma yapmalarını istemiştir:

Ceren: *Evet gençler. Zehra Hoca size bence bir ödev vermişti sanki değil mi? Neydi ödevimiz?*

G2Ö1: Dünyada kullanılabilir su miktarları, Türkiye’de kullanılabilir su miktarları, nüfus artış hızı ve şey doğal kaynakların tükenmemesi için yapılacaklar.

Ceren: Peki araştırmaların sonucu neler elde ettin?

G2Ö1: Dünyanın dörtte üçü suyla kaplı ama sadece %3’ü kullanılabilir, tatlı su kaynağı olduğu için Türkiye’dekiyle ilgili tam bir veri elde edemedim, bir sürü veri vardı. Nüfus artış hızının da tam şey yok ama formülü var. Bir yılda gerçekleşen doğum oranından ölüm oranını çıkarıp, bulduğumuz rakamı aynı toplamın yıl ortası nüfus oranına bin ile çarpıp yapmak.

Ceren: Arkadaşımız dünyada ve Türkiye de kullanılabilir su miktarlarıyla ilgili araştırma yapmış. Başka? Kimler ne buldu araştırmaları sonucu?

Zehra: ... sen ne buldun?

G4Ö1: Hocam Ayşe’ninki ile aynı olduğu için ben söylemedim.

Ceren: Söyle sen de söyle.

G4Ö1: Ya alınabilecek önlemleri...

Ceren: Arkadaşlar çok uğultu var gerçekten, birbirimizi dinleyebilir miyiz?

G4Ö1: Dünyamızın dörtte üçünün suyla kaplı olduğu ama sadece %3’ünün kullanılabilirdiği, bunun için alınabilecek önlemlerde mesela meyve yıkamalarda çok fazla su boşa harcamaya daha az olarak, musluğu daha az kullanabiliriz. Bunun gibi önlem olarak su kaynaklarını boşa harcamayı azaltarak suyu tasarruf etmeyi birazcık daha artırabiliriz.

Ceren: Evet çok güzel.

Yukarıdaki diyalogda öncelikle Ceren öğretmen Su İsrafı etkinliğinden önce Zehra öğretmenin verdiği araştırma ödevini hatırlatmıştır. Sonrasında bu ödevle ilgili öğrencilerin elde ettiği bilgilerin üzerinde durulmuştur.

Başka bir örnek olarak, Okan ve Fırat öğretmenlerin Yalıtım etkinliğinin sonunda öğrencilere araştırmaları için verdikleri ödev aşağıdaki gibidir:

Okan: Evet. Bir şey soracağım hiç sürdürülebilir kalkınma diye bir kavram duyduk mu?

Öğrenciler: Hayır.

Okan: Önümüzdeki haftaya kadar bir sürdürülebilir kalkınma ve enerji tasarrufu niçin önemli bununla ilgili bir küçük bir araştırma yapabilir miyiz?

...

Okan: *Sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir kalkınmada enerji tasarrufu niçin önemli?*

Yukarıdaki örnekte Okan öğretmenin öğrencilere sonraki hafta gerçekleştirilecek DMM etkinliği için araştırma ödevi verdiği görülmektedir. Aşağıdaki diyalogda ise Zehra öğretmen Küresel Isınma etkinliğine başlamadan önce verdiği araştırma ödevini hatırlatmaktadır.

Zehra: *Evet arkadaşlar, kendi aramızda konuşmuyoruz artık. Dersimiz başladı. Ben sizden bir araştırma yapmanızı istemiştim, hatırlıyorsanız. Araştırdık mı o ödevimizi?*

Öğrenciler: *Evet.*

Zehra: *Evet, küresel ısınma nedir? Bu soruyla başlayalım.*

Uygulanan bütün DMM etkinlikleri öncesinde öğretmenlerin öğrencilerden bir sonraki etkinlikte yer alan konularla ilgili araştırma yapmalarını istedikleri görülmüştür (n=8). Bu araştırma ödevlerinin tamamının DMM etkinliklerinde yer alan fen bilimleri kavramlarıyla ilgili olduğu tespit edilmiştir. Öğretmenler verdikleri araştırma konuları ve öğrencilerin elde ettiği bilgileri sınıfta tartışmış ve öğrencileri DMM etkinliğine hazırlamaya çalışmıştır.

Öğretmenlerin etkinlik uygulanmadan önce gerçekleştirdikleri müdahalelerden biri de etkinliğin hemen öncesinde öğrencilere problem konusu ile ilgili yazılı veya görsel materyaller paylaşmak olmuştur. Örneğin, Pet Şişe etkinliğine başlamadan önce her iki uygulama okulundaki öğretmenler etkinlikte ele alınan geri dönüşüm, yeniden kullanım ve geri kazanım kavramlarıyla ilgili gazete haberlerinden oluşan metinler paylaşmışlardır. Bu metinlerden biri örnek olarak Görsel 4.1’de verilmiştir.

GERİ DÖNÜŞÜME ATMAYIP KIYAFET YAPTIKLAR

27.04.2018

Milliyet.com.tr

Balıkesir Haberleri

Balıkesir’de çocukların geri dönüşüm malzemelerinden yaptıkları kıyafetlerle sergiledikleri defile büyük ilgi gördü. Geri dönüşüm malzemelerini kullanarak alüminyum folyodan astronot kıyafeti, çöp poşetinden elbise ve birbirinden ilginç kıyafetler yapan Mithatpaşa Anaokulu öğrencileri, gösterileriyle büyüledi. Doğanın önemine vurgu yapmak için karton kutulardan da ağaç yapan öğrenciler sahnede gösterdikleri performansla da büyüklere taş çıkarttı. Yaptıkları kıyafetleri giyerek okul bahçesinde defileye çıkan minik öğrenciler sahnede boy gösterdi. Etkinlikle ilgili bilgi veren okul müdürü Ali Erdem, "Öğrencilerimiz diğer insanların çöpe attıkları ambalaj atıklarını çöpe atmayarak, onlardan farklı ürünler oluşturarak yeniden dönüştürülebileceğini gösterdiler. Velilerimiz evde elbise, şapka, aksesuar gibi birçok ürün yaparak müthiş bir katılım gösterdiler." dedi.

Görsel 4.1. Örnek haber metni

Öğretmenler bu metinlerde yer alan bilgileri daha sonra gerçekleşecek olan tartışma ve DMM etkinliğinin çözümü için ön hazırlık olarak kullanmışlardır. Örneğin Ceren öğretmen Pet Şişe etkinliği öncesi tartışma başlatmak için öğrencilere verdikleri haber metinlerini örnek göstererek derse giriş yapmıştır:

Ceren: *Evet arkadaşlar size iki tane gazete haberi verdik. Bu gazete haberleri ile ilgili okudunuz, fikir sahibi oldunuz diye düşünüyorum. Sizce bu iki haber arasında benzer, farklı, ortak ne gibi özellikler yönler var. Bununla ilgili konuşalım.*

Yalıtım ve Küresel Isınma etkinliklerinin uygulanmasından önce ise Okan ve Fırat öğretmenler öğrencilere etkinlikte yer alan ısı yalıtımı ve karbon ayak izi gibi kavramlarla ilgili hazırlanmış videolar izletmeyi tercih etmişlerdir. Görsel 4.2’de öğrenciler video izlerken alınmış bir kesit görülmektedir.



Görsel 4.2. Öğrenciler etkinlik öncesinde video izlerken

Öğretmenlerin verdikleri araştırma ödevleri ile paylaştıkları yazılı ve görsel materyaller daha sonra gerçekleştirilecek olan tartışma yaptırma müdahalesi için bir araç olarak kullanılmıştır. Öğretmenler ödev olarak verdikleri araştırma konularını ve/veya paylaştıkları yazılı ve görsel materyallerde yer alan konuları kullanarak öğrencilere bu konular hakkında tartışmalar yaptırmıştır. Etkinliğe hazırlık teması altında en sık gözlenen öğretmen müdahalesi tartışma yaptırma olmuştur (n=30). Örneğin Zehra ve Ceren öğretmenler Yalıtım etkinliği öncesinde öğrencilere ısı yalıtımı ile ilgili çeşitli sorular sorarak tartışma ortamı oluşturmaya çalışmışlardır. Tartışma öğretmenlerin istediği gibi şekillenmeyince Ceren öğretmenin farklı sorular yönlendirerek öğrencileri tartışmaya dâhil etmeye çalıştığı görülmektedir:

Ceren: *Peki şöyle bir soru sorayım. Yazın ve kışın ısı yalıtımına katkısı oluyor dedik kışın bu ısı yalıtımı nasıl gerçekleşiyor yazın nasıl gerçekleşiyor?*

G4Ö1: *Hocam kışın içerdeki sıcak havayı dışarı vermiyor yazın da dışarıdaki sıcak havayı içeri almıyor.*

Ceren: *Yani o zaman biz ısı yalıtımı yaptığımızda yaz ve kış aylarındaki ısı farkını dengelemek için kullanıyoruz. Peki başka elektrik ve ısı dışında başka katkısı var mı, hiç düşündünüz mü?*

G5Ö4: *Elektrik olabilir.*

Ceren: Mesela elektrikten ısıdan tasarruf yaptım. Katkı sağladım hem aile ekonomisine hem ülke ekonomisine. Peki başka neye katkı sağlamış oluyorum? Dünya çapında düşünebilirsiniz.

G5Ö4: Küresel ısınma.

Ceren: Çok güzel. Biraz açıkla mesela.

G3Ö2: Hocam mesela şimdi biz ne kadar çok doğalgaz kullanırsak havaya o kadar çok duman...

Ceren: Karbon.

G3Ö2: Evet. Hocam o da ozon tabakasının incelmesine sebep oluyor. Zararlı güneş ışınları dünyamıza giriyor ve dünyamız ısınıyor.

Yukarıda Ceren öğretmen ısı yalıtımının nasıl gerçekleştiği ve ısı yalıtımı yaptırmanın faydalarıyla ilgili öğrencilere tartışma ortamı oluşturmaya çalışmaktadır. Ceren öğretmenin öğrenci fikirlerini sorgulayarak tartışma ortamı oluşturması sayesinde öğrenciler konuyla ilgili önemli kavramları ortaya koymuşlardır.

Tartışma yaptırma müdahalesine başka bir örnek aşağıdaki gibidir:

Fırat: Şimdi bu okuduklarınızla ilgili birkaç soru soracağız. Bunları bir tartışalım hep beraber. Tuğla yerine pet şişe ve geri dönüşüme atmayıp kıyafet yaptılar haberlerinin ortak yönleri nelerdir sizce? Okuduğunuz iki haberin ortak yönleri nelerdir?

G1Ö1: Geri dönüşüm, plastiğin geri dönüşümü. Plastiğin aslında faydalanılması. Çöpe gidecek plastikten faydalanılması.

Fırat: Tamam (...) Başka, bu iki haberin ortak yönü nedir? Neyi anlatıyor?

G4Ö2: Hocam ikisi de çevreyi korumak için geri dönüşüme katkı sağlamak için.

Fırat: Çevreyi korumak, çevreyi korumak için.

G4Ö2: Evet hocam geri dönüştürüyorlar. Hocama denize girecek bir şeyi mesela denizi kirletecek hocam onu beton yerine kullanıyorlar ya da diğerleri de hocam elbise yapıyorlar.

Fırat: Peki bu tuğla yerine pet şişe geri dönüşüm mü?

G4Ö2: Evet hocam. Hocam çünkü hocam pet şişe hocam denize atarsak denizi kirletir, çöpe atarsak çöp yani. Sokağa atarsak çevre kirliliği olur ama hocam onları başka bir şey için kullanırsak geri dönüştürmüş oluruz. Yani çöpe atacağımız şeyi geri dönüştürüyoruz.

Fırat: Yani (...) geri dönuştürmek için aynı amaçla tekrardan alıp üretmek mi gerekiyor yoksa ürünü farklı şekilde kullanmak bir geri dönüşüm müdür?

G4Ö2: Evet hocam, o da geri dönüşüm olur.

Fırat öğretmen Pet Şişe etkinliğinde öğrencilerle yazılı materyaller paylaştıktan sonra bu materyallerde yer alan konularla ilgili tartışma yaptırmaktadır. Yukarıdaki diyalogda Fırat öğretmen tartışma yoluyla geri dönüşümün ne olduğu ile ilgili öğrenci fikirlerini almaya çalışmaktadır. Ancak Fırat öğretmen tartışmanın ilerleyen bölümlerinde öğrencilerin geri dönüşüm, geri kazanım ve yeniden kullanım kavramlarını karıştırdığını fark etmiştir. Bunun üzerine geri dönüşümün ne anlama geldiğini doğrudan sorarak tartışmayı başka bir şekilde yönlendirmiştir:

Fırat: (...) peki geri dönüşüm ne demektir? Geri dönüşüm dediniz de geri dönüşüm ne?

G5Ö1: Hocam geri dönüşüm bazı malzemelerin yeniden kullanılmasına deniyor.

Fırat: Yeniden kullanılmasına. Mesela pet şişeyi aldık, kullandık, yıkadık geri kullandık. Geri dönüşüm mü?

G5Ö1: Hayır.

Fırat: Nedir?

G3Ö1: Tekrar kullanmak.

Fırat: Tekrar kullanmak. Şimdi pet şişeyi aldık, suyu. Karşıdaki bakkaldan aldık, içtik, su bitti. Şişeyi tekrar su içmek amaçlı kullandığımızda tekrar kullandık. Bu geri dönüşüm müdür? Başka bir şey midir?

G1Ö3: Başka bir şeydir.

Fırat: Nedir?

G2Ö1: Tekrar kullanmak

Fırat: Tekrar kullanmak değil mi arkadaşlar? Peki geri dönüşüm olması için ne yapmak ne olması lazım?

G1Ö3: Hocam kullanılamayacak hale geldikten sonra fabrikaya gidip işlemden geçip tekrar kullanılacak hale gelmesi.

Fırat: ... Yeniden kullanım, tekrardan aynı amaç için kullanmak. Geri dönüşüm kullanılacak olan kullanılan malzemenin tekrardan işte kullanılamayacak duruma geldikten sonra fabrikalara girip tekrardan aynı ürün olarak kullanıma sunulması. Geri kazanım da işte bu hangisi oluyor? milliyet.com'daki haberdeki örnek olabilir. Arkadaşlar şimdi biz bu kavramları tartıştığımıza göre, bunlarla

ilgili bir fikrimiz oluştuğuna göre -ben öyle düşünüyorum- sorunun çözümüne geçebiliriz.

Yukarıdaki diyaloglarda görüldüğü gibi Fırat öğretmen farklı örnekler kullanarak öğrencilerin geri dönüşüm kavramını anladıklarından emin olmaya çalışmaktadır. Tartışmanın sonunda ise geri dönüşüm, yeniden kullanım ve geri kazanım kavramlarını özetleyerek tartışmayı sonlandırmıştır. Fırat öğretmenin sorduğu sorular öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkararak onları tartışmaya dâhil etmeye yönelik sorulardır. Bu sorular sonrası öğrencilerin etkinlikte yer alan kavramları tartışma ortamında ortaya koyduğu görülmektedir.

Etkinlikler öncesinde ve sonrasında yapılan görüşmelerde öğretmenler bu tartışmalar aracılığıyla öğrencilerin problemde yer alan kavramlara yabancı kalmalarının önüne geçmeyi ve çözüm sırasında zorlanabilecekleri kavramları açıklığa kavuşturmayı amaçladıklarını ifade etmişlerdir. Örneğin Ceren öğretmenin Yalıtım etkinliği öncesinde etkinliğe hazırlıkla ilgili yaptığı açıklaması aşağıdaki gibidir:

Ceren: *Isı yalıtımı nedir, amacı nedir, avantajları nelerdir gibi sorular yönlendirerek çocukların günlük hayatında bununla daha önce karşılaştılar mı ya da hazırlıklı geldiler mi... Çünkü problemlerde faydalanacakları şeyler bunlar.*

Ceren öğretmen yukarıdaki açıklamasında Yalıtım etkinliği öncesinde öğrencilere ısı yalıtımı konusunda tartışma yaptırmayı planladığını ifade etmektedir. Bunun gerekçesi olarak da bu konuların öğrenciler tarafından model çözümü sırasında kullanılacağını belirtmektedir. Tartışma yaptırmaya müdahalesi öğrencilerin etkinlikte yer alan konuları daha iyi öğrenmesini sağlasa da her zaman olumlu etkileri olmamıştır. Bu duruma örnek bir diyalog aşağıda verilmiştir:

Ceren: *(...) o zaman bizim bu haber metinlerimizdeki kavramlar da ne olmuş oluyor?*

Öğrenciler: *yeniden kullanım.*

Ceren: *Yeniden kullanım oluyor. Çünkü herhangi bir işleme tabii tutuldu mu? Hayır. Aldık bakın yeniden kullandık.*

G3Ö1: *O geri kazanım değil miydi?*

Zehra: *Geri kazanımda kimyasında ve fiziki yapısında değişme oluyor.*

Ceren: *tamamen yeni bir hammadde yapıyorum.*

G6Ö4: *Hiçbir şey anlamadım (sessizce)*

Ceren: Geri dönüşümde de işlem var ama onu yeni bir madde olarak üretmiyorum. Yeniden kullanımda herhangi bir fiziksel kimyasal işlem yok. Sadece temizleme gibi basit bir işlem yapabilirim. Onu alıp yine aynı şekilde kullanıyorum. Yeniden kullanım. Bu haberlerle bu sorularla bu üç kavramı anladık mı?

Öğrenciler: Evet.

Ceren: Oturdu mu zihninize biraz? Şimdi problemlerinizi dağıtacağız.

G6Ö4: Benim kafam karıştı.

G6Ö3: Benim de.

G5Ö1: Hocam hiç kullanılmamış kağıtları alsak, o geri kazanım olmaz ki.

Ceren: Orada zaten hiç kullanılmamış bir şeyi almak bu kavramlar içine girmez. Bizim amacımız enerji tasarrufu ham madde tasarrufu sağlamak olduğu için bunları yapıyoruz. Ona değinmişken o zaman çok kısa şuna da değineyim. Bunları yaparken bu üç kavramdan bahsettik ya. Bunları yaparken ne tür tasarruflar sağlamış oluyoruz?

Ceren ve Zehra öğretmenler Pet Şişe etkinliğinden önce öğrencilere geri dönüşüm, geri kazanım ve yeniden kullanım kavramlarıyla ilgili tartışma yaptırmıştır. Yukarıdaki diyalogda bir kısmı verilen tartışma sırasında öğrencilerin bu kavramları tamamen ayırt edemediği tespit edilmiştir. Bunun üzerine öğretmenler bazı örneklerle kavramları açıklamaya çalışmaktadır. Yine de bazı öğrencilerin hala kavram karmaşası yaşadığı görülmektedir. Hatta bazı öğrenciler kafalarının karıştığını ifade etmişlerdir. Ancak Ceren öğretmen bu durumu dikkate almayarak tartışmayı devam ettirmiştir.

Uygulama öncesi ortaya çıkan başka bir öğretmen müdahalesi öğrencileri DMM süreci hakkında bilgilendirmedir. Bu müdahale uygulamanın başında öğrencilere etkinliğin nasıl gerçekleşeceği ve amacının ne olduğu ile ilgili açıklama yapmak şeklinde tanımlanmıştır. Örneğin, Okan öğretmen Yalıtım etkinliğinin öncesinde öğrencilere ısı yalıtımı hakkındaki ilk videoyu izletmeden önce bir açıklama yapmıştır:

“Videoları önce izleyeceğiz. İzledikten sonra biraz videolar hakkında konuşacağız. Sonrasında sizlerle bu haftaki etkinlik uygulamasına geçeceğiz. Bu çerçevede arkadaşlar videoları dikkatli bir şekilde izleyelim. Sonrasında biraz bunlar hakkında konuşalım olur mu?”

Videolar izlendikten sonra ise başka bir açıklama yapmıştır:

“Şimdi sizinle bir etkinlik yapacağız. Bize etkinlikte, bu videoları da dikkate alarak örnek güzel bir çözüm ve bir sunum yapmanızı istiyoruz. Anlaştık mı? Ben ve Fırat hocam beraber grupları dolaşacağız. Aklınıza takılan, kafanıza takılan sorular varsa parmak kaldırıp bize sorabilirsiniz...”

Benzer şekilde Fırat öğretmen de:

“Sorularımızı yapalım. Ama grup içinde iletişim halinde olarak birbirimizi dinleyerek çözümlerimizi yapalım.”

şeklinde bir açıklama yapmıştır. Okan ve Fırat öğretmenler bu ifadelerle öğrencilere DMM etkinliği uygulama sürecinin nasıl gerçekleştirileceğini ve kendilerinin öğrencilerden beklentilerinin neler olduğunu açıklamaya çalışmaktadır. Bu doğrultuda öğrencilerin videolarda açıklanan konulara dikkat ederek bir çözüm geliştirmelerini, süreçte yardıma ihtiyaç duyarlarsa kendilerine yardımcı olacaklarını ve çözümlerini grup olarak gerçekleştirmelerini açıklamaktadır.

Uygulama öncesi kategoride ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri planlama, araştırma ödevi verme, yazılı veya görsel materyaller paylaşma, tartışma yaptırma ve DMM süreci hakkında bilgilendirme kodları altında toplanmıştır. Bu müdahalelerin tamamının DMM etkinliklerinde yer alan fen bilimleri konularına yönelik olduğu tespit edilmiştir. Öğretmenlerin etkinlikler öncesinde yapılan görüşmelerde elde edilen ifadeleri ışığında bu kategoride ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin genel olarak öğrencileri etkinliğe hazırlama amacıyla gerçekleştirildiği söylenebilir. Bu kategoride yer alan müdahaleler neticesinde genel olarak öğrencilerin DMM etkinliğinde yer alan kavramları ortaya koyduğu, bu durumun da problem durumunu anlamada dolaylı olarak etkili olduğu düşünülmektedir.

4.2. Uygulama Sırası Kategorisinde Elde Edilen Bulgular

DMM etkinliğinin öğrencilere dağıtılmasından başlayarak öğrencilerin çözümlerini sunduğu bölüme kadar olan zaman dilimindeki öğretmen müdahaleleri bu kategoride yer almaktadır. Bu kategoride ortaya çıkan kodların açıklamalarıyla beraber yer aldığı ve uygulama sırasında elde edilen verilerin analizinde kullanılan kodlama şeması Tablo 4.3’te verilmiştir. Uygulama sırasında elde edilen verilerin analizi sonucunda problemi anlama, çözüm planı, varsayım oluşturma ve model çözümü temaları ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.3. *Uygulama sırası için kullanılan kodlama şeması*

Tema	Kod	Açıklama	Frekans
Problemi Anlama	Ne anladıklarını sorgulama	Öğrencilerden problemde ne anladıklarını açıklamalarını isteme	24
	Gerekli değişkenleri sorma	Öğrencilerden çözüm için gerekli değişkenleri belirlemelerini isteme	15
Çözüm Planı	Strateji sorma	Öğrencilere çözüm için nasıl bir yol izleyeceklerini sorma	10
	Özgün çözümler	Öğrencileri kendi çözümlerini (farklı çözümler) bulmaya teşvik etme	58
Varsayım oluşturma	Grupla çalışma	Öğrencileri grup olarak birlikte çalışma konusunda teşvik etme	12
	Basitleştirme	Problemi veya öğretmen sorularını öğrenciler için daha anlaşılır ve yönlendirici şekilde sorma (topaze effect)	2
Model Çözümü	Özetleme	Bir veya birden fazla öğrencinin söylediklerini özetleyerek başka şekilde ifade etme (rephrase)	20
	Yönlendirme	Öğrencilere belirli bir noktaya ulaşmaları için yönlendirici sorular sorma (funneling)	19
	Kısa cevaplı sorular	Öğrenci düşünmesini teşvik etmeyen, kısa cevaplı sorular sorma	10
	Düşünmeye sevk etme	Öğrencilere onları bilişsel olarak aktif hale getirecek sorular sorma	28
	Açıklama isteme	Öğrenci cevaplarını yeterli görmeyerek daha fazla açıklama yapmalarını isteme	42
	Açıklama yapma	Gruba veya sınıfa anlaşılmayan bir konuda açıklama yapma	35
	Bilgi verme	Öğrencilere çözüm için ihtiyaç duydukları bilgileri doğrudan verme	10
	Diğer öğretmene yönlendirme	Öğrenci soruları kendi branşından değilse öğrenciyi diğer öğretmene yönlendirme	2
	Matematikle ilgili sorgulama	Çözüm sırasında öğrencilerin kullandığı matematik kavramları ile ilgili sorgulama yapma	28
	Fenle ilgili sorgulama	Çözüm sırasında öğrencilerin kullandığı fen bilimleri kavramları ile ilgili sorgulama yapma	18

4.2.1. Problemi Anlama

Problemi anlama teması altında kodlanan öğretmen müdahaleleri öğrencilerin etkinlikte yer alan problem metnini anlayıp anlamadıklarını ortaya çıkarmaya yönelik müdahalelerdir. Bu müdahaleler DMM etkinliklerinin başında, problem metni öğrencilere dağıtıldıktan hemen sonra ortaya çıkmaktadır. Öğretmenler ilk olarak öğrencilerden problemi bireysel olarak okumalarını istemiştir. Bireysel yapılan okumaların ardından öğretmenler öğrencilerden problemi grup olarak değerlendirmelerini istemektedir. Her iki uygulama okulundaki öğretmenlerin öğrencilere problemi okumaları için yaklaşık 3-4 dakika süre tanıdığı gözlemlenmiştir.

Aşağıda problemi anlama teması altında kodlanan öğretmen müdahalelerine bir örnek verilmiştir:

Ceren: *Şimdi o zaman şöyle yapalım biz sorularımızı dağıtalım. Yine bireysel olarak soruyu okuyup anlamaya çalışın. Ondan sonra tekrar konuşalım olur mu?*

(Problem metni öğrencilere dağıtılıyor)

Zehra: *Önce bireysel olarak okuyorsunuz, kendiniz bir düşünüyorsunuz ne yapabiliriz diye.*

Ceren: *Arkadaşlar bireysel olarak okumanızı istiyorum.*

(Öğrenciler soruyu okuyup anlamaya çalışıyor)

Ceren ve Zehra öğretmenler öğrencilere problem metnini dağıttıktan sonra onlardan problemi bireysel olarak okuyup anlamalarını istemiştir. Öğrencilere bireysel okumalar için yaklaşık 3 dakika süre verilmiştir. Öğrenciler bireysel olarak problemi okuduktan sonra ise öğrencilerin probleminden ne anladıklarını sorgulamaya başlamışlardır:

Ceren: *Şimdi arkadaşlar bence herkes okudu. Öncelikle problem bizden ne istiyor?*

G3Ö1: *Bir ailenin bir yılda yapabileceği tasarrufun bedelini soruyor.*

Diğer öğrenciler: *Bir ayda.*

Ceren: *Bir ayda mı bir yılda mı?*

(Ay mı yıl mı tartışılıyor)

Ceren: *Bir dakika, evet*

G2Ö1: *Bir yıldaki tasarrufun metreküpünü istiyor, bir aydakinin de fiyatını, ne kadar kazanç sağlayacağını.*

Ceren: *Başka problemimiz ne istiyormuş?*

G5Ö1: *Tasarruf planı oluşturmamızı istiyor.*

Ceren: *Başka?*

Diğer öğrenciler: *Aile bütçesine ne kadar katkı sağlayacağını*

Ceren: *Yaptığımız tasarrufun aile bütçesine katkısı (...) Yani su israfını önlemek için bir ailenin kendi evinde yapabileceği su tasarrufunun miktarını ve bunun faturasına nasıl yansıtacağını hesaplamamızı istiyor soru.*

Yukarıdaki örnekte Ceren öğretmenin öğrencilerin probleminden ne anladıklarını sorgulamaya yönelik müdahaleleri görülmektedir. Öğretmenler farklı öğrencilerin fikirlerini

alarak problemde ne istendiğini öğrencilerin anlayıp anlamadıklarını sorgulamaktadır. En sonda ise Ceren öğretmen problemde ne istendiğini özetleyerek açıklamaktadır.

Problemi anlama teması altında değerlendirilen öğretmen müdahalelerine farklı bir örnek olarak Su İsrafi etkinliğinin başında geçen aşağıdaki kesit verilebilir. Okan öğretmen öğrencilere problem metni dağıtıldıktan sonra aşağıdaki açıklamayı yapmıştır:

“Arkadaşlar 5 dakika içerisinde soruyu okumanızı istiyorum. Soruyu okuduktan sonra soruyu anlayıp anlayamadığınıza dair böyle ufak, küçük bir tartışma yapacağız. Sonra tekrar devam edeceğiz. Buyurun arkadaşlar, başlayabilirsiniz.”

Bu açıklama sonrasında öğrenciler soruları bireysel olarak okumaya başlamıştır. Bu açıklamadan yaklaşık 4 dakika sonra Okan öğretmen okuma sürecinin bitip bitmediğini sormuştur:

Okan: *Evet arkadaşlar soruyu okuduk mu?*

Öğrenciler: *Evet.*

Okan: *Şimdi kendi aramızda biraz grup içinde küçük harflerle soruyu biraz tartışalım. Küçük harflerle ama, bi soruyu tartışalım.*

Bu açıklamanın ardından öğrenciler grup olarak problemde ne anladıklarını kendi aralarında tartışmaya başlamıştır. Yaklaşık 1 dakika sonra ise Okan öğretmen başka bir müdahalede bulunarak öğrencilerden problemde ne anladıklarını grup olarak açıklamalarını istemiştir:

“Evet arkadaşlar şimdi kısaca soru bizden ne istiyor gruplardan bi iki cümle alabilir miyiz? ... Kim ne söyleyecek gruplardan konuşmak isteyen var mı? Soru bizden ne istiyor ya da soru ile ilgili düşünceleriniz nelerdir? (Grup 1'e dönüyor) Ne istiyor mesela soru sana ne anlatıyor? Ya da grup olarak ne anladınız?”

Ne anladıklarını sorguma olarak kodlanan bu müdahale ile Okan öğretmen öğrencilerin problem metnini anlayıp anlamadıklarından emin olmak için farklı gruplardan fikirler almıştır. Yukarıdaki alıntılarda Okan öğretmen öğrencilerden önce problemi bireysel olarak okumalarını, daha sonra grup olarak okumalarını istemektedir. En sonunda ise problemde ne anladıklarını açıklamalarını istemektedir.

Öğrencilerin problemde ne anladıklarını sorma müdahalesi genel olarak farklı gruplardan birkaç öğrencinin fikrini almak şeklinde gerçekleşmiştir. Ancak bazı durumlarda öğretmenler yalnızca bir öğrencinin fikrini alarak bu müdahaleyi sonlandırmışlardır.

Örneğin, Pet Şişe etkinliğinin uygulanması sırasında Zehra ve Ceren öğretmenler öğrencilerden problemi bireysel olarak ve grup halinde okumalarını istemiş, yalnızca bir öğrenciye söz verdikten sonra problemin çözümüne geçmişlerdir:

Ceren: Şimdi herkes okudu bence. Problemden ne anladınız? Bi konuşabilir miyiz? Problem bizden ne istiyor?

G2Ö1: Çevrelerdeki plastikleri tekrar geri dönüştürmek için yani onları yeniden kullanmak için Andreas Frose'nin yaptığı gibi tüm okul, park gibi yerlere bir oyun evi yapılacaktı ve bizden kendi okulumuzun bahçesine bu oyun evini inşa etmemizi istiyor.

Ceren: Bunu yaparken de ne kullanacağız?

G2Ö1: Pet şişe.

Ceren: Bu evi yapmak için kaç tane pet şişeye ihtiyacımız var? (...) Evet arkadaşlar o zaman şöyle yapalım. Çözümlerimize başlayalım.

Yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi Ceren öğretmen öğrencilerin probleminden ne anladıkları ile ilgili sorgulamasını bir öğrenci ile gerçekleştirdikten sonra öğrencinin açıklamasını yeterli görerek çözüme geçmelerini istemiştir.

Problemi anlama basamağı DMM etkinliklerinin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için oldukça önemlidir. Problemi anlama teması altında gerçekleşen öğretmen müdahalelerinin önemli bir kısmı öğrencilerin probleminden ne anladıklarının sorgulanması olmuştur. Ancak çalışma kapsamında uygulanan DMM etkinliklerinin bir kısmında problemi anlama basamağında ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin planlandığı gibi sonuçlanmadığı görülmüştür. Aşağıda bu durumlara örnekler verilmiştir.

Bazı etkinliklerde öğretmenler yukarıda yer alan müdahaleleri eksik yaparken, bazı etkinliklerde de problemin anlaşılıp anlaşılmadığına yönelik yeterince tartışma yapılmamaktadır. Örneğin Pet Şişe etkinliğinde Okan ve Fırat öğretmenler öğrencilere problem metnini dağıttıktan sonra bireysel olarak okumaları için 5 dakika süre vermiş ancak okumalar bittikten sonra probleminden ne anladıklarını sormamışlardır.

Fırat: (...) arkadaşlar şimdi biz bu kavramları tartıştığımıza göre, bunlarla ilgili bir fikrimiz oluştuğuna göre -ben öyle düşünüyorum- sorunun çözümüne geçebiliriz. Sorunun çözümüne geçebilmek için hocamız size dokümanları veriyor. Okuyalım soruyu her zaman yaptığımız gibi. Okuyalım, anlamaya çalışalım grup halinde. Sonra da çözümlere başlayalım.

Okan: Evet arkadaşlar 5 dakika süre içinde okuyalım.

(Öğrenciler problem metnini okuyor)

Okan: *Evet arkadaşlar. Arkadaşlar. Hocam birazdan saati yazacak. Ne kadar süre içerisinde çözeceğinizi. Yalnız sizden ricam şu: grup içerisinde kendi grubumuz içerisinde tartışalım. Farklı bir grupla iletişim halinde olmayalım. Sorunun çözümü için sizden soruda ne istiyorsa ona uygun bir çözüm oluşturmaya çalışalım. Eğer sorunuz olursa, parmak kaldırırsanız yardımcı olmaya çalışacağız. Evet, kolay gelsin, iyi çalışmalar diliyorum.*

Yukarıda Okan ve Fırat öğretmenlerin DMM etkinliğinde yer alan konularla ilgili tartışma yaptırma müdahalesinden sonra problem metnini dağıtıp öğrencilerden okumalarını istedikleri görülmektedir. Öğrenciler verilen süre içerisinde problemi okuduktan sonra Okan öğretmen öğrencilerden çözümlerine başlamalarını istemiştir. Burada öğretmenlerin öğrencilerin problemi anlayıp anlamadıklarından emin olmadan etkinlik çözümüne geçtikleri anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin çözümlerini de olumsuz etkilemiştir. Örneğin öğrenciler çözüme başladıktan yaklaşık 30 dakika sonra grup 3 öğrencileriyle Fırat öğretmen arasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

G3Ö1: *(...) hocam içine pet şişelerden kaydırarak yapacağız.*

Fırat: *İçine yapacağınız oyuncaklar pet şişelerden olmayacak ama içine oyuncak yapmak zorunda değilsiniz.*

G3Ö1: *Hocam siz park alanı dediniz hocam. Hocam burada yazan o hocam.*

Fırat: *Oyun yeri, oyun alanı.*

G3Ö1: *Çatı falan yapacağız ama değil mi hocam?*

Öğrenciler çözümlerinde belirli bir aşamaya gelmelerine rağmen problemde ne anladıkları tam olarak ortaya konmadığından problemde istenilenin haricinde farklı çözümler geliştirmişlerdir. Okan öğretmen de etkinlik sonrası görüşmede “*Uygulama planı yapılan çalışma sonucunda istenilen düzeyde geçtiğini sanmıyorum*” diyerek etkinliğin istedikleri gibi geçmediğini belirtmiştir.

Bazı durumlarda öğretmenler problemde ne istendiği ile ilgili sorgulama yapmalarına rağmen öğrencilerin problemde ne anladıkları tam olarak ortaya konulamadan çözüm aşamasına geçilmiştir. Örneğin, Küresel Isınma etkinliğinde Fırat ve Okan öğretmenlerle öğrenciler arasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

Okan: *Arkadaşlar soruyu okudunuz mu?*

Öğrenciler: *Evet.*

Fırat: *Arkadaşlar soruyu anladınız mı?*

Öğrenciler: Evet

Fırat: (Soru) bizden ne istiyormuş?

G4Ö1: Bir sürü şey istiyor.

Fırat: Ne mesela?

G4Ö1: Karbon ayak izini nasıl hesaplarız?

Fırat: Evet nasıl hesaplayacağınıza dair bir fikriniz var mı?

Yukarıdaki diyalogda Fırat öğretmen öğrencilerin problemde ne anladıklarını sorgulamak üzere bir tartışma başlatmaya çalışmaktadır. Ancak son cümlede öğrencilerin problemi anlayıp anlamadıklarını ortaya koymadan problemin nasıl çözüleceğine dair başka bir sorgulamaya geçilmiştir.

Bazı durumlarda ise problem tam ve doğru şekilde anlaşılamadığı için öğrenciler model oluşturma ve modeli çözme basamaklarında zorlanmış, öğretmenler de problemi anlama basamağına geri dönerek onlara açıklama yapmak zorunda kalmıştır. Örneğin Su İsrافی etkinliğinde öğrenciler çözüm aşamasına geçtikten yaklaşık 15 dakika sonra Ceren öğretmen aşağıdaki açıklamayı yapmak zorunda kalmıştır:

Ceren: Arkadaşlar bir uyarıda bulunayım. Şimdi burada verdiğimiz faturaya göre bu fatura bu ailenin faturası değil. Bu sadece örnek bir fatura. Bir faturada hangi bilgiler yer alıyor, bizi ilgilendiren burada birim fiyatı. Bunları görmeniz için koyulmuş bir fatura. Yani bu bahsettiğimiz ailenin faturası değil. O aileyi siz oluşturacaksınız. Anlaştık mı? Bizim istediğimiz burada kullanacağımız bilgi birim küp fiyatımız.

Su İsrافی etkinliğinde öğrencilerden belirleyecekleri bir ailenin tüketim değerlerine göre çözüm yapmalarını istenmektedir. Ancak öğrenciler modellerini oluştururken örnek olarak verilen faturadaki tüketim değerlerini göz önünde bulundurmuşlardır. Problem tam olarak anlaşılamadığından Ceren öğretmen yukarıdaki açıklamayı yapmak zorunda kalmıştır.

Bazı durumlarda ise öğrenciler problemde ne istendiğini tam olarak ifade edemediğinde öğretmenler istenilenleri kendileri açıklamak durumunda kalmıştır. Yalıtım etkinliğinde Ceren öğretmenin öğrencilerin problemde ne anladıkları ile ilgili müdahalesi aşağıdaki gibidir:

Ceren: Evet problemde ne anladık arkadaşlar?

G2Ö1: Yani bizden ne istediğini mi soruyorsunuz?

Ceren: Bizden ne istiyor evet soru bizden ne istiyor?

G6Ö1: Bu verilen iki maddeyi kıyaslayıp bize en uygun olan markayı tercih edip onun malzemelerini kullanacağız.

Ceren: Kullanarak ne yapacağız peki?

G6Ö1: Malzemelerin maliyetini hesaplayarak bize ne kadara mal olacağını hesaplayacağız.

Ceren: Tamam. Evet başka? (...) Evet şimdi o zaman soru bizden ne istiyor? Diyor ki belli şartlara göre ısı yalıtımı yapacağımız evi seçip yalıtıma giden masrafla elde edeceğimiz karı hesaplamamızı istiyor. O halde ben bireysel olarak çözümde neler yapabileceğiniz üzerine biraz çalışmanızı, ardından da grup çalışmanıza geçmenizi istiyorum.

Yukarıda Ceren öğretmenin sınıfa probleminden ne anladıklarını sorduğu, ancak öğrenci cevaplarının yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durumda Ceren öğretmen problemde ne istendiğini kendisi açıklamak zorunda kalmıştır.

4.2.2. Çözüm Planı

Öğretmenler öğrencilerin DMM etkinliklerinde yer alan problemleri tam olarak anladıklarından emin olduktan sonra çözüm için gerekli planlamanın yapıldığı aşamaya geçilmektedir. Bu aşamada yer alan öğretmen müdahaleleri çözüm planı teması altında ele alınmıştır. Bu tema altında öğretmenlerin üzerinde durduğu en önemli konulardan biri çözüm için gerekli değişkenlerin belirlenmesidir (n=15). DMM problemleri öğrencilere kendi özgün çözümlerini üretme olanağı sağladığından öğrenciler farklı çözüm yaklaşımları geliştirebilmektedir. Bu yaklaşımlar problemlerin çözümünde farklı değişkenleri kullanmayı da içerebilir. Dolayısıyla öğrencilerin çözüm için kullanacakları değişkenleri kendilerinin belirlemesi beklenmektedir. Çözüm için gerekli değişkenlerin belirlenmesiyle ilgili öğretmen müdahalesi özellikle Zehra ve Ceren öğretmenlerin sınıfında sıkça karşılaşılan bir müdahaledir. Örneğin, Pet Şişe etkinliği sırasında problemin çözümü için yeterli bilgi olmadığını söyleyen bir öğrenciye Zehra öğretmen “*neye ihtiyacın var önce onu belirle. Bu soruyu çözebilmek için neye ihtiyacın var?*” şeklinde cevap vermiştir. Benzer bir müdahale Fırat ve Okan öğretmenlerin sınıfında da gözlemlenmiştir:

Okan: O zaman biz hesap çıkarmaya çalışalım grup olarak bir tartışalım bize neler lazım?

Fırat: Yani sizin burada sonuca ulaşabilmeniz için ne lazım onu bir düşünün.

Okan: Neleri hesaba katmak gerek?

Yukarıdaki alıntıda görüldüğü gibi öğretmenler öğrencileri problemin çözümü için gerekli değişkenleri belirlemeye teşvik etmektedir.

Bazı durumlarda ise problem metninde öğrencilerin ihtiyaç duyabilecekleri bazı bilgiler kasıtlı bir şekilde öğrencilere hazır olarak verilmemektedir. Böylesi bir durumda öğrencilerin çözüm için gerekli değişkenlerin ne olduğunu belirlemesi ve bu değişkenlerle ilgili bilgileri öğretmenlerinden talep etmesi beklenmektedir. Aşağıda bu duruma bir örnek verilmiştir:

GIÖ1: *Karbon ayak izini nasıl hesaplarız?*

Fırat: *Evet nasıl hesaplayacağınıza dair bir fikriniz var mı?*

Öğrenciler: *Hayır.*

GIÖ2: *O yüzden siz bize bilgi vereceksiniz*

Fırat: *Ne bilgisi vereceğiz size?*

GIÖ1: *Nasıl hesaplayacağımıza dair ya da nelerden ne kadar kullanıyoruz.*

G4Ö1: *Hocam onu bilsek yapardık.*

GIÖ1: *Hocam bizim kullandığımız (ürettiğimiz) günlük karbondioksit miktarı ne kadar, onu bilmiyoruz.*

Fırat: *Onu bilmiyorsunuz (tekrarlıyor)*

GIÖ1: *Mesela bi nefes alıp verdiğimizde ne kadar gittiğini de bilmiyoruz.*

Fırat: *Nefes alıp verdiğinizde ne kadar karbondioksit ürettiğinizi bilmiyorsunuz.*

GIÖ1: *Hocam bir de bir ağaç ne kadar karbondioksitin önüne geçebilir? (bilmediğini söylüyor)*

Fırat: *Onun bilgisini verebiliriz size. Bu bilgiler lazımsa verebiliriz size.*

Yukarıdaki Küresel Isınma etkinliği sırasında geçen diyalogda öğrenciler karbon ayak izini hesaplamak için bazı bilgilere ihtiyaç duyduklarını söylemiştir. Fırat öğretmen de ihtiyaç duydukları bilgilerin (değişkenlerin) neler olduğunu sormuştur. Sorunun çözümü için ihtiyaç duydukları bazı değişkenleri söyleyen öğrencilere Fırat öğretmen ihtiyaç duydukları bilgileri verebileceklerini söylemiştir.

Çözüm planı teması altında yer alan diğer öğretmen müdahalesi öğrencilere nasıl bir çözüm stratejisi takip edeceklerini sormak şeklindedir. Genellikle öğrencilerin çözüm için hangi değişkenleri kullanacaklarını belirlemelerinin ardından öğretmenler nasıl bir çözüm yolu izleyeceklerini de sorgulamıştır.

Ceren: *Nasıl bir çözüm yolu izleyeceğinize karar verdiniz mi? Mesela şu an neyi hesaplıyorsunuz?*

G4Ö2: Hocam su tasarrufu için alınabilecek önlemleri yazıyoruz.

Ceren: Peki bu tasarruftan sonra ne kadar su tasarruf edeceğinizi hesaplamak için ne yapacaksınız?

G4Ö1: Hocam biz bunlara göre hallederiz (aşağıdaki bilgiyi gösteriyor)

Evlerde kullanılan suyun %35'i banyoda, %30'u tuvalette, %20'si çamaşır ve bulaşık yıkamada, %10'u yemeklerde ve içme suyunda, %5'i de temizlik amacıyla kullanılmaktadır. Su, sağlık ve ekonomi açısından bir değerdir. Bu değeri kişisel veya toplumsal olarak bazı tasarruf önlemleriyle koruyabiliriz.

Ceren: Tamam bi düşünün o zaman

Yukarıdaki diyalogda Ceren öğretmenin grup 4 öğrencilerine nasıl bir çözüm yolu isleyeceklerini sorduğu görülmektedir. Öğrenciler kendilerine etkinlik öncesi verilen araştırma ödevi kapsamında ulaştıkları bilgileri kullanacaklarını belirtmişlerdir. Ceren öğretmen ise öğrencilerin çözüm planları ile ilgili açıklamalarından sonra onlara biraz daha düşüncelerini söyleyerek çözümlerine devam etmelerini istemiştir.

Çözüm planı kategorisinde değerlendirilen çözüm için gerekli değişkenleri sorma ve nasıl bir çözüm yolu izleyeceklerini sorma müdahalelerini gerçekleştirirken öğretmenler farklı grupları dolaşp çözüm sürecini takip ederek öğrencilerin nasıl bir çözüm yolu takip ettiklerini sürekli olarak gözlemlemeye çalışmıştır. Öğrenciler çözüm için gerekli değişkenlerin kendilerine hazır olarak verilmesine alışık olduklarından ilk uygulamalarda bu değişkenleri kendileri belirlemede ve dolayısıyla hesaplama yapmada zorlanmışlardır. Örneğin, Su İsrafı etkinliğinin başında grup 4 öğrencilerinden biriyle Zehra öğretmen arasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

Zehra: Şimdi nereyi hesaplamanız gerekiyor?

G4Ö1: Hocam işte nasıl hesaplayacağız? Sayısal veri yok?

Zehra: Tamam işte, onları da... Ne lazım size mesela sayısal veri olarak?

G4Ö1: Hocam işte ne lazım?

Zehra: Neye sayısal veri lazım?

G4Ö1: Tasarruf ettiğimiz, ne kadar tasarruf ettik onun verisi lazım.

Zehra öğretmen matematiksel işlem yapamadıklarını gördüğü gruba gelerek neyi hesaplamaları gerektiğini sormuştur. Öğrenciler kullanacakları bir sayısal veri olmadığını söylemiştir. Burada öğrencilerin tasarruf planı oluşturabilmek için su kullanım alanlarını ve tüketim miktarlarını belirlemede zorlandıkları anlaşılmaktadır. Benzer bir durum Okan ve Fırat öğretmenlerin sınıfında da yaşanmıştır:

G5Ö1: Hocam eksik bilgi var, bulamayız ki böyle.

Fırat: Soruyu anladığınıza emin misiniz?

G5Ö1: Anladık hocam ama bulamayız.

Fırat: Ne anladığınızı bana da anlatır mısınız? Ben de anladığınızdan emin olayım.

G5Ö1: Korunması gerekiyor hocam suyun, azalıyormuş dünya boyunca, onun için bir ailede yapılacak tasarruf miktarını bulmamız lazım. Eksik bilgi yok mu hocam? Nasıl belirleyelim ki?

Grup 5 öğrencisi verilen bilgilerin problemin çözümü için yeterli olmadığını söylemektedir. Fırat öğretmen ise öğrencinin problemi anladığından emin olmak istemiştir. Öğrenci problemde ne anladığını ifade etmesine rağmen çözüm için gerekli değişkenleri belirlemede zorlandığı görülmektedir. Yalıtım etkinliğinde ise öğrenciler tasarlayacakları evin boyutları hakkında öğretmenlerden bilgi istemektedir:

G3Ö2: Hocam bir şey sorabilir miyim? Burada paket dediği ne yani?

Zehra: Şimdi bir paketi bu kadarlık kısma yetiyormuş, $3.6 m^2$.

G3Ö1: Bizim evimiz kaç m^2 ? Yazmıyor.

Zehra: Onu siz bulacaksınız işte, siz belirliyorsunuz.

G3Ö1: Çizecek miyiz?

Zehra: Tabi.

Ceren: Geçen hafta hani aileye siz karar verdiniz ya...

Zehra: Evin büyüklüğüne siz karar veriyorsunuz...

Yukarıdaki diyalogda öğrencinin geleneksel problemde alıştıkları şekilde evin boyutlarının hazır olarak verilmesini beklediği görülmektedir. Ancak öğretmenler evin boyutlarına kendilerinin karar vermesini isteyerek öğrencilerin çözüm için gerekli değişkenleri kendilerinin belirlemelerini istemektedir.

İlerleyen etkinliklerde öğrenciler DMM sürecine aşina oldukça problemlerin çözümü için gerekli değişkenleri ve bu değişkenleri nasıl hesaplayacaklarını kendileri belirleyebilmişler, ihtiyaç duydukları bilgileri öğretmenlerinden talep etmeye başlamışlardır. Örneğin Görsel 4.3'te tasarladıkları oyun evi için kaç tane pet şişeye ihtiyaç duyduklarını hesaplamaya çalışan öğrenciler evin yüksekliğini pet şişeleri kullanarak ölçerken görülmektedir. Öğrenciler ihtiyaç duydukları değişkeni hesaplayabilmek için kendi yöntemlerini geliştirebilmişlerdir.



Görsel 4.3. Pet şişeleri kullanarak ölçüm yapan öğrenciler

Başka bir örnekte grup 2 öğrencileri Yalıtım etkinliği sırasında tasarlayacakları evin boyutunu tartışırken görülmektedir. Öğrenciler yalıtım yapılacak yüzeyi hesaplarken evin yüksekliğine karar verememektedir.

Zehra: 200 m², onu neye göre belirlediniz?

G2Ö1: Neye göre belirleyebiliriz ki?

Zehra: Ölçüleri verersen...

G2Ö1: Ölçüleri nasıl verelim ki hocam? Ben bir evi hiç ölçmedim, hiç merak etmedim yani.

Zehra: Yani sence yüksekliği ne kadardır bir katın?

G2Ö1: Ben 100 diyorum.

G2Ö2: Hocam iki balkon arası 5 metre vardır.

Zehra: Hayır, yani mesela bu evin yüksekliği ne kadardır? Kaç metredir?
(öğrenciler düşünüyor)

G2Ö1: Bişey dicem, bi kapının uzunluğuna bakalım, 2 metre bir adam girer.

Zehra: Hah, ordan tahmini olarak bulabilirsiniz.

G2Ö1: Kapı 2 metre vardır, üstü de 1,5 vardır kalan kısım...

G2Ö2: Bir kat 3 metre o zaman

G2Ö1: Yaklaşık 3 metre evet, iki kat 6.

Öğrenciler evin yüksekliğini belirlemede zorlanırken gruptan bir öğrenci kapının boyunu kullanarak evin yüksekliğini tahmin etme fikrini ortaya atmıştır. Daha sonra bir kadın yüksekliğini 3 metre, evin yüksekliğini ise 6 metre olarak almaya karar vermişlerdir. Aynı etkinlikte grup 5 öğrencileri ise bir arkadaşlarının boyu ile sınıfın duvarının yüksekliğini tahmin etmişlerdir:

G5Ö1: *Bu duvar kaç metredir?*

G5Ö2: *5 yaz.*

G5Ö1: *Ne 5'i, 5 çok. Ben şimdi şuraya gelsem mesela, bi kalksana duvarın orada dur.*

(arkadaşı kalkıp duvara yaslanıyor)

G5Ö1: *Sen kaç boyundasın?*

G5Ö3: *1,35*

G5Ö1: *Senden iki tane buraya sığar mı? Tamam sığar...*

G5Ö2: *2,70 gibi bir şey oluyor.*

Yukarıdaki örneklerde öğrencilerin çözüm için gerekli değişkenleri belirleyebildikleri ve bu değişkenleri hesaplayabildikleri görülmektedir. Bu da öğretmenlerin çözüm planı kategorisinde değerlendirilen müdahalelerinin öğrencilerin model oluşturma ve model çözme basamaklarında olumlu etkileri olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4.2.3. Varsayım Oluşturma

Matematiksel modelleme ve DMM etkinliklerinde çözüm için farklı varsayımlar oluşturulmasına izin verilmesi önemli bir özelliktir. Öğrencileri farklı varsayımlar oluşturmaları ve özgün çözümler üretmeleri yönünde teşvik edici öğretmen müdahaleleri ile onları grup olarak çalışarak kendi özgün çözümlerini geliştirmeye yönelik öğretmen müdahaleleri bu tema altında yer almıştır.

DMM etkinliklerinin uygulanması sürecinde en sık rastlanılan ve belirgin bir şekilde ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinden biri varsayım oluşturma teması altında yer almaktadır. Varsayım oluşturma teması altındaki özgün çözümler kodu altında değerlendirilen ve öğrencileri kendi varsayımlarını oluşturarak farklı ve özgün çözümlere ulaşmaları konusunda teşvik etmek şeklinde tanımlanan bu müdahaleler tüm uygulamalarda en sık karşılaşılan öğretmen müdahaleleridir (n=58). Örneğin Su İsrafi etkinliğinde grup 3'ten bir öğrencinin “*Hocam aile kaç kişilik olacak?*” şeklindeki sorusuna Ceren öğretmen “*Siz kendi çözümünüzde kaç kişilik bir aile istiyorsanız öyle bulun*” diyerek müdahalede

bulunmuştur. Problem metninde bir ailenin yıllık su tüketiminden bahsedilmekte ancak ailenin kaç kişilik olduğu belirtilmemektedir. Ailedeki kişi sayısına göre su tüketim miktarı değişeceğinden öğrencilerin kendi özgün çözümlerini oluşturabilmeleri için ailenin kaç kişilik olduğunu belirlemek öğrencilere bırakılmıştır. Ceren öğretmen de bu duruma uygun şekilde bir açıklama yaparak öğrencileri kendi çözümlerini geliştirmede özgür bırakmıştır.

Pet Şişe etkinliğinin çözümü sırasında geçen aşağıdaki diyalog da öğretmenlerin özgün çözümleri teşvik etmesine yönelik bir müdahale örneği sunmaktadır:

G1Ö1: Hocam. Şöyle bir duvar. Penceresiz duvar. 6000 şişe gidiyor.

Ceren: 6000 şişe.

G1Ö2: İyi mi kötü mü şimdi bu hocam?

Ceren: Sizin hesabınıza göre iyidir. Bunun bir sayısı yok arkadaşlar. Zaten bu sizin eviniz. Alanına göre kullandığınız pet şişenin dizaynına göre çıkan sonuç.

Grup 1'deki öğrenciler buldukları şişe sayısının mantıklı olup olmadığını anlamak için Ceren öğretmenin fikrini almak istemektedir. Başka bir ifadeyle öğrenciler çözümlerinin doğruluğunu öğretmene onaylatmak istemektedir. Ceren öğretmen buldukları sonucun iyi veya kötü olduğunu söylemek yerine öğrencilerin kendi varsayımlarına göre elde ettikleri sonucun önemli olduğunu vurgulayan bir müdahalede bulunmuştur.

Başka bir örnekte Okan öğretmenin Yalıtım etkinliği sırasında öğrencilerle arasındaki diyalog aşağıdaki gibidir:

G3Ö1: (çatıyı) ne yapsak hocam?

Okan: Şimdi burada evin nasıl olacağına dair fikirleri siz kendiniz bulabilirsiniz. Buradaki bilgiler genel bilgiler. Tamam mı?

G3Ö2: Adıyaman'da nasıl olacak...

Okan: Bu size kalmış bir şey yani. Alp Beyin evinin tasarlayacak olan sizsiniz.

Okan öğretmen öğrencilerin evin çatısının nasıl olması gerektiği ile ilgili sorusu üzerine evin tasarımını kendileri yapması gerektiğini belirtmiştir. Bu durum öğrencilerin kendi özgün çözümlerini üretmeleri yönünde bir müdahale olarak değerlendirilmiştir.

Öğretmenler öğrencilerin kendi varsayımlarını geliştirerek özgün çözümler üretmesine yönelik bazen de onları farklı çözüm yolları denemeye teşvik etmişlerdir. “Farklı bir şeyler, farklı çözüm yolları düşünün”, “başka bir şey planlayan var mı?”, “çözümleriniz farklı olabilir” gibi öğretmen müdahaleleri öğrencilerin farklı çözümlerin mümkün olduğunu hatta farklı çözümlere ulaşmanın tercih edilen bir durum olduğunu anlamalarını sağlamıştır. Ceren

öğretmenin Küresel ısınma etkinliği sırasında öğrencilerin farklı çözümler geliştirmesine yönelik açıklaması aşağıdaki gibidir:

Ceren: *Evet arkadaşlar problemimizde ilk olarak bir ailenin ne kadar oranda karbon salgıladığını hesapladık. Bunu yıla tamamlayıp kaç ağaç dikilirse bu ailenin karbon salınımı tolere edilebilir bunun hesabını yaptınız. Herkesinki farklı değerler çıktı bu normal çünkü diyoruz ki zaten bu değerleri kendiniz ailenin sayısını saatleri hangi aktiviteleri günlük olarak gerçekleştirdiğine dair sizler kendiniz tercih yaptınız. O yüzden değerleriniz farklı çıkabilir bunlar normal sonuçlar.*

Ceren öğretmen bu açıklamasıyla çözümde kullanılan farklı varsayımlar sayesinde farklı çözümlere ulaşılmasının beklendiği bir durum olduğunu ifade etmeye çalışmaktadır.

Varsayım oluşturma teması altında gözlemlenen diğer bir öğretmen müdahalesi öğrencileri grup olarak birlikte çalışmaya teşvik etmektedir. Öğrenciler çözümlerini grup olarak gerçekleştirdiklerinde grup üyelerinin farklı bakış açıları farklı varsayımlar geliştirilmesi için yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla, öğretmenlerin öğrencileri grup olarak çalışmaları yönündeki müdahaleleri varsayım oluşturma teması altında kodlanmıştır. Aşağıda öğrencileri grupla beraber çalışmaya teşvik eden bazı öğretmen müdahalelerinden örnekler verilmiştir:

Fırat: *Süre bilgisi zaten tahtada arkadaşlar. Dolayısıyla 1 saat şu andan itibaren 1 saat süremiz var. 1 saat süre içinde soruyu anladıysak rahatlıkla yetiştirebileceğimizi düşünüyoruz... Sorularımızı yapalım. Ama grup içinde iletişim halinde olarak birbirimizi dinleyerek çözümlerimizi yapalım.*

Yukarıdaki açıklamada Fırat öğretmen öğrencileri grup olarak çalışmaya teşvik etmektedir. Fırat öğretmen öğrencilerden birbirleriyle sürekli iletişim halinde olmalarını ve birbirlerinin fikirlerini dinlemelerini istemektedir.

Ceren: *Sen neden bugün dahil olmuyorsun bir türlü (öğrencilerden birini uyarıyor). Arkadaşlar küsmek olur mu ya, lütfen! Birinizin aklına gelmeyen diğerinin aklına gelir, o yüzden bakın grup yapıyoruz...*

Ceren öğretmen de benzer şekilde grup içindeki farklı fikirlerin önemini hatırlatarak öğrencileri birlikte çalışmaları konusunda uyarmaktadır. Öğrencilerin grup özelinde çalışarak kendi özgün varsayımlarını geliştirmeleri beklenmektedir.

Yukarıda açıklandığı gibi DMM etkinliklerinde farklı varsayımlar oluşturarak özgün çözümler üretilmesi önemli görülmektedir. Bu yüzden, özellikle model oluşturma

aşamasında grupların birbirlerinin varsayımlarından etkilenmemesi önemlidir. Varsayım oluşturma teması altında kodlanan öğretmen müdahaleleri de bu özgünlüğü sağlamaya yönelik müdahalelerdir. Öğretmenler öğrenci çözümlerini takip ederken yaptıkları açıklamalara dikkat ederek ilgili açıklamaları yalnızca ilgili gruba yapmışlardır. Aşağıda bu duruma bir örnek verilmiştir:

Okan: *Evet arkadaşlar. Arkadaşlar. Hocam birazdan saati yazacak. Ne kadar süre içerisinde çözeceğinizi. Yalnız sizden ricam şu: grup içerisinde kendi grubumuz içerisinde tartışalım. Farklı bir grupla iletişim halinde olmayalım.*

Farklı grupların model geliştirme ve model çözümü aşamalarında birbirleriyle etkileşim halinde olmaları onların modellerini ve dolayısıyla çözümlerini etkileyeceğinden çözümlerin özgünlüğü tartışmalı hale gelecektir. Okan öğretmenin yukarıdaki açıklaması öğrencilerin farklı gruplarla iletişim kurmasını ve dolayısıyla birbirlerinin çözümlerinden etkilenmelerini engellemeye yöneliktir.

Varsayım oluşturma teması altındaki öğretmen müdahaleleri genel olarak incelendiğinde bu müdahalelerin öğrencileri farklı varsayımlar oluşturarak kendi çözümlerini geliştirmeleri yönünde teşvik etmeye yönelik olduğu görülmektedir. Genelde matematiksel modelleme problemlerinin ve dolayısıyla DMM problemlerinin geleneksel problemlerden en büyük farkı tek bir çözümlerinin olmaması ve özgün çözümlere imkân vermeleridir. Geleneksel problemlere alışkın olan öğrenciler ilk DMM etkinliklerinde problemlerin yalnızca bir çözümü olduğunu düşünerek doğru sonuca ulaşmaya çalışmışlardır. Öyle ki, her iki uygulama sınıfında da farklı gruptan öğrenciler çözüm aşamasında yaptıkları işlemlerin doğruluğunu öğretmenlere onaylatma ihtiyacı hissetmişlerdir. Öğretmenlerin özgün çözümlere yönelik müdahaleleri sonrasında öğrencilerin bu alışkanlıktan vazgeçtiği görülmüştür. Hatta öğrenciler farklı ve daha iyi çözümler geliştirme çabasına girerek bir rekabet ortamı oluşturmuşlardır.

4.2.4. Model Çözümü

Model çözümü teması altında yer alan öğretmen müdahaleleri çoğunlukla DMM sürecinin en uzun basamağı olan model oluşturma ve model çözme basamaklarında ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin model oluşturdukları ve oluşturulan modellerin çözüme kavuşturulduğu bu basamaklarda öğretmenler grupları ziyaret ederek onlara gerekli müdahalelerde bulunmaktadır. Görsel 4.4'te Ceren ve Zehra öğretmenler model çözümü sırasında grupları ziyaret ederken görülmektedir.



Görsel 4.4. Öğrenci çözümlerini takip eden öğretmenler

Bu müdahalelerden biri olan basitleştirme, problemin veya öğretmen sorularının öğrenciler için daha anlaşılır ve yönlendirici şekilde sorulması olarak tanımlanmıştır. Isı Yalıtımı etkinliğinin uygulanması sırasında grup 4'ten bir öğrenci ile Fırat öğretmen arasında geçem aşağıdaki diyalog basitleştirme müdahalesine örnek olarak verilebilir:

G4Ö1: Hocam evin ölçüleri yok

Fırat: Ev sizin ev gibi

G4Ö1: Ben ölçüleri bilmiyorum.

Fırat: Peki bir tahminin var mı?

G4Ö1: Hayır

Fırat: Acaba nasıl bulabiliriz? Evi neye göre yapıyoruz? Yetişkin bir insan rahatsız girip çıkabilsin diye. Yetişkin bir insanın da belli bir boyu var değil mi? Belki bunları dikkate alabilirsiniz, size kalmış. Bu bilgiye sizin ulaşmanızı istiyoruz. Düşünerek, kıyaslamalar yaparak. Yoksa standart daireler için belli bir ölçü var. O ölçüyü yakalamak zorunda değilsiniz. Belli şeylerden yola çıkarak yakın bir ölçü bulabilirseniz onu kullanabilirsiniz.

Bu etkinlikte öğrencilerden problem metninde geçen Alp Bey'in yapacağı bir ev için yalıtım yaptırmanın tasarruflu olup olmayacağı sorulmaktadır. Problemin çözüm aşamasında öğrencilerden Alp Beyin evini kendilerinin tasarlamaları beklenmektedir.

Yukarıdaki diyalogdaki öğrencinin problemde ev ile ilgili herhangi bir ölçü verilmemesi nedeniyle belirsizlik yaşadığı hissedilmektedir. Fırat öğretmenin ilk müdahalesi öğrenciyi kendi yaşadığı evin boyutlarından yola çıkması yönünde bir fikir vermek olmuştur. Bunun da yeterli olmaması üzerine Fırat öğretmen herhangi bir evin boyutlarını belirleyebilmek için neler yapabileceğini açıklayarak problemi öğrenci için daha basit hale getirmeye çalışmıştır. Böylesi bir müdahale öğrencileri üst düzey düşünme becerilerini kullanmaktan alıkoyacağından modelleme deneyimi olmayan gruplar haricinde tercih edilmeyen bir müdahaledir.

Model çözümü teması altında ortaya çıkan diğer bir öğretmen müdahalesi yönlendirmedir. Yönlendirme müdahalesi öğretmenin öğrencileri isteyerek veya istemeyerek kendi aklında bulunan bir çözüme ulaşmalarını sağlayacak sorular sorması veya direkt olarak ipucu vermesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Fırat öğretmenin yukarıdaki müdahalesi aynı zamanda problemin çözümüne yönelik yönlendirici bir müdahale olarak değerlendirilmektedir. Fırat öğretmen evin boyutunu tahmin etmede zorlanan öğrencilere kendi sorduğu soruları kendisi cevaplayarak onları belirli bir çözüm yoluna yönlendirmiştir. Bu tür müdahaleler sonucunda öğrencilerin özgün çözümlere ulaşması mümkün olmayacaktır. Yönlendirme müdahalesine diğer bir örnek olarak Ceren öğretmenin aşağıdaki müdahalesi verilebilir:

G2Ö1: *Anlatamıyorum (arkadaşlarına söylüyor). Ben de diyorum ki hocam böyle böyle koyalım (şişeleri yatay olarak koyuyor) daha az şişe kullanırız.*

Ceren: *Şimdi daha az ve daha çok kullanma kısmını siz düşünün. Mesela daha az kullanma dediğin gibi doğaya daha az katkısı olur. Daha çok şişe kullandığında...*

G2Ö2: *Daha çok şişe kullanacağız çünkü çöpün azalması lazım.*

G2Ö1: *Tamam tamam öyle öyle koyalım tamam.*

Ceren: *Şunu da düşünün. Sonuçta bunun kalın olması ısı yalıtımına da katkısı bir takım farklı şeylere de sebebiyet verecek. Onların hepsini düşünün.*

G2Ö1: *Tamam öyle öyle. Hesapla ama sen hesapla.*

Yukarıdaki diyalogdan hemen önce grup 2'deki öğrenciler kendi aralarında pet şişeleri nasıl dizecekleri konusunda tartışmaktadır. G2Ö1 kodlu öğrenci şişeleri yatay olarak dizmeyi ve bu şekilde daha az şişe kullanılmasını önermektedir. G2Ö2 kodlu öğrenci ise şişeleri dik olarak dizmeyi ve bu şekilde daha fazla şişe kullanarak daha fazla şişeyi doğadan temizlemeyi önermektedir. Bu sırada Ceren öğretmen duvar kalınlığının ısı yalıtımı

üzerindeki etkisini dikkate almalarını da söyleyerek, G2Ö2 kodlu öğrenciyi destekleyecek bir müdahalede bulunmuştur. Ceren öğretmenin bu müdahalesi sonrasında G2Ö1 kodlu öğrenci kendi fikrinden vazgeçmiştir. Ceren öğretmenin bu müdahalesiyle öğrencilerin aklına gelmeyen ısı yalıtımı konusunu ortaya atarak onları bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde belirli bir çözüme yönlendirmiştir.

Yönlendirme müdahalesine başka bir örnek Su İsrafı etkinliğinde gerçekleşmiştir. Zehra öğretmen grup 4 öğrencilerinin çözümlerini takip ederken aralarında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

Zehra: *Yüzdelerle değil, ne kadar kullanabilirsiniz? Şimdi bak bunları belirlemiştiniz çok güzel (öğrencilerin yazdığı tasarruf önlemlerini gösteriyor)*

- su tasarrufu için alınabilecek önlemler= ③ 4-grup
- 1-) Bozuk musluklar tamir edilmelidir.
 - 2-) sebze ve meyvelerin yıkandığı sularla çiçek ve ağaçlar sulanmalıdır.
 - 3-) Yağmur yağma ihtimalinde arabalar yıkanmamalı.
 - 4-) Dış fırçalarla suyu boşa harcamamalıyız.
 - 5-) Son teknoloji ile üretilen, az su ve elektrik harcayan çamaşır ve bulaşık makinelerini tercih edebiliriz.

buna göre oluşturduğunuz ailenin ne kadar su kullandığını hesaplayıp, ondan ne kadar tasarruf yapabilirsiniz, onu hesaplayacaksınız. Kendiniz belirliyorsunuz tamamen.

G4Ö1: Haaa!

Zehra: *Yani şöyle, çamaşır makinasının ne kadar su harcadığını sorun veya bulaşık makinasının. Onları kendi kafanızdan yapamayabilirsiniz. Ya da mesela demişsiniz ya (bozuk musluklar tamir edilmelidir) bir bozuk musluk ne kadar su harcıyor? Arkadaşlar bir bozuk musluk bir yılda 3 metreküp su harcıyor.*

Öğrencilerin çözüm üretmekte zorlandığını gören Zehra öğretmen onlara bazı ip uçları vermek istemiştir. Ancak Zehra öğretmen yukarıdaki müdahalesiyle öğrencileri belirli bir çözüm yoluna yönlendirmektedir. Sonunda da öğrencilerin ihtiyaç duydukları bilgiyi onlar talep etmeden vermektedir.

Model çözümü teması altında değerlendirilen diğer bir öğretmen müdahalesi özetlemedir. Bu müdahale, bir veya birden fazla öğrencinin söylediklerini özetleyerek başka şekilde ifade etme olarak tanımlanabilir. Örneğin, Su İsrafı etkinliğinde dünyadaki su

kaynaklarının nasıl tasarruflu kullanılabileceği ile ilgili tartışma sırasında grup 1’den bir öğrenci “mesela, diyelim yağmur sularını bitkileri sulayacaksak onun için kullanmak, yani mesela çamaşır suyundan çıkan suları temizlik için kullanmak. Yani bir suyu birden fazla şekilde kullanmak” şeklinde bir yorum yapmıştır. Ceren öğretmen de hemen arkasından “kullanılmış suyu farklı yerlerde de uygun olan yerlerde kullanmak diyorsun. Bir de yağmur suyunu depolayabilmek diyor arkadaşımız” diyerek öğrencinin ifadelerini farklı bir şekilde tekrarlamıştır. Ceren öğretmen bu müdahalesi ile öğrencinin fikirlerini daha organize şekilde bütün sınıfa aktararak bütün öğrenciler tarafından anlaşılır hale gelmesini sağlamaktadır.

Öğretmenler bazı durumlarda öğrencilere çeşitli sorular yönlendirerek onları bilişsel olarak aktif hale getirme yoluna gitmiştir. Bu tür müdahaleler düşünmeye sevk etme kodu altında toplanmıştır. Örneğin Yalıtım etkinliği sırasında grup 5’teki öğrenciler evin boyutlarını belirlemeye çalışırken sınıf zeminindeki fayanslardan faydalanmaya çalışmaktadır. Bu sırada grubu ziyaret eden Ceren öğretmenle öğrenciler arasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

G5Ö1: Hocam bir fayansın boyunu ölçebilsek (yerdeki fayanslar)

Ceren: Ölç, mesela ne kadar olabilir?

G5Ö2: Benim 4 elim hocam, böyle 1, 2, 3, 4 (karış)

Ceren: 4 elin, ne kadar 4 elin? 1 m yoktur

G5Ö1: 1 m olmaz zaten

G5Ö2: 3 buçuk

Ceren: Senin 4 elin ne kadar olabilir mesela tahmini? 3 buçuk

G5Ö2: 6cm vardır hocam (karış), daha fazladır

Ceren: Ne kadardır mesela? Bir kalem kadar var mı? (Kalemi eliyle karşılaştırıyor)

G5Ö2: Varmış.

Ceren: Daha fazla. Peki bir kalemin boyu kaç cm olabilir?

G5Ö1: 15

G5Ö2: Benimki de o zaman 17 cm’dir.

G5Ö1: Olmasın, 15 çok fazla olur

Ceren: Çok mu fazla? Kaç olsun o zaman?

G5Ö1: 12

Ceren: 3 buçuktu bir fayans, senin 12 ise 3 buçuktan hesapla, kaç cm çıkıyor?

G5Ö2: 12, 12 daha, 3 buçuk, 36... bir dakika hocam... şimdi hocam bu tarafı da mı bulacağız? (fayansın diğer kenarı)

Ceren: Bu kareye benziyor zaten.

G5Ö1: 42.

Ceren: Şimdi sen bu mesafeyi neden bulmak istiyorsun? 42, bir fayansın neyi?

G5Ö1: Tabanın uzunluğu

Ceren: Sen buranın enini mi bulmaya çalışıyorsun? (duvarın)

G5Ö2: Evet

Ceren: Bu 42 ne ama, cm. Şimdi sen enini hesaplıyorsun ya, o zaman kaç fayans var?

G5Ö1: (sayıyor) 11 tane fayans var

Ceren: 11 tane. O zaman hesapla.

G5Ö1: Tamam, 2 tane de yarım var ama

Zeren: Yaklaşık değer buldunuz ama bunlar 50 cm

Ceren: Tamam, 42 yerine 50 al, 11 tane bulmuştun

G5Ö1: 550 galiba

Ceren: Tamam, ama 550 ne bulduk biz?

G5Ö1: cm

Ceren: cm, bize ne lazım?

G5Ö1: 5,5 m

Ceren: Hah, zaten boyuna da kaç demiştiniz? 2,7 miydi kızlar?

G5Ö3: Hocam 2,70

Ceren: Hesap yaparken kolaylık olsun diye yuvarlayabilirsiniz arkadaşlar, 5'e 3 alabilirsiniz mesela

G5Ö1: Şunu 6, şunu da 3'le çarpalım (5.50'yi 6'ya, 2.7'yi 3'e yuvarladı) 18 m2

Ceren: Tamam, bu ne? Bu duvar. Bir evin kaç duvarı olduğunu ona göre hesaplayarak devam edin.

Yukarıdaki diyalogdan öğrencilerin tasarlayacakları evin boyutları için yerdeki fayanslardan faydalanabileceklerini düşündükleri ancak fayansların ölçüsünü nasıl tahmin edeceklerini bilmedikleri anlaşılmaktadır. Ceren öğretmenin bu durum için müdahalesi çeşitli sorular sorarak onları düşünmeye sevk etmek olmuştur. Ceren öğretmenin bu müdahalesi sonrası öğrenciler fayansların boyutlarını daha kesin bir şekilde tahmin etmiş, Zehra öğretmenin uyarısıyla fayansların boyunu 50 cm olarak belirlemişlerdir. Öğrenciler

Zehra öğretmeninden yardım alsa da fayansların boyutunu gerçeğe yakın olarak tahmin edebilmişlerdir.

Düşünmeye sevk etme kodu altında değerlendirilen başka bir  ğretmen müdahalesi Su İsrافی etkinliğinde Fırat  ğretmen ile grup 1 öğrencileri arasındaki diyalogda görülmektedir:

Fırat: Metrek p n ne kadar olduğunu biliyor musun?

G1 1: (eliyle havada k p şeklini gösteriyor)

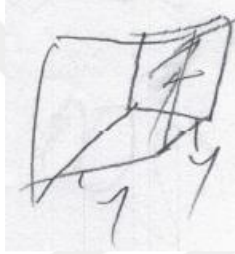
Fırat: Bu kadar mı? (O da eliyle öğrencinin yaptığını yapıyor)

G1 1: Evet,  yle düşündüm ben

Fırat: Metreküp deyince ne anlıyorsunuz?

G1 1: 1 çarpı 1 çarpı 1

G1 1: (aşağıdaki şekli çiziyor)

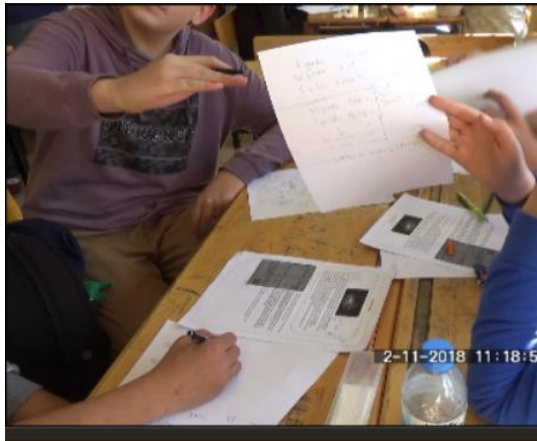


Fırat: Tamam, kenarı kaç birim onun?

G1 1: Bir

Fırat: Peki bir metre ne kadar uzunlukta olur?

G1 1: şu kadar olur (alttaki fotoğraf)



Fırat: Sen kaç metre boyundasın?

G1 1: 1,78

Fırat: O zaman bir metre ne kadar olur?

G1 1: Bu kadar olur (bu defa daha yüksek gösteriyor)

Fırat: Senin yarın kadar

GIÖ1: Yarım kadar mı? (ayağa kalkıp önce elini tam yarı boyuna, sonra biraz daha yukarıya koyarak kontrol ediyor) aaa bir metre bu kadar



Fırat: Sen bu kadar demiştin (eliyle daha küçük bir uzunluk gösteriyor)

GIÖ1: Baya çokmuş...

GIÖ2: O zaman tasarrufu çok yapamayız.

GIÖ1: Bir metreküpten en fazla %10 tasarruf yapabiliriz (daha önce %18 olarak hesaplıyorlardı)

Grup 1'deki öğrenciler 1 metreküpün ne kadar olduğu konusunda karar veremedikleri için tasarruf hesabı yapmada zorlanmaktadır. Bu sırada Fırat öğretmen öğrencilere bir metreküpün ne anlama geldiğini anlamaları için onlara çeşitli sorular sorarak müdahalede bulunmuştur. Fırat öğretmenin müdahalesi öğrencileri düşünmeye sevk etme olarak değerlendirilmiştir. Fırat öğretmen önce öğrencilere metreküp denilince ne anladıklarını sormuş aldığı cevap üzerine (öğrenciler kenarları 1 metre olan bir küp çiziyor) bir metrenin ne kadar olduğunu sormuştur. Aldığı cevaptan memnun olmayan Fırat öğretmen öğrencinin kendi boyunu düşünerek bir metrenin yaklaşık olarak ne kadar olabileceğini anlamasını sağlamıştır. Sonuçta öğrenciler önceki metreküp anlayışlarına göre hesapladıkları tasarruf miktarlarını yenileyerek daha gerçekçi bir sonuca ulaşmışlardır. Fırat öğretmen bu müdahalesi ile öğrencileri düşünmeye sevk etmiş ve daha gerçekçi sonuçlara ulaşmalarına rehberlik etmiştir.

Öğretmenlerin öğrencilere sordukları sorular bazen de onları düşünmeye sevk etmeyen kısa cevaplı sorular olmuştur. Örneğin Isı yalıtımı etkinliğinin etkinliğe hazırlık aşamasında Zehra öğretmenin sınıf genelinde yaptırdığı tartışmanın bir kısmı aşağıdaki gibidir:

Zehra: Yani ısı yalıtımının hem yazın hem kışın faydası var diyor arkadaşımız.

Doğru mu sizce?

Öğrenciler: Evet.

Zehra: Faturaya yansıyor mu sizce?

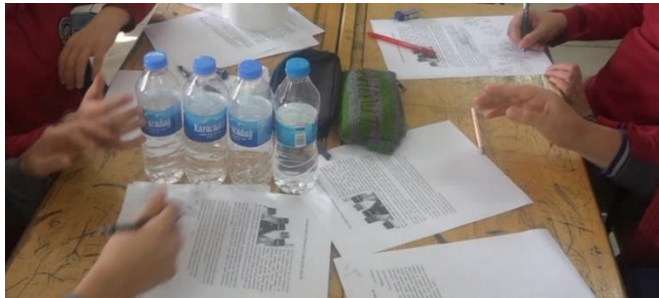
Öğrenciler: Evet.

Zehra: Peki ısı yalıtımında sadece ısıdan mı enerji sağlamış oluyoruz başka katkısı oluyor mu acaba?

Zehra öğretmen sınıf genelinde tartışma yaptırırken öğrencilere fikirlerini açıklayabilecekleri açık uçlu sorular sormak yerine evet veya hayır şeklinde cevaplanacak sorular yöneltmiştir. Bu sorulara uzun cevaplar alamayınca derin bir tartışma ortamı oluşmadan farklı sorulara geçmek zorunda kalmıştır. Bu durumun derin bir tartışma ortamının oluşmasına ve dolayısıyla öğrencilerin etkinlikte yer alan kavramlarla ilgili anlayışlarının sınırlı olmasına sebep olacağı değerlendirilmektedir.

Öğretmenler model oluşturma ve model çözme aşamalarında grupları ziyaret ederek onların çözümlerini takip etmişlerdir. Bu ziyaretler sırasında öğrencilerin çözümleriyle ilgili müdahalelerde bulunmuşlardır. Bu müdahalelerden biri öğrencilerden yaptıklarıyla ilgili açıklama istemedir. Model çözümü teması altında en sık karşılaşılan öğretmen müdahalesi açıklama isteme olmuştur (n=42). Öğretmenler öğrencilerin model çözümlerini takip ederken modellerini nasıl oluşturduklarını, hangi işlemleri gerçekleştirdiklerini ve hangi sonuçlar elde ettiklerini sorgulamışlardır. Öğretmenlerin öğrenci cevaplarını yeterli görmeyerek onlardan daha detaylı açıklama yapmalarını istemeleri açıklama isteme kodu altında değerlendirilmiştir. Pet Şişe etkinliğinde Fırat öğretmenin 3. gruptaki bir öğrenciyle arasında geçen aşağıdaki diyalog açıklama isteme müdahalesine örnek olarak verilebilir:

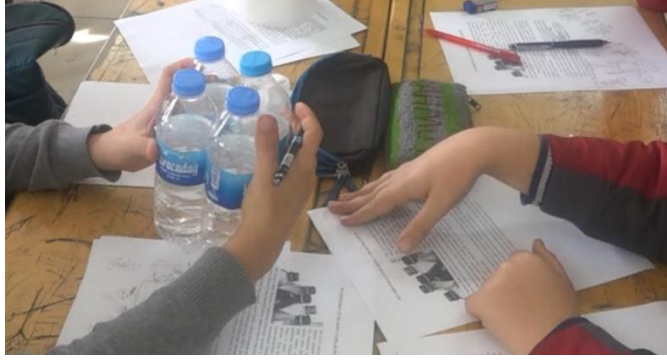
Fırat: Siz şişeleri nasıl diyorsunuz? Bu şekilde mi?



G3Ö1: Hayır hocam.

Fırat: Nasıl diziyorsunuz?

G3Ö1: Hocam dörderli.



Fırat: Üst üste mi gelecek böyle Üste mi koyacaksınız?

G3Ö1: Evet hocam.

Fırat: İkişerli mi dizeceksiniz? Bir duvar örneği gösterebilir misiniz bana? Nasıl dizeceğinizi.

G3Ö2: Hocam böyle böyle bunu bir tuğla olarak.



Fırat: Peki bu şekilde durur mu bu şişeler?

G3Ö2: Hocam illaki, harç var.

G3Ö3: Hocam sıva koyacağız.

Pet Şişe etkinliğinde öğrencilerin atık pet şişeleri kullanarak bir oyun evi inşa etmeleri istenmektedir. Yukarıdaki diyalogda Fırat öğretmen öğrencilerin zihinsel modellerini nasıl oluşturduklarını anlamak üzere açıklamalar istemektedir. Öğrenciler de modellerini nasıl oluşturacaklarına dair açıklamalar yapmaktadır. Açıklama isteme müdahalesine başka bir örnek aşağıdaki gibidir:

G4Ö1: Hocam biz önce bir kat bulduk, hani iki katlı ya ev, bir katını 180 m², iki katlı olursa 360 metrekare, 3,6 ya tam bölünsün diye yaptık.

Ceren: 360 metrekare evin neyi ama?

G4Ö1: Tamamı hocam.

Ceren: Dış duvarları? Dış duvarları 180 aldınız, ikisi 360, tamam. Dış duvara yalıtım yapıyorsunuz.

G4Ö1: Dış duvarlarda var hocam.

Ceren: Dış duvar dahil 180?

G4Ö1: Evet

Ceren: Peki evinizin boyunu enini ne aldığınızı da yazar mısınız bana?

G4Ö1: Kâğıt lazım hocam.

Ceren: Tamam. (kâğıt getirdi) Şimdi direk 180 demeyelim, siz o 180'i nerden bulduğunuzu da çizin. Mesela evinizin dış duvarı 180 dediniz enini ne aldınız kaç aldınız onları söyleyin. İçi de dahil dedin. Tamam o evi ya çizerek ya da boyutlarını göstererek belirtin bana bunu.

G4Ö1: Hocam çizmeyelim ya, uzun sürmez mi?

Ceren: Ne çizicen canım bir duvar çizicen.

G4Ö1: Yazalım hocam direk, iç duvarlar da dahil 180 metrekare dedim.

Ceren: Ama ben anlamıyorum şimdi, mesela sen direk toplamı 180 diyorsun ama ben bu dış duvarda sen enini kaç aldın boyunu kaç aldın ne kadarı dış duvar ne kadarı iç duvar onu bilmek istiyorum. 180'i kafanızdan uydurmadığınıza göre (gülerek)

Yukarıda Yalıtım etkinliği sırasında Ceren öğretmenle 4. gruptan bir öğrenci arasında geçen diyalog yer almaktadır. Gruptaki öğrenciler ısı yalıtımı yapacakları evin boyutlarını detaylı olarak vermeden dış duvarların yüzey alanını 360 metrekare olarak almışlardır. Ceren öğretmen bunu yeterli görmeyerek yüzey alanını nasıl hesapladıklarını açıklamalarını istemektedir. Bu müdahale öğrencilerin çözüm sürecinde model oluşturma ve model çözümü basamaklarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olan bir müdahaledir.

Model çözümü teması altında ortaya çıkan başka bir öğretmen müdahalesi matematikle ilgili sorgulama yapmadır. Yukarıda düşünmeye sevk etme müdahalesi için verilen örnekte Fırat öğretmen öğrencilere metreküp kavramı ile ilgili tartışma yaptırmıştır. Fırat öğretmen diğer gruptaki öğrencilerin de benzer şekilde metreküp kavramını anlamlandırmakta zorlandıklarını fark ederek her grubu ayrı ayrı ziyaret ederek benzer sorgulamalar yapmıştır. Örneğin grup 3 öğrencileriyle Fırat öğretmen arasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

Fırat: Metre küp ile ilgili bilginiz var mı metre küp deyince ne alıyorsunuz

G3Ö1: Metre küp hacim hocam

Fırat: Ne kadar büyük?

G3Ö1: 1 metre çapında

Fırat: 1 metre ne kadar?

G3Ö2: *Bu kadar bir şey*



Fırat: *O zaman bir metre küpü tarif et şimdi*

G3Ö1: *1*1*1**

Fırat: *Yani büyüklük olarak tarif et şöyle böyle*

G3Ö1: *(eliyle küpün boyutlarını gösteriyor, kamera açısı dışında)*

Fırat: *Tamam.*

Yukarıdaki müdahalede Fırat öğretmen grup 3 öğrencilerine metreküpten ne anladıklarını sorarak bir sorgulama yapmaktadır. Öğrenciler metreküpün bir hacim ölçüsü olduğunu söyleyince bir metrenin ne kadar olduğunu sormuştur. Fırat öğretmen öğrencilerden aldığı cevaplardan sonra daha fazla sorgulamayıp onların cevabını onaylayarak başka bir gruba geçmiştir. Bu müdahale matematikle ilgili tartışma yaptırma kodu altında değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan DMM etkinlikleri matematikle birlikte fen bilimleri alanına ait kavramlar da içermektedir. Dolayısıyla öğretmenlerin kullandığı başka bir müdahale fen bilimleri konularıyla ilgili sorgulama yapma olmuştur. Isı Yalıtımı etkinliği sırasında Ceren öğretmenle grup 5 öğrencileri arasında geçen aşağıdaki diyalog bu müdahaleye örnek olarak verilebilir:

Ceren: *Hangisi daha çok tasarruf sağlayacak peki, içteki mi dıştaki mi?*

Grup5: *İçteki.*

Ceren: *İçteki. Peki, bizim amacımız odadan odaya ısı yalıtımı yapmak mı?*

G5Ö1: *Odadan odaya, evet.*

Ceren: *Yoksa dış ortamla içeriinin arasında mı?*

G5Ö1: *Dış ortamdan içeriye gelmemesi için*

Ceren: *Peki dış ortamla içeri arasında yapıyorsak oda arasındaki mi daha önemli olur bizim için dış duvar mı?*

G5Ö2: *O zaman dıştakini yaparız.*

Ceren öğretmen grup 5'teki öğrencilerin ısı yalıtımını binanın içine mi yoksa dışına mı yapacaklarını tartıştıklarını görünce yukarıdaki müdahalede bulunmuştur. Ceren öğretmen öğrencilere yönelttiği çeşitli sorularla öğrencilerin kararlarını sorgulamalarını sağlamıştır. Yönlendirici olmayan sorularla öğrencilerin ısının iletimi ile ilgili düşüncelerini sağlayan Ceren öğretmen bu müdahalesiyle öğrencilerin fen bilimleri ile ilgili kavramları gözden geçirmelerine fırsat vermiştir.

DMM etkinlikleri sırasında öğrenciler takıldıkları konularda veya ekstra bilgiye ihtiyaç duydukları yerlerde öğretmenlerden yardım istemektedir. Öğretmenler bu durumlara farklı şekillerde müdahale etmişlerdir. Bu müdahaleler doğrudan bilgi verme veya açıklama yapma şeklinde ortaya çıkmıştır.

G3Ö1: *Evet, litreyi metreküpe çevirmemiz lazım*

G3Ö2: *Nasıl çevireceğiz? Hocam çok zor ya*

G3Ö1: *Litre, desilitre...*

Zehra: *Bir metreküp, yaz, bin litre*

Yukarıdaki alıntıda Su İsrafi etkinliği sırasında öğrenciler bir metreküpün kaç litre olduğunu hesaplamaya çalışmaktadır. Zehra öğretmen öğrencilere sorgulama yapmadan veya düşüncelerini beklemeden aradıkları cevabı doğrudan vermiştir. Bu müdahale öğrencilerin düşüncelerine olanak vermediği ve onları hazır bilgiye kolayca ulaştırdığı için olumsuz bir müdahale olarak değerlendirilmektedir.

Açıklama yapma müdahalesi öğrencilerin problemi anlamada zorlandıkları veya yanlış anlayarak istenmeyen çözüm yollarına başvurmaları durumunda öğretmenler tarafından durumu açıklığa kavuşturmak üzere başvurulmuş bir müdahale olmuştur. Öğrencilerin çözüm için ihtiyaç duydukları ve problem metninde verilmeyen bilgilerin öğrencilere sunulması da bu kod altında değerlendirilmiştir. Açıklama yapma müdahalesi model çözümü teması altında en sık ortaya çıkan müdahalelerden biri olmuştur (n=35). Su İsrafi etkinliği sırasında bazı grupların problem metninde örnek olarak verilen faturadaki tüketim miktarlarını baz aldıklarını fark eden Ceren öğretmen aşağıdaki açıklamayı yapmıştır:

Ceren: *“Arkadaşlar bir uyarıda bulunayım. Şimdi burada verdiğimiz faturaya göre bu fatura bu ailenin faturası değil. Bu sadece örnek bir fatura. Bir faturada hangi bilgiler yer alıyor, bizi ilgilendiren burada birim fiyatı. Bunları görmeniz için koyulmuş bir fatura. Yani bu bahsettiğimiz ailenin faturası değil. O aileyi*

siz oluşturacaksınız. Anlaştık mı? Bizim istediğimiz burada kullanacağımız bilgi birim küp fiyatımız.”

Ceren öğretmen bu müdahalesiyle öğrencilerin problemle ilgili yanlış anlamalarının önüne geçmeye çalışmıştır. Benzer bir durum diğer uygulama okulunda da yaşanmıştır:

G5Ö1: *Hocam şeyi bulmaya çalıştık, mesela bunlar bir günde 0,69 m³ su harcıyorlarmış (örnek faturanın ait olduğu aile). Biz de suyun kullanıldığı yerleri şey yaptık, şimdi de tasarruf sağlayacağız.*

Okan: *Ama buna göre değil bak (örnek fatura), dikkat et, o bir örnek. Sen başka bir şey yapabilirsin yani, bu faturaya göre soru çözme.*

G5Ö1: *Kendi ailemize göre mi yapacağız?*

Okan: *Kendi ailene göre yapabilirsin, başka bir aileye göre yapabilirsin, ortak karar verdiğiniz bir aile üzerinden gidebilirsiniz. Sizin çıkış noktanız buradaki aile değil, tamam mı?*

Yukarıdaki diyalogda öğrencilerin çözüm için örnek su faturasında yer alan ailenin kullanım miktarlarını baz aldıkları anlaşılmaktadır. Okan öğretmen anlaşılmayan bu konuyu açıklığa kavuşturmak için bir açıklama yapmıştır. Bu müdahaleden önce faturadaki kullanım miktarlarını baz alan öğrenciler, müdahale sonrası modellerini değiştirerek daha özgün sonuçlara ulaşmışlardır.

Öğrencilerin öğretmenlere sordukları sorular bazen diğer öğretmenin branşıyla ilgili olabilmektedir. Bu durumda öğretmenler ya soruyu diğer öğretmene yönlendirmekte ya da kendileri cevaplamaktadır. Örneğin, kendisine “hocam bir litre kaç metre küp eder?” sorusunu yönelten öğrenciye Okan öğretmen “bir litre kaç metreküp eder? Şey yapalım, Fırat hocaya soralım bu soruyu. Fırat hocam!” şeklinde cevap vermiştir. Uygulama öncesi yapılan görüşmelerden elde edilen verilere göre Fırat ve Okan öğretmenin görev paylaşımı yaptığı ve fen bilimleri ve matematik kavramlarını ilgili öğretmene bıraktıkları bilinmektedir. Bu durumda Okan öğretmen etkinlik öncesi yaptıkları plana uyarak matematikle ilgili soruyu matematik öğretmene yönlendirmiştir.

Aşağıda Ceren öğretmenin diğer branşla ilgili soruları kendilerinin cevaplamaya çalıştığı alıntılar yer almaktadır:

G4Ö1: *Bir litre kaç metreküp?*

Ceren: *Bi hatırlayın eskilerden. Bir metreküp kaç litre? (cevap yok) Metreküp mü büyük litre mi?*

G4Ö1: Litre büyük bence (Ceren öğretmen onaylamadığını gösteren bir yüz ifadesi takınıyor) Bir metre bu kadar (eliyle uzunluğu gösteriyor)

Ceren: Metreküp diyorum ama (ellerini yukarı doğru açarak gösteriyor) Bir metreküp daha büyük.

Yukarıdaki alıntıda grup 4 öğrencilerinin Ceren öğretmene bir litrenin kaç metreküp olduğunu sordukları görülmektedir. Ceren öğretmen matematikle ilgili bu soruyu kendisi cevaplamayı tercih etmiş ve öğrencilere çeşitli sorularla hatırlatma yapmaya çalışmıştır. Ancak Ceren öğretmenin bu müdahalesinin işe yaramadığı anlaşılmaktadır. Diyalogun devamında öğrencilerin ısrarlı soruları üzerine Ceren öğretmen tartışma yaptırmaktan vazgeçerek doğrudan “bir metreküp bin litredir” cevabını vermiştir.

Zehra öğretmen ise fen bilimleri konusu olan yalıtım kavramıyla ilgili öğrenci sorularını kendisi cevaplamaya çalışmaktadır:

Zehra: Pencere ve kapıları...

G2Ö1: Göz ardı edin diyor.

Zehra: Ne demek göz ardı etmek?

G2Ö1: Saymayacağız.

Zehra: Oralara döşeme yapmayacaksınız demek.

G2Ö1: O mu? Ben de pencere ve kapıları saymayacağız sandım.

Zehra: Yani onları çıkaracaksınız demek.

Ancak Zehra öğretmen ısı yalıtımı konusuna hâkim olmadığı için yaptığı müdahale ile öğrencileri yanlış yönlendirmiştir.

Uygulama sırasında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri genel olarak DMM sürecinin problemi anlama, model oluşturma ve model çözümü basamaklarında öğrencilere yardımcı olmaya yönelik müdahalelerdir. Yönlendirme ve kısa cevaplı sorular gibi bazı müdahaleler öğrencilerin DMM sürecini olumsuz etkilerken; düşünmeye sevk etme, açıklama isteme, matematik ve fen bilimleri konularıyla ilgili sorgulama yaptırmaya gibi müdahalelerin öğrencilere DMM basamaklarında olumlu yönde destek sağladıkları görülmüştür.

4.3. Uygulama Sonrası Kategorisinde Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin çözümlerini bütün sınıfla paylaştığı kategori olan uygulama sonrasındaki öğretmen müdahaleleri değerlendirme teması altında incelenmiştir. Bu tema altında yer alan öğretmen müdahalelerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen analizler sonucu ortaya çıkan kodlar, kodların açıklamaları ve frekansları Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.4. Uygulama sonrası için kullanılan kodlama şeması

Tema	Kod	Açıklama	Frekans
Değerlendirme	Modeli açıklatma	Öğrencilerden çözümlerini sunarken modellerini açıklamalarını isteme	37
	Gerçeklik	Çözümün gerçek dünyaya uygunluğunu sorgulama	29
	İlişkilendirme	Sunum sonrası öğrencilere etkinlik konularını günlük hayatla ilişkilendirmeye yönelik tartışma yaptırma	19
	İşlevsellik	Çözümün gerçek yaşamdaki işlevselliğini sorgulama	24
	Matematikle ilgili tartışma	Sunumlardan sonra matematiksel kavramların kullanımına yönelik tartışma yaptırma	15
	Fenle ilgili tartışma	Sunumlardan sonra fen kavramlarının kullanımına yönelik tartışma yaptırma	22
	Tüm sınıf tartışması	Sınıftaki diğer öğrencileri sunumu dinlemeye ve soru sormaya teşvik etme	20

Model oluşturma ve model çözme basamakları tamamlandıktan sonra öğretmenler birkaç gruba veya etkinliğin iki haftada uygulandığı durumlarda bütün gruplara çözümlerini diğer gruplarla paylaşmaları için sunum yapma fırsatı vermişlerdir. Bu sunumlar sırasında öğretmenler sunum yapan öğrencilerden modellerini nasıl oluşturduklarını ve nasıl çözdüklerini açıklamalarını istemişlerdir. Öğretmenlerin bu müdahaleleri modeli açıklatma kodu altında yer almıştır. Bu sayede hem öğretmenler hem de diğer gruplardaki öğrenciler sunum yapan öğrencilerin çözüm yolu hakkında bilgi sahibi olma fırsatı yakalamıştır.

Aşağıda modeli açıklama müdahalesine bir örnek yer almaktadır:

Fırat: Evet, sizi alalım.

(Grup 1 öğrencileri sunum için tahtaya kalkıyor)

GIÖ1: Ben size anlatayım şöyle. Biz şöyle düşündük, 3 tane şişenin yan yana gelişi kalınlığını oluşturuyor duvarın. Böyle 6'lı 6'lı tuğlalar oluşturduk.



Böyle oluşturduk bir de üstüne koyarak böyle yaptık.



Hocam evin genişliği 20m olup şurası, toplamda 200 metrekarelik bir alan kullandık biz.

Okan: Toplamda ne kadar dedin?

GIÖ1: 200m²'lik bir alan.

Okan: 200m²'lik bir alan.

GIÖ1: Evet hocam.

GIÖ2: Hocam burası 20m, burası 3m. Bu bir şişe olarak bu şimdi alt kısmı yani 5 cm'ye denk geliyor.

GIÖ1: Yani çapı.

GIÖ2: Uzunluğu 20 cm'yi yaklaşık olarak. Hocam 20 m 2000 cm ye eşit. 2000 cm'yi 5 cm'ye böldüğümüzde buraya 400 tane. Hocam 3 cm'yi

Fırat: Bu şişe sayılarını yazdınız ya üzerine. Bu şişeleri nasıl dizdiniz ve nasıl hesapladınız?

GIÖ1: Evet hocam. Aslında en başta ondan bahsettik. Hocam genişliğimizi 3 aldık, yani böyle duvarın genişliği 3 aldık.

Fırat: 3'er 3'er dizdiniz.

GIÖ1: Böyle genişliği 3 olup hocam tuğla hesabı düşününce de tuğla böyle 6 tanesini yan yana gelişi diye düşündük, şişe hesabı yaptık. Üst üste koymayı denedik.

Fırat: Tamam.

Yukarıda Fırat ve Okan öğretmenlerin Pet Şişe etkinliğinin sonunda grup 1 öğrencilerine modellerini nasıl oluşturdukları ile ilgili sorular yönelttikleri görülmektedir. Bu müdahale ile öğrencilere şişeleri nasıl dizecekleri, yapının ebatlarının ne kadar olduğu gibi modellerine ilişkin değişkenleri açıklama fırsatı vermişlerdir.

Değerlendirme teması altında ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinden biri öğrenci çözümlerinin gerçek hayata uygunluğunu sorgulamaktır. Gerçeklik kodu altında

değerlendirilen bu müdahaleler değerlendirme teması altında en sık karşılaşılan öğretmen müdahalesi olmuştur (n=29). Aşağıda Küresel Isınma etkinliğinin sunum aşamasında grup 5 öğrencilerinin bulduğu sonuçla ilgili bir alıntı yer almaktadır:

Zehra: *Tamam peki arkadaşlar siz bu ağaç sayısını nasıl buldunuz? Gerçekçi mi sizce?*

Diğer öğrenciler: *Hayır.*

Zehra: *Neden değil?*

Zehra öğretmen grup 5'in çözümünün gerçek hayata uygun olup olmadığını sormaktadır. Diğer öğrencilerden hayır cevabını aldıktan sonra ise bunun nedenini sorgulamak üzere yeni bir soru yöneltmektedir. Zehra öğretmen bu müdahalesiyle hem diğer öğrencileri tartışmaya dahil etmiş hem de öğrencilerin çözümlerinin gerçekliğini sorgulamalarına fırsat vermiştir. Diğer taraftan bazı durumlarda gerçekliği sorgulama müdahalesinin göz ardı edildiği görülmektedir. Örneğin Su İsrafı etkinliğinde çözümlerini sunan grup 6 öğrencileri yaptıkları hesaplamalar sonucu 4 kişilik bir ailenin yılda 1095 metreküp tasarruf yapabileceğini hesaplamıştır. Ancak ne Zehra öğretmen ne de Ceren öğretmen 4 kişilik bir aile için oldukça yüksek olan bu miktarla ilgili tartışma yaptırmamışlardır.

Çözümlerin gerçek hayata uygunluğunun sorgulanmasının yanı sıra öğretmenlerin çözümlerin işlevselliği ile ilgili tartışma yaptırmaları değerlendirme kategorisinde ortaya çıkan başka bir müdahaledir. İşlevsellik müdahalesi gerçeklik müdahalesinden sonra en sık karşılaşılan müdahale olmuştur (n=24). Zehra öğretmen Pet Şişe etkinliği sonrası çözümlerini sunan grup 3 öğrencileriyle arasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

Zehra: *Evet arkadaşlar şöyle diyebiliriz. Ebatlar biraz gerçekçi olmamış. Bir de ben fikrimi söyleyeyim. Şişelerin şu şekilde (dikey olarak üst üste) yapılmasının yani eğer bu şekilde şişeleri kullanırsak o duvarın çok sağlam olacağını düşünmüyorum ya da şöyle bakın. Bunu tuğla gibi düşünüyorsunuz. Bu bir...*

G3Ö1: *Hocam tuğla gibi düşünmüyoruz. Onları üst üste geçirip bırakmayacağız. İki şişenin arasına beton da dökeceğiz. Sadece pet şişeyle oyun evi olmaz ki.*

Zehra öğretmen burada öncelikle öğrencilerin belirledikleri ebatların gerçekçi olmadığını söylemektedir. Öğrenciler daha sonra tasarladıkları evin okul öncesi öğrenciler için olduğunu söyledikten sonra bu fikrinden vazgeçmiştir. Ancak Zehra öğretmen aynı zamanda pet şişelerin diziliş şeklinin sağlamlık yönünden gerçek dünyada işlevsel

olmadığını düşünmektedir. Bu sorgulamayı yaptıktan sonra G3Ö1 kodlu öğrenci çözümlerinde olmayan ve o an aklına gelen bir fikir ortaya atmıştır. Zehra öğretmenin bu müdahalesi öğrencilerin çözümlerini daha işlevsel hale getirmeleri yönünde etkili olmuştur.

Değerlendirme teması altında ortaya çıkan gerçek dünya ile ilgili başka bir müdahale ilişkilendirmedir. Bu müdahale ile öğretmenler sunum sonrası öğrencilere etkinlik konularını günlük hayatla ilişkilendirmeye yönelik tartışma yaptırmışlardır. Örneğin Ceren öğretmen Küresel Isınma etkinliğinin öğrenci sunumlarının ardından aşağıdaki açıklamayı yapmıştır:

“... o yüzden değerleriniz farklı çıkabilir bunlar normal sonuçlar. Ama dikkat etmemiz gereken neymiş o zaman? Bizim günlük olarak sık sık duyduğumuz fen derslerinde duyduğumuz haberlerde duyduğumuz işte küresel ısınma, sera etkisi, ozon tabakası incilmesi gibi birçok kavram bu soruda karşımıza çıktı ve bize aslında bu karbon salınımını en azından soluk alıp vermede dediğiniz gibi tasarruf yapamayız ama onun dışında birçok alanda bu tasarrufu yapabiliriz.”

Burada Ceren öğretmen öğrencilerin etkinlik boyunca kullandıkları fen bilimleri kavramlarının günlük hayatta nerelerde karşılırlarına çıkabileceğini ve elde ettikleri çözümlerin nasıl işe yarayabileceğini açıklamaya çalışmaktadır.

Küresel Isınma etkinliğinin sonunda çözümlerini sunan grup 3 öğrencilerine Ceren öğretmenin açıklaması aşağıdaki gibidir:

Ceren: *Şimdi arkadaşlar hesap yaparken çok savurgan olmuştunuz çok ağaç çıkarmak için ama bu kadar ağaç dikmediğimiz için günlük hayatta bu kadar çok kullanırsak küresel ısınmaya bayağı bir katkı sağlamış oluruz. O yüzden bu problemde ne sonuca varacağız o zaman, bu kadar ağaç dikmediğimize göre hatta yılda 1 ağaç bile dikmiyoruzdur değil mi? O yüzden dikkat ederseniz o kadar çok karbon üretiyoruz ki karşılığında o kadar ağaç dikmediğimiz için biraz daha dikkatli bir şekilde yaşamamız gerektiğini de öğrenmiş oluyoruz değil mi?*

Grup 3 öğrencilerinin karbon ayak izi hesaplamasında oluşturdukları varsayımlar doğrultusunda modellerinde kullandıkları ailenin çok fazla karbon ayak izi oluşturduğu görülmüştür. Bunun üzerine Ceren öğretmen çözümü gerçek hayatla ilişkilendirerek bu kadar fazla karbon ayak izi bırakmanın doğaya vereceği zarar üzerinde düşünmelerini istemiştir.

Öğrencilerin sunumlarının ardından ortaya çıkan diğer bir öğretmen müdahalesi öğrencilere etkinlikte kullanılan matematik ve fen bilimleri kavramları hakkında tartışma yaptırmaktır. Öğretmenler öğrencilere DMM etkinliği boyunca hangi matematik ve fen bilimleri kavramlarını gördüklerini ve bu kavramları nasıl kullandıklarını açıklamalarını istemişlerdir. Bu sayede öğrencilerin model oluşturma ve model çözme basamaklarında kullandıkları matematik ve fen kavramlarının farkında olmaları sağlanmıştır. Aşağıda Zehra öğretmenin Pet Şişe etkinliğinin sonunda hangi matematik konularını kullandıklarına yönelik öğrencilere yaptırdığı tartışmanın bir bölümü yer almaktadır:

Zehra: *Peki arkadaşlar matematiksel olarak ne kullandık burada?*

G2Ö1: *Uzunluk ölçüleri.*

Zehra: *Uzunluk ölçülerini kullandık.*

G3Ö2: *Hocam biraz tahmine dayalı yaptık.*

Zehra: *Tahmine dayalı yaptık.*

G3Ö3: *Evlerin prizma şeklinde veya dikdörtgen olması.*

Zehra: *Evet prizmaların özelliklerini kullandık.*

G4Ö2: *Dört işlem*

Zehra: *Dört işlem kullandık. Başka?*

G2Ö2: *Uzunluk birimleri*

Zehra: *Tamam uzunluk birimleri farklı.*

G3Ö3: *Yuvarlama*

Zehra: *Yuvarlama. Başka?*

G5Ö1: *Alan.*

Zehra: *Alan hesabı yaptık burada değil mi arkadaşlar ve dört işlem kullandık.*

Yukarıdaki diyalogda Zehra öğretmen öğrencilere DMM etkinliğinin çözümü sırasında hangi matematik kavramlarını kullandıklarını sormaktadır. Aşağıda ise yine Zehra öğretmenin Pet Şişe etkinliğinin değerlendirilmesi sırasında etkinlikte hangi fen bilimleri konularının yer aldığına yönelik yaptırdığı tartışma yer almaktadır:

Zehra: *(...) Evet arkadaşlar peki biz bu etkinliğimizle fen anlamında neler öğrendik?*

G2Ö2: *Geri dönüşüm, yeniden kullanma falan.*

Zehra: *Evet geri dönüşüm, yeniden kullanım, geri kazanım. Peki bu kavramlar ne anlama geliyordu? Mesela yeniden kullanım neydi? Söyle.*

G6Ö1: *Tahtaya yazayım mı?*

Zehra: Gel yaz yeniden kullanım neydi? Bekle. Parmak kaldırarak söylüyorsunuz. Evet yeniden kullanım? Söyle.

G3Ö1: Hocam mesela önceden kullanıp aldığımız bir malzemeyi yeniden dönüştürerek mesela...

Zehra: Nasıl dönüştürüyorsunuz?

G3Ö1: Hocam mesela eritiliyor ve yeni bir yere...

Zehra: Yeniden kullanımda kimyasal değişim oluyor mu?

Öğrenciler: Hayır

G5Ö2: Sadece fiziksel değişim oluyor.

Zehra: Nasıl fiziksel değişim oluyordu?

G1Ö1: Bir malzemeyi hiçbir sanayi işleminden geçirmeden onun farklı bir alanda farklı bir tarzda kullanılması.

Zehra: Mesela örnek verir misin?

G1Ö1: Mesela pet şişeyi su içmek için kullanıyoruz normalde. Ama bunu atmayıp kalemlik yapmak.

Zehra: Kalemlik yapmak evet. Arkadaşlar toplama ve temizleme dışında... yaz bakalım. Toplama ve temizleme dışında herhangi bir işleme tabi tutmadan tekrar kullanmaya biz ne diyoruz? Yeniden kullanım. Peki biz burada pet şişeleri ne yaptık arkadaşlar?

Öğrenciler: Yeniden kullandık.

Zehra: Yeniden kullandık. Burada amacımız önemli değil farklı bir amaç için de kullanılabilirdi. Ama fiziksel ve kimyasal bir değişime tabi tutmayacağız. Peki geri dönüşüm neydi? Söyle

G4Ö1: Hocam kullandığımız eskiyen eşyaları sanayi ortamında yenileyerek başka şeylerde kullanmak.

Zehra: Mesela nasıl? Örnek verir misin?

G4Ö1: Mesela biz plastik şişeleri kullanıyoruz çöplere atıyoruz. Hocam bunlar seçiliyor belli alanlarda sonra sanayide ısıtılıp eritiliyor. Hocam oradan sonra tekrar şekil verilip soğutuluyor.

Zehra: Ne olarak kullanıyoruz?

G4Ö1: Şişe.

Zehra: Şişe olarak kullanıyoruz. Tamam...

Yukarıda Zehra öğretmenin Pet Şişe etkinliğinde kullanılan fen bilimleri kavramlarının neler olduğuna ve bu kavramların etkinlik konusuyla nasıl ilişkilendirilebileceğine yönelik tartışma yaptırdığı görülmektedir. Etkinlikler sonunda matematik ve fen bilimleri konularına yönelik tartışmalar incelendiğinde matematikle ilgili tartışmaların daha yüzeysel, fen bilimleri ile ilgili tartışmaların ise daha uzun soluklu ve detaylı olduğu görülmüştür.

Uygulama sonrasında ortaya çıkan diğer öğretmen müdahaleleri tüm sınıf tartışması kodu altında değerlendirilen ve sunum yapan gruplar haricindeki öğrenci gruplarını tartışmaya dâhil etmeye yönelik müdahalelerdir. Örneğin Okan öğretmen aşağıdaki açıklamasıyla öğrencileri diğer grupların çözümlerini dinlemeye davet etmekte ve bu çözümlerin değerlendirme sürecine katmaya çalışmaktadır:

Okan: *1 saniye bekler misin? Arkadaşlar bakın anlatıyorlar onları dinleyelim dinledikten sonra ne yaptıklarına dair soru soracağız. Tamam mı?*

Başka bir örnekte yine Okan öğretmen öğrencileri sunum yapan grubu dinleme ve sonrasında soru sormaya teşvik etmektedir:

Okan: *Evet arkadaşlar sunuma başlayacağız. (...) evet diğer gruplar da dinliyor, sunum bitiminde sorunuz varsa arkadaşlarınıza sorabilirsiniz ama lütfen dinleyelim.*

Tüm sınıf tartışması kodu altında değerlendirilen müdahaleler bütün sınıfı DMM etkinliklerinin çözümlerinin değerlendirilmesi sürecine dâhil etmeye yönelik müdahalelerdir. Bu sayede öğrenciler kendi çözümleriyle birlikte diğer grupların çözümlerini de değerlendirme fırsatı bulmuşlardır. Ancak bu müdahaleler sonrası tüm sınıfın tartışmaya katılmasının sınırlı kaldığı söylenebilir. Örneğin grup 2 öğrencilerinin Küresel Isınma etkinliği ile ilgili çözümlerini sunmaları sırasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

G2Ö1: *Işık olarak biz günde 8 saat ışık açtık. Aile zaten çocuk okula gidiyor onlar da işe gittiği için 8 saat yeter. Bir günde 8 saat çalışınca 247686 gr (Tahtaya Işık: 247686 gr yazdı)*

G3Ö1: *Hocam bir şey sorabilir miyim?*

Zehra: *Sor.*

G3Ö1: *Hocam hani dedi ya günde 8 saat ışık yakılıyor ama hocam çocuklar okula gittiğinde sabah olduğu için ışığı açmalarına gerek yok dolayısıyla çocukların evde olup olmadığıyla ilgili bir şey yok.*

Yukarıda grup 3'ten bir öğrencinin söz alarak diğer grubun çözümünün gerçekliği ile ilgili bir soru sormuştur. Burada öğrencinin diğer grupların çözümlerini takip ederek değerlendirme sürecine katıldığı görülmektedir. Öğrencinin bu sorusu sonrası Zehra öğretmen tartışmayı devam ettirmeyerek grup 2'nin çözümüne devam edilmiştir.

Değerlendirme aşamasında öğrencilerin çözümlerini sunarken modellerini açıklamaları öğretmenlerin grup çözümlerini yalnızca hazırladıkları raporlar üzerinde değil, açıklamalı olarak görmelerine fırsat vermiştir. Bu süreçte öğretmenler diğer öğrencileri de sınıf tartışmasına katılmaya teşvik etmişlerdir. Değerlendirme kategorisinde ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri genel olarak öğrencilerin modellerini ve çözümlerini açıklamalarına fırsat verirken, çözümleri gerçeklik ve işlevsellik yönünden değerlendirme ve gerçek dünya ile ilişkilendirme fırsatı da sunmuştur.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada DMM etkinliklerinin uygulanmasında öğretmenlerin rollerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, DMM etkinliklerinin sınıf ortamına taşınması sürecinde ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri ve bu müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerini nasıl destekledikleri incelenmiştir. Çalışma verilerinin analizi sonucunda öğretmenlerin etkinliğe hazırlanırken, etkinliği uygularken ve etkinliği değerlendirirken yaptıkları müdahaleler belirlenmiştir. Bu müdahalelerin genel olarak öğrencileri DMM etkinliklerine hazırlama, öğrencilerin etkinlikte verilen problem durumunu modelleme sürecinden geçirerek çözmelerine yardımcı olma ve öğrenci çözümlerini değerlendirme amaçlarına yönelik olduğu söylenebilir. Çalışma kapsamında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri çoğunlukla öğrencilerin DMM basamaklarında olumlu olarak etkilerken, bu süreçte ortaya çıkan bazı öğretmen müdahaleleri olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Bu bölümde matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin DMM etkinliklerini sınıf ortamına taşımaları sürecinde ortaya çıkan müdahaleler ve bu müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerini nasıl desteklediğine yönelik bulgular literatürde yer alan çalışmalarla birlikte ele alınmıştır. Bütünlüğün sağlanması adına, araştırma bulgularının sunumuna benzer şekilde bütüncül bir yaklaşım benimsenmiş; bulgular uygulama öncesi, uygulama sırası ve uygulama sonrası başlıkları altında tartışılmıştır.

5.1. Uygulama Öncesi

Matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin DMM etkinliklerini uygulama süreçlerinde uygulama öncesinde ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri planlama, araştırma ödevi verme, yazılı veya görsel materyaller paylaşma, tartışma yaptırma ve DMM süreciyle ilgili bilgilendirme yapma şeklinde belirlenmiştir. Uygulama öncesi ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri genel olarak değerlendirildiğinde bu müdahalelerin öğrencileri modelleme etkinliğine hazırlamaya yönelik olduğu görülmektedir.

Öğretmenlerin etkinliğe hazırlık süreci ile ilgili olduğu için uygulama öncesi kategoride yer verilen ancak öğretmen müdahalesi olarak değerlendirilmeyen bir bulgu uygulama öğretmenlerinin etkinlikle ilgili planlamalarını ve etkinliğe hâkim olmalarını kapsamaktadır. Öğretmenlerin etkinliğe hâkimiyeti onların problemde yer alan kavramları bilmesi, farklı çözüm yolları geliştirmiş olması ve öğrencilerin karşılaşabileceği olası sorunları belirleyebilmesi gibi konularla ilgilidir. Planlama kodu kapsamında yer alan öğretmen uygulamaları öğrencilerin modelleme süreçlerine doğrudan müdahaleler olarak

değerlendirilmemekle birlikte öğretmenlerin uygulama sürecinde ortaya çıkan diğer müdahalelerini dolaylı olarak etkiledikleri söylenebilir. Öğretmenler etkinliğe hâkim olduklarında öğrencilere daha doğru ve yerinde dönütler verebilmekte, öğrencilerin modelleme sürecini daha iyi takip edebilmektedir. Dolayısıyla öğrencilerin modelleme süreci de olumlu etkilenmektedir. Öğretmenin probleme hâkim olmaması veya hazırlıksız gelmesi durumunda ise öğrencilere yeterince rehberlik edememektedir.

Öğretmenlerin uygulayacakları problem hakkında gerekli bilgiye sahip olması beklenen bir durumdur. Mevcut çalışmada bu müdahalenin bazı etkinliklerde ortaya çıkmaması, başka bir ifadeyle öğretmenlerin bazı etkinliklere gerekli hazırlıkları yapmadan gelmeleri nedeniyle DMM sürecinde bazı aksaklıklar yaşanmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin matematikle ilgili tartışmalarda aktif olmaması ve matematikle ilgili müdahalelerinin yüzeysel kalması onların etkinliklere hazırlıklı gelmediklerinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Uygulama öncesi öğretmen müdahalelerinin öğrencilerin DMM süreçlerine etkisi incelendiğinde öğretmenlerin etkinliğe hazırlıklı bir şekilde geldiklerinde (örnek çözüm üretme, etkinlik konuları hakkında araştırma yapma gibi) olası öğrenci cevaplarını değerlendirebilmiş ve öğrencilerin yaşayabileceği sorunlara karşı önlem alabilmişlerdir. Öğretmenlerin ders öncesi hazırlıklarını DMM basamaklarına uygun olarak gerçekleştirmeleri de öğrencilerin DMM süreçlerini takip etmelerinde yardımcı olmuştur. Bu bulgular matematiksel modelleme alan yazınında uygulamaya dönük araştırma önerilerini desteklemektedir (Stender, 2018; Borromeo Ferri, 2018). Örneğin, Stender (2018) çalışmasında öğretmenlerin uygulayacakları modelleme problemleri için birden fazla çözüm üretmelerinin standart olmayan öğrenci çözümleri için bir fikir oluşturacağını belirtmektedir. Borromeo Ferri (2018) ise öğretmenlerin öğrencilere modelleme sürecinde yardımcı olabilmeleri için modelleme basamakları hakkında bilgi sahibi olmaları gerektiğini ifade etmektedir. Dolayısıyla, öğretmenlerin uygulayacakları DMM etkinliğine hâkim olmaları DMM sürecinin sağlıklı yürütülebilmesi için önemli bir etken olarak değerlendirilmektedir.

Öğretmenlerin etkinliğe hakimiyetleri anlamında değerlendirilebilecek bir başka bulgu dersten önce bir araya gelerek rol dağılımı yapmaları ve birbirlerinden beklentilerini paylaşmalarıdır. İki öğretmenin birlikte öğretim yaptığı sınıflarda öğretmenlerin rolü dersin yapısına ve amaçlarına göre değişebilir (Cook ve Friend, 1995). Ayrıca bu tür uygulamalarda araştırmacılar özellikle planlamayı birlikte yapmanın öneminden bahsetmektedir (Solis ve ark., 2012). Dolayısıyla öğretmenlerin ders öncesi birlikte planlama yapmaları DMM

etkinlikleri kapsamında ortaya çıkan ve öğrencilerin DMM süreçlerine olumlu etkileri olan bir uygulama olarak değerlendirilebilir.

DMM etkinliklerinin uygulanmasından önce ortaya çıkan en belirgin öğretmen müdahaleleri araştırma ödevi verme, yazılı veya görsel materyaller paylaşma ve tartışma yaptırmaya şeklindedir. Bu müdahaleler genel olarak incelendiğinde tamamının DMM etkinliklerinde geçen fen bilimleri konularına yönelik olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında uygulanan DMM etkinliklerinde yer alan problemler matematikle beraber fen bilimleri kazanımlarını da içermektedir. Bu etkinliklerde yer alan geri dönüşüm, yeniden kullanım, ısı yalıtımı, kaynakların tasarruflu kullanımı vb. konular ortaokul fen bilimleri müfredatında yer alan konulardır. Ancak bu konularla ilgili teknik ayrıntılar öğrencilerin gerçek yaşamlarında sahip olamayabileceği bilgilerdendir. Örneğin ısı yalıtımının nasıl yapıldığı veya atıkların nasıl yeniden kullanılabilmesi konuları ortaokul öğrencilerinin tamamen bilgi sahibi olduğu konular olmayabilir. Dolayısıyla, özellikle fen bilimleri alanına ait konu ve kavramların tam olarak anlaşılması gerekmektedir. Bunun yanında, DMM etkinliklerinde geçen fen bilimleri konuları tasarruf, kaynakların kullanımı ve çevre koruma gibi bilinçli birer vatandaş olmaya dönük konulardandır. Dolayısıyla öğretmenler hem öğrencilerin dikkatini uygulamaya çekmek hem de çevreyi ilgilendiren konularla ilgili olarak bir farkındalık oluşturmak adına böyle bir müdahalede bulunmuş olabilirler. Nitekim, uygulama öncesinde ortaya çıkan müdahalelerin öğrencilerin DMM sürecine etkileri incelendiğinde bu müdahalelerin yalnızca öğrencileri süreç hakkında bilgilendirmeye yönelik olmadığı, öğrencilerin motivasyonlarını artırıcı ve farkındalık oluşturan yapısıyla geleneksel matematiksel modelleme uygulamalarında görülen müdahalelerden ayrıştığı söylenebilir. Gürbüz ve Çalık (2021) çalışmalarında benzer bir sonuca ulaşarak DMM etkinliklerinin öğrencilerin çevresel sorunlar ve ilgili kavramların kazanılmasında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışma kapsamında ortaya çıkan ve etkinlikte yer alan konularla ilgili tartışmaların öğrencilerin etkinlik konusu ile gerçek yaşamları arasında ilişki kurmalarına yardımcı olduğu görülmüştür. Bu sonuç alan yazında yer alan başka çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Uğurel ve Bukova Güzel, 2010; Doğan vd., 2019). Örneğin Uğurel ve Bukova Güzel (2010) iyi bir matematik etkinliğinin öğrencilerin gerçek yaşamla ilişki kurmalarına yardımcı olması gerektiğini belirtmektedir. Doğan ve ark. (2019) ise DMM etkinliklerinden önce öğrencilerin ısıdırma aktiviteleri ile derse hazırlanmalarını önermektedir.

DMM sürecinin nasıl ilerleyeceğinin ve öğretmenlerin öğrencilerden beklentilerinin neler olduğunun açıklandığı DMM süreciyle ilgili bilgilendirme yapma müdahalesi öğrencilerin modelleme süreci hakkında bilgi sahibi olmalarına yöneliktir. Çalışmaya katılan öğretmenler ve öğrenciler DMM uygulamalarından önce matematiksel modelleme uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Dolayısıyla hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin modelleme sürecine aşina oldukları söylenebilir. Yine de DMM süreci bazı yönleriyle matematiksel modelleme sürecinden farklılaştığı için öğretmenler öğrencileri DMM süreci hakkında bilgilendirmek adına gerekli müdahalelerde bulunmuşlardır. Nitekim, bu müdahalenin öğrencilerin DMM süreçlerindeki etkisi incelendiğinde, öğrencilerin modelleme sürecine aşina hale geldikleri ve süreçte neyi, ne zaman ve nasıl yapacaklarını zamanla daha iyi kavradıkları söylenebilir. Öğrencilerin modelleme süreci hakkında bilgi sahibi olması ile ilgili Schukajlow ve ark. (2015), Schneider ve ark. (2021) ve Geiger ve ark. (2022) çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Schukajlow ve arkadaşlarının (2015) çalışmasında öğrencilere sunulan çözüm planının onlara modelleme süreci hakkında bilgilendirmede bulunarak yardımcı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Schneider ve ark. (2021) şekilde ideal bir modelleme etkinliği süreciyle ilgili bilgilendirme yapılan grubun herhangi bir bilgilendirme yapılmayan gruba göre daha başarılı bir modelleme süreci geçirdiğini belirtmektedir. Matematiksel modelleme uygulamaları için geliştirdikleri çerçevede Geiger ve ark. (2022) ise öğrencilere modelleme sürecinin nasıl gerçekleşeceğinin açıklanmasını önermektedir. Dolayısıyla bu müdahale özellikle DMM etkinliklerinin yeni uygulanmaya başladığı zamanlarda etkili bir müdahale olarak değerlendirilebilir. DMM süreciyle ilgili bilgilendirme yapma müdahalesi öğrenciler ve öğretmenler sürece hâkim oldukça ilerleyen uygulamalarda ortadan kaybolmuştur.

5.2. Uygulama Sırası

DMM etkinliklerinin uygulanması sırasında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri genel olarak öğrencilerin etkinlikte yer alan problem metnini anlamlandırmaları, çözüm için gerekli değişkenleri belirleyerek model oluşturmaları ve oluşturdukları modeli çözmeleri sürecinde onlara yardımcı olan müdahalelerdir. Bu müdahaleler problemi anlama, çözüm planı, varsayım oluşturma ve model çözümü başlıkları altında ele alınarak tartışılmıştır.

Uygulama sırasında ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin yer aldığı temalardan ilki problemi anlama olmuştur. Problemi anlama teması altında yer alan öğretmen müdahaleleri genel olarak DMM etkinliklerinde yer alan problem durumunun anlaşılmasına yöneliktir.

Herhangi bir matematik probleminin çözülebilmesi için öncelikle anlaşılması gerektiğini belirten Polya (1973), problemin farklı yönleriyle değerlendirilmesini önermektedir. Bu durum matematiksel modelleme ve DMM etkinlikleri için de geçerlidir. Modelleme etkinliklerinde problem durumunun anlaşılması çözüm sürecinin başarılı bir şekilde yürütülmesi için önemlidir (Doerr ve English, 2006). Çalışma kapsamında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri bu amaca yönelik olsa da öğretmen müdahalelerinin bazı etkinlikler için istenen şekilde gerçekleşmediği söylenebilir. Öğretmenlerin öğrencilerin problemi anlamalarına yönelik müdahaleleri doğru ve yerinde olarak değerlendirilse de bu müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerine etkisi incelendiğinde bazı etkinliklerde istenen sonucun elde edilemediği görülmüştür. Öğrencilerin problemi anlama durumlarının iyi sorgulanmadığı bazı etkinliklerde öğretmenler problemde ne istendiğini kendileri açıklamak zorunda kalmıştır. Bazen de öğrenciler problemi anlama aşamasına geri dönerek modellerini değiştirmek zorunda kalmışlardır. Öğrencilerin bazı etkinliklerde problem durumunu tam olarak anlayamamalarının altında DMM etkinliklerinin disiplinler arası yapısının etkisi olduğu düşünülmektedir. Öğrencilerin DMM etkinliklerinin çözüm sürecinde yer alan ayırtırma ve bağlam kurma basamaklarında problemde yer alan disiplinleri ve değişkenleri belirlemeleri, ayrıca bu bilgileri ve değişkenleri ilişkilendirmeleri beklenmektedir. Öğretmenlerin, öğrencilerin problemi anlayıp anlamadıklarını ortaya çıkarmaya yönelik müdahaleleri öğrencilerin bu basamaklarda başarılı bir şekilde tamamlamalarına yardımcı olacak nitelikte olmalıdır.

Uygulama sırasında ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin yer aldığı diğer bir tema çözüm planıdır. Çözüm planı teması altında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri çözüm için gerekli değişkenlerin ne olduğunu sorma ve öğrencilerin çözüm stratejilerini sorgulama şeklindedir. Öğrenciler geleneksel matematik problemlerinde değişkenlerin kendilerine hazır olarak verilmesine alışık olduklarından ilk etkinliklerde çözüm için gerekli değişkenleri belirlemede zorlanmışlardır. Genelde matematiksel modelleme etkinliklerinin özelde ise DMM etkinliklerinin yapısı gereği öğrenciler çözümde kullandıkları değişkenlere bağlı olarak farklı ve özgün çözümler üretebilmektedir (Doğan ve ark., 2019; Gould, 2016). Dolayısıyla çözüm için kullanılacak değişkenlerin ve çözüm stratejilerinin önceden belirlenmesi modelleme sürecini olumlu etkilemektedir. Mevcut çalışmada öğrenciler DMM etkinliklerine alışkın olmadıklarından ilk etkinliklerde değişkenleri belirlemede zorlansalar da sonraki etkinliklerde öğretmenler sormadan değişkenleri belirleyebilmişlerdir. Öğrencilerin çözüm için bir planlarının olması da DMM sürecinin daha başarılı yürütmesini

sağlayan etkenlerdendir. Öğrencilerin modelleme becerilerinin incelendiği deneysel çalışmada Borromeo Ferri (2018) kendilerine çözüm planı verilen deney grubu öğrencilerinin modelleme becerilerinin daha fazla geliştiğini belirtmiştir. Bu yönüyle çalışma sonuçlarının literatürde yer alan diğer çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği söylenebilir. Diğer taraftan, mevcut çalışmada öğrencilere çözüm planı hazır olarak verilmemiş, öğretmen müdahaleleri sonucu öğrenciler tarafından çözüm planları geliştirilmiştir. Bazı durumlarda bu müdahaleler öğrencilerin probleminden ne anladıklarının sorgulandığı problemi anlama teması altında da ortaya çıkmıştır. Ancak problemi anlama teması altında gerçekleşen bu müdahale tüm sınıf ortamında gerçekleştiği için diğer gruplardaki öğrenciler de benzer çözümler üretebilmektedir.

Uygulama sırasında ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinden varsayım oluşturma teması altında yer alan özgün çözümler ve grupla çalışma önemli müdahaleler olarak değerlendirilmektedir. Bu tema altındaki müdahaleler en sık rastlanılan ve öğretmenler tarafından üzerinde çokça durulan müdahaleler olmuştur. DMM etkinlikleri için geliştirilen çözümlerin özgün olması gerektiği öğretmenler tarafından sıkça vurgulanmıştır. Varsayım oluşturma teması altındaki öğretmen müdahaleleri genel olarak incelendiğinde bu müdahalelerin öğrencileri kendi çözümlerini geliştirmeleri yönünde teşvik etmeye yönelik olduğu görülmektedir. Genelde matematiksel modelleme problemlerinin ve dolayısıyla DMM problemlerinin geleneksel problemlerden en büyük farkı tek bir çözümlerinin olmaması ve özgün çözümlere imkân vermeleridir (Blum ve Borromeo Ferri, 2009; Doğan ve ark., 2019; Gould, 2016). Öğrenciler geleneksel problemlere alışkın olduklarından ilk uygulanan DMM etkinliklerinde problemlerin yalnızca bir çözümü olduğunu düşünerek doğru sonuca ulaşmaya çalışmışlardır. Hatta bazı öğrencilerin çözüm yollarının doğru olduğundan emin olmak için öğretmenlerinin onayını almak istedikleri görülmüştür. Öğretmenlerin özgün çözümlere yönelik müdahaleleri sonrasında öğrencilerin bu alışkanlıktan vazgeçtiği görülmüştür. İlk uygulamalarda öğretmenlerin de sürece alışkın olmamalarından kaynaklı yanlış müdahaleleri olmuştur. Örneğin herhangi bir gruptan öğrencilerin çözümle ilgili soruları karşısında bütün sınıfa açıklama yapmışlardır. Böyle bir müdahale sonrası bütün sınıf aynı çözüm stratejisi üzerinde düşünebilmektedir. Ancak modelleme etkinliklerinde bireysel ve farklı çözümler üretilmesi teşvik edilmelidir (Blum ve Borromeo Ferri, 2009). Sonraki uygulamalarda öğretmenler öğrencilerin çözümle ilgili benzer varsayımlar geliştirmelerini önlemek adına gerekli açıklamaları grup özelinde gerçekleştirmişlerdir.

Uygulama sırasında oluşan diğer bir tema model çözümüdür. Model özümü teması altında yer alan öğretmen müdahaleleri çoğunlukla DMM sürecinin en uzun basamağı olan model geliştirme ve model çözme basamaklarında ortaya çıkmıştır. öğrencilerin model oluşturdukları ve oluşturulan modellerin çözümüne kavuşturulduğu bu basamaklarda öğretmenler grupları ziyaret ederek onlara gerekli müdahalelerde bulunmuşlardır. Bu müdahaleler basitleştirme, özetleme, yönlendirme, kısa cevaplı sorular, düşünmeye sevk etme, açıklama isteme, açıklama yapma, bilgi verme, diğer öğretmene yönlendirme, matematikle ilgili sorgulama ve fenle ilgili sorgulama şeklinde-dir. Basitleştirme müdahalesi Stender (2018) tarafından önerilen sezgisel stratejilerden Albarracın ve ark. (2021) tarafından kullanılan yükseltme yaklaşımıyla benzerlik göstermektedir. Ancak Albarracın ve ark. (2021) bu yaklaşımı modelleme deneyimi olmayan ve ilkokul çağındaki öğrenciler için kullanmışlardır. Ayrıca literatürde topaz etkisi (*topaze effect*) (Brousseau, 1997) olarak bilinen bu müdahale öğrencilerin muhakeme becerilerini sınırlandırmaktadır (Ellis ve ark., 2019). Mevcut çalışmada öğrenciler DMM etkinlikleri öncesinde modelleme tecrübesine sahip olduklarından ve bilişsel olarak daha üst seviyede olduklarından bu müdahalenin onların bilişsel olarak aktif hale getirilmesi için uygun olmayacağı değerlendirilmektedir. Model özümü teması altında ortaya çıkan yönlendirme müdahalesi de modelleme etkinliklerinde sıkça karşılaşılan müdahalelerdendir (örn.; Blum ve Borromeo Ferri, 2009; Leiss, 2007; Tropper ve ark., 2015). Literatürde öğrencilere yönlendirici sorular sorarak istenilen dar bir alana yönlendirme (*funneling*) (Ellis ve ark., 2019) anlamında kullanılan bu müdahale topaz etkisine benzer şekilde öğrencileri bilişsel olarak aktif hale getirmeyen müdahalelerdendir. Mevcut çalışmada gözlemlenen yönlendirme müdahaleleri sorular sorarak olabildiği gibi bazen de öğretmenlerin öğrencileri bilerek veya bilmeyerek kendi istedikleri çözüm stratejisine yönlendirmeleri şeklinde ortaya çıkmıştır. Böylesi müdahaleler öğrenci çözümlerini sınırlandıracağından DMM sürecinde uygun olmayan müdahaleler olarak değerlendirilmektedir. Benzer şekilde kısa cevaplı sorular sorma ve öğrencilere ihtiyaç duyabilecekleri bilgileri doğrudan verme gibi müdahaleler öğrencileri bilişsel olarak zorlamayan müdahalelerdir. Örneğin, öğrencilere evet veya hayır şeklinde cevaplayabilecekleri sorular sormak veya çözüm süreçleriyle ilgili yaptıkları hakkında yanlışlarını direk söylemek onların DMM süreçleri hakkında düşünmelerini sağlamayan yüzeysel müdahalelerdir. Benzer şekilde, öğrencilere çözüm için kullanabilecekleri bir değişkeni onlardan herhangi bir talep gelmeden vermek öğrencileri hazır bilgiye

alıştıracağından olumlu bir müdahale olarak değerlendirilmemektedir. Ayrıca, bu tür müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerinde olumlu etkileri tespit edilememiştir.

Model çözümü teması altında ortaya çıkan diğer bir müdahale olan özetleme müdahalesi, öğretmenin bir veya birkaç öğrencinin söylediklerini özetleyerek başka şekilde ifade etmesi şeklinde tanımlanmıştır. Bu müdahale öğrencilerin muhakeme becerilerinin geliştirilmesinde üst düzey bir müdahale olarak görülmektedir (Herbel-Eisenmann ve ark., 2013). Benzer şekilde öğrencilerden yaptıklarını açıklamalarını isteme onların kendi düşünme biçimlerini aktarmaları açısından üst düzey bir müdahale olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında düşünmeye sevk etme müdahalesi öğrencilerin bilişsel olarak aktif hale gelmesine yardımcı olan bir müdahaledir. Bu tür müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerine etkileri incelendiğinde, öğrencilerin kendi düşünceleri üzerine kafa yormalarına ve farklı düşünme biçimleri geliştirmelerine yardımcı olmaları bakımından üst düzey müdahalelerdendir. Ayrıca bu tür müdahaleler her öğrenci için farklılaştığı için uyarlanabilir müdahaleler (Leiss, 2007; Tropper ve ark., 2015) olarak değerlendirilebilir. Bunun yanında modelleme etkinliklerinin bilişsel yönüne odaklanan çalışmalar artmaktadır (örn., Borromeo Ferri, 2006; D'Ambrosio, 2009; Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2016). Bu bakımdan öğrencileri bilişsel olarak zorlayan öğretmen müdahaleleri DMM sürecinde önemli olarak değerlendirilmektedir.

DMM etkinlikleri geleneksel matematik problemlerinden ve matematiksel modelleme etkinliklerinden farklı olarak birden fazla disiplinden konuları, mevcut çalışma kapsamında ise matematik ve fen bilimleri konularını birlikte içermektedir. Ayrıca, DMM etkinlikleri her iki disiplinin öğretmenlerinin bir arada bulunduğu sınıflarda gerçekleştirilmektedir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanmasında alan bilgisi gerekli bir yeterlik olduğundan (Borromeo Ferri ve Blum, 2009), DMM etkinliklerinde yer alan matematik ve fen bilimleri konusunda uzman bilgisine sahip öğretmenlerin süreçte yer alması amaçlanmıştır. Dolayısıyla DMM sürecinde öğretmenlerin öğrencilerin matematik ve fen bilimleri konularıyla ilgili sorularına cevap verirken kendi alanlarıyla ilgili konuları uzmanlıkla cevaplamaları beklenmektedir. Kendi alanları dışındaki sorulara ise öğretmenlerin müdahaleleri farklılaşmıştır. Bazı durumlarda öğretmenler öğrencileri diğer öğretmene yönlendirirken bazen de kendileri cevaplamışlardır. İkinci durumda öğretmenin kendi alanı dışındaki soruyu cevaplama sonucu öğrenciler yanlış çözümler gerçekleştirmiştir. Bu sonuç öğretmenlerin uyguladıkları modelleme etkinliğinde yer alan

konularda yeterli bilgiye sahip olması gerektiği (Borromeo Ferri ve Blum, 2009) önerisini desteklemektedir.

Model çözümü teması altında yer alan diğer müdahaleler matematik ve fen bilimlerine yönelik sorgulama yapmadır. Öğretmenler öğrencilerin anlamakta zorlandıkları fen bilimlerine ait konularda veya işlem yaparken zorluk yaşadıkları matematikle ilgili konularda öğrencilere sorgulama yaparak müdahalede bulunmuşlardır. Öğrencilere zorlandıkları yerlerde doğrudan cevabı vererek müdahale etmek yerine onlara uygun sorular sorarak ihtiyaç duydukları cevabı kendilerinin bulmalarına yardımcı olmuşlardır. Bu müdahaleler öğretmenlerin alan bilgisi yeterliliğiyle doğrudan ilişkilidir. Bu müdahale aracılığıyla öğretmenler ayrıca öğrencilerin ihtiyaç duydukları ve modelleme sürecinde önemli bir yere sahip olan konu bilgisine (Blomhoj ve Jensen, 2003; Borromeo Ferri, 2019) sahip olup olmadıklarını kontrol etme imkânı bulmuşlardır.

Uygulama sırasında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri genel olarak incelendiğinde, öğrencilerin DMM süreçlerine en fazla etki eden müdahaleler olmuştur. Nitekim, bu kategoride ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin DMM sürecinin problemi anlama, ayırttırma, bağlam kurma, zihinsel model oluşturma, model oluşturma, modeli çözme ve dönüştürme basamaklarına doğrudan etki ettikleri söylenebilir. Genel olarak bakıldığında öğretmenlerin DMM basamaklarına dikkat edecek şekilde müdahalelerde bulundukları söylenebilir. Bu müdahalelerin öğrencilerin tam ihtiyaç duydukları anda (Borromeo Ferri, 2018) ve ihtiyaç duydukları düzeyde (Leiss, 2007) gerçekleştiği taktirde öğrencilerin DMM süreçlerine istenilen düzeyde etki ettikleri söylenebilir. Bu tür müdahaleleri stratejik müdahale olarak tanımlayan Leiss (2007), çalışmaya katılan öğretmenlerin çoğunlukla stratejik olmayan müdahalelerde bulunduklarını ifade etmektedir. Mevcut çalışmada stratejik olmayan müdahaleler de görülmekle birlikte DMM sürecine uygun stratejik müdahalelerin daha sık görüldüğü söylenebilir.

5.3. Uygulama Sonrası

DMM etkinliklerinde öğrencilerin çözüm süreçleri bittikten sonra gruptan bazıları çözümlerini tüm sınıfa sunmuşlardır. Bu süreçte ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri değerlendirme teması altında toplanmıştır. Bu müdahaleler modeli açıklatma, gerçeklik, ilişkilendirme, işlevsellik, matematikle ilgili tartışma, fenle ilgili tartışma ve tüm sınıf tartışması şeklindedir.

Uygulama sonrasında öğrenciler çözümlerini sınıfta sunarken öğretmenler gruplardan modellerini açıklamalarını istemektedir. Bu müdahale sunum yapan öğrenciler için kendi düşüncelerini açıklama tecrübesi sunarken, sunumu dinleyen öğrenciler de farklı düşünme biçimlerinden haberdar olma şansı yakalamışlardır. Öğretmenler sıklıkla sunum yapan grup haricindeki diğer grupları uyararak sunumları dinlemelerini ve sürece katılmalarını sağlamaya çalışmışlardır. Bunun yanında öğretmenlerin öğrencilere çözümlerinin gerçek dünyaya uygunluğu, gerçek dünyada işlevsel olup olmadığı ve etkinlikte yer alan konuların günlük hayatla ilişkilendirilmesiyle ilgili müdahaleleri öğrencilerin DMM sürecinde yer alan dönüştürme ve değerlendirme basamaklarına yönelik müdahaleler olmuştur. Uğurel ve Bukova Güzel (2010) tarafından önerilen iyi bir matematik etkinliğinde bulunması gereken özellikler arasında etkinliğin günlük yaşamla ilişki kurmaya ve öğrenciler arasında iletişim kurmaya olanak tanınması yer almaktadır. Bu bakımdan öğrencilerin DMM sürecinde bu fırsatları yakaladığı söylenebilir. Ayrıca söz konusu müdahaleler sonrasında çözüm süreçlerinde problemler olduğunu fark eden gruplar modellerini yenileme veya matematiksel çözümlerini düzeltme imkânı bulmuşlardır.

Uygulama sonrasında sıkça karşılaşılan diğer öğretmen müdahaleleri etkinliklerde kullanılan matematik ve fen bilimleri konularıyla ilgili tartışma yaptırmak olmuştur. Benzer tartışmalar etkinlikler öncesinde de yapılmış olup, bu tartışmaların tamamı fen bilimleri konularına yönelik gerçekleşmiştir. Ancak değerlendirme teması altında ortaya çıkan tartışma müdahaleleri hem matematik hem de fen bilimleri konularına yöneliktir. Öğrenciler modellerini ve model çözümlerini matematik kavramları üzerine gerçekleştirdiklerinden çözümleri fen bilimleri konularıyla birlikte matematik konularını da içermektedir. Dolayısıyla öğretmenlerin müdahalelerinde her iki dersin konularına değinmeleri beklendik bir durumdur.

Uygulama sonrasında ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin öğrencilerin DMM süreçlerine etkileri incelendiğinde, öğrencilerin çözümlerini sınıf ortamında paylaşımlarının onların modellerini nasıl oluşturduklarını, çözümlerini neye dayandırdıklarını ve çözümlerinin geçerliğini hem öğretmenlerine hem de diğer öğrenci arkadaşlarına aktarma fırsatı sunduğu görülmektedir. Öğrenciler çözüm raporlarını yazılı olarak sunsa da model oluşturma ve çözüm süreçlerinin sözlü ve görsel olarak aktarılması öğretmenlerin öğrencilerin DMM süreçlerini daha iyi anlamalarını sağlamıştır. Bu süreçte öğretmenler öğrencilerin DMM süreçlerini sorgulama fırsatı bulurken sunum yapan öğrenciler akranlarıyla ve öğretmenleriyle matematiksel iletişim kurma fırsatı yakalamış, sunumları

dinleyen öğrenciler ise başka çözüm yolları hakkında bilgi sahibi olmuşlardır. Öğrencilerin tüm sınıf tartışmalarına katılımı ise sınırlı kalmıştır.

DMM etkinliklerinin uygulanma süreçleri genel olarak incelendiğinde, öğretmenlerin modelleme tecrübesi kazandıkça modelleme öğretimi becerilerinin geliştiğini söylemek mümkündür. Bu sonuç, literatürde yer alan diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Örneğin, Yenmez ve ark. (2019) çalışmaları sonunda öğretmenlerin modelleme eğitimi almalarının onların daha uygun uygulama stratejileri geliştirmelerine yardımcı olduğu sonucunu paylaşmışlardır. Başka bir çalışmada Didiş-Kabar ve İnan-Tutkun (2021) öğretmenlerin modelleme konusunda daha fazla uygulama tecrübesine sahip olması gerektiğini belirtmektedir.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı disiplinler arası matematiksel modelleme (DMM) etkinliklerinin planlanması ve uygulanmasında öğretmenlerin rollerinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda DMM etkinliklerinin planlama ve uygulama aşamalarında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri detaylı olarak incelenmiştir. Bunun yanında, söz konusu öğretmen müdahalelerinin öğrencilerin DMM süreçlerine etkileri araştırılmıştır. Bu incelemeler sonucu ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı olarak getirilen bazı öneriler bu bölümde paylaşılmıştır.

Çalışma kapsamında ortaya çıkan öğretmen müdahaleleri ve bu müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerine etkileri incelendiğinde öğretmenlerin hem olumlu hem de olumsuz müdahalelerde bulunduğu görülmüştür. Bu müdahalelerin bir kısmı matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanmasında görülen uygulamalarla benzerlik gösterirken, bazıları da DMM etkinliklerine özgü olarak çalışma kapsamında belirlenmiştir. Öğrencilerin DMM süreçlerini olumlu yönde etkileyen öğretmen müdahaleleri ve alan yazında yer alan diğer çalışmalar bir arada düşünüldüğünde DMM etkinliklerinin planlanması ve uygulanması aşamasında kullanılabilecek genel bir çerçeve ortaya konulmuştur.

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen sınıf uygulamaları ve gözlemci notlarının analizi sonucu elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Aşağıda sunulan sonuçlar tamamıyla kapsayıcı olmayıp, DMM uygulamaları için özellikle bu konuda daha az tecrübeye sahip öğretmenler ve araştırmacılar için bir rehber olarak kullanılabilir.

6.1. Etkinliğe Hazırlık

DMM etkinlikleri uygulanmaya başlamadan önce öğretmenlerin bazı hazırlıklar yapmaları gerekmektedir. Bu bağlamda öğretmenlerin dersten önce etkinliğin nasıl yürütüleceği ile ilgili planlamalar yaptıkları, öğrencilere etkinlikte yer alan konu ve kavramlarla ilgili araştırma ödevi verdikleri, dersin başında öğrencilerle bu konu ve kavramlarla ilgili yazılı veya görsel materyaller paylaştıkları ve tartışma yaptırdıkları gözlemlenmiştir. Öğretmenler ayrıca DMM sürecinin nasıl yürütüleceği ve kendilerinden beklentilerinin neler olduğu konularında öğrencileri bilgilendirmiştir. Bu hazırlık müdahalelerinin öğrencileri etkinliğe motive etmenin yanında problemi anlama ve model oluşturma süreçlerinde öğrencilere yardımcı olduğu söylenebilir. Bu doğrultuda, yukarıda sayılan etkinliğe hazırlık müdahalelerinden birkaçının veya tamamının gerçekleştirilmesinin DMM etkinliklerinin sağlıklı yürümesi açısından hem öğretmenlere hem de öğrencilere

olumlu etkilerinin olacağı değerlendirilmektedir. Bu müdahaleler ayrıca problemi anlama basamağında dolaylı olarak öğrencilere yardımcı olacaktır. Bunların yanında farklı öğrenci çözümlerinin değerlendirilmesi ve öğrencilerin yaşayabileceği olası sorunların önceden kestirilmesi adına öğretmenlerin DMM etkinliğinde yer alan problem durumuna hâkim olmaları ve uygulamadan önce birden fazla çözüm geliştirmeleri önerilmektedir. Öğretmenlerin etkinliğe yeterince hazırlanmadıklarında veya etkinliğe tam olarak hâkim olmadıklarında yerinde müdahalelerde bulunamadıkları görülmüştür. Dolayısıyla, etkinliğe hazırlık ve etkinliğe hâkimiyet durumlarının öğretmenlerin yerinde müdahalelerde bulunmaları noktasında belirleyici olduğu söylenebilir.

6.2. Etkinliğin Uygulanması

Bütün matematik problemlerinde olduğu gibi DMM etkinliklerinde de problemi anlama basamağı modelleme sürecinin önemli basamaklarındandır. Öğrencilerin alışık olduğu geleneksel matematik problemlerinden ve matematiksel modelleme problemlerinden farklı olarak DMM etkinliklerinin çözüm sürecinde yer alan ayırıştırma ve bağlam kurma basamaklarında öğrencilerin problemde yer alan disiplinleri ve değişkenleri belirlemeleri ve bu bilgileri ve değişkenleri ilişkilendirmeleri beklenmektedir. Etkinliğe hazırlık aşamasında yapılan tartışmaların, problemi anlama basamağında gerçekleştirilen bireysel ve grupta okumaların ve öğrencilerin problemde ne anladıklarını ifade etmelerinin onların problemde yer alan değişkenleri belirlemede ve bu değişkenleri problem bağlamında birbiriyle ilişkilendirmelerinde etkili olduğu söylenebilir.

DMM etkinliklerinin zihinsel model oluşturma ve model oluşturma basamaklarında öğrencilerin problemin çözümü için varsayımlar oluşturmaları, daha sonra bu zihinsel modele dayanarak matematiksel bir model oluşturmaları beklenmektedir. Öğretmenler tarafından uygulanan çözüm için gerekli değişkenlerin ve kullanılacak çözüm stratejisinin sorgulanması müdahaleleri öğrencilerin bu basamakları doğru bir şekilde gerçekleştirebilmeleri için oldukça etkili müdahalelerdir. Bunun yanında öğretmenlerin öğrenci çözümlerinin özgünlüğü ile ilgili müdahaleleri yine zihinsel model oluşturma ve model oluşturma basamaklarında öğrencilerin kendi çözümlerini geliştirmeleri adına etkili olmuştur. Çözüm stratejilerinin ve çözümde kullanılacak değişkenlerin sorgulanmasıyla ilgili müdahaleler sınıf genelinde yapıldığında tüm gruplar benzer çözümler elde edeceğinden, farklı ve özgün çözümler üretilmesi adına bu müdahalelerin gruplara özel gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Öğrencilerin geliştirdikleri matematiksel modellerin çözüldüğü modeli çözme aşaması DMM sürecinin en uzun basamağı olmuştur. Model çözümü aşamasında ve genel olarak DMM sürecinde öğrenciler ihtiyaç duyduğunda öğretmenlerin müdahale etmemesi, öğrencileri bilişsel olarak zorlamayan kısa cevaplı sorgulamalar yapılması, öğrencileri kendi çözüm yoluna yönlendirme gibi müdahaleler öğrencilerin DMM sürecini olumsuz etkileyen müdahalelerdir. Öğrencilerin düşüncelerini yansıtan özetleme, onların düşünme biçimlerini sorgulayan açıklama isteme ve öğrencilerin zorlandıkları yerlerde onlara yardımcı olan açıklama yapma müdahaleleri öğrencilere model çözümü aşamasında yardımcı olan müdahalelerdir. Bu basamakta öğrencilerin tam ihtiyaç duyduğu zamanda ortaya çıkan, onları bilişsel olarak zorlayan, kendi düşünceleri üzerinde kafa yormalarını sağlayan ve farklı düşünme biçimleri geliştirmelerine yardımcı olan müdahaleler istenilen öğretmen müdahaleleridir. DMM etkinliklerinde ihtiyaç duyulan iki farklı alana özgü uzman bilgisi bağlamında kendi alanıyla ilgili konularda öğrenci sorularını cevaplama veya bu konularda öğrenci bilgilerini sorgulama, uzmanı olmadığı konularda ilgili öğretmene yönlendirme DMM sürecinde olumlu değerlendirilen diğer öğretmen müdahaleleridir.

6.3. Etkinliğin Değerlendirilmesi

DMM sürecinde oluşturulan model çözüme kavuşturulduktan sonra dönüştürme basamağında çözümden matematiksel sonuçlar çıkarmaları ve bu sonuçları yorumlayarak gerçek yaşama uyarlamaları beklenmektedir. Değerlendirme basamağında ise oluşturulan modellerin doğruluğu test edilerek farklı durumlardaki kullanışlılığı sorgulanır. Etkinliğin değerlendirilmesi aşamasında öğrenciler çözümlerini tahtada sunarak öğretmenleriyle ve diğer gruplarla paylaşmaktadır. Bu sayede öğretmenler öğrencilerin çözüm süreçlerini sorgulama imkânı bulmaktadır. Bu aşamada ortaya çıkan müdahaleler aracılığıyla öğretmenler öğrencilere modellerini açıklama fırsatı vermektedir. Bu müdahaleler ile öğretmenler öğrenci çözümlerinin gerçek dünyaya uygunluğunu, çözümlerin gerçek hayatla nasıl ilişkilendirilebileceğini ve çözümlerin gerçek yaşamdaki işlevselliği sorgulayarak dönüştürme ve değerlendirme basamağında öğrencilere yardımcı olmuşlardır. Bu basamakta hatalı öğrenci çözümlerine müdahale edilmemesi ise yanlış öğrenmelere ve DMM sürecinin başarısız şekilde sonuçlanmasına neden olabilir. DMM etkinliklerinde kullanılan matematik ve fen bilimleri konularıyla ilgili tartışmalar öğrencilerin öğrenmeleri üzerinde düşüncelerine yardımcı olan müdahalelerdir. Etkinliğin değerlendirilmesi aşamasında tüm

sınıf tartışması ile bütün öğrencilerin farklı çözümler hakkı bilgi sahibi olması ve bu çözümler hakkındaki düşüncelerini paylaşmalarına imkân tanınmalıdır.

6.4. Öneriler

DMM etkinlikleri birden fazla disiplini bir arada bulunduran yapısıyla geleneksel matematik problemlerinden ve diğer matematiksel modelleme etkinliklerinden farklılaşmaktadır. Bu etkinliklerin planlanması ve uygulanması sürecinde ortaya çıkan öğretmen müdahalelerinin ve bu müdahalelerin öğrencilerin DMM süreçlerine etkilerinin incelendiği bu çalışma sonunda uygulayıcılar ve araştırmacılar için sırasıyla aşağıdaki önerilerde bulunmak mümkündür.

Uygulayıcılar için öneriler:

- Çalışmanın sınırlılıkları da göz önünde bulundurularak, çalışma sonunda ortaya çıkan sonuçlar özellikle modelleme ve DMM etkinlikleri ile ilgili daha az tecrübeye sahip öğretmenler tarafından bir rehber olarak kullanılabilir.
- Matematikle birlikte farklı branşlardan öğretmenlerin daha fazla bir araya gelerek birlikte DMM etkinlikleri geliştirip sınıf ortamında uygulamalar gerçekleştirebilirler.

Araştırmacılar için öneriler:

- Araştırma sonuçlarının matematik eğitimi ve STEM araştırmacıları için yeni araştırma fırsatları sunduğu düşünülmektedir. Örneğin, araştırma farklı çalışma grupları ve farklı DMM etkinlikleri ile tekrarlanarak araştırma sonuçları karşılaştırılabilir.
- Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar her iki branş öğretmenin bir arada yer aldığı bir öğretim ortamında ortaya çıkmıştır. Ancak okul ortamında her zaman bu fırsatı yakalamak mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla DMM etkinlikleri yalnızca bir öğretmenin uygulayacağı şekilde yeniden tasarlanarak araştırma sonuçları karşılaştırılabilir.
- Mevcut çalışmada ortaya konan DMM etkinliklerinde matematik ve fen bilimleri konuları bir arada yer almaktadır. Matematikle birlikte STEM alanlarından başka bir alana ait konuların yer aldığı DMM etkinlikleri kullanılarak çalışma tekrarlanabilir.
- Mevcut çalışmada modelleme öğretimi için gerekli öğretmen yeterliklerinden yalnızca öğretim boyutu göz önünde bulundurulmuştur. Sonraki çalışmalarda teorik, etkinlik, öğretim ve tanılama/teşhis boyutları bir arada kullanılabilir.

7. KAYNAKÇA

- Albarracín, L., Segura, C., Ferrando, I., & Gorgorió, N. (2021). Supporting mathematical modelling by upscaling real context in a sequence of tasks. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*.
<https://doi.org/10.1093/teamat/hrab027>
- Alleksaht-Snider, M., & Hart, L. E. (2001). "Mathematics for all": How do we get there?. *Theory into practice*, 40(2), 93-101.
https://doi.org/10.1207/s15430421tip4002_3
- Aydın Güç, F., ve Baki, A. (2016). Matematiksel modelleme yeterliklerini geliştirme ve değerlendirme yaklaşımlarının sınıflandırılması. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 7(3), 621-645. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.277876>
- Baker, C. K., & Galanti, T. M. (2017). Integrating STEM in elementary classrooms using model-eliciting activities: responsive professional development for mathematics coaches and teachers. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 1-15.
<https://doi.org/10.1186/s40594-017-0066-3>
- Banks, F., & Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the secondary school: How teachers and schools can meet the challenge*. Routledge.
- Berry, J., & Houston, K. (1995). *Mathematical modelling*. Gulf Professional Publishing.
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 22(3), 123-139. <https://doi.org/10.1093/teamat/22.3.123>
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2007). What's all the fuss about competencies? In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 45-56). Springer.
- Blum, W. (1985). Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion. *Mathematische Semesterberichte*, 32(2), 195–232. <https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/2009061728274/BlumDiskussion1985.pdf?sequence=1>
- Blum, W. (1993). Mathematical modeling in mathematics education and instruction. In T. Breiteig, I. Huntley & G. Kaiser-Messmer (Eds.), *Teaching and Learning Mathematics in Context* (pp. 3-14). Chichester.

- Blum, W. (1996). Anwendungsbezüge im Mathematikunterricht—Trends und Perspektiven. In G. Kadunz, H. Kautschitsch, G. Ossimitz, & E. Schneider (Eds.), *Trends und Perspektiven* (pp. 15–38). Hölder-Pichler-Tempsky.
- Blum, W. (2002). ICMI Study 14: Applications and modelling in mathematics education – Discussion document. *Educational Studies in Mathematics*, 51(1-2), 149-171. <https://doi.org/10.1023/A:1022435827400>
- Blum, W. (2015). Quality teaching of mathematical modelling: What do we know, what can we do? In S. J. Cho (Ed.), *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 73-96). Springer.
- Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?. *Journal of Mathematical Modelling and Applications*, 1(1), 45-58. <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/modelling/article/view/1620>
- Blum, W., & Leiss, D. (2007). Investigating quality mathematics teaching—the DISUM Project. In C. Bergsten & B. Grevholm (Eds.), *Developing and researching quality in mathematics teaching and learning, Proceedings of MADIF 5*, (pp. 3-16). Svensk Förening för Matematikdidaktisk Forskning. http://matematikdidaktik.org/wp-content/uploads/2021/07/05_MADIF5.pdf#page=8
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects – State, trends and issues in mathematical instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 37-68. <https://doi.org/10.1007/BF00302716>
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 86-95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Borromeo Ferri, R. (2010). On the influence of mathematical thinking styles on learners' modeling behavior. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31(1), 99-118. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0009-8>
- Borromeo Ferri, R. (2018). *Learning How to Teach Mathematical Modeling in School and Teacher Education*. Springer.
- Borromeo Ferri, R., & Blum, W. (2009). Mathematical modelling in teacher education – Experiences from a modelling seminar. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne, & F. Arzarello (Eds.), *European Society for Research in Mathematics Education – Proceedings of CERME 6*, (pp. 2046–2055). Institut National de Recherche Pédagogique and ERME. <http://erme.site/cerme-proceedings-series/>

- Borromeo Ferri, R., & Mousoulides, N. (2017). Mathematical modelling as a prototype for interdisciplinary mathematics education? – Theoretical reflections. In T. Dooley ve G. Gueudet (Eds.), *Proceedings of CERME 10* (pp. 900-907). Institute of Education and ERME.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics*. N. Balachef, M. Cooper, R. Sutherland, & V. Warfeld (Eds. & Trans.). Kluwer.
- Burkhardt, H. (1981). *The Real World and Mathematics*. Birkhauser.
- Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F., Karadeniz, Ş., ve Çakmak, E. K. (2015). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. PEGEM Akademi.
- Cai, J., Cirillo, M., Pelesko, J., Bommero Ferri, R., Borba, M., Geiger, V., ... & Kaiser, G. (2014). Mathematical modeling in school education: Mathematical, cognitive, curricular, instructional and teacher educational perspectives. In P. Liljedahl, C. Nicol, S. Oesterle, & D. Allan (Eds.), *Proceedings of the 38th Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 145–172). Springer.
- Cirillo, M., Pelesko, J., Felton-Koestler, M., & Rubel, L. (2016). Perspectives on modeling in school mathematics. In C. R. Hirsch, A. R. McDuffie & National Council of Teachers of Mathematics (Eds.), *Annual perspectives in mathematics education, mathematical modeling and modeling mathematics* (pp. 3–16). National Council of Teachers of Mathematics.
- Cook, L., & Friend, M. (1995). Co-teaching: Guidelines for creating effective practices. *Focus on Exceptional Children*, 28(3), 1-16.
<https://journals.ku.edu/focusXchild/article/view/6852/6204>
- Corbin, J. M., & Strauss, A. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons, and evaluative criteria. *Qualitative sociology*, 13(1), 3-21.
<https://doi.org/10.1007/BF00988593>
- Creswell, J. W. (2011). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Merrill Prentice Hall.
- Çavuş Erdem, Z., Gürbüz, R., Doğan, M. F. ve Şahin, S. (2018). Matematiksel modelleme süreci ve matematiksel modelleme yeterlikleri. R. Gürbüz ve M. F. Doğan (Ed.), *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı*. (ss. 33-42). PEGEM Akademi.

- D'Ambrosio, U. (2009). Mathematical modeling: Cognitive, pedagogical, historical and political dimensions. *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 89-98. <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/modelling/article/view/1624>
- Deniz, D. (2014). *Ortaöğretim Matematik Öğretmenlerinin Matematiksel Modelleme Yöntemine Uygun Etkinlik Oluşturabilme ve Uygulayabilme Yeterlikleri*. [Yayımlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Dewanti, S. S., Kartowagiran, B., & Jailani, R. (2020). Lecturers' experience in assessing 21st-century mathematics competency in Indonesia. *Problems of Education in the 21st Century*, 78(4), 500-515. <https://doi.org/10.33225/pec/20.78.500>.
- Didiş-Kabar, M. G., & İnan-Tutkun, M. (2018). Ortaokul matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme problemini uygulama sürecinin incelenmesi: Uygulamayı planlama ve öğretmen müdahaleleri. *International Journal of Educational Studies in Mathematics*, 8(2), 98-123. <https://doi.org/10.17278/ijesim.878364>
- Doerr, H. M., & English, L. D. (2003). A modeling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal For Research in Mathematics Education*, 34(2), 110-136. <https://doi.org/10.2307/30034902>
- Doerr, H. M., & English, L. D. (2006). Middle grade teachers' learning through students' engagement with modeling tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9(1), 5-32. <https://doi.org/10.1007/s10857-006-9004-x>
- Doerr, H. M., & Lesh, R. (2011). Models and modelling perspectives on teaching and learning mathematics in the twenty-first century. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 247-268). Springer.
- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş-Erdem, Z. ve Şahin, S., (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak matematiksel modelleme. R. Gürbüz ve M. F. Doğan (Ed.), *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı*. (ss. 43-56). PEGEM Akademi.
- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş-Erdem, Z., & Şahin, S. (2019). Using Mathematical Modeling for Integrating STEM Disciplines: A Theoretical Framework. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 10(3), 628-653. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.502007>

- Ellis, A., Özgür, Z., & Reiten, L. (2019). Teacher moves for supporting student reasoning. *Mathematics Education Research Journal*, 31(2), 107-132. <https://doi.org/10.1007/s13394-018-0246-6>
- English, L. D. (2006). Mathematical modeling in the primary school: Children's construction of a consumer guide. *Educational Studies in Mathematics*, 63(3), 303-323. <https://doi.org/10.1007/s10649-005-9013-1>
- English, L. D. (2008). Mathematical modelling: Linking mathematics, science, and the arts in the primary curriculum. In *Proceedings of the Second International Symposium on Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences (MACAS2)*, Odense, Denmark (pp. 5-32). Information Age Publishing.
- English, L. D. (2015). STEM: challenges and opportunities for mathematics education. In K. Beswick, T. Muir, & J. Wells (Eds.), *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 4-18). The International Group for the Psychology of Mathematics Education.
- English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 5-24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- English, L. D. (2022). Interdisciplinary mathematical modeling. In *Mathematics and Its Connections to the Arts and Sciences (MACAS)* (pp. 163-177). Springer.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.4.2039>
- Fischer, R., & Malle, G. (1985). *Mensch und Mathematik*. Bibliographisches Institut.
- Flick, U. (2002). *An Introduction to Qualitative Research*. Sage.
- Gainsburg, J. (2006). The mathematical modeling of structural engineers. *Mathematical Thinking and Learning*, 8(1), 3-36. https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0801_2
- Galbraith, P. (2007). Beyond the low hanging fruit. In *Modelling and Applications in Mathematics Education, 14th ICMI Study* (pp. 79-88). Springer.
- Galbraith, P. (2012). Models of modelling: genres, purposes or perspectives. *Journal of Mathematical Modeling and Application*, 1(5), 3-16. <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/modelling/article/view/2895>

- Geiger, V., Galbraith, P., Niss, M., & Delzoppo, C. (2022). Developing a task design and implementation framework for fostering mathematical modelling competencies. *Educational Studies in Mathematics*, 109(2), 313-336. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10039-y>
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gould, H. (2016). What a modeling task looks like. In C. R. Hirsch, A. R. McDuffie & National Council of Teachers of Mathematics (Eds.), *Annual perspectives in mathematics education, mathematical modeling and modeling mathematics* (pp. 179-186). National Council of Teachers of Mathematics.
- Greefrath, G., & Vorhölter, K. (2016). *Teaching and learning mathematical modelling: Approaches and developments from German speaking countries*. Springer Nature.
- Gürbüz, R., & Çalık, M. (2021). Intertwining mathematical modeling with environmental issues. *Problems of Education in the 21st Century*, 79(3), 412-424. <https://doi.org/10.33225/pec/21.79.412>
- Gürbüz, R. ve Doğan, M. F. (2018). *Matematiksel Modellemeye Disiplinler Arası Bakış: Bir STEM Yaklaşımı*. PEGEM Akademi.
- Haines, C., & Crouch, R. (2007). Mathematical modelling and applications: Ability and competence frameworks. In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 417-424). Springer.
- Hallström, J. & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>
- Herbel-Eisenmann, B. A., Steele, M. D., & Cirillo, M. (2013). (Developing) teacher discourse moves: A framework for professional development. *Mathematics Teacher Educator*, 1(2), 181-196. <https://doi.org/10.5951/mathteaceduc.1.2.0181>
- Hıdıroğlu, Ç. N. ve Bukova Güzel, E. (2013). Matematiksel modelleme sürecini açıklayan farklı yaklaşımlar. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(1), 127-145. <https://dergipark.org.tr/en/pub/buefad/issue/3812/51138>
- Hıdıroğlu, Ç. N., & Bukova Güzel, E. (2016). Transitions between cognitive and metacognitive activities in mathematical modelling process within a technology

- enhanced environment. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science & Mathematics Education*, 10(1), 313-350. <https://doi.org/10.17522/nefefmed.15854>
- Jung, H. (2015). Strategies to support students' model development. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 21(1), 42-48. <https://doi.org/10.5951/mathteachmiddscho.21.1.0042>
- Kaiser, G. (1995). Realitätsbezüge im Mathematikunterricht: Ein Überblick über die aktuelle und historische Diskussion. In G. Graumann, T. Jahnke, G. Kaiser, & J. Meyer (Eds.), *Schriftenreihe der Istron-Gruppe: Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht* (Vol. 2, pp. 66–81). Franzbecker.
- Kaiser, G. (2007). Modelling and modelling competencies in school. In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics*, (pp. 110-119). Horwood Publishing.
- Kaiser, G., Blum, W., Borromeo Ferri, R., & Stillman, G. (2011). Trends in teaching and learning of mathematical modelling—Preface. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 1-5). Springer.
- Kaiser, G. & Brand, S. (2015). Modelling competencies: Past development and further perspectives. In G. A. Stillman, W. Blum & M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice* (pp. 129-149). Springer.
- Kaiser, G. & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*, 38(3), 302-310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- Kaiser, G. & Stender, P. (2013). Complex modelling problems in co-operative, self-directed learning environments. In G. A. Stillman, G. Kaiser, W. Blum & J. P. Brown (Eds.), *Teaching mathematical modelling: Connecting to research and practice* (pp. 277-293). Springer.
- Kertil, M., & Gürel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 44-55. <https://doi.org/10.18404/ijemst.95761>
- Krometis, L. A. H., Clark, E. P., Gonzalez, V., & Leslie, M. E. (2011). The “death” of disciplines: Development of a team-taught course to provide an interdisciplinary perspective for first-year students. *College Teaching*, 59(2), 73-78. <https://doi.org/10.1080/87567555.2010.538765>

- Leiss, D. (2007). *Hilf mir, es selbst zu tun. Lehrerinterventionen beim mathematischen Modellieren*. Franzbecker.
- Leiss, D. (2010). Adaptive teacher interventions in mathematical modelling-empirical findings of a comparative laboratory and classroom study. *Journal Fur Mathematik-Didaktik*, 31(2), 197-226. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0013-z>
- Lesh, R., Cramer, K., Doerr, H., Post, T. R., & Zawojewski, J. S. (2001). Model development sequences. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp 35-58). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3-33), Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R., & Harel, G. (2003). Problem solving, modeling, and local conceptual development. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(2-3), 157-189. <https://doi.org/10.1080/10986065.2003.9679998>
- Lesh, R., & Kelly, A. E. (2000). Multi-tiered teaching experiments. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 197–230). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R., Kelly, A. E., & Yoon, C. (2008). Multitiered design experiments in mathematics, science, and technology education. In A. E. Kelly, R. Lesh & J. Y. Baek (Eds.), *Handbook of design research methods in education*, 131-148. Routledge.
- Lesh, R., & Yoon, C. (2007). What is Distinctive in (Our Views about) Models and Modelling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching? In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 161-170). Springer.
- Lesh, R., & Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. In F. Lester (Ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 763–804). Information Age Publishing.
- Lewis, S. T. (2018). *Theorizing teaching practices in mathematical modeling contexts through the examination of teacher scaffolding* [Doctoral dissertation]. The Ohio State University.

- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38(2), 113-142.
<https://doi.org/10.1007/BF02655885>
- Maas, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM*, 51(6), 869-884.
<https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
- Martin, D. B. (2003). Hidden assumptions and unaddressed questions in mathematics for all rhetoric. *The Mathematics Educator*, 13(2), 7-21.
<https://openjournals.libs.uga.edu/tme/article/view/1856/1764>
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. Jossey-Bass.
- Meyer, W. (1984). *Concepts of Mathematical Modeling*. Nork.
- Milli Eğitim Bakanlığı, (2018). Talim Terbiye Kurulu, Ortaokul matematik dersi (5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı, “<http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx>” adresinden erişilmiştir. Erişim Tarihi [20- Şubat- 2018].
- Moses, R. P. (1994). Remarks on the struggle for citizenship and math/science literacy. *The Journal of Mathematical Behavior*, 13(1), 107-111. [https://doi.org/10.1016/0732-3123\(94\)90042-6](https://doi.org/10.1016/0732-3123(94)90042-6)
- Niss, M. (2010). Modeling a crucial aspect of students’ mathematical modeling. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 43-59). Springer.
- Niss, M. (2015). Prescriptive modelling—challenges and opportunities. In G. A. Stillman, W. Blum & M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice* (pp. 67-79). Springer.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 3-32). Springer.
- Nutchev, D., Grant, E., Cooper, T., & English, L. (2015). Introducing the multi-faceted teaching experiment. In *Proceedings of the CAR Symposia: Contemporary Approaches to Research in Mathematics, Science, Health and Environmental Education*. Deakin University.
- Özdemir, E., & Üzel, D. (2013). A case study on teacher instructional practices in mathematical modeling. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 3(1), 1-14.
<https://www.tojned.net/journals/tojned/articles/v03i01/v03i01-09.pdf>

- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods*. SAGE Publications.
- Pollak, H. O. (1969). How can we teach applications of mathematics? *Educational studies in mathematics*, 2(2-3), 393-404. <https://www.jstor.org/stable/3482089>
- Pollak, H. O. (1979). The interaction between mathematics and other school subjects. In UNESCO (Eds.), *New trends in mathematics teaching IV*, 232-248. UNESCO.
- Pollak, H. O. (2011). What is mathematical modeling? *Journal of Mathematics Education at Teachers College*, 2(1), 64. <https://doi.org/10.7916/jmetc.v2i1.694>
- Pollak, H. O. (2016). Foreword. In C. R. Hirsch & A. R. McDuffie (Eds.), *Mathematical Modeling and Modeling Mathematics*, (pp vii-viii). National Council of Teachers of Mathematics.
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton University Press.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Sağıroğlu, D. ve Karataş, İ. (2018). Matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme yöntemine yönelik etkinlik oluşturma ve uygulama süreçlerinin incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(2), 102-135. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.506423>
- Schneider, L., Borromeo Ferri, R., & Ruzika, S. (2021). On the influence of knowledge about the ideal-typical modelling processes on individuals' modelling routes. *Quadrante*, 30(2), 220-241. <https://doi.org/10.48489/quadrante.23719>
- Schukajlow, S., Kolter, J., & Blum, W. (2015). Scaffolding mathematical modelling with a solution plan. *ZDM*, 47(7), 1241-1254. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0707-2>
- Schukajlow, S., Leiss, D., Pekrun, R., Blum, W., Müller, M., & Messner, R. (2012). Teaching methods for modelling problems and students' task-specific enjoyment, value, interest and self-efficacy expectations. *Educational Studies in Mathematics*, 79(2), 215-237. <https://doi.org/10.1007/s10649-011-9341-2>
- Sfard, A. (2012). Why mathematics? What mathematics? *The Mathematics Educator*, 22(1), 3-16. <https://openjournals.libs.uga.edu/tme/article/view/1972/1877>

- Solis, M., Vaughn, S., Swanson, E., & McCulley, L. (2012). Collaborative models of instruction: The empirical foundations of inclusion and co-teaching. *Psychology in the Schools*, 49(5), 498-510. <https://doi.org/10.1002/pits.21606>
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. SAGE Publications.
- Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*, (pp. 267-306). Lawrence Erlbaum Associates.
- Stender, P. (2018). The use of heuristic strategies in modelling activities. *ZDM*, 50(1), 315-326. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0901-5>
- Stender, P. (2019). Heuristic strategies as a toolbox in complex modelling problems. In G. A. Stillman & J. P. Brown (Eds.), *Lines of inquiry in mathematical modelling research in education* (pp. 197-212). Springer.
- Stillman, G. A. (2019). State of the art on modelling in mathematics education—Lines of inquiry. In G. A. Stillman & J. P. Brown (Eds.), *Lines of Inquiry in Mathematical Modelling Research in Education* (pp. 1-20). Springer.
- Treacy, P., & O'Donoghue, J. (2014). Authentic Integration: a model for integrating mathematics and science in the classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(5), 703-718. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.868543>
- Tropper, N., Leiss, D., & Hänze, M. (2015). Teachers' temporary support and worked-out examples as elements of scaffolding in mathematical modeling. *ZDM*, 47(7), 1225-1240. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0718-z>
- Uğurel, I. ve Bukova-Güzel, E. (2010). Matematiksel öğrenme etkinlikleri üzerine bir tartışma ve kavramsal bir çerçeve önerisi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39, 333-347. http://www.efdergi.hacettepe.edu.tr/shw_artcl-482.html
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271-296. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2011). Patterns of contingent teaching in teacher–student interaction. *Learning and Instruction*, 21(1), 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.10.004>

- Vos, P. (2011). What is ‘authentic’ in the teaching and learning of mathematical modelling? In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, ve G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 713–722). Springer.
- Webb, N. M., Franke, M. L., Ing, M., Turrou, A. C., Johnson, N. C., & Zimmerman, J. (2019). Teacher practices that promote productive dialogue and learning in mathematics classrooms. *International Journal of Educational Research*, 97, 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.07.009>
- Yenmez, A. A., Erbas, A. K., Alacaci, C., Cakiroglu, E., & Cetinkaya, B. (2017). Evolution of mathematics teachers’ pedagogical knowledge when they are teaching through modeling. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(4), 317-332. <https://doi.org/10.18404/ijemst.296552>
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods*. SAGE Publications.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods*. SAGE Publications.
- Zawojewski, J. (2013). Problem solving versus modeling. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines & A. R. Hurford (Eds.), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies* (pp. 237-243). Springer.
- Zawojewski, J. S., Lesh, R., & English, L. (2003). A models and modeling perspective on the role of small group learning activities. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*, (pp. 337-358). Lawrence Erlbaum Associates.
- Zbiek, R. M. (2016). Supporting Teachers’ Development as Modelers and Teachers of Modelers. In C. R. Hirsch, A. R. McDuffie & National Council of Teachers of Mathematics (Eds.), *Annual perspectives in mathematics education, mathematical modeling and modeling mathematics* (pp. 263–272). National Council of Teachers of Mathematics.

EKLER

Ek-1. Su İsrafi Etkinliği



Dünya üzerinde bir yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 10000 metreküpten büyük olan ülkeler “su zengini”, 3000-10000 metreküp arasında olan ülkeler “kendi ihtiyacını karşılayabilen”, 1000-3000 metreküp arasında olan ülkeler “su sıkıntısı bulunan”, 1000 metreküpten az olan ülkeler ise “su fakiri” olarak kabul edilir.

DSİ Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye’de kişi başına düşen ortalama su miktarı 1500 metreküptür. Türkiye nüfusunun 2023 yılında 100 milyonu bulması beklenmektedir.

Türkiye'nin mevcut su kaynaklarının tamamı bozulmadan korunsa bile 2023 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1125 metreküp civarında olması beklenmektedir.

Nüfusun artışına bağlı olarak su kaynaklarının da azalacağını göz önünde bulundurduğumuzda su fakiri ülke konumuna geleceğimiz riski bulunmaktadır.

OKUMA BİLGİLERİ					
Okuma Tarihi	İşaret	Durum	Sayaç Seri No	Okuyucu Kodu	
İlk Okuma	11/08/2017	1076	11	2539641	
Son Okuma	13/09/2017	1097	11	2539641	KRO110026
FATURA BİLGİLERİ					
Su Birim Fiyatı	5.46 TL		Dönem	201709	
KSUB Birim Fiyatı	0.00 TL		Fatura Tarihi	13/09/2017	
Su Bedeli	114.66 TL		Ev / İşyeri	1/0	
KSUB Bedeli	0.00 TL		Gün Sayısı	33	
Bakım Bedeli	6.01 TL		Toplam m ²	21	
KDV	9.65 TL		Günlük m ³	0.64	
ÇTV	5.88 TL		Ek m ³	0	
Ön Küsürat	0.00 TL		Fark m ³	21	
Dönem Tutarı	136.00 TL		ÇTV m ³	21	
ÖDEME BİLGİLERİ					
Geçmiş Dönem Borcu	0.00 TL		SON ÖDEME TARİHİ 28/09/2017 ÖDENECEK TUTAR 136.00 TL		
Geçmiş Dön. Gecikme Czs.	0.00 TL				
Geçmiş Dönem Alacağı	0.00 TL				
ÇTV Geçmiş Dönem Borcu	0.00 TL				
ÇTV Geç. Dön. Gck. Cezası	0.00 TL				
Teminat Bedeli	0.00 TL				
MESAJ			MOBİL İSKİ HIZLI ÖDEME		
TOPLAM ÖDENECEK TUTAR TALİMATLI OLDUĞUNUZ BANKADAN OTOMATİK ÖDEME İŞLEMİ İLE TAHSİL EDİLECEKTİR. /					
					
SAAT:10:49:46 VRS:3.2.22					

Yukarıda yer alan gazete haberindeki bilgiler su israfının ne kadar önemli bir konu olduğuna dikkat çekmektedir.

1. Buna göre su israfının önüne geçebilmek adına bir ailenin 1 yılda evinde yapabileceği su tasarruf miktarını belirleyerek bir tasarruf planı oluşturunuz.

2. Yanda bir ailenin 1 aylık su tüketim faturası örnek olarak verilmiştir. Yaptığınız tasarruf planı sonrasında faturadaki su birim küp fiyatını dikkate alarak aile bütçesine ne kadar katkı yapılabileceğinizi hesaplayınız.

Not: Su faturasına gelebilecek zam oranı veya illere göre oluşabilecek fiyat farklılığı dikkate alınmayacaktır.

Ek-2. Pet Şişe Etkinliği



Her yıl bir milyondan fazla hayvan plastik tüketimi yüzünden hayatlarını kaybediyor. Dış etmenlerin etkisiyle parçalanan pet şişeler, mikro plastik olarak doğaya ve doğal yaşama zarar veriyor. Önüne geçilmezse bilinçsiz pet şişe kullanımı doğayı ve yaşamı tehdit etmeye devam edecektir. Oysa kullanılan pet şişelerin hayata kazandırılması için farklı alternatifler bulunmaktadır. Örneğin, pet şişeler özellikle gelir

seviyesi düşük ülkelerde ev yapımında kullanılarak dayanıklı ve maliyeti düşük evler yapılıyor. Böylelikle hem ekonomik kazanç sağlanıyor hem de doğa korunmuş oluyor.

Ülkemizin sosyocoğrafik yaşam koşulları dikkate alındığında pet şişeler kullanılarak inşa edilen yapıların inşaat sektöründe kullanımı pek yaygın değildir. Ancak ülkemizde çevre kirliliğine vurgu yapılmasını ve yeniden kullanım konusunda farkındalık oluşturulmasını sağlamak için park ve okul bahçeleri gibi çeşitli sosyal alanlara pet şişeleri kullanılarak yapılar yapmak mümkündür.

Çevre dostu yaşam alanlarının oluşturulmasını sağlamak ve çevre kirliliğini önlemenin en etkili yolları maddelerin geri dönüşümü, geri kazanımı veya yeniden kullanımıdır. Buradan hareketle tekrar kullanım olarak da bilinen “Yeniden Kullanılabilecek Malzemelerle Çevreci Yapılar” projesi kapsamında okul bahçelerine birer oyun evi yapılacaktır.

Sizden bu proje kapsamında okulunuzun bahçesine bir oyun evi yapmanız istenmektedir. Yapılacak bu oyun evi için kaç adet pet şişeye ihtiyacınız olduğunu ve böyle bir ev inşa ederek doğaya nasıl katkıda bulunacağınızı gerekçelerinizle açıkladığınız bir rapor hazırlamanız istenmektedir.

Ek-3. Yalıtım Etkinliği

Isı yalıtımı, sıcak ya da soğuk havanın ısı köprüleri vasıtası ile konutların içine girmesini ya da çıkmasını engellemek adına yapılan işlemlerdir. Isı yalıtımı binaların; çatılarına, dış cephelerine veya garaj ve depo gibi kullanılmayan bölümlere bakan duvarlarına, tesisat boruları ile havalandırma kanallarına yapılır.

Dış Cephe Mantolama işlemi yapılmadan önce iyi bir plan cetveline ihtiyaç vardır. Bir mantolama işleminden maksimum fayda sağlamak için; doğru yer, doğru malzeme, doğru kalınlık, doğru uygulama gibi özelliklerin bir araya gelmesi gerekir. Doğru bir ısı yalıtımıyla yıllık %45 ile %60 arası tasarruf sağlanabilmektedir. Bu tasarruf ülke ekonomisine de katkı sağlamaktadır.

Cam yünü: Bu yalıtım maddesi, inorganik hammadde olan silis kumunun 1.200°C-1.250°C’de eritilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile (alüminyum folyo, sarı cam tülü, siyah cam tülü vb) şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilmektedir.

Taş yünü (Kaya yünü): Volkanik kayaçların 1600 derece ve üstünde ısıya maruz kalıp eritilmesiyle elyaf haline getirilmesinden elde edilen bir yalıtım malzemesidir. Taş yününün elde edildiği volkanik kayaçlar, mineral oranı açısından en zengin inorganik taşlar olduğu için oldukça tercih edilen doğal yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Ekspande Polistren (EPS): Petrol türevi olan polistren hammaddesinin genleştirilerek şişirilmesi yöntemiyle blok halinde üretilen ve sonra levha şeklinde kesilen, homojen ve kapalı gözenekli hücre yapısına sahip ısı yalıtım malzemesidir. Halk arasında sert köpük olarak bilinmektedir.

Ekstrüde Polistren (XPS): Petrol türevi olan polistren maddeden üretilen homojen ve kapalı gözenekli hücre yapısına sahip ısı yalıtım malzemesidir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kenar ve yüzey şekillerinde levha halinde üretilmektedir. Polistren sert köpüğün banttan çekilerek üretilen tipidir.

Neopor (Karbonlu EPS): EPS malzemesinin üretimi sırasında içine, kızıl ötesi ışınları yansıtma özelliği bulunan grafit (karbon) tanecikleri katılarak, ısı iletkenlik değeri daha düşük (yani ısı yalıtım değeri daha yüksek) EPS elde edilir. Isı yalıtım değeri normal EPS’den % 20 daha iyidir.

Malzemenin adı	Kullanım sıcaklığı	Yangın sınıfı	Rengi
Cam yünü	-50 C/ +250 C	Yanmaz	Sarı
Taş yünü	-50 C/ +650 C	Yanmaz	Kahverengi
XPS	-50/+75 C	Zor alev alır	Farklı renkleri var
EPS	-50/+75 C	Normal alevlenici	Beyaz
Karbonlu EPS	-50/+75 C	Normal alevlenici	Beyaz

Alp Bey, Adıyaman’da babadan kalma arsasına yaptığı 2 katlı müstakil evine ısıtma ve soğutma giderlerini düşürmek için evinin dış cephesine mantolama yapmayı

düşünmektedir. Bu iş için bir yalıtım firmasıyla görüşen Alp Bey'e firma yetkilisi, 2 farklı markayla çalıştıklarını belirterek, bu marka ve malzemelere ait şu bilgileri paylaşmıştır:

- A markası firmanın daha önce sürekli kullandığı ve şikayet almadığı bir markadır.
- B markası piyasaya yeni çıkan ama kalitesine güvenen ve A markası gibi her türlü garantiyi veren bir markadır.
- Her iki marka da EPS, XPS KARBONLU EPS, TAŞ YÜNÜ ve CAM YÜNÜ ısı yalıtım malzemelerini kullanmaktadır.
- Bir evin çatı kısmı için cam yünü malzeme, duvarlar için ise diğer malzemeler kullanılabilir.
- Ev için kullanılacak malzeme miktarı pencere ve kapılar göz ardı edilerek hesaplanmaktadır.

A ve B markalarının malzeme fiyat listesi

Malzeme	A markasının paket fiyatı	B markasının paket fiyatı
Cam yünü	313,2 TL	300,2 TL
Taş yünü	291,6 TL	282,6 TL
XPS	187,2 TL	171,4 TL
EPS	172,8 TL	170,6 TL
Karbonlu EPS	180,8 TL	180,6 TL

***Tüm malzemeler 4 cm kalınlıkta olup, her paket 3,6 m²'dir. Tablodaki fiyatlar, ısı yalıtımının tüm maliyetini (gerekli olan diğer malzeme ve işçilik) kapsamaktadır.**

Bu maliyetleri gören Alp Bey, yaptıracığı ısı yalıtımının, hem tasarruflu hem de uygun maliyetle olmasını istemektedir. Alp Bey'e doğru bir tercih yapması için yardımcı olunuz. Tercihinizi neye göre yaptığınızı açıklayınız.

Ek-4. Küresel Isınma Etkinliği



Karbondioksit, metan gibi sera gazlarının sebep olduğu iklim değişikliğinden kaynaklanan küresel ısınma bugün dünyanın önünde bulunan en önemli sorunlarından biri. Uzmanlar küresel ısınmanın önüne geçmek için atmosferdeki karbondioksit oranının azaltılması gerektiğini

vurguluyor. İklim değişikliklerinin etkilerini azaltmak için günlük hayatta yaptığımız etkinliklerin yeryüzüne olan etkilerinin somut olarak görerek işe başlayabiliriz. Bunun için ilk adımı karbon ayak izimizi ölçerek atalım. Karbon ayak izi, yaşam şeklimizin çevre üzerinde yarattığı etkinin ölçümüdür. Günlük aktivitelerimizin her yıl atmosfere ne kadar karbondioksit saldıgının tahmini bir hesabı sonucunda elde edilir.

1) Sizce günlük aktivitelerimiz sonucu atmosferdeki karbondioksit düzeyini nasıl artırıyoruz?

2) Karbon ayak izinizi nasıl hesaplırsınız?

Ailenizin 1 yıl boyunca ürettiği karbondioksit miktarını telafi etmek için kaç ağaca ihtiyaç duyulduğunu gösteren bir rapor hazırlayınız.

Öğretmene not: Öğrenciler ihtiyaç duyduğunda aşağıdaki bilgiler paylaşılabilir:

Ulaşım Araçlarının Ortalama Karbon İzi (Haftalık)	Mesafe	Araba (ton)	Otobüs- Servis(ton)	Bisiklet (Yürüyerek) (Ton)
	0-15 km	8000 gr	1600 gr	0
	15-21 km	28000 gr	3400 gr	0

Elektronik Eşyaların 1 Saatlik Ortalama Karbon Ayak İzi	
Buzdolabı (A sınıfı)	25 gr
Ütü	860 gr
Tasarruflu ampul	86 gr
LCD televizyon	26 gr
Çamaşır makinesi (A sınıfı)	450 gr
Bulaşık makinesi (A sınıfı)	495 gr
Saç kurutma makinesi	774 gr
2200 w elektrik süpürgesi	1012 gr
Klima	690 gr
Bilgisayar	300 gr

Ek-5. Görüşme Formları

Uygulama Öncesi Görüşme Soruları

1. Etkinliği uygulama amacınız nedir?
2. Hangi matematik/fen kavramlarının ortaya çıkmasını bekliyorsunuz?
3. Öğretmen arkadaşınızdan beklentiniz nedir? (rol dağılımını nasıl yaptınız?)
4. Etkinlik için yaptığınız hazırlıklardan bahseder misiniz? Etkinlikte herhangi bir değişiklik yaptınız mı? (yaptıysa) Ne yaptınız? Neden yaptınız?
5. Etkinliği nasıl uygulamayı planlıyorsunuz?
6. Öğrencilerinizin karşılaştacakları zorluklar (varsa) neler olabilir? Bu zorlukları önlemek ya da ortadan kaldırmak için ne yapmayı düşünüyorsunuz?
7. Etkinliği uygulamak için süre yeterli olacak mıdır?

Uygulama Sonrası Görüşme Soruları

1. Uygulama sizce nasıl geçti? (genel bir soru)
2. Amacınıza ulaştığınızı düşünüyor musunuz? (süre, uygulama planı, matematik/fen kavramları)
3. Öngörmediğiniz herhangi bir durum oldu mu? Nedir? (olumlu ya da olumsuz herhangi bir şey olabilir)
4. Sizce yaptığınız hazırlıklar yeterli oldu mu? (cevap “hayır” ise eksiklikler nelerdi?)
5. Öğretmen arkadaşınızla uyumunuzu değerlendirir misiniz?
6. Ne tür öğrenci zorluklarıyla karşılaştınız? Yaşanan zorlukların kaynağı ne olabilir? (etkinlik mi, öğretmen mi, öğrenci mi)
7. Etkinliği başka bir gruba uygulamak isterseniz etkinlikte değişiklik yapmak ister misiniz? Ne gibi değişiklikler yaparsınız? Neden?

Ek-6. Kodlama Şeması

Tema	Kod	Açıklama	Frekans
Etkinliğe Hazırlık	Planlama	Öğretmenlerin etkinliğin planlanması aşamasında gerçekleştirdikleri hazırlıklar	16
	Araştırma ödevi verme	Etkinlik uygulamasından birkaç gün önce öğrencilere problemin konusu ile ilgili araştırma yapmalarını isteme	8
	Yazılı veya görsel materyaller paylaşma	Etkinliğe başlamadan önce problemin konusu ile ilgili yazılı veya görsel materyaller paylaşma	6
	Tartışma yaptırma	Dersin başında etkinlik konusu ile ilgili öğrencilere tartışma yaptırma	30
	DMM süreciyle ilgili bilgilendirme yapma	Dersin başında öğrencilere etkinliğin nasıl gerçekleşeceği ile ilgili açıklama yapma	6
Problemi Anlama	Ne anladıklarını sorgulama	Öğrencilerden problemde ne anladıklarını açıklamalarını isteme	24
Çözüm Planı	Gerekli değişkenleri sorma	Öğrencilerden çözüm için gerekli değişkenleri belirlemelerini isteme	15
	Strateji sorma	Öğrencilere çözüm için nasıl bir yol izleyeceklerini sorma	10
Varsayım oluşturma	Özgün çözümler	Öğrencileri kendi çözümlerini (farklı çözümler) bulmaya teşvik etme	58
	Grupla çalışma	Öğrencileri grup olarak birlikte çalışma konusunda teşvik etme	12
Model Çözümü	Basitleştirme	Problemi veya öğretmen sorularını öğrenciler için daha anlaşılır ve yönlendirici şekilde sorma (topaze effect)	2
	Özetleme	Bir veya birden fazla öğrencinin söylediklerini özetleyerek başka şekilde ifade etme (rephrase)	20
	Yönlendirme	Öğrencilere belirli bir noktaya ulaşmaları için yönlendirici sorular sorma (funneling)	19
	Kısa cevaplı sorular	Öğrenci düşünmesini teşvik etmeyen, kısa cevaplı sorular sorma	10
	Düşünmeye sevk etme	Öğrencilere onları bilişsel olarak aktif hale getirecek sorular sorma	28
	Açıklama isteme	Öğrenci cevaplarını yeterli görmeyerek daha fazla açıklama yapmalarını isteme	42
	Açıklama yapma	Gruba veya sınıfa anlaşılmayan bir konuda açıklama yapma	35
	Bilgi verme	Öğrencilere çözüm için ihtiyaç duydukları bilgileri doğrudan verme	10
	Diğer öğretmene yönlendirme	Öğrenci soruları kendi branşından değilse öğrenciyi diğer öğretmene yönlendirme	2
	Matematik ile ilgili sorgulama	Çözüm sırasında öğrencilerin kullandığı matematik kavramları ile ilgili sorgulama yapma	28

Değerlendirme	Fenle ilgili sorgulama	Çözüm sırasında öğrencilerin kullandığı fen bilimleri kavramları ile ilgili sorgulama yapma	18
	Modeli açıklatma	Öğrencilerden çözümlerini sunarken modellerini açıklamalarını isteme	37
	Gerçeklik	Çözümün gerçek dünyaya uygunluğunu sorgulama	29
	İlişkilendirme	Sunum sonrası öğrencilere etkinlik konularını günlük hayatla ilişkilendirmeye yönelik tartışma yaptırma	19
	İşlevsellik	Çözümün gerçek yaşamdaki işlevselliğini sorgulama	24
	Matematikle ilgili tartışma	Sunumlardan sonra matematiksel kavramların kullanımına yönelik tartışma yaptırma	15
	Fenle ilgili tartışma	Sunumlardan sonra fen kavramlarının kullanımına yönelik tartışma yaptırma	22
	Tüm sınıf tartışması	Sınıftaki diğer öğrencileri sunumu dinlemeye ve soru sormaya teşvik etme	20