



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Matematik Eğitimi Bilim Dalı

ORTAOKUL MATEMATİK DERSİNDE STEM
EĞİTİMİNE GEÇİŞTE DİSİPLİNLER ARASI
MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİ
KULLANIMININ İNCELENMESİ: BİR KARMA YÖNTEM
ÇALIŞMASI

Nihal DEMİR

Yüksek Lisans Tezi

VAN - 2010

ORTAOKUL MATEMATİK DERSİNDE STEM EĞİTİMİNE GEÇİŞTE DİSİPLİNLER
ARASI MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİ KULLANIMININ İNCELENMESİ:
BİR KARMA YÖNTEM ÇALIŞMASI

Nihal Demir

2021

Van, 2021



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Matematik Eğitimi Bilim Dalı

ORTAOKUL MATEMATİK DERSİNDE STEM EĞİTİMİNE GEÇİŞTE
DİSİPLİNLER ARASI MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİ
KULLANIMININ İNCELENMESİ: BİR KARMA YÖNTEM ÇALIŞMASI

INVESTIGATION OF THE USE OF INTERDISCIPLINARY MATHEMATICAL
MODELING ACTIVITIES IN THE TRANSITION TO STEM EDUCATION IN
MIDDLE SCHOOL MATHEMATICS COURSE: A MIXED METHOD STUDY

Nihal DEMİR

Dr. Öğr. Ü. Mustafa GÖK

Yüksek Lisans Tezi

Van, 2021

ONAY SAYFASI

Nihal DEMİR tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÖK danışmanlığında hazırlanan “Ortaokul Matematik Dersinde STEM Eğitime Geçişte Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Kullanımının İncelenmesi: Bir Karma Yöntem Çalışması” başlıklı bu çalışma, 21/12/2021 tarihinde Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 09/12/2021 tarihli ve 2021/52-4 sayılı kararı ile Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÖK Başkanlığında, Dr. Öğr. Üyesi Tuğba UYGUN ve Dr. Öğr. Üyesi Enes Abdurrahman BİLGİN Jüri Üyeliğinde oluşturulan Tez Savunma Jürisi huzurunda savunularak Jüri tarafından Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri kapsamında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fuat TANHAN
Enstitü Müdürü

Öz

Bu çalışmanın amacı; ortaokul 8. sınıf matematik dersinde disiplinler arası bir araç olarak öğrenci gruplarının matematiksel modelleme problemlerinin aşamalarını gerçekleştirmedeki yeterliliklerini ve matematiksel modelleme problemleri ile ilgili katılımcı görüşlerini incelenmek, uygulanan yaklaşımın öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarına ve STEM motivasyonlarına etkisini araştırmaktır. Araştırmada iç içe karma desen kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini, 2020-2021 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde 8. sınıf düzeyinde öğrenim gören 64 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmanın verileri; STEM'e yönelik tutum ölçeği, STEM motivasyon ölçeği, matematiksel modelleme etkinlikleri ve yarı yapılandırılmış görüşme formu ile toplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, STEM eğitimine geçişte disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımının öğrencilerin STEM tutumlarının matematik alt boyutuna yönelik, STEM motivasyonlarının ise bilim, mühendislik ve matematik alt boyutlarına yönelik istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde bir etkisinin olduğu görülmüştür. Öğrencilerin deneyimleri ve görüşleri de, bu uygulamaların öğrencilerin STEM'e yönelik duyuşsal becerilerinin gelişmesine katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme kullanımının STEM'in özellikle M boyutuna yönelik duyuşsal becerilerin olumlu yönde gelişmesine katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçtan yola çıkarak, STEM'e geçişte disiplinler arası matematiksel modelleme kullanımının farklı değişkenler yönünden etkilerini ortaya çıkarabilecek farklı araştırmaların yapılması önerilmektedir.

Anahtar sözcükler: matematiksel modelleme, stem eğitimi, motivasyon, tutum.

Abstract

The aim of this study is to examine the proficiency of the groups in performing the stages of mathematical modeling problems as an interdisciplinary tool in the middle school 8th grade mathematics course, and to examine the participant's views on mathematical modeling problems, and to investigate the effect of the applied approach on students' attitudes towards STEM and STEM motivation. In the research, nested mixed design was used. The sample of the research consists of 64 students studying at the 8th grade level in the second semester of the 2020-2021 academic year. The data of the research; The attitude scale towards STEM was collected with the STEM motivation scale, mathematical modeling activities and a semi-structured interview form. According to the findings, it was seen that the use of interdisciplinary mathematical modeling activities in the transition to STEM education had a statistically significant and positive effect on the mathematics sub-dimension of students' STEM attitudes, and STEM motivations on the science, engineering and mathematics sub-dimensions. The experiences and opinions of the students also show that these practices contribute to the development of students' affective skills towards STEM. In this context, it has been concluded that the use of mathematical modeling in the transition to STEM education contributes to the positive development of affective skills, especially for the M dimension of STEM. Based on this result, it is recommended to conduct studies that can reveal the effects of the use of interdisciplinary mathematical modeling in terms of different variables in the transition to STEM.

Keywords: mathematical modeling, stem education, motivation, attitude.

Teşekkür

Sadece tez yazım sürecimde değil, yüksek lisans öğrenimim boyunca her adımda verdiği bilgilerle ve önerileriyle yoluma ışık tutan, iyi ki danışmanım olan, Mustafa GÖK'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans öğrenimi sürecinde bana katmış oldukları her bir bilgi ve kazandırdıkları her bir deneyim için Elif ERTEM AKBAŞ'a, Enes Abdurrahman BİLGİN'e ve Metin ŞARDAĞ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Her kararında ihtiyacım olan inancı ve güveni bana kazandırmış olan, her koşulda sevgisiyle huzur veren, en kıymetlilerime, annem Selma DEMİR'e, babam Vedat DEMİR'e ve kardeşim Pelin DEMİR'e hep yanımda oldukları için teşekkür ediyorum.

İçindekiler

Öz.....	i
Abstract.....	ii
Teşekkür.....	iii
Tablolar Dizini.....	vi
Şekiller Dizini.....	viii
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini.....	ix
Bölüm 1 Giriş.....	1
Problem Durumu.....	1
Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	4
Araştırma Problemi.....	6
Sayıtlılar.....	6
Sınırlılıklar.....	7
Tanımlar.....	7
Bölüm 2 Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar.....	9
Model ve Matematiksel Modelleme.....	9
Matematiksel Modelleme Yaklaşımları.....	10
Matematiksel Modelleme Süreci.....	11
Matematiksel Model Oluşturma Etkinlikleri.....	22
STEM Eğitimi.....	26
STEM Eğitiminde Matematiksel Modelleme Yaklaşımı.....	29
STEM Eğitiminde Matematiksel Modelleme Yaklaşımının Tutum ve Motivasyon Açısından İncelenmesi.....	31
STEM Eğitimine Geçişte Disiplinler Arası Bir Yaklaşım Olarak Matematiksel Modelleme Kullanımı İle İlgili Türkiye’de Yapılan Çalışmalar.....	33
Bölüm 3 Yöntem.....	37

Araştırmanın Evreni ve Örneklemi	38
Pilot Uygulama Süreci.....	39
Veri Toplama Süreci.....	40
Veri Toplama Araçları	42
Verilerin Analizi	44
Geçerlik ve Güvenirlik	47
Bölüm 4 Bulgular ve Yorum.....	51
STEM'e Yönelik Tutum İle İlgili Elde Edilen Bulgular	51
STEM Motivasyonu İle İlgili Elde Edilen Bulgular	57
Öğrencilerin Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Problemlerini Çözme Aşamalarını Gerçekleştirmede Yeterlilikleri İle İlgili Bulgular	67
Öğrencilerin Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Problemlerini Çözmeye Yönelik Görüşleri İle İlgili Bulgular.....	80
Bölüm 5 Sonuç, Tartışma ve Öneriler	91
Öneriler	100
Kaynaklar	101
EK-A: Etik Komisyonu Onay Bildirimi (Varsa).....	121
EK-B: Etik Beyanı.....	123
EK-C: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu	124
Ek-D: Çalışma Kapsamında Araştırmacı Tarafından Geliştirilen Veri Toplama Araçları	125
Ek-E: Araştırma İzni.....	130

Tablolar Dizini

Tablo 1 Araştırmanın Örneklemi.....	38
Tablo 2 Veri Toplama Süreci.....	40
Tablo 3 Veri Toplama Araçları.....	42
Tablo 4 Uygulanan Etkinlikler.....	44
Tablo 5 Veri Analiz Yöntemleri.....	45
Tablo 6 STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri.....	51
Tablo 7 STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Tek Yönlü ANOVA testi Sonuçları.....	52
Tablo 8 STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Varyansın Homojenliği.....	52
Tablo 9 STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Post-Hoc Testleri Sonuçları.....	53
Tablo 10 STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri.....	54
Tablo 11 STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanların Kruskal Wallis Testi ile Karşılaştırılması.....	56
Tablo 12 STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri.....	58
Tablo 13 STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Tek Yönlü ANOVA testi Sonuçları.....	58
Tablo 14 STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Varyansın Homojenliği.....	59
Tablo 15 STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Post-Hoc Testleri Sonuçları.....	59

Tablo 16 STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri	60
Tablo 17 STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanların Kruskal Wallis Testi ile Karşılaştırılması.....	62
Tablo 18 STEM Motivasyon Ölçeğinin Alt Boyutlarına Göre Son Uygulamada Elde Edilen Puanlar İçin Mann Whitney U Testi Sonuçları	64
Tablo 19 Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinliklerinde Yer Alan Katılımcılar	67
Tablo 20 Küresel Isınma Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi	69
Tablo 21 Küresel Isınma Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar	70
Tablo 22 Geri Dönüşüm Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi	72
Tablo 23 Geri Dönüşüm Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar	73
Tablo 24 Geri Dönüşüm Macerası Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi	75
Tablo 25 Geri Dönüşüm Macerası Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar	76
Tablo 26 Enerji Tasarrufu Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi.....	78
Tablo 27 Enerji Tasarrufu Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar	79
Tablo 28 “Faydalar”, “Sınırlılıklar” ve “Özellikler” Temalarına Ait Kodlar ve Alıntılar	82
Tablo 29 “İstenen Özellikler” Temasına Ait Kodlar ve Alıntılar.....	85
Tablo 30 “Zorluklar” Temasına Ait Kodlar ve Alıntılar.....	86
Tablo 31 “Kullanışlılık” Temasına Ait Kategoriler, Kodlar ve Alıntılar	88

Şekiller Dizini

Şekil 1. Modelleme sürecinin yapısı (Müller & Wittmann, 1984).....	12
Şekil 2. Modellemedeki temel basamaklar (Mason, 1988)	13
Şekil 3. Matematiksel modelleme süreci (NCTM, 1989).....	13
Şekil 4. Modellemenin basit bir gösterimi (Berry & Houston, 1995).....	14
Şekil 5. Modelleme süreci (Berry & Houston, 1995)	14
Şekil 6. Modelleme döngüsü (Berry & Davies, 1996)	15
Şekil 7. Modelleme süreci (Doerr, 1997)	16
Şekil 8. Matematiksel modelleme döngüsü (Abrams, 2001).....	17
Şekil 9. Matematiksel modelleme süreci (Cheng, 2001).....	17
Şekil 10. Matematiksel modelleme döngüsü (Lesh & Doerr, 2003)	18
Şekil 11. Matematiksel modelleme sürecinin akış diyagramı (Voskoglou, 2006)..	18
Şekil 12. Modelleme süreci (Galbraith & Stillmann, 2006).....	19
Şekil 13. <i>Matemematiksel modelleme sürecindeki temel etmenler (Blomhoj & Jensen, 2006)</i>	20
Şekil 14. <i>Bilişsel perspektif altında modelleme döngüsü (Borromeo Ferri, 2006)</i> .	21
Şekil 15. <i>Disiplinler arası matematiksel modelleme süreci (Doğan vd., 2018)</i>	30
Şekil 16. Matematiksel modelleme problemlerinin çözüm sürecinde yer alan öğrenci gruplarından bir örnek.....	68
Şekil 17. Faydalar, sınırlılıklar ve belirgin özellikler temalarına ait kodlar.....	81

Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

DAMOE: Disiplinler Arası Model Oluşturma Etkinlikleri

MEB: Milli Eğitim Bakanlığı

MEM: Milli Eğitim M¼d¼rl¼ę¼

MM: Matematiksel Modelleme

MOE: Model Oluşturma Etkinlikleri

NCTM: National Council of Teachers of Mathematics

PISA: Programme for International Student Assessment

STEM: Science – Technology – Engineering – Mathematics

TIMSS: Trends in International Mathematics and Science Study

Bölüm 1

Giriş

Bu bölümde; problem durumuna, araştırmanın amacı ve önemine, araştırma problemine ve alt problemlere, sayıtlara, sınırlılıklara ve tanımlara yer verilmiştir.

Problem Durumu

Bilimin hızla geliştiği, toplumların hızla değiştiği bir bilgi çağı olan 21. yüzyılda bilimsel ve toplumsal birçok dönüşüm yaşanmakta, eğitim de bu dönüşümlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Kaydedilen gelişmeler doğrultusunda eğitimin hedefi; gerçek yaşam problemlerine çözümler üretebilen, bilgiyi sorgulayan, olaylara evrensel bir bakış açısıyla bakabilen ve kendini sürekli geliştirebilen bireyler yetiştirmek olmuştur (Parlar, 2012, s. 195). Bu hedefe yönelik yeni öğrenme-öğretme yaklaşımları gündeme gelmiştir. Bu yaklaşımlardan biri de STEM eğitimidir.

STEM eğitimi; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının öğretiminin bütünleşik şekilde yapıldığı bir yaklaşımdır (Kırkıç, Derin & Aydın, 2018, s.14). Bu entegrasyonun en temel nedeni günümüzde karşılaşılan problemlerin çok karmaşık olması ve bu problemlerin çözümünde farklı disiplinlerdeki bilgilere ihtiyaç duyulmasıdır (Moore vd., 2014). Bu görüşü destekleyecek şekilde Michelsen (2006) tarafından, bilimsel araştırmalarda disiplinler bir yaklaşım izlemek yerine araştırmacıların çoklu bakış açısı gerektiren disiplinler arası bir yaklaşım tercih etmesi gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. Örneğin teknolojik alandaki ilerlemeler ve gelişmeler daha önce çözülemeyen ya da çözümü çok zor olan durumlara yönelik yeni perspektifler sunabilmektedir. Bu nedenle birçok ülkede disiplinler arası yaklaşıma yönelim artmıştır (Banks & Barlex, 2014). Farklı bir açıdan günlük yaşam problemlerine odaklanan STEM çalışmalarında, öğrencilerin bir duruma ilişkin topladıkları sayısal verilerin analizlerinden anlam çıkarmaları ve bu doğrultuda karar vermeleri beklenmektedir. Ancak öğrencilerin karmaşık problemlerin çözümünde kullandıkları karar verme davranışları çok kolay ve hemen anlaşılabilir bir süreç değildir (English & Mousoulides, 2015). Matematiksel

modelleme öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları problemlerin çözüm sürecinde alacakları kararlara ilişkin bir anlayış sağlayacaktır. Bu yüzden bu çalışmada STEM eğitiminde matematiksel modellemenin sağlayabileceği bakış açılarına odaklanılmaktadır.

STEM eğitiminin uygulanmasında gerçek yaşam problemlerinin matematikleştirilmesini ve bu şekilde çözülmesi sürecini içeren matematiksel modelleme etkinlikleri önemli bir araç olarak görülmektedir (Hamilton, Lesh, Lester & Brilleslyper, 2008). Matematikleştirme, gerçek yaşam durumlarının öğrencilerin düzeyine göre matematiksel olarak düzenlenerek etkinliklerle sınıf ortamında ele alınmasıdır (Freudental (1968). Matematikleştirme, yatay matematikleştirme ve dikey matematikleştirme olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir (Treffers, 1978; Treffers, 1987). Yatay matematikleştirme, gerçek yaşam durumunda yer alan problemin düzenlenmesi ve çözümlenmesinde uygun olan matematiksel araçların kullanılması sürecini (Gravemeijer & Doorman, 1999), dikey matematikleştirme ise matematiksel araçların kendi içerisinde yeniden düzenlenerek işlem yapılması sürecini (Van den Heuvel-Panhuizen, 2003) ifade etmektedir. Matematikleştirme süreçlerini içeren disiplinler arası matematiksel modelleme sürecinde de, gerçek yaşam problemlerinin çözümünde matematik disiplinine ek olarak bir veya birkaç disipline yer verilmektedir (Doğan, Gürbüz, Çavuş Erdem & Şahin, 2018).

Günümüzde farklı disiplinler arasında bağlantılar kurmak iş dünyasında giderek artan bir ilgi görmektedir (Ondes, Kursun & Ciltas, 2019). Ancak geleneksel eğitim anlayışıyla bu sağlanamamaktadır. STEM eğitimi bu entegrasyonu sağlamanın yanı sıra ilerde bu yöne ilgi duyan öğrencilerin daha öğrencilik yıllarında bu tür ortamları deneyimleyerek desteklenmesi sağlanabilir. Diğer yandan STEM çalışmalarında birçok günlük yaşam durumuna yönelik incelemeler yapılmaktadır. Bu doğrultuda çoğu zaman verilerin matematiksel olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Matematiksel modelleme günlük yaşam problemlerinin matematiksel analizlerini içermesi olarak düşünülebileceğinden, STEM eğitiminde bir araç olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Çünkü toplumda STEM profesyonellerine olan ihtiyaç artmaya devam etmekte ve 21. yüzyılda ihtiyaç duyulan mesleki becerilerin listesi büyük ölçüde, ölçümlerin

etkileşiminin, bilgisayar simülasyonunun ve temel teorik çerçevelerin merkezde yer aldığı matematiksel modellemenin kavramlarına dayanmaktadır (Cintron Arias, Nivens, Godbole & Purvis, 2019). Matematiksel modelleme, gerçek dünyadaki bir olgunun matematikleştirilmesini içeren ve incelenen olgunun tutumunu veya özelliklerini tanımlamak, anlamak veya tahmin etmek için matematiksel bir model geliştirmeyi kapsayan genel bir problem çözme sürecidir (Ärlebäck & Albarracín, 2019). Matematiksel modelleme, disiplinler arası öğrenme için ideal bir araçtır (English, 2008).

STEM alanlarında iş gücünü sağlamada en kritik dönem ortaokul düzeyidir (Knezek, Christensen, Tyler Wood & Periathiruvadi, 2013). Bu dönemde öğrenciler gerçek anlamda STEM iş alanlarına yönelik mesleklerle ilgili bilgileri fark etmeye başlamaktadır. Bu sayede bu iş alanlarına yönelik bir ilgi gelişmeye başlamaktadır. Bu dönemlerde STEM alanlarına yönelik olumlu tutum geliştirilmesi, STEM alanlarında bir kariyere sahip olmada öğrencilerin daha istekli olmalarını sağlayacaktır (Christensen, Knezek & Tyler-Wood, 2015). Bunu sağlamada bir diğer faktör de STEM motivasyonudur. STEM motivasyonu yüksek olan öğrenciler STEM alanlarına katılım konusunda daha fazla devamlılık göstermektedir (Skinner, Furrer, Marchand & Kindermann, 2008). Dolayısıyla öğrencilerin ortaokul yıllarında STEM eğitime yönelik deneyimler edinmesi büyük önem taşımaktadır.

Diğer taraftan STEM eğitiminde kullanılan karmaşık problemler ortaokul öğrencileri için zorlayıcı olabilmektedir. Bu problemlerin çözüm sürecinde öğrencilerin çeşitli varsayımda bulunmaları, bu doğrultuda birçok model geliştirmeleri, modellerini test etmeleri ve modelin günlük yaşamda ne ölçüde geçerli olduğuna ilişkin değerlendirmelerde bulunmaları gerekmektedir. Bu süreçler esnasında öğrenciler birçok karar vermek durumunda kalmaktadır. Ayrıca problemin çözümü için bu süreçlerin iyi bir şekilde planlanması ve doğru bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu süreçlerin sağlıklı geçirilmesinin bir yolu matematiksel modelleme ile sağlanabilir.

Literatür incelendiğinde ise, STEM eğitimi ile ilgili yapılan çalışmalarda genel olarak fen bilimleri merkeze alınmış ve matematiksel bakış açısı yüzeysel yansıtılmıştır. Derinlemesine bir bakış açısı, disiplinler arası ilişkilerde

matematiksel derinliği daha net ortaya koyacaktır. Bunu sağlamada STEM eğitimine geçište matematiksel modelleme yaklaşımının kullanılması etkili olabileceği düşünölmektedir. STEM eğitimine geçište bir araç olarak matematiksel modellemenin kullanımı ile ilgili yapılan araştırmaların sayıca az olduğu ve yapılan araştırmalarda genellikle sürecin incelendiği görölmektedir. Ayrıca STEM eğitimine geçište disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanılması ile ilgili yapılan çalışmalarda nitel araştırma yönteminin kullanıldığı ve genel olarak nicel verilerden yararlanılmadığı görölmektedir. Bu bağlamda STEM araştırmalarında matematiksel modellemenin ne ölçüde işlediğine yönelik deneysel kanıtların elde edilmesi de önemli görölmektedir.

Belirtilen nedenlerle bu çalışmanın problem durumu; matematiksel modelleme etkinliklerinin STEM eğitimine geçište bir araç olarak kullanılması ile meydana gelen süreçlerin incelenmesinin yanı sıra, uygulanan yaklaşımın öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarına ve STEM motivasyonlarına etkisinin belirlenmesidir.

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Matematik, toplumun ihtiyaçları doğrultusunda ortaya çıkmış olan ve diğer bilimler arasında önemli bir yere sahip olan bir bilim dalıdır (Işık, Çiltaş & Bekdemir, 2008). Her bilim dalı gerçek dünyaya ait farklı sistemlerdeki davranışların tanımlanmasına, analiz edilmesine ve tahmin edilmesine imkan sağlar (Verschaffel, Greer & De Corte, 2002). Bu bağlamda matematik bilgisini önemli kılan hususlardan ilki insanların yaşama isteği, ikincisi ise doğal varlıklarda ve olaylardaki kararlılığın matematikle açıklanabilmesidir (Altun, 2006). Günümüzde ise insanların bilgiye ulaşması kolaylaştığı için, ne kadar çok bilgiye sahip olunduğundan ziyade, hangi becerilere ne düzeyde sahip olunduğu önem kazanmıştır (Acar, Tertemiz & Taşdemir, 2020). Nitekim STEM raporunda da 21. yüzyılda problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği gibi becerilerin bir tür evrensel okuryazarlık haline geldiği ifade edilmiştir (Akgündüz, Aydeniz, Çakmakçı, Çavaş, Çorlu, Öner & Özdemir, 2015). Bu doğrultuda 21. yüzyıl eğitiminde bilgi arayışı da, bilginin gerçek hayat durumlarına uygulanmasına dayalıdır (Turner, 2013). Buradan hareketle

matematiksel bilgiyi bilmekten ziyade, sahip olunan bilgileri kullanma ve bunlardan yararlanarak yeni bilgiler üretme becerisinin önem kazandığı söylenebilir.

Günümüzde öğrencilerin matematiği anlamlandırabildiği, günlük hayatla ilişkilendirebildiği ve üst düzey matematiksel düşünme becerilerini geliştirebildiği bir öğretim anlayışına geçilmiştir (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000, s. 4-6). Bu doğrultuda matematik eğitimcilerinden; gerçek yaşam problemlerine çözümler üretebilen, matematiği günlük yaşamında kullanabilen ve matematiğin gerçek dünya ile ilişkisinin farkında olan bireyler yetiştirmeleri beklenmektedir (Doruk & Umay, 2011). Türkiye’de uygulanan matematik öğretim programının özel amaçları arasında da, matematiksel kavramları anlayabilen ve bu kavramları günlük hayatlarında kullanabilen bireyler yetiştirmek yer almaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Bu amaç doğrultusunda matematik eğitiminde gerçek hayat ile matematik dünyası arasında ilişki matematiksel modelleme etkinlikleri ile kurulabilir.

Matematiksel modelleme, öğrencilerin okul matematiği ile gerçek dünya arasında bağlantı kurmalarını sağlar (Zbiek & Conner, 2006). Bu bakımdan matematiksel kavramların günlük hayatla ilişkilendirilmesinde önemli bir role sahiptir (Deniz, 2014). Günlük yaşamın matematik ile ilişkilendirilmesi bağlamında farklı disiplinler de bu ilişkilendirmede yer alabilmektedir. Bu doğrultuda disiplinler arası geçişte bir araç olarak matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanılmasından söz edilebilir. Çünkü hızla değişen ve gelişen alanların olduğu bu dönemde, matematiksel modelleme önemlidir ve STEM alanlarında önem kazanmaktadır (Kartal, Dünya, Diefes-Dux & Zawojewski, 2016).

Matematiksel modelleme, mühendislik-teknoloji tasarımı ve bilimsel metodolojik süreçlerdeki benzerlikler, öğrencilerin farklı STEM dersleri içindeki bilgi ve beceri aktarımını geliştirebilecek şekilde tanımlanmıştır (Groshong, 2018). Ancak literatür incelendiğinde Türkiye’de STEM eğitime geçişte bir araç olarak matematiksel modelleme kullanımı ile ilgili yapılan araştırmaların sayıca az olduğu ve yapılan araştırmalarda genellikle sürecin incelendiği görülmektedir. Ayrıca STEM eğitime geçişte matematiksel modelleme

kullanımına yönelik yapılan çalışmalarda genel olarak nitel araştırma yönteminin kullanıldığı ve nicel verilerden yararlanılmadığı görülmektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada; ortaokul 8. sınıf matematik dersinde disiplinler arası bir araç olarak grupların matematiksel modelleme problemlerinin aşamalarını gerçekleştirmedeki yeterliliklerini ve matematiksel modelleme problemleri ile ilgili katılımcı görüşlerini incelenmek, uygulanan yaklaşımın öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarına ve STEM motivasyonlarına etkisini araştırmak amaçlanmıştır.

Matematiksel modelleme, STEM çalışmalarına daha derinden bakılmasını sağlayacağından dolayı hem tutum hem de motivasyon açısından farkındalık yaratma potansiyeli taşımaktadır. Matematiksel modelleme, öğrencilerde çeşitli matematiksel yetkinlikleri ve uygun tutumları geliştirmede önemli görülmektedir (Blum & Borromeo-Ferri, 2009). Yapılan çalışma ile bir STEM yaklaşımı olarak matematiksel modelleme kullanımının STEM'e yönelik tutum ve STEM motivasyonu üzerine etkisi ilk kez araştırılmıştır. Matematiksel modelleme sürecinin incelenmesinin yanında bu sürecin amaca yönelik etkililiğini nicel boyutta da ortaya koymak hedeflendiğinden, bu çalışma ile STEM eğitiminde matematiksel modelleme yaklaşımına yönelik daha geniş ve bütüncül bir bakış açısı sunulmuştur. Matematiksel modellemenin bir STEM yaklaşımı olarak yer aldığı önceki çalışmalarda genel olarak nitel yöntemler kullanıldığından, karma yöntem kullanılması bu anlamda bir yenilik barındırmaktadır ve bu çalışma ile nicel veri eksikliğini gidermeye katkı sağlanmaktadır.

Araştırma Problemi

Araştırmanın problemi: “Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin matematik dersinde STEM eğitime geçişte matematiksel modelleme etkinliklerini deneyimleme süreci nasıl gerçekleştirmiştir, öğrencilerin bu sürece yönelik görüşleri nelerdir ve bu sürecin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumları ile STEM motivasyonları üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır?” şeklindedir.

Alt problemler.

1) STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulandığı deney 1 grubu, sadece STEM eğitiminin verildiği deney 2 grubu ve mevcut/geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubu arasında öğrencilerin STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık var mıdır?

2) STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulandığı deney 1 grubu, sadece STEM eğitiminin verildiği deney 2 grubu ve mevcut/geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubu arasında öğrencilerin STEM Motivasyon Ölçeği puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık var mıdır?

3) STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulandığı öğrencilerin, disiplinler arası matematiksel modelleme problemlerini çözme aşamalarını gerçekleştirmede yeterlilikleri nasıldır?

4) STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulandığı öğrencilerin, disiplinler arası matematiksel modelleme problemlerine yönelik görüşleri nelerdir?

Sayıtlılar

Araştırmada kabul edilen sayıtlılar şu şekildedir:

1. Araştırmaya katılan öğrenciler veri toplama araçlarını içtenlikle ve dürüst şekilde cevaplamışlardır.
2. Tüm katılımcılar denetlenemeyen değişkenlerden benzer şekilde etkilenmektedir.
3. Uygulayıcı öğretmenin her iki gruba yaklaşımı aynı şekildedir.

Sınırlılıklar

2020-2021 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde (bahar yarıyılında) matematik dersinde yapılan bu araştırmada;

1. Çalışma grubu, ortaokul sekizinci sınıf düzeyinde öğrenim gören öğrencilerle sınırlıdır.

2. Uygulanan etkinliklerin merkezinde yer alan konular, ortaokul sekizinci sınıf matematik dersi öğretim programı kazanımlarıyla sınırlıdır.

3. Uygulama süresi, uygulama yapılan süreçte devlet okullarında sekizinci sınıf düzeyinde yüz yüze eğitimin gerçekleştiği süreyle sınırlıdır.

4. Bu araştırmada kullanılan kaynaklar, araştırmacının izin alarak uygulayabildiği kaynaklar ile sınırlıdır.

5. Elde edilen bulgular; kullanılan veri toplama araçlarının içeriği ve kapsamı, ortaokul 8. sınıf düzeyindeki öğrencilerden oluşan çalışma grubu, uygulamaların yapılacağı matematik dersleri, uygulanan disiplinler arası model oluşturma etkinlikleri ve uygulanan STEM etkinlikleri ile sınırlıdır.

Tanımlar

Matematiksel Modelleme: Gerçek dünyadaki bir olgunun matematikleştirilmesini içeren ve incelenen olgunun tutumunu veya özelliklerini tanımlamak, anlamak veya tahmin etmek için matematiksel bir model geliştirmeyi kapsayan genel bir problem çözme sürecidir (Ärlebäck & Albarracín, 2019).

STEM: Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının öğretiminin bütünleşik bir şekilde yapıldığı eğitim yaklaşımıdır (Kırkıç, Derin & Aydın, 2018, s.14).

Mevcut Yöntem: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı tarafından hazırlanan matematik dersi öğretim programı çerçevesinde uygulanan yöntemlerdir.

Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinlikleri: Farklı disiplinlerin bir arada içeren matematiksel modelleme etkinlikleridir. Bu çalışmada merkezde matematiğin yer aldığı, matematik ve fen bilimlerinin ilişkilendirildiği etkinlikleri temsil etmektedir.

Bölüm 2

Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar

Model ve Matematiksel Modelleme

Model kavramı, karmaşık olan bir sürecin veya nesnenin basitleştirilmiş bir temsili olarak tanımlanmaktadır (Harrison, 2001). Yani modeller aracılığıyla gerçek yaşam durumlarının basitleştirilmiş hallerini görebiliriz ve bu da gerçek yaşam durumlarını daha iyi açıklayabilmemize yardımcı olur (Lingefjard, 2000). Modeller, karmaşık sistemler ile ilgili süreçlerde ele alınan kural, işlem, ilişkiler gibi yapıların yer aldığı zihindeki kavramsal sistemlerin dış dünyaya aktarılmış biçimidir (Lesh & Doerr, 2003). Model kavramı; modelleme sürecinde ortaya koyulan araçlar, ürünler veya materyaller olarak da açıklanabilir (Bukova Güzel, 2019). Özel olarak matematiksel modeller ise, gerçeğin bir bölümünün matematik dili kullanılarak soyut olarak ifade edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Bender, 1978). Yani matematiksel model, bir gerçek yaşam durumunu matematiksel olarak açıklamak, tanımlamak, yorumlamak ve temsil etmek amacıyla geliştirilen kavramsal sistemlerdir (Lesh & Doerr, 2003).

Model ve matematiksel model tanımlarından yola çıkarak, matematiksel modellemenin tanımı, gerçeğin bir bölümünün temsil edilmesi için kullanılan matematiksel sistemler ve bunlar arasındaki ilişkiler olarak ifade edilebilir (Niss, 1988). Matematiksel modellemenin amacı, gerçek yaşam problemlerinin çözümü için bu problemlerin matematiksel bir biçime dönüştürülmesidir (Berry & Houston, 1995; Cheng, 2001). Blum (2002) tarafından da matematiksel modelleme, gerçek yaşamdan matematiksel yaşama geçiş süreci olarak ifade edilmiştir. Yani matematiksel modelleme, gerçek yaşam durumlarını anlamlandırabilmek için gerçek yaşam durumlarının matematiğe aktarılarak ifade edilmesidir (Gravemeijer, 2002).

Kısaca ifade etmek gerekirse, matematiksel modelleme, matematik ile gerçek dünya arasında karşılıklı bir etkileşim olarak açıklanabilir (Pollak, 1979). İşte bu etkileşimi gerçekleştirmede ihtiyaç duyulan araçlar ve ürünler olarak karşımıza çıkan matematiksel model kavramı, matematiksel modelleme için bir gerekliliktir (Hıdıroğlu, 2012; Sriraman, 2005). Buradan hareketle matematiksel

modelin ortaya çıkan bir ürünü, matematiksel modellemenin ise bir süreci ifade ettiği söylenebilir (Sağırlı-Özturan, 2010). Yani matematiksel modelleme, gerçek dünyadaki bir olgunun matematikleştirilmesini içeren ve incelenen olgunun davranışını veya özelliklerini tanımlamak, anlamak veya tahmin etmek için matematiksel bir model geliştirmeyi kapsayan genel bir problem çözme sürecidir (Ärlebäck & Albarracín, 2019). Bu süreçte odaklanılan ana unsura göre farklı matematiksel modelleme yaklaşımları bulunmaktadır.

Matematiksel Modelleme Yaklaşımları

Matematiksel modelleme, temel matematiksel bilgi ve becerilerin öğrencilere kazandırılmasında yeni bir yaklaşım olarak ortaokul, ortaöğretim ve yükseköğretim programlarında yer almaya başlamıştır (Sandalcı, 2013). Matematiksel modelleme yaklaşımları; gerçekçi/uygulamalı modelleme, bağlamsal modelleme, eğitimsel modelleme, epistemolojik (teorik) modelleme, sosyo-eleştirel (sosyo-kritik) modelleme ve bilişsel modelleme olarak sınıflandırılmıştır (Kaiser & Sriraman, 2006). Bilişsel modelleme yaklaşımının odağında bireyin yaşadığı bilişsel süreçlerin analiz edilmesi; sosyo-eleştirel modellemenin odağında matematik öğretimi ile öğrencilere yaşadığı topluma ve kültüre yönelik eleştirel düşünme becerilerinin kazandırılması; epistemolojik modellemenin odağında matematiksel kavramlar arasındaki ilişkiler üzerine konuşulması; gerçekçi modellemenin odağında problem çözme ve modelleme becerilerinin geliştirilmesi; bağlamsal modellemenin odağında öğrencilere anlamlı gerçek hayat durumlarının sunulması vardır (Erbaş, Kertil, Çetinkaya, Çakıroğlu, Alacacı & Baş, 2014). Gerçekçi modelleme yaklaşımı ile bağlamsal modelleme yaklaşımının bir birleşimi olan eğitimsel modelleme yaklaşımında ise ana amaç, matematiksel modelleme ile matematik öğretimini bütünleştirmektir (Erbaş vd., 2014). Bu nedenle bu araştırma kapsamında uygulanan yaklaşım eğitimsel modelleme yaklaşımıdır. Eğitimsel modelleme yaklaşımı, öğretimsel yaklaşım ve kavramsal yaklaşım olmak üzere iki alt bileşen içermektedir. Öğretimsel yaklaşımın odağında öğrenme süreçlerinin yapılandırılması, kavramsal yaklaşımın odağında ise matematiksel bir kavramın tanıtılması vardır (Bukova Güzel, 2019, s.14). Bu araştırmada bu bileşenlerin her ikisinden de yararlanılmıştır.

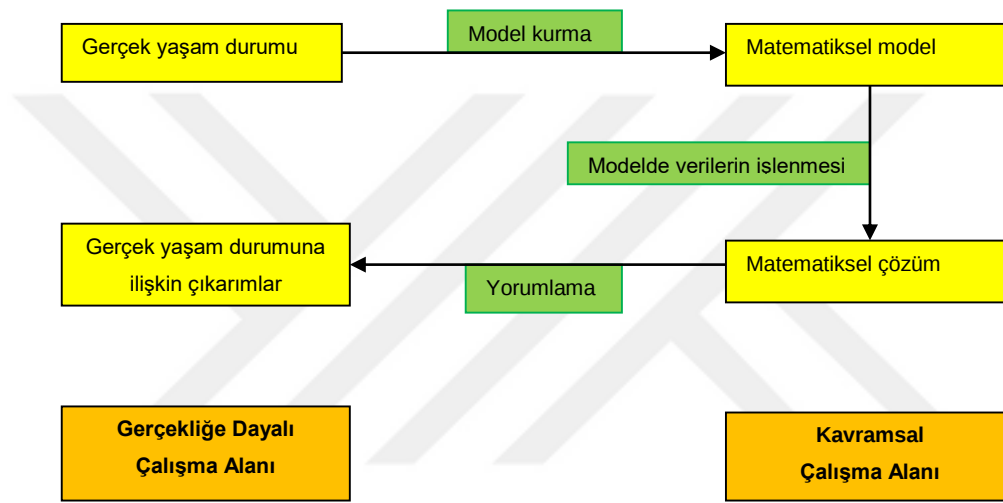
Matematik eğitiminde matematiksel modellemenin kullanılması için; pragmatik, biçimlendirici, kültürel, eleştirel, araçsal ve psikolojik olmak üzere altı gerekçe sunulmuştur (Blum & Niss, 1989; Blum, 1991). Pragmatik gerekçe, gerçek yaşamda karşılaşılan güç durumların üstesinden gelebilmekle ilgilidir. Biçimlendirici gerekçe, bireyi geliştirerek daha geniş bakış açısına sahip, keşfeden, yaratıcı ve özgüvenli hale getirmekle ilgilidir. Kültürel gerekçe, matematik kültürünün geliştirilmesiyle matematiğin gerekliliğinin ve öneminin anlaşılması ile ilgilidir. Eleştirel gerekçe, sosyal yönden önemli problemlerin çözümünde matematiğin kullanılması ve hür iradeyle muhakeme edilerek değerlendirmelerin yapılması ile ilgilidir. Araçsal gerekçe, matematik kavramlarının öğrenilmesi ve somutlaştırılması ile ilgilidir. Psikolojik gerekçe, matematiğe yönelik ilgi ve motivasyonun artırılması ile ilgilidir.

Matematiksel modelleme yaklaşımlarında görülen bir diğer ayrım da matematiksel modellemenin bir araç mı yoksa amaç mı olduğu ile ilgilidir. Matematiksel modellemenin araç olarak kabul edildiği yaklaşımının odağında, öğrencilerin temel matematik bilgilerini ve modellerini geliştirme çabalarını desteklemek vardır (Erbaş vd., 2014). Matematiksel modellemenin amaç olarak kabul edildiği yaklaşımın odağında ise, matematiksel modelleme ile öğrencilerin farklı disiplinlerdeki gerçek yaşam problemlerini çözebilmede, yani matematiksel modelleme yapabilmede yetkinlik kazanması vardır. Farklı matematiksel modelleme yaklaşımlarının benimsenmesi sonucunda matematiksel modelleme süreci de araştırmacılar tarafından farklı şekillerde ele alınmıştır.

Matematiksel Modelleme Süreci

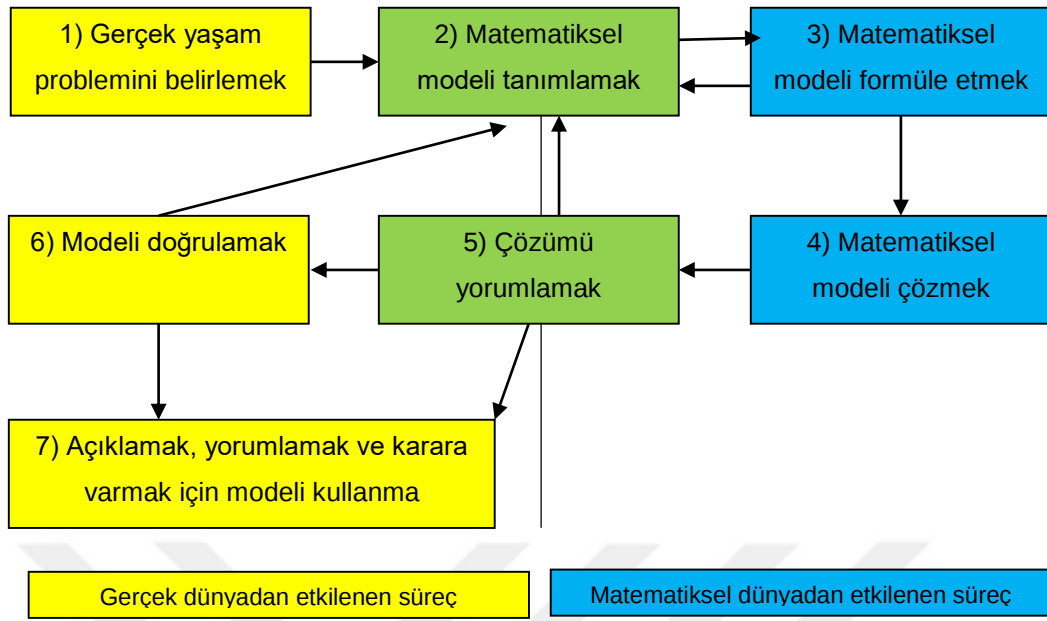
Matematiksel modelleme sürecine dair zaman içinde farklı yapılar ortaya konulmuştur. İlk olarak 1978 yılında Penrose tarafından matematiksel modelleme sürecinin basamakları günümüzde; problemi belirleme, matematiksel model oluşturma, çözüm stratejisi geliştirme, çözüm stratejisini uygulayarak problemi çözme, matematiksel çözümü yorumlama, modeli doğrulayarak sonuçlar oluşturma ve düzenleyip raporlaştırma olarak tanımlanmıştır (van-Eijndhoven, 2014). Matematiksel modelleme sürecinin basamaklandırılması ile ilgili gelişmelerin daha iyi anlaşılması bakımından geçmişten günümüze doğru sürecin nasıl ele alındığına bakmak önemlidir.

Matematiksel modelleme sürecini Kapur (1982), uygun değişkenleri seçme, değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma, değişkenler ve ilişkileri dikkate alarak matematiksel bir model ortaya koyma, model ve modelin uygulamalarını test etme şeklinde ifade edilmiştir. Müller ve Witmann (1984) ise ilkökul öğrencileri ile yaptıkları çalışmalar neticesinde modelleme sürecinin basamaklarını, Şekil 1’de de sunulduğu gibi; model kurma, modeldeki verileri işleme ve yorumlama şeklinde belirtmiştir. Bu çalışmada sürecin basamaklarla ve bileşenlerle sunulması dikkat çekmektedir.



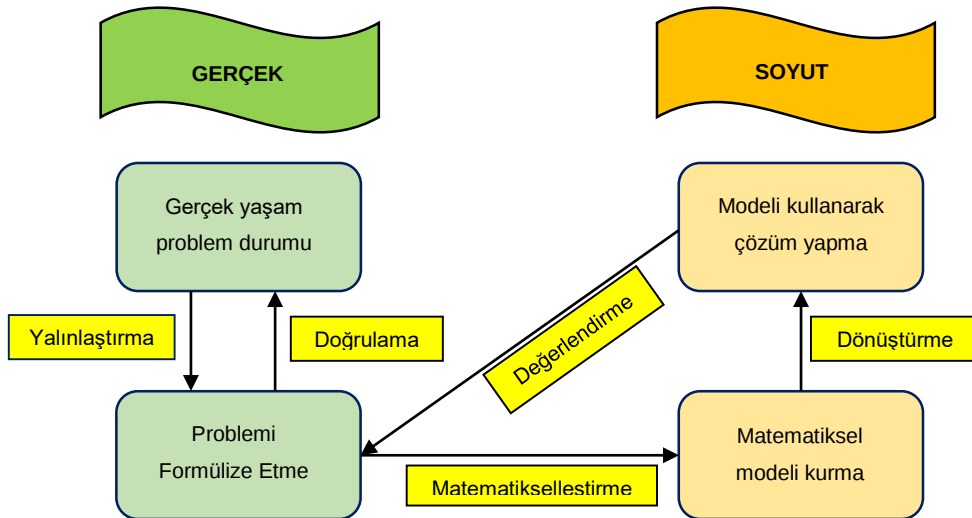
Şekil 1. Modelleme sürecinin yapısı (Müller & Wittmann, 1984).

Mason (1988) modelleme sürecinin basamaklarını; gerçek yaşam problemini belirlemek, matematiksel modeli tanımlamak, matematiksel modeli formüle etmek, matematiksel modeli çözmek, çözümü yorumlamak, modeli doğrulamak ve modeli kullanmak olarak ifade etmiştir. Bu basamakların sınıflandırılması ve aralarındaki ilişkiler Şekil 2’de sunulmuştur. Şekilde görülen iki dünya arasındaki çizgi, gerçek dünya ile matematik dünyası arasındaki ayrımı sembolize etmektedir. Bu çizginin üzerindeki basamaklar ise matematiksel modelleme sürecinde iki dünya arasında ilişkinin kurulduğu basamaklardır. Burada da iki dünya arasındaki ilişkiden söz edilmesi Müller ve Wittmann (1984) tarafından sunulan modelleme süreci ile benzerlik göstermektedir. Burada farklı olarak doğrusal geçiş yerine basamaklar arasında sürekli geçişlerin olabileceği ve sürecin döngüsellliği öne çıkmaktadır.



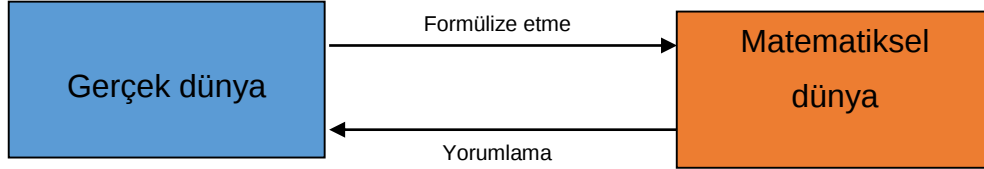
Şekil 2. Modellemedeki temel basamaklar (Mason, 1988).

NCTM (1989) tarafından tanımlanan ve Şekil 3'te sunulan matematiksel modelleme sürecinde de gerçek ile soyut arasındaki geçişlere vurgu yapılmaktadır. Buna göre öncelikle gerçek yaşam problemi yalınlaştırılır ve formülize edilir. Formülize edilen yapılar matematikleştirilerek matematiksel model kurulur. Böylece gerçek yaşamdan soyut alana geçilmiş olur. Model üzerinde yapılan dönüştürmeler ile çözüm gerçekleştirilir. Elde edilen çözüm değerlendirilmek üzere formüle bakılır ve sürecin son aşaması çözümün doğrulanmasıdır.



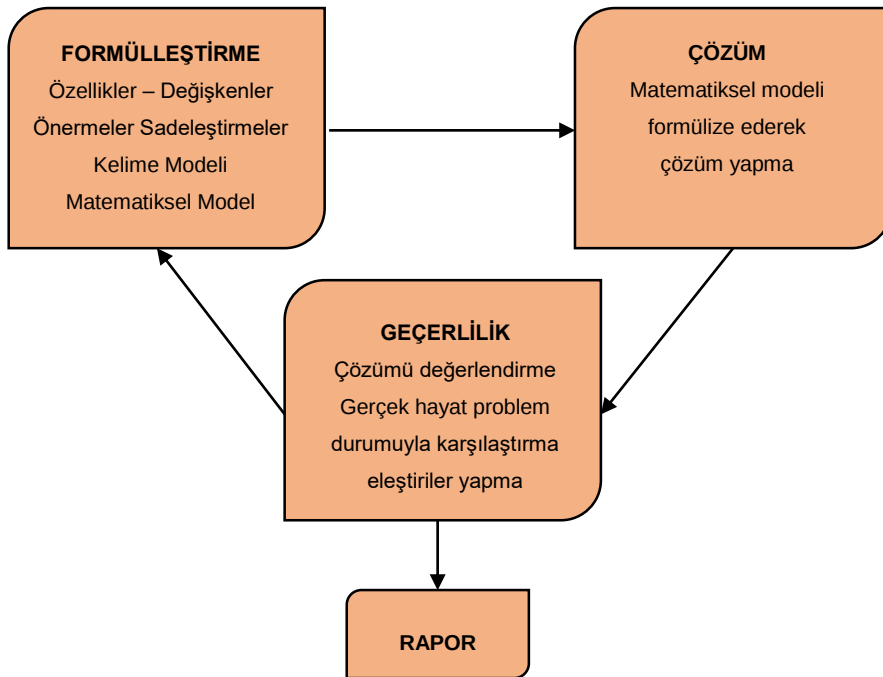
Şekil 3. Matematiksel modelleme süreci (NCTM, 1989).

Berry ve Houston (1995) modelleme sürecini Şekil 4'teki gibi özetlemişlerdir. Buradan anlaşılacağı üzere matematiksel modelleme sürecini ise en basit şekilde, gerçek dünya ile matematiksel dünya arasında bir etkileşim olarak ifade etmişlerdir.



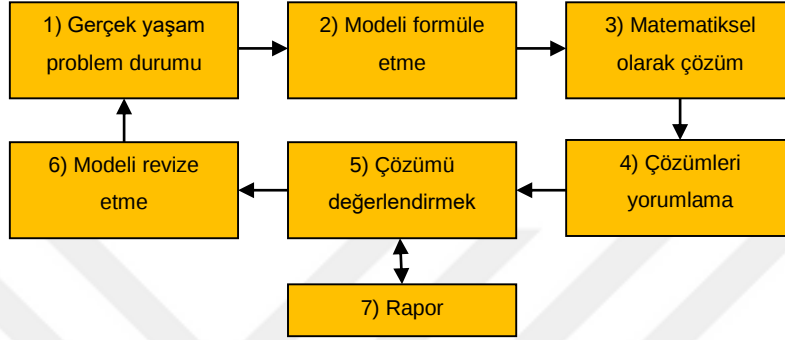
Şekil 4. Modellemenin basit bir gösterimi (Berry & Houston, 1995).

Berry ve Houston (1995) matematiksel modelleme sürecini Şekil 5'te sunulduğu gibi formülleştirme, çözüm, geçerlilik ve rapor olarak sınıflandırmıştır. Matematiksel modelleme sürecinde öğrenciden beklenen davranışları ise; problemi anlama, değişkenleri seçme, matematiksel modeli kurma, matematiksel problemi çözme, çözümü yorumlama, modeli doğrulama, modeli başka problemler için geliştirme ve rapor hazırlama olmak üzere 8 adımda açıklamışlardır. Burada diğer süreçlerden farklı olarak modelin başka problemler için de geliştirilmesi dikkat çekmektedir.



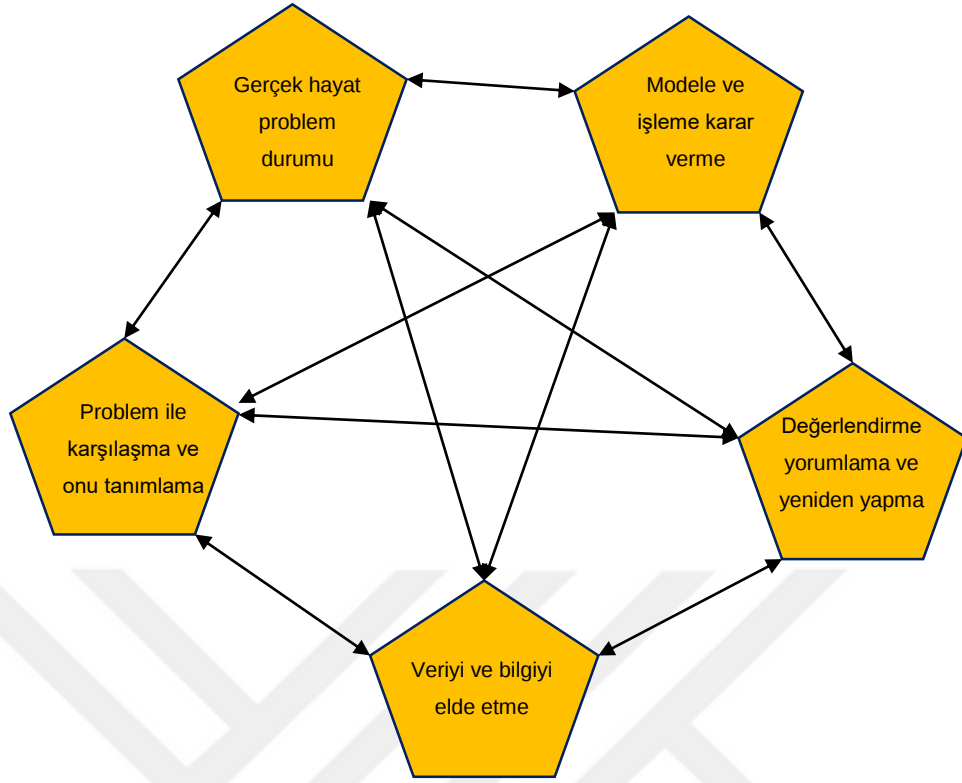
Şekil 5. Modelleme süreci (Berry & Houston, 1995).

Berry ve Davies (1996) tarafından sunulan matematiksel modelleme süreci ise Şekil 6'da görüldüğü gibi; gerçek yaşam problem durumu, modeli formüle etme, matematiksel olarak çözüm, çözümleri yorumlama, çözümü değerlendirme, modeli revize etme ve rapor olmak üzere 7 basamağı içermektedir. Bu süreçte son basamakta rapor sunuluyor olması dikkat çekmektedir. Ayrıca burada da döngüsel bir sürece vurgu yapılmaktadır.



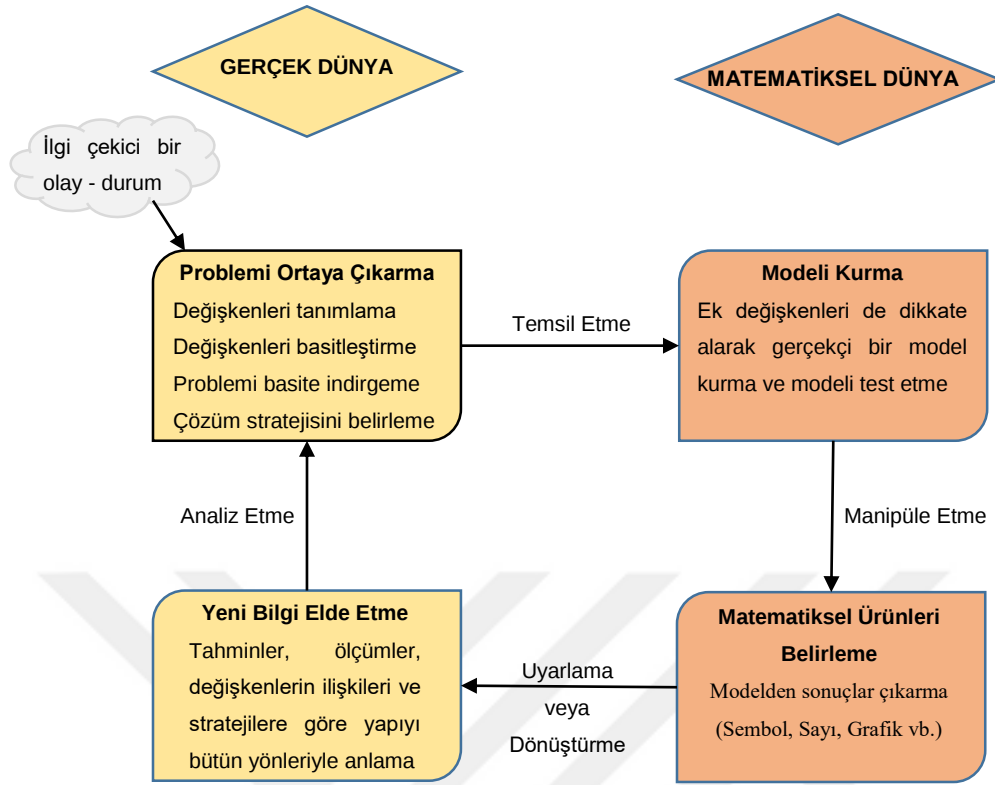
Şekil 6. Modelleme döngüsü (Berry & Davies, 1996).

Doerr (1997) tarafından sunulan başka bir modelleme döngüsünde ise Şekil 7'de görüldüğü gibi basamaklar bir sırayı takip etmek zorunda değildir. Her basamaktan birbirine geçişler olabilmektedir. Bu yaklaşımda da döngüsellğe vurgu yapılmaktadır. Bu diyagrama göre matematiksel modelleme süreci, hepsi birbiriyle ilişkili olan beş aşamalı döngüsel bir süreçtir. Bunlar 1. problem ile karşılaşma ve onu tanımlama, 2. gerçek hayat problem durumu, 3. modele ve işleme karar verme, 4. değerlendirme-yorumlama ve yeniden yapma, 5. veriyi ve bilgiyi elde etme şeklinde açıklanmıştır.



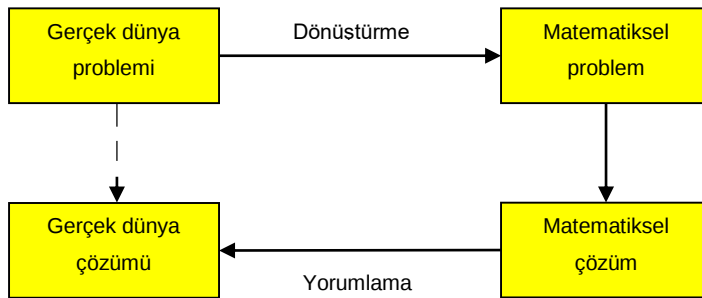
Şekil 7. Modelleme süreci (Doerr, 1997).

Abrams (2001) matematiksel modelleme sürecinin döngüsel olarak ilerleyen sekiz basamaktan oluştuğunu savunmaktadır. Bunlar; problemi ortaya çıkarma, temsil etme, modeli kurma, manipüle etme, matematiksel ürünleri belirleme, uyarlama/dönüştürme, yeni bilgi elde etme ve analiz etme şeklindedir (Şekil 8).



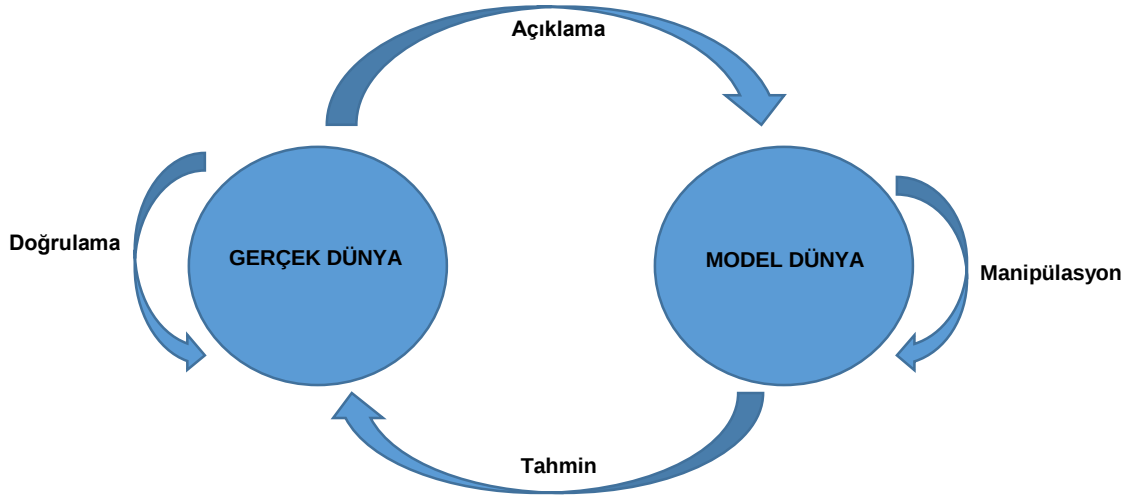
Şekil 8. Matematiksel modelleme döngüsü (Abrams, 2001) .

Cheng (2001) tarafından da matematiksel modelleme süreci temelde dönüştürme ve yorumlama gerektiren döngüsel bir süreç olarak basamaklandırılmıştır. Sürecin diyagramı Şekil 9’da sunulmuştur.



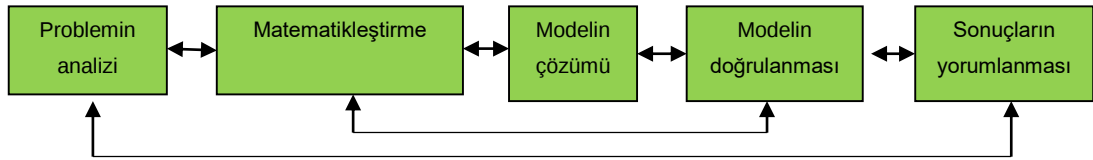
Şekil 9. Matematiksel modelleme süreci (Cheng, 2001).

Lesh ve Doerr (2003) de kendinden önce sunulanlarla benzer şekilde matematiksel modellemeyi gerçek dünya ile model dünya arasında geçişlerden oluşan dört adımlı döngüsel bir süreç olarak ele almaktadır. Şekil 10’da da görüldüğü üzere matematiksel modelleme sürecinin basamakları açıklama, manipülasyon (temsil etme, gösterme), tahmin ve doğrulama olarak belirlenmiştir.



Şekil 10. Matematiksel modelleme döngüsü (Lesh & Doerr, 2003).

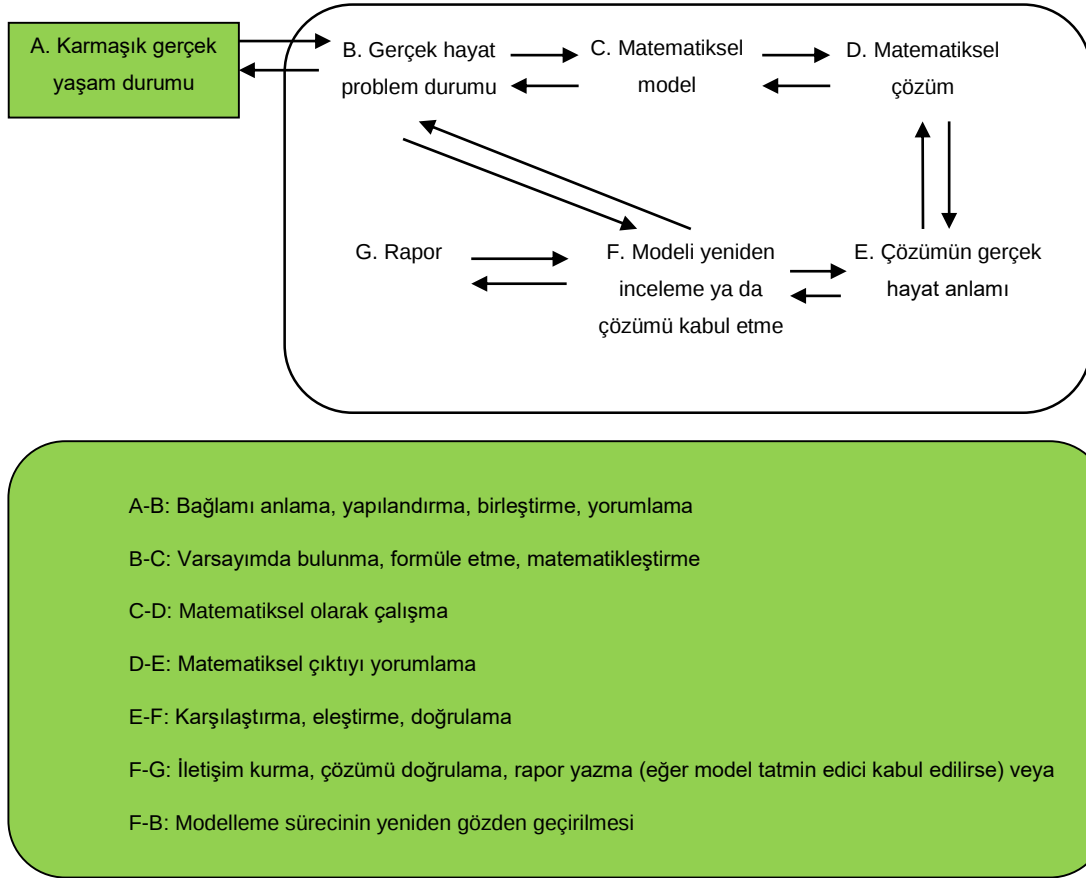
Örneklerden anlaşılacağı üzere, matematiksel modelleme sürecinin döngüsel olduğu hem fikir olunan bir durumdur (Zbiek & Conner, 2006). Voskoglou (2006) tarafından bu döngüsel süreç Şekil 11’de görüldüğü gibi problemin analizi, matematikleştirme, modelin çözümü, modelin doğrulanması ve sonuçların yorumlanması olmak üzere 5 aşamadan oluşan bir modelleme döngüsü olarak sunulmuştur. Bu süreçte yorumlama basamağının doğrulama basamağından sonra gelmesi daha önce sunulan süreçlere göre farklılık göstermektedir.



Şekil 11. Matematiksel modelleme sürecinin akış diyagramı (Voskoglou, 2006).

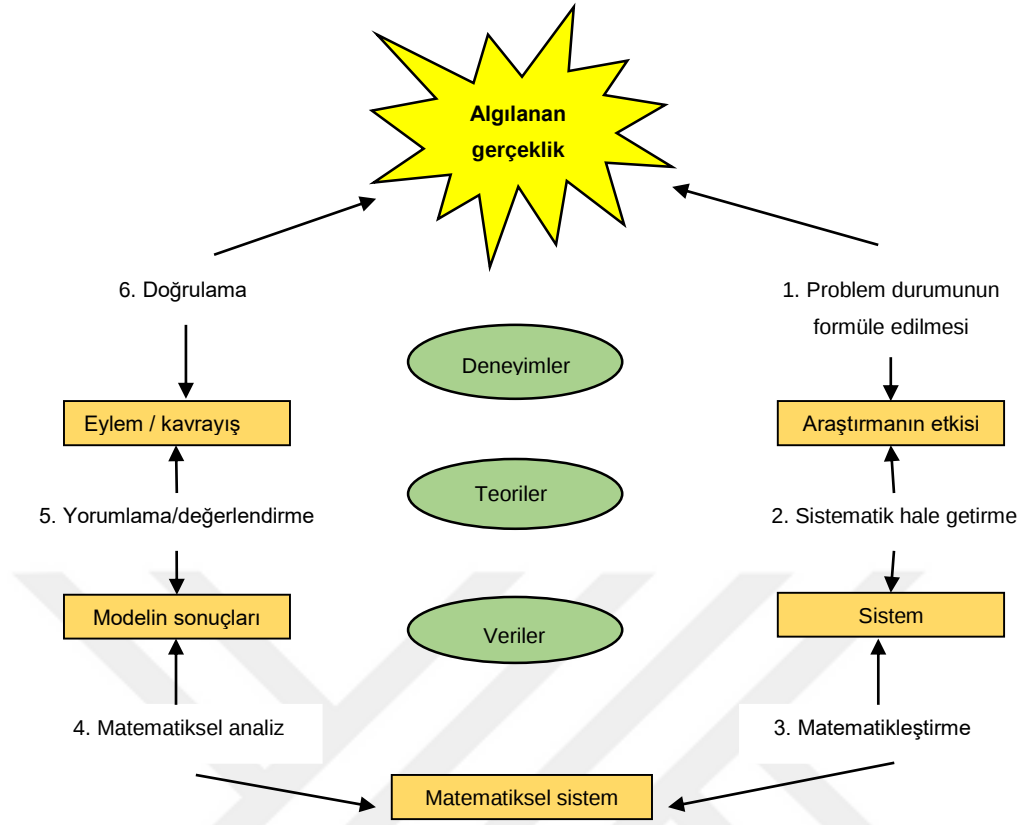
Galbraith ve Stillman (2006) tarafından Şekil 12’de sunulan modelleme sürecinde; karmaşık gerçek yaşam durumu, gerçek hayat problem durumu, matematiksel model, matematiksel çözüm, çözümün gerçek hayat anlamı, modeli yeniden inceleme ya da çözümü kabul etme ve rapor olmak üzere 7 farklı aşama verilmiştir ve bunlar arasındaki geçişler açıklanmıştır. Aşamalara ve geçişlere bakıldığında burada sürecin daha detaylı ele alındığı ve rapor

aşamasının da olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil 12. Modelleme süreci (Galbraith & Stillmann, 2006).

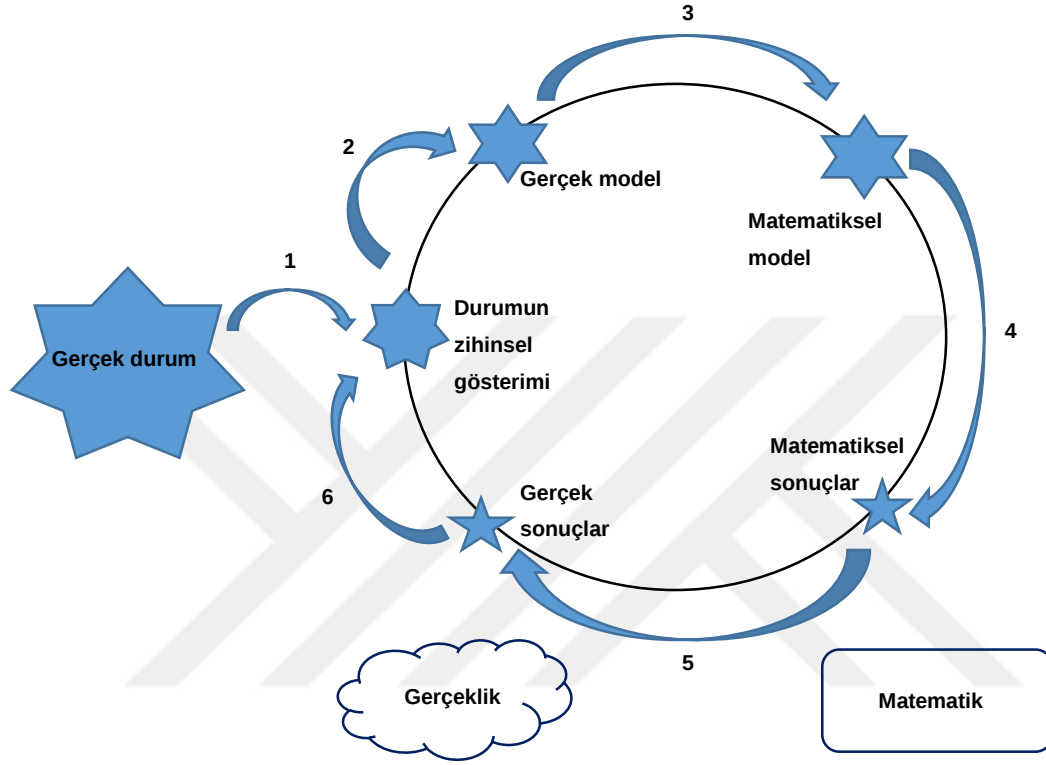
Blomhøj ve Jessen (2003) tarafından da modelleme sürecindeki temel etmenler ve süreçler Şekil-13'te görüldüğü gibi döngüsel bir yapıda ele alınmıştır. Modelleme süreci; problem durumunun formüle edilmesi, sistematik hale getirme, matematikleştirme, matematiksel analiz, yorumlama/değerlendirme ve doğrulama olmak üzere altı aşamada sunulmuştur.



Şekil 13. Matematiksel modelleme sürecindeki temel etmenler (Blomhoj & Jensen, 2003).

Borromeo Ferri (2006) modelleme döngüsünü bilişsel perspektif altında Şekil 14'te görüldüğü gibi; 1) problemi anlama, 2) sadeleştirme, 3) matematikleştirme, 4) matematiksel olarak çalışma, 5) yorumlama ve 6) doğrulama olmak üzere 6 basamak olarak ele almıştır. Problemi anlama aşamasında öğrenci gerçek hayat durumuna yönelik zihinsel olarak temsillerde bulunur ve problemde verilen ve istenen bilgileri tespit eder. Sadeleştirme aşamasında öğrenci problem için ek matematiksel bilgiler kullanır, gerekli olan-olmayan durumlara karar verir, varsayımlarda bulunur ve gerçek modele geçiş yapar. Matematikleştirme aşamasında öğrenci ek matematiksel bilgileri derinlemesine kullanılır, gerçek modelden matematiksel modele geçiş yapılarak modeller oluşturur. Matematiksel olarak çalışma aşamasında öğrenci matematiksel bilgilerini ortaya çıkarır ve modele uygun olacak şekilde matematiksel çözümler yapar. Yorumlama aşamasında öğrenci elde ettiği sonuçların gerçek yaşam durumuna göre yorumlar ve böylece matematik ile gerçek yaşam arasında bir geçiş yapar. Doğrulama aşamasında ise öğrenci bu

süreçte yapmış olduğu her adımı kontrol ederek modelin ve sonucun doğruluğunu belirler. Anlaşıldığı üzere bu süreçte aşamalar öğrencilerin zihinlerinde meydana gelen anlamlandırma, karar verme, bilgileri yapılandırma gibi durumlara odaklanarak açıklanmıştır.



Şekil 14. Bilişsel perspektif altında modelleme döngüsü (Borromeo Ferri, 2006).

Bu çalışmada uygulanan matematiksel modelleme süreci, öğrencilerin bilişsel açıdan deneyimlerinin gözlemlenebilmesi için (Borromeo Ferri, 2006) tarafından sunulan matematiksel modelleme döngüsü basamaklarına göre ele alınmıştır. Son iki basamak birlikte ele alınarak uygulama süreci basamakları şu şekilde belirlenmiştir:

1- Problemi Anlama: Gerçek yaşam durumundan hareketle problemi belirleme, verilen bilgileri ve istenen bilgileri tespit etme.

2- Sadeleştirme (Kavramlarla ilişkilendirme): Gerçek yaşam durumlarını matematiksel kavramlarla ilişkilendirerek gerekli/gereksiz bilgileri ayırt etmek ve strateji geliştirme.

3- Matematikleştirme (Model Oluşturma): Yapılan ilişkilendirmelere göre problemin çözümüne yönelik model oluşturma.

4- Matematiksel olarak çalışma (Problemi Çözme): Oluşturulan modeli gerçek yaşam durumu ile ilişkilendirerek problemi çözme.

5- Yorumlama ve doğrulama (Modeli Açıklama): Oluşturulan model ile yapılan çözümün doğruluğunu nedenleri ile açıklayabilme ve sonucu yorumlama.

Matematiksel modelleme sürecinde bireyde olması gereken ve hedeflenen bazı yeterlikler vardır. Matematiksel modelleme yeterliği Blomhoj ve Jensen (2003) tarafından, matematiksel modelleme sürecinin tüm basamaklarını gerçekleştirebilmek için hazır bulunma durumu olarak tanımlanmaktadır. Maaß (2006) da benzer şekilde matematiksel modelleme yeterliklerini, matematiksel modelleme sürecini belirlenen amaç doğrultusunda tamamlamak için bireyde olması gereken yeterliklerin ve yeteneklerin bütünü olarak tanımlamaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere, matematiksel modelleme süreçlerinde yer verilen basamakların gerçekleştirilebilmesi matematiksel modelleme yeterlikleri olarak kabul edilmektedir. Matematiksel modelleme yeterliklerini ortaya çıkarmada ve bu yeterlikleri geliştirmede ise matematiksel model oluşturma etkinlikleri kullanılmaktadır (Lesh, Hoover, Hole, Kelly & Post, 2000).

Matematiksel Model Oluşturma Etkinlikleri

Matematiksel modelleme sürecinde çeşitli etkinlikler kullanılmaktadır. Bukova Güzel ve Uğurel (2010) matematiksel etkinlikleri; izomorfik etkinlikler, izdüşümsel etkinlikler, lineer etkinlikler ve bileşke etkinlikler olarak sınıflandırmıştır. Bu sınıflamada, etkinliklerin başlangıç ve bitiş noktası referans alınmıştır. İzomorfik etkinliklerde, matematiksel yapılarla günlük yaşam durumları modellenerek kritik durumların ortaya koyulması sağlanır. İzdüşümsel etkinliklerde, günlük yaşam durumlarından yola çıkılarak matematiksel yapıların algılanması sağlanır. Lineer etkinliklerde, tamamen matematik dünyası içerisinde matematiksel yapıların algılanması sağlanır. Bileşke etkinliklerde ise,

matematiksel yapılar ile matematiksel düşünme ve akıl yürütme becerileri kullanılarak birleştirilmiş matematiksel yapılar üzerine çalışılması sağlanır.

Matematiksel modelleme sürecinde kullanılan etkinlikler, matematiksel model oluşturma etkinlikleri (MOE) olarak ifade edilmektedir. Zamanla kullanımı artan MOE tasarımı için Lesh ve arkadaşlarının (2000) geliştirdikleri prensipler dikkate alınmaktadır. Bu prensipler; gerçeklik prensibi, model oluşturma prensibi, öz değerlendirme prensibi, yapı belgelendirme prensibi, model genelleme prensibi ve etkili prototip prensibi olarak ifade edilmektedir. Bu prensipler şu şekilde açıklanmaktadır:

- Model oluşturma prensibi: Matematiksel modelleme etkinliklerinin model oluşumuna izin verecek şekilde tasarlanmasıdır.
- Gerçeklik prensibi: Matematiksel modelleme etkinliklerinin gerçek veya gerçeğe yakın verilere dayanması, anlamlı olması ve bireylerin günlük yaşamıyla ilişki içermesidir.
- Öz değerlendirme prensibi: Bireyler kendi kendilerini değerlendirebilmesi veya çözümlerinin etkililiğini ölçebilmesidir.
- Model dokümantasyon prensibi: Bireylerin süreç içerisinde kendi düşünme süreçlerini çözümleri içinde gösterebilmesidir.
- Model genelleme prensibi: Ortaya konulan çözümlerin genellenebilir olması veya benzer başka durumlara da uygulanabilir olmasıdır.
- Etkili prototip prensibi: Üretilen model mümkün olduğunca basit fakat matematiksel olarak da bir o kadar önemli olmalıdır.

Bu prensipler doğrultusunda model oluşturma etkinlikleri; tanıtıcı makale, hazır oluş soruları, problem durumu ve çözümlerin sunumu olmak üzere dört ana bileşenden oluşmaktadır (Chamberlin & Chamberlin, 2001; Chamberlin & Moon, 2005; Chamberlin & Moon, 2008; Yu & Chang, 2009). Matematiksel model oluşturma etkinliklerinin özellikleri ise; gerçekçi ve açık uçlu problemlerin olması, üst düzey düşünmeyi gerektirmesi, farklı olası çözümlerinin olması, öz değerlendirmeyi sağlaması, her sınıf seviyesinde kullanılabilmesi ve farklı disiplinlerle bağlantılar içermesidir (Chamberlin & Moon, 2005; Chamberlin &

Moon, 2008; Lesh, vd., 2000; Lesh & Caylor, 2007; Lesh & Zawojewsky, 2007; Mousoulides, 2007; Mousoulides, Christou & Sriraman, 2006).

Matematiksel model oluşturma etkinlikleri kullanım amacına göre sınıflandırılabilir. Buna göre, matematiksel bilginin nerede kullanılacağına yönelik olarak matematik bilgisinden gerçek yaşam durumuna geçişin olduğu (1) ve problemin c z m nde ihtiyaç duyulan matematiksel bilginin aranmasına yönelik gerçek yaşam durumundan matematik bilgisine geçişin olduğu (2) iki farklı yaklaşımdan söz edilebilir (Stillman, 2012). Böylece matematiksel model oluşturma etkinlikleri hem öğrenilmiş bilgilerin kullanılmasını, hem de gerçek yaşam durumunun matematikleştirilerek öğrenilenlerin derinleştirilmesini sağlamaktadır (Yoon, Dreyfus, & Thomes, 2010). Yani bu etkinlikler öğrencilerin matematiği öğrenmesi ve matematiğin gerçek yaşamdaki c eşitli yönlerini fark ederek anlaması bakımından harika bir yoldur (Lingefjard & Holmquist, 2005). Stillman'a (2012) göre ise matematiksel model oluşturma etkinliklerinde ana amaç matematiksel modelleme yapmaktır ve bu süreçte matematiksel kavramların  ğretimi de kendiliğinden gerçekleşmektedir.

Matematiksel model oluşturma etkinliklerinin  ğretim sürecine entegre edilmesine yönelik farklı yaklaşımlar mevcuttur. Blum ve Niss (1991) tarafından; ayrılmış yaklaşım, iki bölümlü yaklaşım, adalar yaklaşımı, karma yaklaşım, matematik müfredatına entegre edilmiş yaklaşım ve disiplinler arası entegre edilmiş yaklaşım olmak üzere altı farklı yaklaşım ifade edilmiştir. Ayrılmış yaklaşımda, matematiksel modelleme uygulamaları matematik dışında ayrı bir ders olarak ele alınmaktadır. İki bölümlü yaklaşımda, matematik programının bir kısmı p r matematiği, bir kısmı ise matematiksel modellemeyi içermektedir. Adalar yaklaşımında, matematik konularının  ğretiminde gerekli g r ld ğu durumlarda matematiksel modelleme uygulamalarına da yer verilir. Karma yaklaşımda, hem kavramların  ğretiminde hem de kullanılmasında matematiksel modelleme uygulamaları gerçekleştirilir. Matematik müfredatına entegre edilmiş yaklaşımda, müfredatta yer alan matematik konularının  ğretiminde matematiksel model oluşturma etkinlikleri kullanılır. Disiplinler arası entegre edilmiş yaklaşımda ise, farklı disiplinler de için içine katılır ve matematik ile entegre şekilde matematiksel modelleme uygulamaları gerçekleştirilir.

Matematiksel model oluşturma etkinlikleri uygulanması bakımından kısmi yaklaşım ve bütüncül yaklaşım olarak sınıflandırılmaktadır (Blomhoj & Hojgaard Jensen, 2003). Kısmi yaklaşımda modelleme sürecinin sadece belirli basamaklarına odaklanılırken, bütüncül yaklaşımda modelleme sürecinin tamamına yer verilmektedir (Tekin Dede, 2017). Bu çalışmada kullanılan matematiksel modelleme etkinlikleri bütüncül yaklaşıma uygun şekilde modelleme sürecinin tüm basamaklarını kapsamaktadır.

Matematiksel model oluşturma etkinliklerinin uygulanmasında öne çıkan özellikler; problemin gerçek yaşam bağlamında sunulması, verilenlerin farklı yorumlara açık olması, birden fazla çözüm-model geliştirilebilmesi, disiplinler arası bir yapıya sahip olması ve grup çalışması olarak uygulanmasıdır (Lesh & Doerr, 2003; Lesh & Zawojewski, 2007; Zawojewski, Lesh & English, 2003). Grup çalışması yapılması öğrencilerin farklı fikirler üretebilmelerine (Zawojewski, Lesh & English, 2003), matematiksel modelleme becerilerinin gelişmesine ve modelleme sürecini daha kolay gerçekleştirmelerine (English, 2006) katkı sağlamaktadır. Modelleme etkinlikleri, küçük gruplarla yapılmalıdır (English & Watters, 2005; Eric, 2008; Fox, 2006). Uygulamaların yapıldığı gruptaki öğrenci sayılarının 3 veya 4 olabileceğı (Zawojewski, Lesh & English, 2003), ve grupların homojen veya heterojen olabileceğı (Eraslan, 2011) ifade edilmiştir. Bu süreçte gruplarda yer alan tüm öğrenciler aktif olmalıdır. Öğretmenler ise öğrencilere rehberlik yapmalı ve gerekli adımların gerçekleştirilmesinde öğrencilere destek olmalıdır (Ubuz & Haser, 2002). Matematiksel model oluşturma etkinliklerinin uygulanması sürecinde uygulayıcı öğretmenin formasyon bilgisine, öğretmenlik alan bilgisine ve matematiksel düşünme süreçleri ile ilgili bilgilere hakim olması gerekmektedir (Kertil, 2008). Model oluşturma etkinliklerinin uygulanması, bu durumlar dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir.

Matematiksel modelleme etkinlikleri ile STEM etkinlikleri; tasarım yapma, analiz etme, matematikleştirme gibi birçok yönden örtüşmektedir (Gürbüz & Doğan, 2019). Yapılan bir çalışmada disiplinler arası model oluşturma etkinliklerinin öğrencilerin disiplinler arası ilişkilendirme becerilerini geliştirdiğı ve disiplinlere olan tutumu olumlu yönde değıştirebileceğı yönünde bulgular elde

edilmiştir (Güder & Gürbüz, 2018). Ayrıca matematiksel modelleme etkinlikleri STEM alanlarından biri olan matematik disiplinine yönelik motivasyonla da (Ören Vural, Çetinkaya, Erbaş, Alacacı & Çakıroğlu, 2013) ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla STEM eğitiminin matematiksel modelleme bağlamında gerçekleşmesi ile öğrencilerde STEM'e yönelik tutumu ve STEM motivasyonunu olumlu yönde geliştirilebilir. Bu bağlamda bu çalışmada modellemede yaklaşımlarının STEM eğitiminde etkili bir araç olarak kullanılma durumu motivasyon ve tutum değişkenleri açısından incelenmektedir.

STEM Eğitimi

İlk kez ABD'de ortaya çıkan STEM eğitimi; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının öğretiminin bütünleşik bir şekilde yapılması olarak tarif edilmektedir (Kırkıç, Derin & Aydın, 2018, s.14). Türkiye'de ise Türkçeye entegre edilmiş haliyle FeTeMM (fen, teknoloji, mühendislik ve matematik) kavramı olarak ifade edilmektedir (Eroğlu & Bektaş, 2016). STEM eğitiminin iki ana amacı; öğrencilerin üniversitede STEM mesleklerini seçme oranlarının artırılması ve öğrencilerin dört disiplindeki bilgi düzeylerini artırarak günlük hayatta bu bilgileri kullanarak karşılaştıkları problemleri çözmelerinin sağlanmasıdır (Thomasian, 2011). STEM eğitiminin amaçları Thomas (2014) tarafından ise; STEM okuryazarlığına sahip kişiler ile iş gücü üretilebilmesi, STEM alanındaki mevcut işlerin devam ettirilebilmesi, ülkeler için ekonomik avantaj sağlayacak yeniliklerin üretilebilmesi ve gelecekteki iş alanlarında yeterli olunabilmesi şeklinde ifade edilmiştir.

Günümüz sisteminde STEM eğitiminin bir “paradigma” değil, bir “müfredat yaklaşımı” olarak yer aldığı söylenebilir (Aydın & Derin, 2018, s.28). Bu doğrultuda STEM eğitiminin özellikleri; bilimsel kavramları uygulamalarıyla anlama, bilimsel düşünme ve yaratıcılık kazanma, araştırma becerilerini kazanma, problem çözme, karar verme, tasarım mühendisliği bilimini entegre model üzerinde uygulama, matematiksel düşünceyi bilim ve teknoloji aracılığıyla ilişkilendirme şeklinde sıralanabilir (Almalki, 2018). STEM eğitiminde en az iki disiplin arasında ilişkilendirme yapılması yeterli bulunmaktadır (Gürbüz & Doğan, 2019, s.77). Dugger'a (2010) göre ise STEM öğretmenin; bağımsız disiplinler olarak (S-T-E-M; geleneksel STEM), bir veya iki disipline vurgu

yapılarak (SteM gibi), bir STEM disiplininin diğer üçüne entegre edilmesi ile (M; S-T-E gibi) ve dört disiplinin iç içe karıştırılmasıyla (bütünleşik STEM) olmak üzere 4 yolu vardır. Belirtilen öğretim yollarına bakıldığında, öğretmenlerin sadece kendi alanlarına değil diğer alanlardaki uygulamalara yönelik de donanımlarının olması gerektiği söylenebilir. Bu durumla ilgili olarak dikkat çeken bir kavram olan bütünleşik öğretmenliğin dayandığı temel ilkeler; eşitlik - ilgililik (equity - relevance) ve disiplinler arası - alanda derinlik (interdisciplinarity - rigor) olarak belirlenmiştir (Çorlu & Çallı, 2017, s.4). Eşitlik - ilgililik ilkesine göre öğretmen, her öğrencinin ilgi ve deneyimlerini dikkate almalıdır. Disiplinler arası - derinlik ilkesine göre ise öğretmen, ilgili disipline özgü bilgi ve becerileri göz ardı etmeden disiplinler arası uygulamalar planlayabilmelidir.

Türkiye’de, yenilenen program ile birlikte bilgi aktarımının gerçekleştirilmesine, yaratıcılığın arttırılmasına, yaşam boyu öğrenme alışkanlıkları ve deneyim kazandırılmasına yönelik etkinlikler ve çalışmalar da programlarda yer almıştır (MEB, 2018). Bu doğrultuda müfredatta yaratıcılık, kritik düşünebilme, iletişim gibi 21. yy becerilerine yer verilmiş olması, kazanılacak bilgilerin gerçek hayatla bağlantılı olmasına önem verildiğini göstermektedir (Çavaş, Ayar, Bula Turuplu & Gürcan, 2020). Bunu sağlamada kullanılabilecek yaklaşımlardan biri STEM eğitimidir. Bu nedenle STEM yaklaşımına yönelimin artması ile birlikte 2014 yılından sonra STEM ile ilgili çalışmalar da artış göstermektedir (Günbatar & Bakırcı, 2019). Ülkemizde yapılan araştırmalar incelendiğinde öğrencilerle yürütülen çalışmalarda, çalışma grubunu en fazla ortaokul öğrencilerinin oluşturduğu görülmüştür (Çavaş vd., 2020). Ayrıca yapılan çalışmalarda genel olarak fen bilgisi dersinde STEM etkinliklerinin uygulandığı görülmüş ve Matematik, Bilişim Teknolojileri, Teknoloji Tasarım derslerinde de uygulamalar yapılabileceği ifade edilmiştir (Herdem & Ünal, 2018). Matematik eğitiminde kullanılacak olan STEM etkinlikleri için bir takım ölçütler belirlenmiştir. Bu ölçütler; “temel matematiksel fikirler (core ideas)”, “kazanımlar”, “bütünleşik ihtiyacı ve biçimi”, “süre”, “teknoloji ve materyal kullanımı”, “bağlantılı olunan yöntem ve yaklaşımlar” şeklindedir (Aydın & Derin, 2018, s.31-32). Ölçütlerden biri olan temel matematiksel kavramlar; matematiksel kavramın merkezinde yer alan fikirleri ifade etmektedir.

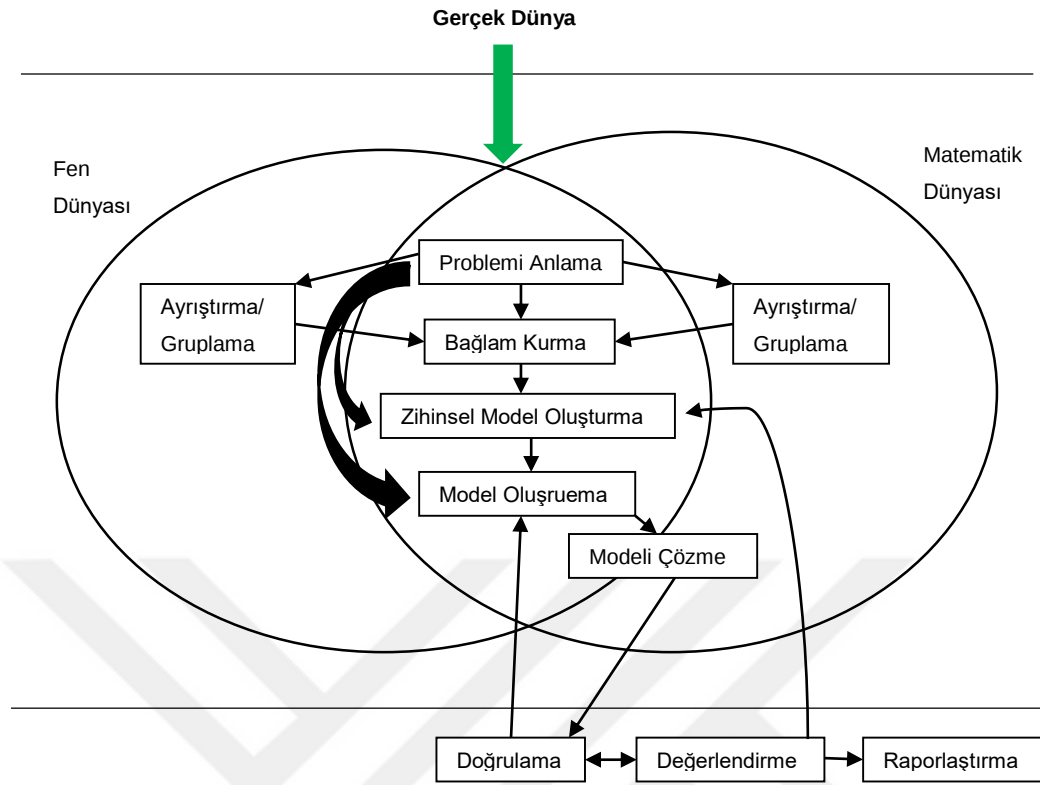
Etkinliklerde bu kavramlara ve bu kavramları açıklamaya yardımcı olan fikirlere yer verilir. Kazanımlar da etkinlikte yer verilmesi gereken ölçütlerden biridir. Etkinliğin matematik öğretim programında yer alan hangi kazanımları içerdiğine yer verilmelidir. Etkinliğin bütünleşik ihtiyacı, etkinliğin farklı disiplinleri bir arada kullanmayı gerektirip gerektirmediği ile ilgilidir. Biçimi ise bu gerekliliğin bağlamsal mı yoksa içeriksel mi olduğu ile ilgilidir. Etkinlik için öngörülen süre, etkinliğin uygulanmasında hangi teknolojilerin veya materyallerin kullanılacağı ve etkinliğin hangi yöntem veya yaklaşımla gerçekleşeceği de ölçütler arasındadır.

STEM eğitimi sürecinin aşamaları; Toulmin argümantasyon modeli entegreli yaklaşım, 5E öğrenme modeli, ders kurgulama yaklaşımı, farklılaştırılmış öğretim yaklaşımı, işbirlikli yaklaşım, Montessori yaklaşımı, oyunlaştırma yaklaşımı, özel yetenekliler için yaratıcılığı desteklemeye yönelik yaklaşım, proje tabanlı öğrenme yaklaşımı, senaryo temelli öğrenme yaklaşımı, simülasyon temelli öğrenme yaklaşımı, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı, sosyo-bilimsel konular temelli yaklaşım, tam öğrenme yaklaşımı ve tasarım temelli öğrenme yaklaşımı şeklinde çeşitli öğrenme-öğretme yaklaşımlarıyla uygulanabilmektedir (Çevik, 2020). Bu çalışma kapsamında 5E öğrenme modeliyle STEM eğitimi gerçekleştirilmiştir. 5E öğrenme modelinin aşamaları; giriş (engage), keşfetme (explore), açıklama (explain), derinleştirme (elaborate) ve değerlendirme (evaluate) şeklindedir. STEM eğitiminde 5E modeli uygulanırken giriş, keşfetme ve açıklama aşamalarında bir disipline ilişkin bilgiler verilerek diğer disiplinlerle de bağlantı kurulur, ancak STEM entegrasyonu derinleştirme aşamasında gerçekleşmektedir (Yıldırım, 2018). Bu model ile öğrencilerde merak uyandırma, onların ilgi ve beklentilerini karşılama, bilgiyi aktif şekilde kullanmalarını teşvik etme (Ergin, 2006) ve bir konuya ait kavramların öğretilmesi (Martin, 2006) sağlanabilmektedir. STEM eğitiminde 5E modeli, ulusal ve uluslararası birçok çalışmada uygulanmıştır (Çilek, 2019; Kaniawati, Kaniawati & Rahma Suvarma, 2017; Ling, Pang & Lajium, 2019; Nur Yılmaz, 2019; Rosicka, 2016). STEM eğitime yönelik temel yaklaşımlar ise; problem çözmeyle öğretim, matematiksel modelleme ve inceleme tabanlı yaklaşımlar olarak ifade edilmektedir (Aydın & Derin, 2018, s.30-31). Bu çalışmada STEM eğitime geçişte disiplinler arası matematiksel model

oluşturma etkinliklerinin kullanılması söz konusu olduğundan, matematiksel modelleme yaklaşımı çerçevesinde uygulamalar gerçekteştirilmiştir.

STEM Eğitiminde Matematiksel Modelleme Yaklaşımı

Matematiksel modelleme yaklaşımının STEM eğitiminde kullanılabilmesinin nedeni, STEM etkinlikleri ile matematiksel modelleme problemlerinin; tasarım yapma, analiz etme, matematikleştirme, iletişim kurma becerilerini ortaya koyma ve destekleme yönleriyle örtüşüyor olmasıdır (Gürbüz & Doğan, 2019). Ayrıca STEM'de M'nin rollerine bakıldığında matematiğin; hesaplama, ölçme, veri analizi, veri gösterimi ve değişken analizi için destekleyici bir araç rolünde olduğu ve matematiksel modelleme sürecinin uygulanması için bir bağlam/kaynak olduğu söylenebilir (Ondes, Kursun & Ciltas, 2019). Matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanılması, öğrencilerin STEM alanlarına ait kavramsal yapıları inşa etmesinde ve bu kavramların derinleştirilmesini sağlamaktadır (Karahan & Bozkurt, 2017). Matematiğin fen bilgisi derslerinde; hesaplama, verilerin grafiğini çizme, değişkenleri analiz etme ve nicel muhakeme yapmak için de kullanılması (Ondes, Kursun & Ciltas, 2019) diğer disiplinlerle olan ilişkisine bir örnektir. Bu bağlamda matematik ve fen disiplinleri için bir disiplinler arası matematiksel modelleme süreci de şekil 15'te sunulmuştur (Doğan vd., 2018). Burada sürecin basamakları; problemi anlama, bağlam kurma, zihinsel model oluşturma, model oluşturma, modeli çözme, dönüştürme, değerlendirme ve raporlaştırma olarak belirlenmiştir. Disiplinler arası matematiksel modelleme sürecinde basamaklar arasındaki esnek geçiş, öğrencinin süreci istediği zaman geri dönerek tekrar yaşamasına veya basamakları atlmasına imkan sağlamaktadır.



Şekil 15. Disiplinler arası matematiksel modelleme süreci (Doğan vd., 2018).

Yapılan bir araştırmada, bir gerçek hayat probleminin STEM bağlamında uygulamalı olarak çözülmesinin, sadece matematiksel modelleme ile teorik olarak çözülmesine göre disiplinler arası ilişki kurmaya daha fazla hizmet ettiği görülmüştür (Derin, 2017). Bunun nedeni olarak; matematiksel modellemenin, öğrencilerden özellikle matematiksel sorular sormalarını ve matematiksel araçları kullanmalarını istemesi yönünden STEM etkinlikleri ile arasında bazı farklılıkların olması gösterilebilir (Fulton, 2017). Ancak STEM eğitime geçişte matematiksel modelleme, bir köprü görevi görmesi bakımından oldukça önemlidir (Kertil & Gürel, 2016). STEM entegrasyon programları için matematiksel modellemenin uygulanması, problem çözmenin yalnızca somut ve anlamlı olabilmesi için değil, ayrıca kapsamlı ve tutarlı bir şekilde yapılabilmesi için de oldukça önemli kabul edilir (Bajuri, Maat & Halim, 2018). Nitekim başka bir araştırmada da modellemenin, farklı STEM disiplinlerini entegre etmenin merkezinde olduğu görülmüştür (Ärleback & Albarracín, 2019). Dolayısıyla

modelleme süreçleri, özgün uygulamalar aracılığıyla STEM disiplinleri arasındaki boşluğu doldurabilir; bu nedenle modelleme hem STEM disiplinlerinin içinde hem de dışında, STEM okuryazarlığını ve bağlamlar arasındaki bilgi ve beceri aktarımını teşvik etmek için bir araç olarak kullanılabilir (Hallström & Schönborn, 2019).

Ülkemizde ise PISA ve TIMSS gibi sınavlarda elde edilen puanların beklenen düzeye çıkarılabilmesi için STEM eğitimi, öncelik verilmesi gereken önemli bir yaklaşım olarak görülmektedir (MEB, 2016). Ayrıca PISA’da yer alan soruların birçoğunun matematiksel modelleme sürecinin basamakları ile ilişkili olduğu ve soruların zorluk derecesine göre matematiksel modelleme sürecindeki basamakları içermeye yüzdesinin de arttığı görülmektedir (Turner, 2007). Zaten STEM etkinliklerinin matematiksel modelleme süreçlerini de barındırmaktadır (Kertil & Gürel, 2016). Buradan hareketle STEM eğitimi ve matematiksel modelleme etkinliklerinin ilişkilendirilmesi ile yapılacak öğretim uygulamalarının yaygınlaşmasının ülke başarısı için de önemli olduğu söylenebilir. Bu bağlamda bu araştırmada matematiksel modelleme etkinlikleri, STEM eğitime geçişte bir araç olarak kullanılmıştır.

STEM Eğitiminde Matematiksel Modelleme Yaklaşımının Tutum ve Motivasyon Açısından İncelenmesi

Tutum, Türk Dil Kurumu [TDK] (2021) tarafından “tutulan yol, tavır” olarak tanımlanmıştır. Tutum, bir duruma yönelik duygu, istek, düşünce ve hislerden oluşur (Uzun & Sağlam, 2006). Bu bağlamda STEM’e yönelik tutumun, STEM alanlarına yönelik duygu, istek, düşünce ve hislerden oluştuğu söylenebilir. Ayrıca STEM’e yönelik tutum, STEM meslek ilgileri üzerinde anlamlı yordayıcı bir etkiye de sahiptir (Balçın, Çavuş & Topaloğlu, 2018). Yani STEM alanlarına yönelik olumlu tutuma sahip olan öğrenciler, STEM alanlarında kariyer oluşturmada istekli olacaklardır (Christensen, Knezek & Tyler-Wood, 2015).

Öğrencilerin ortaokul düzeyindeyken sahip olduğu tutum ve ilgi değişikliklerinin, diğer yaşlara göre daha kalıcı etkiye sahip olduğu varsayılmaktadır (Anderman & Maehr, 1994). Bu nedenle öğrencilerin kariyer planları ile ilgili ortaokul düzeyinden itibaren karar almaya başlamaları gerekmektedir (Tai, Liu, Maltese & Fan, 2006). Bu doğrultuda STEM yaklaşımı

önemli görülmekte, STEM eğitiminin ilgi, tutum, başarı ve beceri gibi değişkenler üzerindeki etkisinin incelendiği ve kariyer planlamada önemli olan etkenlerin STEM alanlarıyla ilişkilendirildiği çalışmalar yapılmaktadır (Pekbay, 2017). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; öğrencilerin STEM'e yönelik olumlu tutum geliştirmeleri sağlanmalı, STEM alanlarında kariyer oluşturmaları için eğitim sistemleri incelenmeli ve erken yaşlarda STEM'e yönelik bilinçlendirilmeler yapılmalıdır (Gülhan & Şahin, 2016; Wyss, Heulskamp & Siebert, 2012).

Öğrencilerin STEM okuryazarlığının artması ve STEM'e yönelik olumlu tutum geliştirmeleri için fen/bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birbirleri ile ilişkilendirebilmeleri gerekmektedir (Şahin, Ayar & Adıgüzel, 2014; Sullivan, 2008). Yapılan bir çalışmada disiplinler arası model oluşturma etkinliklerinin öğrencilerin disiplinler arası ilişkilendirme becerilerini geliştirdiği ve disiplinlere olan tutumu olumlu yönde değiştirebileceği yönünde bulgular elde edilmiştir (Güder & Gürbüz, 2018). Dolayısıyla STEM eğitiminin matematiksel modelleme bağlamında gerçekleşmesi ile öğrencilerde STEM'e yönelik olumlu tutum geliştirilebilir. Bu da bireyin STEM alanlarına yönelik duygu, istek, düşünce ve hislerini olumlu yönde etkileyebilir.

Öğrencilerin, gelecekte sahip olmaları gereken STEM okuryazarlığının bir bileşeni de motivasyondur (Zollman, 2012). Motivasyon TDK (2021) tarafından "isteklendirme, güdüleme" olarak tanımlanmıştır. Elliot ve Conivgton (2001) ise motivasyonu, bireyin davranışta bulunma niyeti olarak ifade etmiştir. STEM motivasyonu yüksek olan öğrenciler, STEM alanlarına katılmaya devam etme eğilimindedir (Skinner, Furrer, Marchand & Kindermann, 2008).

STEM çalışmaları, öğrencilerin başarı ve motivasyonlarını arttırmakta, ayrıca matematik ve fen bilimleri derslerine karşı olumlu tutumu geliştirmektedir (Yıldırım & Selvi, 2018). Entegre edilmiş STEM eğitimi, öğrencilerin derslerine olan tutumlarını olumlu yönde etkilemekte ve öğrendiklerini farklı problemlere transfer etmelerini sağlamaktadır (Furner & Kumar, 2007; Stinson, Harkness, Meyer & Stallworth, 2009; Yıldırım, 2013). Bu bağlamda matematiksel modelleme problemleri bu transferin gerçekleşmesi için bir araç olarak kullanılabilir. Nitekim matematiksel modelleme etkinlikleri de problem çözmeye

yönelik motivasyonu (Kal, 2013) ve STEM alanlarından biri olan matematik disiplinine yönelik motivasyonu (Ören Vural, Çetinkaya, Erbaş, Alacacı & Çakıroğlu, 2013) arttırmaktadır.

Sonuç olarak STEM'e yönelik tutumun ve STEM motivasyonunun geliştirilmesi amacıyla farklı disiplinlerin birlikte yer aldığı matematiksel modelleme etkinlikleri kullanılabilir. Bu bağlamda bu araştırmada STEM eğitime geçişte matematiksel modelleme yaklaşımının STEM'e yönelik tutuma ve STEM motivasyonuna etkisi araştırılmıştır.

STEM Eğitime Geçişte Disiplinler Arası Bir Yaklaşım Olarak Matematiksel Modelleme Kullanımı İle İlgili Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Belirlenen kapsamda Türkiye’de yapılan çalışmalar incelenmiştir. STEM eğitime geçişte disiplinler arası bir yaklaşım olarak matematiksel modellemenin kullanıldığı çalışmalara bu başlıkta yer verilmiştir. Literatür incelendiğinde disiplinler arası matematiksel modelleme yaklaşımına vurgu yapılan sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir (Gürbüz, Çavuş Erdem, Şahin, Temurtaş, Doğan, Doğan, Çalık & Çelik, 2018).

Güder ve Gürbüz (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, 7. sınıf düzeyindeki 30 öğrenciyle 3-4 kişilik gruplar halinde uygulaması yapılan bir modelleme problemi aracılığıyla STEM eğitime geçişte disiplinler arası bir yaklaşımın deneyimlenmesi sağlanmıştır. Araştırmada çok katmanlı öğretim deneyi yöntemi kullanılmıştır. Bu araştırmada öğrencilerin model geliştirme süreçlerini izlemek ve bu şekilde belirli bazı fen ve matematik terimlerini nasıl öğrendiklerini gözlemlemek amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle öğrencilere 4 hafta boyunca modelleme problemleri uygulanmıştır. Daha sonra araştırma kapsamında “Enerji Tasarrufu Problemi” geliştirilmiş ve bu problem 7. sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Bu uygulama sürecinde gözlemler yapılarak katılımcıların gelişimleri raporlaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; öğrencilerin ilk kez bu tür disiplinler arası ilişkiler barındıran problemlerle karşılaşmış olmalarının, düşünme biçimlerinin gruplara göre farklılık göstermesinin ve özellikleri gereğince modelleme problemlerinin karmaşık bir yapıda olmasının öğrencilerin modellerinin farklılık göstermesinde etkili olduğu görülmüştür.

Deniz ve Yıldırım (2018) ise, STEM eğitimi çerçevesinde disiplinler arası bir yaklaşım olarak fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerini incelemişlerdir. Araştırma yöntemi olarak nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Araştırmanın katılımcıları 2017-2018 eğitim-öğretim yılında Muş Alparslan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 3. sınıfa devam eden 20 öğretmen adayı olarak belirlenmiştir ve beşer kişilik dört grup halinde çalışılmıştır. Uygulama sürecinde katılımcılar öncelikle beşer dakika problemleri bireysel olarak çözmeye çalışmışlardır. Ardından grupla birlikte yaklaşık 15 dakika daha çalıştıktan sonra ortak bir karar alarak bulunan sonucu paylaşmışlardır. Yapılan inceleme sonucunda, katılımcıların matematiksel modelleme basamaklarının tümünde zorlandıkları görülmüştür.

Benzer şekilde Gürbüz vd. (2018), bir disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliğinin matematik ve fen bilimleri öğretmenleri tarafından deneyimlenmesi sürecini incelemiştir. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Araştırmanın katılımcılarını 9 matematik ve 9 fen bilimleri öğretmeni oluşturmaktadır. Araştırmanın verileri bir proje kapsamında gerçekleştirilen ve 12 hafta boyunca yürütülen bir çalıştayda kaydedilen raporlarından, videolardan ve ses kayıtlarından elde edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda; disiplinler arası matematiksel modelleme sürecinde yer alan basamaklarda geçişin esnek olduğu ve iç içe gerçekleştiği, ayrıca gerçekçi varsayımlar oluşturmayı sağlamada ilgili disipline ait üst düzey deneyimlere ve yeterliklere sahip olunmasının etkili olduğu görülmüştür.

Başka bir çalışmada ise, STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımı ile ilgili öğretmen ve öğrenci görüşleri incelenmiştir (Güder ve Gürbüz, 2018). Bu amaçla yapılan çalışmada nitel araştırma tekniklerinden yarı-yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Çalışma grubu 2015-2016 eğitimi-öğretim yılında Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesindeki bir merkez okulda görev yapan bir matematik öğretmeni ve bir fen bilimleri öğretmeni ile aynı okuldan seçilen yedi 7. sınıf öğrencisinden oluşmaktadır. Araştırma sürecinde öncelikle öğretmenlerle ön görüşmeler yapılmıştır. Ardından öğrencilere merkezinde matematik ve fen bilimleri

disiplinlerinin olduğu üç adet Disiplinler Arası Model Oluşturma Etkinlikleri (DAMOE) uygulanmıştır. Uygulama sonrasında öğretmenlerle ve öğrencilerle bu etkinliklerin uygulanabilirliği ve ne gibi faydalar sağlayacağı konularında tekrar görüşmeler yapılmıştır. Bu doğrultuda disiplinler arası model oluşturma etkinlikleri kullanımı ile öğrencilerin disiplinler arası ilişkilendirme becerilerinin geliştiğı ve böylece farklı disiplinlere olan tutumun da olumlu yönde değişebileceğı ifade edilmiştir.

Deniz (2020) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmada da, ortaokul öğrencilerinin model oluşturma etkinlikleri aracılığıyla STEM eğitiminde matematiksel modelleme süreçleri incelenmiş ve bu süreçte karşılaşılan güçlükler araştırılmıştır. Araştırmanın yöntemi çoklu durum çalışmasıdır. Katılımcılar, 2019-2020 eğitim öğretim yılında Akdeniz Bölgesi'nde bir ilin merkez ilçesinde bulunan bir devlet okulunda öğrenim gören 8. sınıf öğrencileridir. Uygulama süreci dörder kişilik iki grup ile yürütülmüştür. Modelleme sürecinin analizi, Blum ve Borromeo Ferri (2009) tarafından sunulan modelleme döngüsü kullanılarak yapılmıştır. Araştırma sonucunda ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin model oluşturma sürecinde problemi anlama, model oluşturma, matematik kullanma, sonuç açıklama, grup ile çalışma, oluşturulan modeli doğrulama ve zaman yönetimi kategorilerinde güçlükler yaşadıkları belirlenmiştir.

Bolat (2020) tarafından yapılan doktora tez çalışmasında ise lise matematik dersi çember ve daire konusuna yönelik STEM etkinlikleri geliştirilmiş ve uygulamaların öğrencilerin problem çözme becerileri, bilgi işlemsel düşünme becerileri, STEM alanlarına yönelik ilgileri üzerine etkisi ile öğrencilerin sürece yönelik görüşleri araştırılmıştır. Bu çalışmada STEM uygulamalarının bir parçası olarak matematiksel modelleme yaklaşımından yararlanılmıştır. Araştırmanın yöntemi, karma araştırma yöntemlerinden gömülü desendir. Araştırmanın örneklemini 2017-2018 eğitim-öğretim yılında 10. sınıf düzeyinde öğrenim gören 33 kişilik deney grubu ve 33 kişilik kontrol grubu oluşturmaktadır. STEM etkinlikleri beş hafta boyunca uygulanmıştır. Araştırmanın bulgularında öğrencilerin problem çözme becerisi, STEM alanlarına ilgisi ve bilgi işlemsel düşünme becerilerine göre deney grubu lehine anlamlı düzeyde farklılık

oluştugu görülmüştür. Öğrenci görüşlerinde ise bilgisayar destekli eğitim ve STEM etkinlikleri ile ilgili genelde olumlu yönde, işbirlikli öğrenme ile ilgili genelde olumsuz yönde görüşlerin olduğu görülmüştür.

Literatür incelendiğinde STEM bağlamında matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulandığı çalışmalar vardır. Ancak bu çalışmaların sınırlı sayıda olduğu ve bu nedenle genellenebilirlikten uzak olduğu söylenebilir. Ayrıca STEM eğitiminde matematiksel modellemenin kullanımına ilişkin birçok boyutun (bilişsel, duyuşsal gibi) açık bir şekilde ortaya konulmadığı belirtilebilir. Bu nedenle STEM eğitime geçişte matematiksel modellemenin kullanılabilirliğinin ne ölçüde etkili olduğuna ilişkin araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda bu çalışmada STEM eğitime geçişte matematiksel modellemenin bir araç olarak kullanılmasının tutum ve motivasyon değişkenlerine etkilerinin araştırılmasına odaklanılmıştır.

Bölüm 3

Yöntem

Bu çalışmada karma araştırma yöntemi kullanılmıştır. Karma araştırmalarda nicel ve nitel yaklaşım birlikte kullanılmaktadır (Mertkan, 2015). Bu araştırmada matematiksel modellemenin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumları ile STEM motivasyonları üzerindeki etkililiğini araştırmak ve öğrencilerin matematiksel modelleme süreci ile matematiksel model oluşturma etkinliklerine yönelik düşüncelerini daha detaylı bir şekilde incelemek için birden fazla veri çeşidine başvurulması gerekmektedir. Buradan hareketle araştırma, iç içe karma desen ile modellenmiştir. Bu desenden yararlanılmasının sebebi çalışılan konu hakkında geniş bir bakış açısı kazanmak olarak da ifade edilebilir (Baki & Gökçek, 2012).

İç içe karma desende büyük bir desen içerisine farklı soruları cevaplayabilmek amacıyla ilave veri kümesinin dahil edilmesi durumu söz konusudur (Creswell & Clark, 2018). Araştırmanın amacı dikkate alındığında, araştırmanın nicel boyutunda gerçekleştirilen işlemlerin araştırmanın baskın yönünü oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, deney grubu öğrencilerinin matematik dersinde STEM eğitime geçişte matematiksel modelleme etkinliklerini deneyimleme sürecinde ne tür eylemler gerçekleştirdikleri ve sürece yönelik görüşleri de araştırılmıştır. Dolayısıyla bu araştırmada nicel ağırlıklı desen [NİCEL (+nitel)] kullanılmıştır. Araştırmada matematik dersinde matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması söz konusu olduğundan, uygulama öncesi ve sonrası nicel veriler toplanmış ve aynı zamanda süreç boyunca nitel veriler de toplanmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada veriler eş zamanlı olarak elde edilmiştir. Bu tasarım türünde nicel ve nitel boyutta toplanan verilerin birleştirilmesi ise veri analizi aşamasında yapılmaktadır (Baki & Gökçek, 2012). Nicel veriler, nitel veriler ile birlikte çözümlendiğinden, nicel ve nitel boyutlar arasında etkileşimli bir ilişki söz konudur.

Disiplinler arası geçişte matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanılmasının öğrencilerin STEM'e yönelik tutumuna ve STEM motivasyonuna olan etkisinin araştırılması amacıyla, nicel boyutta ön test-son test kontrol

gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Yarı deneysel desen, zayıf ve güçlü deneysel desenin ortasında yer alan ve deneysel sürecin uygulanmasında tüm dışsal değişkenlerin kontrol altına alınamadığı bir desendir (Christensen, Johnson & Turner, 2020). Bu çalışmada nitel boyutta ise durum çalışması (case study) yöntemi kullanılmıştır. Durum çalışması, “nasıl” ve “ niçin” sorularına odaklanılan ve durumun kendi doğal ortamı içerisinde çalışıldığı bir araştırma yöntemidir (Yin, 1984). Durum çalışmasında bir veya birkaç durum belli sınırlar içerisinde bütüncül olarak analiz edilir (Şimşek & Yıldırım, 2011). Bu çalışmada belirlenen durumlar, matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenci grupları tarafından deneyimlenmesi sürecinin incelenmesi ve bu deneyim ile ilgili öğrencilerin olumlu ve olumsuz görüşlerinin araştırılması olduğundan, çoklu durum deseni (multiple case study) kullanılmıştır.

Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Bu araştırmanın hedef kitesini Van ilinde, ulaşılabilir evrenini İpekyolu ilçesinde, teorik evrenini ise Türkiye’de öğrenim gören ortaokul 8. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Bu doğrultuda araştırmanın örneklemi, 2020-2021 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde, Van ili İpekyolu ilçesinde bulunan bir devlet ortaokulunda öğrenim gören 8. sınıf öğrencileridir. Araştırmanın örneklemi Tablo 1’de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 1

Araştırmanın Örneklemi

Gruplar	Uygulama	Toplam Sayı	Kız Öğrenci Sayısı	Erkek Öğrenci Sayısı
Deney 1	MM+STEM	19	9	10
Deney 2	STEM	23	16	7
Kontrol	Mevcut Yöntem	22	12	10
Toplam		64	37	27

Matematiksel modelleme etkinliklerinin ve STEM etkinliklerinin uygulandığı Deney 1 grubunda 19 öğrenci (9 kız, 10 erkek), sadece STEM etkinliklerinin uygulandığı Deney 2 grubunda 23 öğrenci (16 kız, 7 erkek) ve

öğretim programında yer alan mevcut yöntemlerin uygulandığı Kontrol grubunda ise 22 öğrenci (12 kız, 10 erkek) bulunmaktadır.

Uygulamanın yapıldığı okulun seçiminde araştırmanın amacına yönelik kriterlere dayalı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Kriterlere dayalı örneklemede doğru kriterlerin belirlenmesi ve belirlenen kriterlere uygun katılımcıların seçilmesi oldukça önemlidir (Mertkan, 2015). Bu araştırma kapsamında belirlenen kriterler; uygulamayı gerçekleştirecek olan öğretmenin matematik eğitiminde matematiksel modelleme eğitimi ile STEM eğitimi almış olması ve öğrencilerin bu eğitimlere dayalı öğretim uygulamalarını daha önce deneyimlememiş olmalarıdır. Araştırmanın nicel boyutunda belirlenen örneklem, ortaokulda yer alan üç şubedeki tüm öğrencileri kapsamaktadır. Nitel boyutta belirlenen çalışma grubu ise, nicel boyutta belirlenen örnekleme de yer alan deney grubu öğrencilerinden oluşmaktadır. Bunun nedeni araştırmanın alt problemleri doğrultusunda, nitel verilerin deney grubunda yer alan öğrencilerden elde edilmiş olmasıdır.

Pilot Uygulama Süreci

Asıl uygulamada yaşanabilecek problemlere hazırlıklı olmak ve veri toplama araçlarına asıl uygulamadan önce son halini kazandırmak amacıyla, 8. sınıf düzeyinde öğrenim gören ve araştırmanın örnekleminde yer almayan 2 öğrenci (1 kız, 1 erkek) ile etkinliklerin pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulamada öğrencilere matematiksel modelleme ve STEM ile ilgili teorik bilgiler verilmiş, örnekler incelenmiş, etkinlikler ve formlar uygulanmıştır. Matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması sürecinde etkinliklerden kaynaklanan herhangi bir sorun yaşanmamıştır. STEM etkinliklerinin uygulanması sürecinde ise uygulanması öngörülen dört etkinlikten birinin anlaşılması ve uygulanmasında problemler yaşanmıştır. Etkinliğin içeriğinde düzenlemeler yapıldığında da benzer sorunların tekrar yaşanması nedeniyle etkinliğin kullanılmamasına karar verilmiştir. Bu nedenle STEM eğitimi kapsamında asıl uygulamada dört etkinlik yerine üç etkinlik uygulanmıştır. Pilot uygulamalar 2 hafta (16 saat) sürmüştür.

Veri Toplama Süreci

Veri toplama araçları 2020-2021 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde ortaokul 8. sınıf öğrencilerine uygulanarak veriler toplanmıştır. Uygulama süreci ve verilerin toplanması, velilerden alınan izinler doğrultusunda, okulda/yüz yüze şekilde ve ders dışı zamanlarda gerçekleştirilmiştir. Veri toplama süreci ile ilgili detaylar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2

Veri Toplama Süreci

Tarih Aralığı	Süre	Uygulama	Gruplar
09.03.2021	1 gün (2 saat)	Ölçeklerin ilk uygulamalarının yapılması	Tümü
09.03.2021- 12.03.2021	1 hafta (6 saat)	Matematiksel Modelleme Eğitimi	Deney 1
15.03.2021- 09.04.2021	4 hafta (14 saat)	Disiplinler arası model oluşturma etkinliklerinin uygulanması (4 etkinlik)	Deney 1
12.04.2021- 16.04.2021	1 hafta (6 saat)	STEM eğitimi	Deney 1,2
19.04.2021- 29.04.2021	2 hafta (7 saat)	STEM uygulamaları (1 etkinlik)	Deney 1,2
30.04.2021- 06.06.2021	5 hafta	YÜZ YÜZE EĞİTİME ARA	
07.06.2021- 25.06.2021	3 hafta (11 saat)	STEM uygulamaları (2 etkinlik)	Deney 1,2
28.06.2021	1 gün (2 saat)	Ölçeklerin son uygulamalarının yapılması	Tümü
28.06.2021- 02.07.2021	1 hafta (5 saat)	STEM’e geçişte matematiksel modelleme kullanımı ile ilgili görüşlerin alınması	Deney 1

Matematiksel modelleme ve STEM uygulamalarına başlanmadan önce Deney 1, Deney 2 ve Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin tamamına STEM motivasyon ölçeği ve STEM’e yönelik tutum ölçeği uygulanmıştır. Böylece ilk nicel veriler toplanmıştır.

Ön testlerin yapılmasından sonra 1 hafta (6 saat) boyunca, Deney 1 grubu öğrencilerine matematiksel modelleme ile ilgili sunum yapılarak, model

oluşturma etkinlikleri ile ilgili örnek uygulamalar gösterilmiş ve incelenmiştir. Matematiksel modellemenin kuramsal temeline yönelik yapılan bu çalışmadan sonra, araştırma kapsamında belirlenen disiplinler arası matematiksel model oluşturma etkinliklerinin uygulanmasına geçilmiştir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanacağı gruptaki öğrenci sayılarının 3-4 kişi olabileceği (Zawojewski, Lesh & English, 2003) ve grupların homojen veya heterojen olabileceği (Eraslan, 2011) daha önce yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir. Bu doğrultuda bu araştırma kapsamında öğrenciler her etkinlikte farklı kişilerle eşleşecek şekilde 4-5 kişilik gruplar halinde çalışmaları sağlanmıştır. Gruplardaki öğrenci sayılarının bu şekilde belirlenmesinin nedeni, etkinliğin devamı başka bir gün uygulandığında herhangi bir öğrencinin gelmemesi durumunda grupta yer alan kişi sayısının uygulamayı gerçekleştirebilecek düzeyde kalmasını sağlamaktır. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması sürecinde matematiksel modelleme problemi çözme aşamalarını gerçekleştirme yeterliliklerinin gözlemlenmesi amacıyla etkinlik kağıtları, alan notları, fotoğraflar ve video kayıtları ile veriler toplanmıştır. Bu aşamada 4 etkinliğin uygulaması 4 hafta ($4+4+3+3=14$ saat) sürmüştür.

Deney 1 grubu ile gerçekleştirilen matematiksel modelleme sürecinden sonra, Deney 1 ve Deney 2 gruplarına 1 hafta (6 saat) sürede STEM eğitimi verilmiştir. Bu eğitimde STEM ile ilgili sunum yapılarak, STEM etkinlikleri ile ilgili örnek uygulamalar gösterilmiş ve incelenmiştir. STEM eğitiminin kuramsal temeline yönelik yapılan bu çalışmadan sonra, araştırma kapsamında belirlenen STEM etkinliklerinin uygulanmasına geçilmiştir. Deney 1 grubu kendi içinde ve Deney 2 grubu kendi içinde her etkinlikte farklı kişilerle eşleşecek şekilde öğrencilerin 4-5 kişilik gruplar halinde çalışmaları sağlanmıştır. Bu aşamada 1. etkinliğin uygulanması 2 hafta (7 saat) sürmüştür. Ardından pandemi süreci nedeniyle yüz yüze eğitime 5 hafta ara verilmiştir. Yeniden yüz yüze eğitime geçildiğinde ise 2. ve 3. etkinliklerin uygulaması 2 hafta ($6+5=11$ saat) sürmüştür. Burada da yine etkinlik kağıtları, alan notları, fotoğraflar ve video kayıtları ile veriler toplanmıştır. Son olarak Deney 1 grubu öğrencilerinden etkinliklerin tamamına katılan 15 öğrenciye yarı yapılandırılmış görüşme formu uygulanarak nitel verilerin toplanma süreci tamamlanmıştır. Görüşlerin ve süreçleri gerçekleştirmedeki yeterliliklerin daha derinlemesine ortaya çıkarılması

amacıyla karma yöntem çalışmalarında nitel verilerin toplanmasında eğitim sürecine katılan bireyler arasından küçük bir örneklemin seçilebilmektedir (Creswell & Clark, 2018). Bu doğrultuda bu çalışmada nitel verilerde maksimum çeşitliliğin sağlanması için Deney 1 grubunda yer alan 19 öğrencinin tamamının matematiksel modelleme problemlerini çözme aşamalarındaki yeterliliklerine yer verilmiştir. Ancak daha iyi dönüt almak adına görüşme formu, etkinliklerin tamamına katılan 15 öğrenciye uygulanarak veriler toplanmıştır.

Son durumda Deney 1, Deney 2 ve Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin tamamına tekrar STEM motivasyon ölçeği ve STEM'e yönelik tutum ölçeği uygulanmıştır. Böylece son nicel veriler de elde edilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Veri toplama araçlarının, araştırmanın hangi alt problemini cevaplamaya yönelik kullanıldığı ile ilgili bilgiler Tablo 3'te sunulmuştur. Alt problemlerden dördü için nicel veri toplama araçlarından, ikisi için de nitel veri toplama araçlarından yararlanılmıştır.

Tablo 3

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın Alt Problemleri	Veri Toplama Aracı
Alt Problem 1	STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği
Alt Problem 2	STEM Motivasyon Ölçeği
Alt Problem 3	Matematiksel Modelleme Etkinlikleri
Alt Problem 4	Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Bu araştırmada nicel verilerin toplanması için Özcan ve Koca (2019) tarafından Türkçeye uyarlanan "STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği" ve Dönmez (2020) tarafından Türkçeye uyarlanan "STEM Motivasyon Ölçeği" kullanılmıştır. Ölçeklerin kullanılmasına yönelik gerekli izinler mail ile alınmıştır.

"STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği", 37 maddeden oluşan 5'li likert tipinde bir ölçektir. Bu ölçek 8 madde içeren "matematik", 9 madde içeren "fen", 9 madde içeren "mühendislik ve teknoloji" ve 11 madde içeren "21. yüzyıl becerileri"

olmak üzere dört faktörlü bir yapıya sahiptir. Bu ölçekte matematik alt boyutunda 3 adet ve fen alt boyutunda 1 adet olmak üzere, toplam 4 adet ters madde yer almaktadır. Ölçeğin Cronbach Alpha güvenirlik katsayısı; matematik faktörü için 0.86, fen faktörü için 0.87, mühendislik ve teknoloji faktörü için 0.86, 21. yüzyıl becerileri faktörü için 0.88 ve ölçeğin tamamı için 0.91 olarak hesaplanmıştır.

“STEM Motivasyon Ölçeği” 4’lü likert tipinde bir ölçektir. Bu ölçek 6 madde içeren “bilim”, 7 madde içeren “teknoloji”, 5 madde içeren “mühendislik” ve 7 madde içeren “matematik” olmak üzere 25 maddeden ve 4 boyuttan oluşmaktadır. Bilim boyutunda 1 adet ters madde yer almaktadır. Ölçeğin Cronbach Alpha güvenirlik katsayısı; bilim boyutu için 0.69, teknoloji boyutu için 0.72, mühendislik boyutu için 0.82, matematik boyutu için 0.80 ve ölçeğin tamamı için 0.84 olarak hesaplanmıştır.

Bu araştırmada nitel boyutta; görsel-işitsel materyaller (video kayıtları, ses kayıtları, fotoğraflar), yarı yapılandırılmış görüşmeler (öğrencilerle bireysel görüşmeler), gözlem (alan notları) ve dokümanlar (disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri, grup içi değerlendirme formları, gruplar arası değerlendirme formları, öğretmenin grupları değerlendirmesi için dereceli puanlama anahtarı ve STEM etkinlikleri) ile veriler toplanmıştır.

Nitel veri toplama araçlarından öğrenci bilgi formunda öğrencilerin; yaş, kardeş sayısı, anne eğitim düzeyi, anne mesleği, baba eğitim düzeyi, baba mesleği, ekonomik düzey ve sahip olunan teknolojik araçlara dair bilgileri alınmıştır. Etkinlikler sırasında kullanılan grup içi değerlendirme formu, gruplar arası değerlendirme formu ve öğretmenin grupların matematiksel modelleme sürecini değerlendirmesine yönelik dereceli puanlama anahtarı araştırmacı tarafından oluşturulmuştur. Bu formların oluşturulmasında Borromeo Ferri (2006) tarafından sunulan matematiksel modelleme süreç basamakları ve Deniz (2020) tarafından yapılan araştırmada tespit edilen öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinde karşılaştıkları güçlükler dikkate alınmıştır.

Araştırma kapsamında uygulanan disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ve STEM etkinlikleri ise daha önce yapılmış olan çalışmalardan alınarak uygulanmıştır (Çavuş-Erdem, 2018; Güder & Gürbüz,

2017; Güder, 2019; Gürbüz & Doğan, 2019; Muğla İl Milli Eğitim Müdürlüğü, 2020). Uygulanan etkinliklerin merkezinde 8. sınıf matematik ve fen bilimleri derslerinin kazanımları yer almaktadır. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ve STEM etkinliklerinin bu çalışmada kullanılmasına yönelik gerekli izinler mail ile alınmıştır. Uygulanan etkinliklerle ilgili detaylar Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4

Uygulanan Etkinlikler

Etkinlik Türü	Uygulanan Grup	Süre	Etkinlik Adı	Referans
DAMOE	Deney 1	4 saat	Küresel Isınma Problemi	Gürbüz & Doğan (2019)
DAMOE	Deney 1	4 saat	Geri Dönüşüm Problemi	Gürbüz & Doğan (2019)
DAMOE	Deney 1	3 saat	Geri Dönüşüm Macerası Problemi	Çavuş-Erdem (2018)
DAMOE	Deney 1	3 saat	Enerji Tasarrufu Problemi	Güder & Gürbüz (2017) Güder (2019)
STEM	Deney 1,2	7 saat	Bugünden Yarına Su Köprüsü Kuruyoruz	Muğla İl MEM (2020)
STEM	Deney 1,2	6 saat	Eğim	Muğla İl MEM (2020)
STEM	Deney 1,2	5 saat	Fotosentez	Muğla İl MEM (2020)

Süreç sonunda Deney 1 grubuna uygulanan yarı yapılandırılmış görüşme formu, STEM eğitime geçişte disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımı ile ilgili öğrencilerin görüşlerini almaya yönelik araştırmacı tarafından oluşturulmuştur. Formda yer alan sorular, araştırmanın amacına uygun şekilde uzman görüşü alınarak hazırlanmıştır.

Verilerin Analizi

Tablo 5'te elde edilen nicel ve nitel verilerin analizinde hangi yaklaşımların kullanıldığı bilgisi sunulmuştur. Buna göre nicel verilerin analizi

anlam çıkarıcı testlerle, nitel verilerin analizi ise betimsel analiz ve içerik analizi ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5

Veri Analiz Yöntemleri

Veri Çeşidi	Veri Toplama Aracı	Analiz Yaklaşımı
Nitel	STEM Motivasyon Ölçeği	Anlam Çıkarıcı
	STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği	Anlam Çıkarıcı
Nitel	Matematiksel Modelleme Etkinlikleri	Betimsel Analiz
	Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu	İçerik Analizi

Veri toplama araçlarından 37 maddeden oluşan 5'li likert tipindeki STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği için tam puan 185 puan üzerinden; 25 maddeden oluşan 4'lü likert tipindeki STEM Motivasyon Ölçeği için tam puan 100 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre elde edilen veriler üzerinde öncelikle eksik veri analizi yapılmıştır. Ardından ölçeklerden elde edilen verilerin normallik testleri gerçekleştirilmiştir. Gözlem sayısının 29'dan az olduğu durumlarda Shapiro Wilks, fazla olduğu durumlarda ise Kolmogorov-Simironov (Lilliefors) testinin kullanılması önerilmektedir (Kalaycı, 2008, s.13). Bu çalışmada, her bir grup için gözlem sayısı 29'dan az olduğu için verilerin normal dağılım gösterme durumunun tespiti için Shapiro Wilks testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyinin 0,05'ten büyük olması verilerin normal dağılım gösterdiğini, küçük olması ise verilerin normal dağılım göstermediğini ifade etmektedir (Büyüköztürk, 2007). Ayrıca Kurtosis ve Skewness değerlerinin -1.5 ile +1.5 arasında olduğu durumlarda da normal dağılım olduğu kabul edilmektedir (Tabachnick & Fidell, 2013).

Normallik testinin yapılmasının ardından elde edilen veriler üzerinde farkın anlamlı olup olmadığının tespit edilmesi için öğrenci puanları üzerinde SPSS programı ile uygun olan karşılaştırma testleri yapılmıştır. Ayrıca ölçeklerin alt boyutlarına göre de grupların puanları arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığını tespit etmeye yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Uygulanan

karşılaştırma testleri sonucunda farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğunun tespit edilmesi durumunda etki büyüklüğü hesaplanmıştır.

Etki büyüklüğünü hesaplamada kullanılan çeşitli teknikler vardır. Bunlardan biri Cohen's d değerinin hesaplanmasıdır. Buna göre d değeri 0,2'den küçük ise etkinin düşük düzeyde olduğu, 0,5 ise etkinin orta düzeyde olduğu ve 0,8'den büyük ise etkinin yüksek düzeyde olduğu söylenebilir (Cohen, 1998). Kılıç (2014) tarafından da Cohen's d değerinin hesaplanmasının genel bir öneri olduğu ve; d değeri 0,2'den küçük bulunduğunda etki büyüklüğünün zayıf, 0.5 bulunduğunda orta ve 0,8'den büyük bulunduğunda ise kuvvetli olarak kabul edilebileceği ifade edilmiştir. Literatürdeki mevcut araştırmalarda elde edilen bulgulara göre Sawilowsky (2009) tarafından etki düzeyinin referans aralıkları $d = 0.01$ çok küçük, $d = 0.20$ küçük, $d = 0.50$ orta, $d = 0.80$ büyük, $d = 1.2$ çok büyük ve $d = 2.0$ kocaman olarak belirlenmiştir. Etki büyüklüğünü hesaplamada kullanılan tekniklerden biri de η^2 (eta kare)'dir. Buna göre elde edilen değer 0,01 ise küçük etki, 0,06 ise orta düzey etki ve 0,14 ise büyük etki olarak belirlenmiştir (Pallant, 2016). Bu çalışmada etki büyüklüğünün hesaplanması ve yorumlanması için pratik bir yol olarak, Bilgin (2021) tarafından yapılan bir araştırma kapsamında geliştirilmiş olan SPSS Test Selector uygulaması kullanılmıştır.

Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri aracılığıyla grupların matematiksel modelleme problemlerini çözme sürecinde gerçekleştirdikleri eylemlerin incelenmesi durumu ile ilgili olarak, gözlem ve dökümanlar ile elde edilen verilerin betimsel analizleri yapılmıştır. Betimsel analiz tekniğinde, elde edilen nitel veriler, önceden belirlenmiş olan temalara göre özetlenir ve yorumlanır (Özdemir, 2010). Betimsel analiz, öğrencilerin bilişsel açıdan deneyimlerinin gözlemlenebilmesi için Borromeo Ferri (2006) tarafından sunulan matematiksel modelleme döngüsü temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda temalar; "Problemi Anlama", "İlişkilendirme", "Model Oluşturma", "Problemi Çözme" ve "Açıklama" olarak belirlenmiştir. Bu model bağlamında grupların matematiksel modelleme problemlerini çözme sürecinde her aşama için yeterli, kısmen yeterli ve yetersiz olma durumlarına göre üç çeşit değerlendirme yapılmıştır. Örneğin grubun süreci tam olarak gerçekleştirmesi

durumu “yeterli”, süreci gerçekleştirmede eksiklerinin olması durumu “kısmen yeterli” ve yanlışlarının olması veya süreci hiç gerçekleştirememesi durumu ise “yetersiz” olarak kodlanmıştır. Kullanılan temalara ve kodlara yönelik doğrudan alıntılara yer verilmiştir. Doğrudan alıntılar sunulurken gruplar A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M ve gruplarda yer alan katılımcılar K1, K2,..., K19 şeklinde kodlanarak ifade edilmiştir.

Katılımcıların disiplinler arası matematiksel modelleme problemlerine yönelik görüşlerinin belirlenmesi durumu ile ilgili olarak, yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler bilgisayara aktarılmış ve iki uzman tarafından içerik analizi tekniği ile çözümlenmiştir. İçerik analizi, nitel verilerin netleştirilmesini sağlamak amacıyla kod ve kategorilerin oluşturulmasını, anlamlandırılmasını ve okuyucunun anlayabileceği biçimde sunulmasını sağlayan bir analiz tekniğidir (Silverman, 2000). Bu bağlamda verilerin çözümlenmesi sürecinde kodlar oluşturulmuştur ve bu kodlardan indirgeme ve birleştirme yoluyla temalar elde edilmiştir (Saldaña, 2011). Bulgularda temalara, kodlara ve bunlara ilişkin öğrenci görüşlerinden doğrudan alıntılara yer verilerek elde edilen bulguların desteklenmesi sağlanmıştır. Doğrudan alıntılar sunulurken katılımcılar K1, K2, ..., K15 şeklinde kodlanarak ifade edilmiştir.

Geçerlik ve Güvenirlik

Geçerlik, araştırmada elde edilen sonuçların doğruluğunu ifade eden bir ölçüttür (LeCompte & Goetz, 1982). Onwuegbuzie & Johnson (2006) tarafından karma yöntem araştırmalarında; dahili harici geçerlik, zayıflıkları indirgeme geçerliği, dizgesel geçerlik, örnek bütünleşme geçerliği ve çoklu geçerlik olmak üzere beş geçerlik türü sunulmuştur. Dahili-harici geçerliğe göre, araştırmacı hem emik (iç), hem de etik (nesnel/dış) bakış açısına sahip olmalı ve bunu yansıtabilmelidir. Bu araştırmada da nitel boyutta elde edilen veriler sürece yönelik belirlenen yaklaşım çerçevesinde kodlanarak ve yorumlanarak emik bakış açısı sağlanmıştır. Nicel boyutta ise elde edilen veriler önceden belirlenmiş olan kriterlere göre değerlendirilerek etik bakış açısı sağlanmıştır. Zayıflıkları indirgeme geçerliğine göre, araştırmacı bir yöntemin zayıf yönlerini diğer bir yöntemi kullanarak kapatabilmelidir. Karma yöntemin gücü, bir yöntemin diğerinin zayıf yönlerini telafi edebilmesidir (Creswell & Plano-Clark,

2018, s.20). Dolayısıyla zaten karma yöntemin doğası gereği bu geçerlik türü sağlanmaktadır. Dizgesel geçerliğe göre, araştırmada kullanılan nicel ve nitel yöntemlerin uygulanma sırasının araştırmanın sonuçlarını etkilememelidir. Bu araştırmada da uygulama öncesinde toplanan verilerin kendi içindeki sırası ile uygulama sonrası toplanan verilerin kendi içindeki sırasının değişmesi sonuçları etkilememektedir. Örneğin uygulamalardan sonra nitel veriler de nicel veriler de aynı hafta içerisinde toplanmıştır. Örnek bütünleştirme geçerliğine göre, araştırmacı örnekleme nicel ve nitel verileri toplamak için ayrı ayrı ve uygun şekilde seçmelidir, ayrıca bu verileri birleştirebilmelidir. Bu araştırmada da nicel verilerin toplanmasında örnekleme 64 kişi yer alırken, nitel boyutta derinlemesine görüşmeler yapabilmek için 15 katılımcı ile çalışılmıştır. Nitel boyutta çalışılan 15 kişi, nicel verilerin toplandığı 64 kişi içinden seçildiği için de bu durum verilerin birleşik olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır. Son olarak çoklu geçerliğe göre, araştırmacı nicel ve nitel yöntemlerin ayrı ayrı geçerliklerini sağlamalıdır.

Nicel araştırmalarda elde edilen sonuçların doğruluğundan emin olmak için; istatistiksel sonuç geçerliği, yapı geçerliği, iç geçerlik ve dış geçerlik olmak üzere dört tür geçerliğin sağlanmış olması gerekmektedir (Shadish, Cook & Campbell, 2002). İstatistiksel sonuç geçerliği, bağımlı değişkenin bağımsız değişken ile birlikte değişmesi ve belirlenen ilişkinin tesadüfi olmaması ile ilgilidir. Bu araştırmada deneysel uygulamanın etkisinin istatistiksel olarak geçerliğinin sağlanması amacıyla örnekleme yer alan grupların deneysel uygulamalar dışında geçirilen süreçler, sosyo-ekonomik durum, başarı düzeyi gibi birçok yönden benzer şekilde olmalarına dikkat edilmiştir. Yapı geçerliği, araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının ölçmeye çalıştığı yapıları ne düzeyde temsil ettiği ve çıkarımda bulunmayı ne düzeyde sağladığıyla ilgilidir. Bu araştırmada kullanılan STEM motivasyon ölçeğinin doğrulayıcı faktör analizi sonuçlarına göre uyum değerleri RMSEA=0,076, SRMR=0,01 ve CFI=0,89 (Dönmez, 2020); STEM'e yönelik tutum ölçeğinin doğrulayıcı faktör analizi sonuçlarına göre uyum değerleri RMSEA=0,05, SRMR=0,05 ve CFI=0,96 (Özcan & Koca, 2019) olarak hesaplanmıştır. İç geçerlik, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki neden-sonuç ilişkisinin doğru şekilde kurulması ile ilgilidir. Bunun için karıştırıcı dış değişkenlerin oluşmasını engellemeye yönelik önlemler

alınmalıdır. Bu doğrultuda örnekleme yer alan bireylerin geçmişinde bağımlı değişkeni etkileyecek türde bir farklılık olmamasına dikkat edilmiştir. Uygulamalar yapılırken oluşturulan 3-4 kişilik gruplarda farklılaşan geçmiş deneyimlerin bağımlı değişkeni etkilememesi için her etkinlikte farklı kişilerle grup olmaları sağlanmıştır. Uygulamanın yapıldığı süreç göz önünde bulundurulduğunda, bireyin fiziksel veya zihinsel gelişiminde bağımlı değişkeni etkileyecek ölçüde bir değişim olmayacağı öngörülebilir durumdadır. Bu bağlamda olgunlaşmadan kaynaklanan bir iç geçerlik sorunu yaşanmamıştır. Bu araştırmada kontrol grubunun da var olması ve ön uygulama ile son uygulamada aynı ölçeklerin kullanılmış olması, ölçme aracından kaynaklanan bir iç geçerlik sorunu yaşanmasını önlemektedir. Bu araştırmada örnekleme yer alan bireylerin sürecin tamamında mevcut olması, denek kaybından kaynaklanan bir iç geçerlik sorunu yaşanmasının da önüne geçmiştir. Sonuç olarak araştırmanın nicel boyutta iç geçerliği sağlanmıştır. Dış geçerlik ise, elde edilen sonuçların genellenebilmesi ile ilgilidir. Araştırmanın sonuçları örneklem büyüklüğü ve veri çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda ulaşılabilir evrene genellenebilir durumdadır.

Guba ve Lincoln (1982) tarafından nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenilirlik yerine inandırıcılık kavramını öne sürülmüş; bu kavram inanılabilirlik (iç geçerlik), güvenilebilirlik (güvenirlik), onaylanabilirlik (objektiflik) ve aktarılabilirlik (dış geçerlik) olmak üzere dört başlıkta ele alınmıştır. Bu doğrultuda bu araştırmada geçerliğin (inanılabilirlik, onaylanabilirlik ve aktarılabilirlik) sağlanması için öncelikle çoklu veri kaynakları kullanılmıştır. Veri toplama süreci uzun süreli ve derinlemesine gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı farklı uzmanlar tarafından da verilerin incelenmesini sağlayarak verilerin analizini gerçekleştirmiştir. Verilerin yorumlanmasının doğru bir şekilde yapılması için, ihtiyaç duyulan her durumda katılımcılardan geribildirim alınmıştır. Araştırmanın bulgular bölümünde katılımcıların söylemlerinden doğrudan alıntılara yer verilmiştir. Betimsel analiz ve içerik analizi yapılarak, verilerin çözümlenmesinde yöntem çeşitlemesi yapılmıştır. Elde edilen verilerde bulunan zıt durumlar ve örüntüler özellikle analize dahil edilmiştir. Son olarak, araştırmacı tarafından yansıtıcı düşünmeye ve detaylı araştırma yapmaya özen gösterilmiştir.

Güvenirlik, araştırmada elde edilen sonuçların yinelenebilirliğini ifade eden bir ölçüttür (LeCompte & Goetz, 1982). Araştırmanın Nicel boyutunda kullanılan ölçme araçlarından; STEM motivasyon ölçeğinin Cronbach-alpha güvenirlik katsayısı 0,84 (Dönmez, 2020), STEM'e yönelik tutum ölçeğinin güvenirlik katsayısı 0,91 (Özcan & Koca, 2019) olarak hesaplanmıştır. Buna göre, kullanılan ölçekler güvenirliğe sahip veri toplama araçlarıdır ve bu da elde edilen verilerin güvenilir olması demektir. Nitel boyutta ise oluşturulan veri toplama araçlarının farklı araştırmacılar ve uzmanlar tarafından incelenmesiyle; etkinliklerin asıl uygulama öncesinde pilot uygulamalarının yapılmasıyla, verilerin farklı araştırmacılar tarafından incelenmesiyle, bir uzman tarafından süreç ve sonuçların takip edilmesiyle, elde edilen verilerin bir uzman tarafından da analiz edilmesi ve kodlayıcılar arası güvenirlik katsayısının (Miles & Huberman, 1994) %92 olarak bulunmasıyla güvenirlik (güvenilebilirlik) sağlanmıştır.

Bölüm 4

Bulgular ve Yorum

Bu bölümde, verilerin analizinden elde edilen bulgular sunulmuş ve yorumlanmıştır. Bulgular, araştırma soruları doğrultusunda; “STEM’e Yönelik Tutum İle İlgili Bulgular”, “STEM Motivasyonu İle İlgili Bulgular”, “Öğrencilerin Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Problemlerini Çözme Aşamalarını Gerçekleştirmede Yeterlilikleri İle İlgili Bulgular” ve “Öğrencilerin Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Problemlerini Çözmeye Yönelik Görüşleri İle İlgili Bulgular” olmak üzere dört başlıkta sunulmuştur.

STEM’e Yönelik Tutum İle İlgili Bulgular

Bu başlıkta 1. alt problem ile ilgili olarak, Deney 1, Deney 2 ve Kontrol gruplarının STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin ilk ve son uygulamalarına ait puanları karşılaştırılmış ve elde edilen bulgular okuyucuya sunulmuştur. Öncelikle STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin ilk ve son uygulamalarından elde edilen veriler üzerinde eksik veri analizi yapılmış ve eksik verinin olmadığı tespit edilmiştir. Ardından verilerin normallik analizi yapılmış ve bulunan değerler Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6

STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri

Veriler	Gruplar	İstatistik	df	Sig. (p)	Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
İlk Uygulama	Deney 1 (MM+STEM)	0,904	19	0,057	-0,790	-0,431
	Deney 2 (STEM)	0,954	23	0,359	0,094	-0,957
	Kontrol (Mevcut Yöntem)	0,978	22	0,888	-0,310	-0,059
Son Uygulama	Deney 1 (MM+STEM)	0,991	19	0,999	-0,179	0,059
	Deney 2 (STEM)	0,942	23	0,203	-0,227	-0,844
	Kontrol (Mevcut Yöntem)	0,987	22	0,986	-0,355	0,163

STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği ile elde edilen veriler üzerinde gerçekleştirilen Shapiro-Wilk normallik testi sonucunda tüm p (Sig.) değerlerinin 0,05 değerinden büyük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6). Bu da ilk uygulamada ve son uygulamada Deney 1, Deney 2 ve Kontrol gruplarının tümü için toplam tutum puanlarının normal dağılım gösterdiğini ifade etmektedir. Ayrıca çarpıklık (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerlerine bakıldığında da -1,5 ile +1,5 arasında (Tabachnick & Fidell, 2013) olduğundan verilerin normal dağılıma uygun olduğu anlaşılmaktadır. İlk ve son uygulamalarda STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nden alınan toplam puanlar tüm gruplarda normal dağılım gösterdiği için, grupların toplam tutum puanları üzerinde tek yönlü ANOVA ve post-hoc (Tukey ve Tamhane's T2) testleri uygulanmıştır. Tek Yönlü ANOVA testi sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7

STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Tek Yönlü ANOVA testi Sonuçları

Veriler		Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig. (p)
Ön Tutum	Between Groups	1684,645	2	842,322	1,130	,330
	Within Groups	45480,090	61	745,575		
	Total	47164,734	63			
Son Tutum	Between Groups	5735,086	2	2867,543	5,380	,007
	Within Groups	32510,774	61	532,964		
	Total	38245,859	63			

Tablo 7'ye göre, grupların ön tutum puanları arasında ($p=0,330>0,05$ olduğundan) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ve grupların son tutum puanları arasında ($p=0,007<0,05$ olduğundan) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Hangi gruplar arasında farklılıklar olduğunun görülmesi için puanların homojenliğine bakılarak uygun olan post-

hoc testleri yapılmıştır. Grupların aldıkları puanların varyansının homojenliği ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8

STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Varyansın Homojenliği

Veriler	Levene İstatistiği	df1	df2	Sig. (p)
Ön Tutum	4,093	2	61	,021
Son Tutum	2,811	2	61	,068

Tablo 8’de ön tutum puanları için varyans homojen olmadığından ($0,021 < 0,05$) ön tutum puanlarını karşılaştırmak için Tamhane’s T2 testi, son tutum puanları için varyans homojen olduğundan ($0,068 > 0,05$) son tutum puanlarını karşılaştırmak için Tukey testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9

STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Post-Hoc Testleri Sonuçları

Veriler	(I) Grup	(J) Gruplar	Ortalama Fark	Standart Hata	Sig. (p)	Alt Grup	Üst Grup
Ön Tutum	Deney 1	Deney 2	-12,02746	9,58165	,520	-35,9382	11,8833
		Kontrol	-10,11244	8,07203	,526	-30,5806	10,3557
	Deney 2	Deney 1	12,02746	9,58165	,520	-11,8833	35,9382
		Kontrol	1,91502	7,59448	,992	-17,0998	20,9299
	Kontrol	Deney 1	10,11244	8,07203	,526	-10,3557	30,5806
		Deney 2	-1,91502	7,59448	,992	-20,9299	17,0998
Son Tutum	Deney 1	Deney 2	10,72540	7,15703	,299	-6,4674	27,9182
		Kontrol	23,60287*	7,23024	,005	6,2342	40,9715
	Deney 2	Deney 1	-10,72540	7,15703	,299	-27,9182	6,4674
		Kontrol	12,87747	6,88462	,156	-3,6609	29,4158
	Kontrol	Deney 1	-23,60287*	7,23024	,005	-40,9715	-6,2342
		Deney 2	10,72540	7,15703	,299	-27,9182	6,4674

Deney 2	-12,87747	6,88462	,156	-29,4158	3,6609
---------	-----------	---------	------	----------	--------

Tablo 9'a göre, sadece Deney 1 ve Kontrol grubunun son tutum puanları arasında ($p=0,005<0,05$ olduğundan) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Bu farkın hangi alt boyutta gerçekleştiğinin tespit edilmesi için ölçeğin alt boyutları için de tutum puanlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için öncelikle STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin alt boyutları (Matematik, Fen, Mühendislik ve Teknoloji, 21. Yüzyıl Becerileri) için elde edilen verilerin normallik analizi yapılarak elde edilen değerler Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10

STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri

Veriler	Alt Boyutlar	Grup	İstatistik	df	Sig. (p)	Skewness	Kurtosis
İlk Uygulama	Matematik	Deney 1	0,897	19	0,043	0,472	-0,929
		Deney 2	0,909	23	0,039	0,353	-1,327
		Kontrol	0,968	22	0,670	0,124	-0,227
	Fen	Deney 1	0,962	19	0,620	-0,481	-0,320
		Deney 2	0,956	23	0,392	-0,628	0,199
		Kontrol	0,962	22	0,525	-0,661	0,874
	Mühendislik ve Teknoloji	Deney 1	0,938	19	0,238	-0,207	-1,053
		Deney 2	0,930	23	0,109	0,267	-1,323
		Kontrol	0,946	22	0,267	0,362	-0,764
	21. Yüzyıl Becerileri	Deney 1	0,949	19	0,377	-0,563	-0,334
		Deney 2	0,918	23	0,061	-0,363	-1,051
		Kontrol	0,942	22	0,218	-0,878	0,657
Son Uygulama	Matematik	Deney 1	0,932	19	0,185	-0,237	-1,092
		Deney 2	0,913	23	0,048	0,014	-1,259
		Kontrol	0,978	22	0,884	0,363	-0,320
	Fen	Deney 1	0,946	19	0,331	-0,589	-0,291
		Deney 2	0,899	23	0,024	-0,964	0,317
		Kontrol	0,973	22	0,782	-0,442	-0,092
	Mühendislik ve	Deney 1	0,943	19	0,305	-0,272	0,982

Teknoloji	Deney 2	0,972	23	0,740	-0,210	-0,575
	Kontrol	0,948	22	0,286	0,241	-0,642
21. Yüzyıl Becerileri	Deney 1	0,884	19	0,025	0,455	-1,319
	Deney 2	0,905	23	0,032	-0,498	-0,783
	Kontrol	0,935	22	0,154	-0,917	0,726

Tablo 10'a göre ilk uygulamada *Matematik* alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,043<0,05$), Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,039<0,05$) ve Kontrol grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,670>0,05$) tespit edilmiştir. İlk uygulamada *Fen* alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,620>0,05$), Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,392>0,05$) ve Kontrol grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,525>0,05$) tespit edilmiştir. İlk uygulamada *Mühendislik ve Teknoloji* alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,238>0,05$), Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,109>0,05$) ve Kontrol grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,267>0,05$) tespit edilmiştir. İlk uygulamada *21. Yüzyıl Becerileri* alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,377>0,05$), Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,061>0,05$) ve Kontrol grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,218>0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 10'a göre son uygulamada *Matematik* alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,185>0,05$), Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,048<0,05$) ve Kontrol grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,884>0,05$) tespit edilmiştir. Son uygulamada *Fen* alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,331>0,05$); Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,024<0,05$) ve Kontrol grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,782>0,05$) tespit edilmiştir. Son uygulamada *Mühendislik ve Teknoloji* alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,305>0,05$), Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,740>0,05$) ve Kontrol

grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,286>0,05$) tespit edilmiştir. Son uygulamada 21. Yüzyıl Becerileri alt boyutunda Deney 1 grubunun tutum puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,025<0,05$), Deney 2 grubunun tutum puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,032<0,05$) ve Kontrol grubunun tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,154>0,05$) tespit edilmiştir.

İlk ve son uygulamalarda ölçeğin alt boyutları için grupların aldığı tutum puanlarının normal dağılım gösterdiği ve göstermediği durumların olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle ölçeğin alt boyutlarında elde edilen tutum puanlarını karşılaştırmak için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11

STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanların Kruskal Wallis Testi ile Karşılaştırılması

Veriler	Alt Boyutlar	Gruplar	N	S.O.	Ki-kare	df	Sig. (p)
Ön Tutum	Matematik	Deney 1	19	26,34	3,522	2	,172
		Deney 2	23	37,11			
		Kontrol	22	33,00			
	Fen	Deney 1	19	27,76	2,503	2	,286
		Deney 2	23	36,85			
		Kontrol	22	32,05			
	Mühendislik ve Teknoloji	Deney 1	19	30,16	,731	2	,694
		Deney 2	23	32,00			
		Kontrol	22	35,05			
	21. Yüzyıl Becerileri	Deney 1	19	29,21	,846	2	,655
		Deney 2	23	33,96			
		Kontrol	22	33,82			
Son Tutum	Matematik	Deney 1	19	45,13	17,531	2	,000
		Deney 2	23	33,24			

	Kontrol	22	20,82			
	Deney 1	19	36,76	5,636	2	,060
Fen	Deney 2	23	36,26			
	Kontrol	22	24,89			
	Deney 1	19	36,42	1,900	2	,387
Mühendislik ve Teknoloji	Deney 2	23	33,11			
	Kontrol	22	28,48			
	Deney 1	19	39,63	4,725	2	,094
21. Yüzyıl Becerileri	Deney 2	23	31,80			
	Kontrol	22	27,07			

Tablo 11'e göre STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin alt boyutlarında alınan puanlar üzerinde yapılan test sonucunda son uygulamada *Matematik* alt boyutunda gruplar arasında ($p=0,000<0,05$ olduğundan) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Etki büyüklüğü hesaplandığında, $\eta^2=0,278$ olarak bulunduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmanın 1. alt problemine yönelik Tablo 9 ve Tablo 11 birlikte yorumlandığında; STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin son uygulamasında sadece Deney 1 grubu ile Kontrol grubunun, ölçeğin *Matematik* alt boyutunda aldıkları puanlar arasında Deney 1 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığa yönelik etki büyüklüğü hesaplandığında $\eta^2=0,45$ olarak bulunduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular MM+STEM uygulamasının STEM'e yönelik tutumun *Matematik* alt boyutu üzerinde pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek düzeyde bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda Deney 1 grubunda uygulanan etkinlikler ile matematiksel modellemenin psikolojik gerekçesinin (Blum & Niss, 1989; Blum, 1991), öğrencilerin tutumunu olumlu yönde geliştirmesi bakımından sağlandığı görülmüştür. Deney 1 grubu ile Deney 2 grubu ve Deney 2 grubu ile Kontrol grubu arasında STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin ilk ve son uygulamalarında istatistiksel olarak anlamlı

farklılığın olmadığı tespit edilmesi ise olumlu tutum geliştirmenin daha uzun bir süreç gerektirmesi (Şahin, 2016) ile açıklanabilir.

STEM Motivasyonu İle İlgili Bulgular

Bu başlıkta 1. alt problem ile ilgili olarak, Deney 1, Deney 2 ve Kontrol gruplarının STEM Motivasyon Ölçeği'nin ilk ve son uygulamalarına ait puanları karşılaştırılmış ve elde edilen bulgular okuyucuya sunulmuştur. Öncelikle STEM Motivasyon Ölçeği'nin ilk ve son uygulamalarından elde edilen veriler üzerinde eksik veri analizi yapılmış ve eksik verinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ardından veriler üzerinde normallik analizi yapılmıştır ve bulunan sonuçlar Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12

STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri

Veriler	Gruplar	İstatistik	df	Sig. (p)	Çarpıklık (Skewness)	Basıklık (Kurtosis)
İlk Uygulama	Deney 1 (MM+STEM)	0,964	19	0,649	0,425	-0,676
	Deney 2 (STEM)	0,959	23	0,446	-0,441	0,614
	Kontrol (Mevcut Yöntem)	0,956	22	0,413	0,437	-0,026
Son Uygulama	Deney 1 (MM+STEM)	0,959	19	0,559	0,207	-0,988
	Deney 2 (STEM)	0,964	23	0,544	0,168	-0,819
	Kontrol (Mevcut Yöntem)	0,914	22	0,057	0,695	0,091

STEM Motivasyon Ölçeği ile elde edilen verileri üzerinde gerçekleştirilen normallik testi (Shapiro-Wilk) sonucunda tüm p (Sig.) değerlerinin 0,05 değerinden büyük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 12). Bu da ilk uygulamada ve son uygulamada Deney 1, Deney 2 ve Kontrol gruplarının tümü için motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiğini ifade etmektedir. Ayrıca çarpıklık (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerlerine bakıldığında da -1,5 ile +1,5 arasında (Tabachnick & Fidell, 2013) olduğundan verilerin normal dağılıma uygun olduğu anlaşılmaktadır. İlk ve son uygulamalarda STEM Motivasyon Ölçeği'nden alınan toplam puanlar tüm gruplarda normal dağılım gösterdiği için, grupların toplam motivasyon puanları üzerinde tek yönlü ANOVA ve post-hoc

(Tukey ve Tamhane's T2) testleri uygulanmıştır. Tek Yönlü ANOVA testi sonuçları Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13

STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Tek Yönlü ANOVA testi Sonuçları

Veriler		Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig. (p)
Ön Motivasyon	Between Groups	130,500	2	65,250	,541	,585
	Within Groups	7357,437	61	120,614		
	Total	7487,938	63			
Son Motivasyon	Between Groups	4244,252	2	2122,126	25,170	,000
	Within Groups	5142,982	61	84,311		
	Total	9387,234	63			

Tablo 13'e göre, grupların ön motivasyon puanları arasında ($p=0,585>0,05$ olduğundan) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ve grupların son motivasyon puanları arasında ($p=0,000<0,05$ olduğundan) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Hangi gruplar arasında farklılıklar olduğunun görülmesi için puanların homojenliğine bakılarak uygun olan post-hoc testleri yapılmıştır. Grupların aldıkları puanların varyansının homojenliği ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14

STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Varyansın Homojenliği

Veriler	Levene İstatistiği	df1	df2	Sig. (p)
Ön Motivasyon	,280	2	61	,756
Son Motivasyon	,309	2	61	,736

Tablo 14'te ön motivasyon puanları için varyans homojen olduğundan ($0,756>0,05$) ön motivasyon puanlarını karşılaştırmak için Tukey testi, son

motivasyon puanları için varyans homojen olduğundan ($0,736 > 0,05$) son motivasyon puanlarını karşılaştırmak için de Tukey testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 15

STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Elde Edilen Toplam Puanlar İçin Post-Hoc Testleri Sonuçları

Veriler	(I) Grup	(J) Gruplar	Ortalama Fark	Standart Hata	Sig. (p)	Alt Grup	Üst Grup
Ön Motivasyon	Deney 1	Deney 2	3,47597	3,40473	,567	-4,7029	11,6549
		Kontrol	1,32775	3,43955	,921	-6,9348	9,5903
	Deney 2	Deney 1	-3,47597	3,40473	,567	-11,6549	4,7029
		Kontrol	-2,14822	3,27514	,790	-10,0158	5,7194
	Kontrol	Deney 1	-1,32775	3,43955	,921	-9,5903	6,9348
		Deney 2	2,14822	3,27514	,790	-5,7194	10,0158
Son Motivasyon	Deney 1	Deney 2	12,90618*	2,84660	,000	6,0680	19,7443
		Kontrol	20,25598*	2,87572	,000	13,3479	27,1641
	Deney 2	Deney 1	-12,90618*	2,84660	,000	-19,7443	-6,0680
		Kontrol	7,34980*	2,73825	,025	,7719	13,9277
	Kontrol	Deney 1	-20,25598*	2,87572	,000	-27,1641	-13,3479
		Deney 2	-7,34980*	2,73825	,025	-13,9277	-,7719

Tablo 15'e göre; Deney 1 grubu ile Deney 2 grubunun ($p=0,000 < 0,05$ olduğundan), Deney 1 grubu ile Kontrol grubunun ($p=0,000 < 0,05$ olduğundan) ve Deney 2 grubu ile Kontrol grubunun ($p=0,025 < 0,05$ olduğundan) son motivasyon puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi alt boyutlarda gerçekleştiğinin tespit edilmesi için ölçeğin alt boyutları için de motivasyon puanlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için öncelikle STEM Motivasyon Ölçeği'nin alt boyutları (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) için elde edilen verilerin normallik analizi yapılarak elde edilen değerler Tablo 16'da sunulmuştur.

Tablo 16

STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanlar İçin Shapiro-Wilk Normallik Testi ve Çarpıklık-Basıklık (Skewness-Kurtosis) Değerleri

Veriler	Alt Boyutlar	Grup	İstatistik	df	Sig. (p)	Skewness	Kurtosis
İlk Uygulama	Bilim	Deney 1	0,926	19	0,148	-0,540	-0,448
		Deney 2	0,957	23	0,414	-0,306	-0,111
		Kontrol	0,957	22	0,429	0,124	0,214
	Teknoloji	Deney 1	0,930	19	0,174	0,735	0,033
		Deney 2	0,927	23	0,096	-1,087	2,293
		Kontrol	0,927	22	0,106	-0,559	0,050
	Mühendislik	Deney 1	0,966	19	0,704	0,011	-0,849
		Deney 2	0,911	23	0,043	0,725	-0,255
		Kontrol	0,934	22	0,148	0,526	-0,086
	Matematik	Deney 1	0,925	19	0,142	0,221	-0,921
		Deney 2	0,946	23	0,246	-0,387	-0,572
		Kontrol	0,978	22	0,890	0,159	-0,454
Son Uygulama	Bilim	Deney 1	0,899	19	0,047	-0,879	0,450
		Deney 2	0,960	23	0,467	0,027	-0,598
		Kontrol	0,971	22	0,727	0,163	0,234
	Teknoloji	Deney 1	0,944	19	0,307	0,449	-0,543
		Deney 2	0,950	23	0,292	-0,738	0,791
		Kontrol	0,958	22	0,446	-0,359	-0,182
	Mühendislik	Deney 1	0,920	19	0,114	-0,586	-0,578
		Deney 2	0,952	23	0,320	0,225	-0,875
		Kontrol	0,919	22	0,074	0,820	0,141
	Matematik	Deney 1	0,903	19	0,056	-0,481	-1,088
		Deney 2	0,960	23	0,460	-0,188	-0,713
		Kontrol	0,966	22	0,618	0,349	-0,468

Tablo 16'ya göre ilk uygulamada *Bilim* alt boyutunda Deney 1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,148>0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,414>0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,429>0,05$) tespit edilmiştir. İlk uygulamada *Teknoloji* alt boyutunda Deney

1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,174>0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,096>0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,106>0,05$) tespit edilmiştir. İlk uygulamada *Mühendislik* alt boyutunda Deney 1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,704>0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,043<0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,148>0,05$) tespit edilmiştir. İlk uygulamada *Matematik* alt boyutunda Deney 1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,142>0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,246>0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,890>0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 16'ya göre son uygulamada *Bilim* alt boyutunda Deney 1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım göstermediği ($p=0,047<0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,467>0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,727>0,05$) tespit edilmiştir. Son uygulamada *Teknoloji* alt boyutunda Deney 1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,307>0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,292>0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,446>0,05$) tespit edilmiştir. Son uygulamada *Mühendislik* alt boyutunda Deney 1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,114>0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,320>0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,074>0,05$) tespit edilmiştir. Son uygulamada *Matematik* alt boyutunda Deney 1 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,056>0,05$), Deney 2 grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,460>0,05$) ve Kontrol grubunun motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p=0,618>0,05$) tespit edilmiştir.

İlk ve son uygulamalarda ölçeğin alt boyutları için grupların aldığı motivasyon puanlarının normal dağılım gösterdiği ve göstermediği durumların

olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle ölçeğin alt boyutlarında elde edilen motivasyon puanlarını karşılaştırmak için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 17

STEM Motivasyon Ölçeği'nin İlk ve Son Uygulamalarında Alt Boyutlarda Elde Edilen Puanların Kruskal Wallis Testi ile Karşılaştırılması

Veriler	Alt Boyutlar	Gruplar	N	S.O.	Ki-kare	df	Sig. (p)
Ön Motivasyon	Bilim	Deney 1	19	30,05	,581	2	,748
		Deney 2	23	34,41			
		Kontrol	22	32,61			
	Teknoloji	Deney 1	19	32,21	3,329	2	,189
		Deney 2	23	27,70			
		Kontrol	22	37,77			
	Mühendislik	Deney 1	19	40,03	5,157	2	,076
		Deney 2	23	27,09			
		Kontrol	22	31,66			
	Matematik	Deney 1	19	35,05	,863	2	,650
		Deney 2	23	33,02			
		Kontrol	22	29,75			
Son Motivasyon	Bilim	Deney 1	19	47,82	25,521	2	,000
		Deney 2	23	33,20			
		Kontrol	22	18,55			
	Teknoloji	Deney 1	19	39,11	3,921	2	,141
		Deney 2	23	31,57			
		Kontrol	22	27,77			
	Mühendislik	Deney 1	19	47,92	22,909	2	,000
		Deney 2	23	31,57			
		Kontrol	22	20,16			

Matematik	Deney 1	19	48,55	23,562	2	,000
	Deney 2	23	30,70			
	Kontrol	22	20,52			

Tablo 17'ye göre STEM Motivasyon Ölçeği'nin alt boyutlarında alınan puanlar üzerinde yapılan test sonucunda ilk uygulamada alt boyutların tamamı için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Son uygulamada ise *Bilim*, *Mühendislik* ve *Matematik* alt boyutlarında alınan puanlar açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. *Bilim* alt boyutu için $\eta^2=0,405$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. *Mühendislik* alt boyutu için $\eta^2=0,364$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. *Matematik* alt boyutu için $\eta^2=0,374$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmanın 2. alt problemine yönelik bulgular birlikte yorumlandığında; STEM Motivasyon Ölçeği'nin son uygulamasında tüm grupların ölçeğin *Bilim*, *Mühendislik* ve *Matematik* alt boyutlarında aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkların daha detaylı yorumlanabilmesi için gruplar arasında ikili karşılaştırmalar (Mann Whitney U testi) yapılarak elde edilen bulgulara Tablo 18'de yer verilmiştir.

Tablo 18

STEM Motivasyon Ölçeğinin Alt Boyutlarına Göre Son Uygulamada Elde Edilen Puanlar İçin Mann Whitney U Testi Sonuçları

Bilim	Gruplar	N	Medyan	SO	ST	U	Z	Sig.(p)
	Deney 1	19	23	27,03	513,50	113,50	-2,683	0,007
	Deney 2	23	19	16,93	389,50			
	Deney 1	19	23	30,79	585,00	23,00	-4,898	0,000
	Kontrol	22	16	12,55	276,00			
	Deney 2	23	19	28,26	650,00	132,00	-2,766	0,006
	Kontrol	22	16	17,50	385,00			

Teknoloji	Gruplar	N	Medyan	SO	ST	U	Z	Sig.(p)
	Deney 1	19	22	24,42	464,00	163,00	-1,411	0,158
	Deney 2	23	21	19,09	439,00			
	Deney 1	19	22	24,68	469,00	139,00	-1,847	0,065
	Kontrol	22	20	17,82	392,00			
	Deney 2	23	21	24,48	563,00	219,00	-0,779	0,436
	Kontrol	22	20	21,45	472,00			
Mühendislik	Gruplar	N	Medyan	SO	ST	U	Z	Sig.(p)
	Deney 1	19	17	27,89	530,00	97,00	-3,080	0,002
	Deney 2	23	13	16,22	373,00			
	Deney 1	19	17	30,03	570,50	37,50	-4,502	0,000
	Kontrol	22	10	13,20	290,50			
	Deney 2	23	13	27,35	629,00	153,00	-2,283	0,022
	Kontrol	22	10	18,45	406,00			
Matematik	Gruplar	N	Medyan	SO	ST	U	Z	Sig.(p)
	Deney 1	19	26	27,87	529,50	97,50	-3,074	0,002
	Deney 2	23	20	16,24	373,50			
	Deney 1	19	26	30,68	583,00	25,00	-4,822	0,000
	Kontrol	22	17,5	12,64	278,00			
	Deney 2	19	20	26,46	608,50	173,50	-1,810	0,070
	Kontrol	22	17,5	19,39	426,50			

STEM Motivasyon Ölçeği'nin uygulanmasından elde edilen verilere göre Deney 1 grubu ile Deney 2 grubunun *Bilim* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 1 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,176$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. Deney 1 grubu ile Deney 2 grubunun *Mühendislik* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 1 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,321$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. Deney 1 grubu ile Deney 2 grubunun *Matematik* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 1 grubu lehine istatistiksel olarak

anlamalı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,23$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir.

STEM Motivasyon Ölçeği'nin uygulanmasından elde edilen verilere göre Deney 1 grubu ile Kontrol grubunun *Bilim* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 1 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,6$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. Deney 1 grubu ile Kontrol grubunun *Mühendislik* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 1 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,507$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. Deney 1 grubu ile Kontrol grubunun *Matematik* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 1 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,581$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir.

STEM Motivasyon Ölçeği'nin uygulanmasından elde edilen verilere göre Deney 2 grubu ile Kontrol grubunun *Bilim* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 2 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,174$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. Deney 2 grubu ile Kontrol grubunun *Mühendislik* alt boyutundaki son motivasyon puanları arasında Deney 2 grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ve $\eta^2=0,118$ olduğundan yüksek düzeyde bir etkinin olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmanın 2. alt problemine yönelik tablolar incelendiğinde, STEM Motivasyon Ölçeği'nin son uygulamasında tüm grupların aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. STEM Motivasyon Ölçeği'nin son uygulamasında tüm grupların *Bilim* ve *Mühendislik* alt boyutlarında aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Deney 1 ile Deney 2 ve Deney 1 ile Kontrol gruplarının *Matematik* alt boyutunda aldıkları son motivasyon puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda Deney 1 grubunda uygulanan etkinlikler ile matematiksel modellemenin psikolojik gerekçesinin (Blum & Niss, 1989; Blum, 1991), öğrencilerin motivasyonunu olumlu yönde geliştirmesi bakımından, sağlandığı söylenebilir. Elde edilen

bulgular MM+STEM uygulamasının STEM'e yönelik motivasyonun *Matematik, Fen ve Mühendislik* alt boyutları üzerinde pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek düzeyde bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Tüm grupların *Teknoloji* alt boyutunda aldıkları son motivasyon puanları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla gerçekleştirilen deneysel uygulamaların teknolojiyi kullanma bakımından yetersiz olduğu söylenebilir. Tüm bu bulgular dikkate alındığında, araştırmmanın 2. alt problemiyle ilgili olarak; STEM motivasyonunun hem sadece STEM hem de MM+STEM uygulamaları ile olumlu yönde geliştiği ve böylece gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların tespit edildiği görülmüştür.

Öğrencilerin Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Problemlerini Çözme Aşamalarını Gerçekleştirmede Yeterlilikleri İle İlgili Bulgular

Bu başlıkta 3. alt problem ile ilgili olarak, Deney 1 grubunda yer alan öğrencilerin matematiksel modelleme problemlerini çözme aşamalarını gerçekleştirmedeki yeterliliklerinin betimsel analizinin yapılmasıyla elde edilen bulgular sunulmuştur. Problemlerin uygulanması sürecinde oluşturulan gruplar ve katılımcılar Tablo 19'da verilmiştir. Gruplar her etkinlik sonrasında rasgele oluşturularak heterojen bir yapı sağlanmıştır.

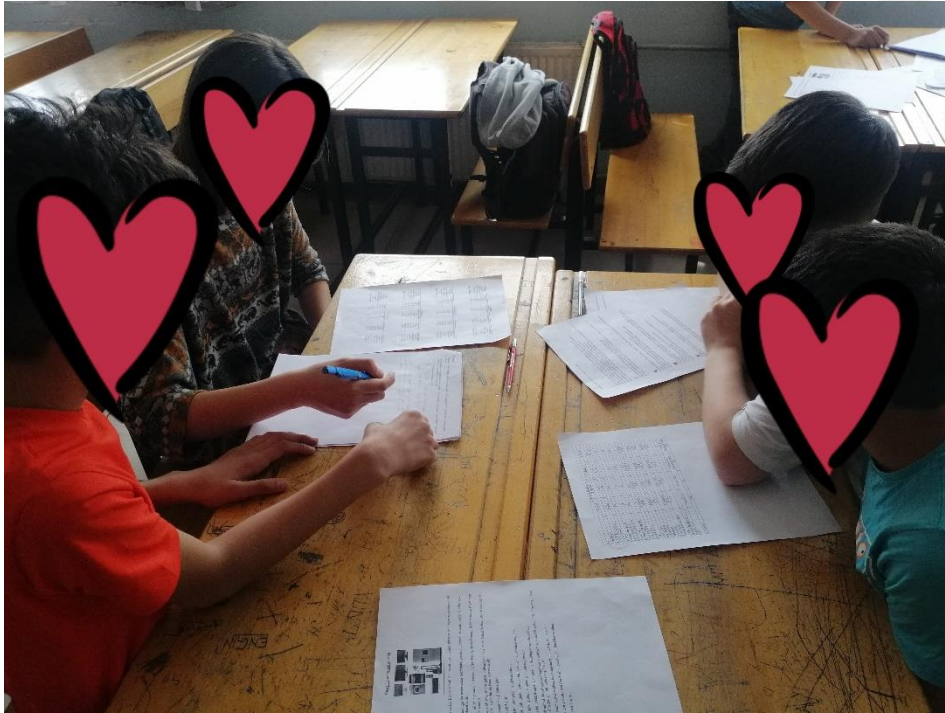
Tablo 19

Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinliklerinde Yer Alan Katılımcılar

Problem	Süre	Gruplar	Katılımcılar	Frekans
Küresel Isınma Problemi	4 saat	A	K8, K15, K16, K18	4
		B	K2, K5, K9, K11	4
		C	K4, K6, K7, K13	4
		D	K1, K10, K12, K14	4
			TOPLAM	16
Geri Dönüşüm Problemi	4 saat	E	K1, K3, K5, K6, K19	5
		F	K2, K7, K11, K12, K15	5
		G	K4, K9, K10, K13, K14	5
			TOPLAM	15
Geri Dönüşüm Macerası Problemi	3 saat	H	K1, K4, K7, K11, K17	5
		I	K3, K6, K9, K12, K16	5

		J	K2, K8, K14, K18, K19	5
			TOPLAM	15
Enerji Tasarrufu Problemi	3 saat	K	K4, K9, K10, K12, K14	5
		L	K2, K3, K5, K11, K13	5
		M	K6, K7, K8, K15, K17	5
			TOPLAM	15

Tablo 19'a göre matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanmasında 4-5 kişilik öğrenci grupları ile çalışılmıştır. İlk etkinlik olan Küresel Isınma Problemi'nin uygulanmasında 16 öğrenci yer almış ve süreç 4 saatte tamamlanmıştır. İkinci etkinlik olan Geri Dönüşüm Problemi'nin uygulanmasında 15 öğrenci yer almış ve etkinlik 4 saatte tamamlanmıştır. Üçüncü etkinlik olan Geri Dönüşüm Macerası Problemi'nin uygulanmasında 15 öğrenci yer almış ve etkinlik 3 saatte tamamlanmıştır. Dördüncü etkinlik olan Enerji Tasarrufu Problemi'nin uygulanmasında 15 öğrenci yer almış ve etkinlik 3 saatte tamamlanmıştır. Matematiksel modelleme problemlerinin uygulanması sürecinde yer alan öğrenci gruplarının bir temsili olarak Şekil 16'daki görsel sunulmuştur.



Şekil 16. Matematiksel modelleme problemlerinin çözüm sürecinde yer alan öğrenci gruplarından bir örnek.

Bu çalışmada uygulanan matematiksel modelleme süreci, öğrencilerin bilişsel açıdan deneyimlerinin gözlemlenebilmesi için (Borromeo Ferri, 2006) tarafından sunulan matematiksel modelleme döngüsü basamaklarına göre ele alınmıştır. Son iki basamak birlikte ele alınarak uygulama süreci basamakları şu şekilde belirlenmiştir:

1- Problemi Anlama: Gerçek yaşam durumundan hareketle problemi belirleme, verilen bilgileri ve istenen bilgileri tespit etme.

2- Sadeleştirme (Kavramlarla İlişkilendirme): Gerçek yaşam durumlarını matematiksel kavramlarla ilişkilendirerek gerekli/gereksiz bilgileri ayırt etmek ve strateji geliştirme.

3- Matematikleştirme (Model Oluşturma): Yapılan ilişkilendirmelere göre problemin çözümüne yönelik model oluşturma.

4- Matematiksel olarak çalışma (Problemi Çözme): Oluşturulan modeli gerçek yaşam durumu ile ilişkilendirerek problemi çözme.

5- Yorumlama ve doğrulama (Modeli Açıklama): Oluşturulan model ile yapılan çözümün doğruluğunu nedenleri ile açıklayabilme ve sonucu yorumlama.

Küresel Isınma Problemi'nin uygulanmasında dört grup (A, B, C, D) ile çalışılmıştır. Grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik yapılan değerlendirme Tablo 20'de sunulmuştur.

Tablo 20

Küresel Isınma Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi

Temalar	Kodlar	Grup A	Grup B	Grup C	Grup D
Problemi Anlama	Yeterli				✓
	Kısmen Yeterli	✓	✓	✓	
	Yetersiz				
İlişkilendirme	Yeterli				✓
	Kısmen Yeterli	✓	✓	✓	
	Yetersiz				
Model Oluşturma	Yeterli				

	Kısmen Yeterli	✓	✓	✓	✓
	Yetersiz				
Problemi Çözme	Yeterli				
	Kısmen Yeterli		✓	✓	✓
	Yetersiz	✓			
Modeli Açıklama	Yeterli				
	Kısmen Yeterli			✓	✓
	Yetersiz	✓	✓		

Küresel Isınma Problemi'nin uygulanması sürecinin problemi anlama ve ilişkilendirme aşamalarını gerçekleştirmede dört gruptan biri (D) yeterlilik gösterirken, üçü (A, B, C) kısmen yeterlilik göstermiştir. Modeli oluşturma aşamasında tüm gruplar (A, B, C, D) kısmen yeterlilik göstermiştir. Problemi çözme aşamasını gerçekleştirmede üç grup (B, C, D) kısmen yeterlilik gösterirken, biri (A) yetersiz olmuştur. Modeli açıklama aşamasını gerçekleştirmede ise iki grup (C, D) kısmen yeterli olurken, iki grup da (A, B) yetersiz olmuştur. Buna göre ilk etkinlik uygulamasında grupların tüm süreçlerde yeterliliklerinin düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca grupların süreç boyunca gösterdikleri yeterlilik düzeyleri incelendiğinde bir aşamadaki yetersizliğin bir sonraki aşamaya da yansıdığını görmekteyiz. Bu etkinlikte gösterilen yeterliliklerin daha anlaşılır olması açısından, grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik doğrudan alıntılara Tablo 21'de yer verilmiştir.

Tablo 21

Küresel Isınma Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar

Temalar	Kodlar	Alıntılar
Problemi Anlama	Yeterli	"Bize verilen bilgilere göre, karbondioksit gibi sera gazları atmosferde birikince dünyamız ısınıyor ve küresel ısınma oluyor. Havaya giden karbondioksitin artmasına neden olan şeyler de bunu artırıyor. Bir kişinin bir günde havaya bırakılmasına neden olduğu karbondioksit miktarına karbon ayak izi deniliyor. Bu problemde bizden istenen bir ailenin bir yıl boyunca ürettiği karbondioksit miktarını telafi etmek için kaç ağaca ihtiyacımızın olduğudur. Problemi bu şekilde anladık." (Grup D)
	Kısmen Yeterli	"Karbon ayak izi karbondioksitin havaya karışması ile ilgili bir şey. Her insanın karbon ayak izi var. Bizden

		istenen kullandığımız eşyaların karbon ayak izini hesaplamak. Problemi bu şekilde anladık.” (Grup C)
İlişkilendirme	Yeterli	“Önce bir ailede ortalama kaç kişi olduğunu belirlemeliyiz. Sonra kullandığımız eşyalar, araçlar gibi pek çok şeyi ne kadar süre kullandığımızı ve ne kadar karbondioksit bıraktıklarını bilmeliyiz. Bu bilgiler bize tablolarda verilmiş. Bir yıldaki miktarları hesaplamak için oran-orantı kurabiliriz.” (Grup D)
	Kısmen Yeterli	“Karbon ayak izimizi bulmak için evde kullandığımız eşyaların karbon ayak izini hesaplamamız gerekiyor.” (Grup A)
Model Oluşturma	Kısmen Yeterli	“Biz bir ailenin ortalama 6 kişi olduğunu düşünüyoruz. Hesaplamalarımızı buna göre yapmaya karar verdik. Eşyaları kullanma süresini de buna göre tahmin etmeye çalıştık. Bir ağacın bir yılda tükettiği karbondioksit miktarını da internetten araştırıp bulduk.” (Grup B)
Problemi Çözme	Kısmen Yeterli	“Hesaplamalarımıza göre kullanılan ev eşyaları ve ulaşım ile ortalama 3 kişilik bir aile 1 yılda 2 503 072 gram karbondioksit bırakmaktadır. Bu sayıyı 22500’e bölünce sonuç yaklaşık 111 olarak bulunuyor.” (Grup C)
	Yetersiz	“Eşyaların bir yılda kullanınca ne kadar karbondioksit bıraktığını tam olarak hesaplayamadık. Bu yüzden çözüm yapamadık, sadece tahmin etmeye çalıştık.” (Grup A)
Modeli Açıklama	Kısmen Yeterli	“Bulduğumuz sonuçta bize verilen eşyaların kullanımını ve ulaşımı hesaba kattık. Isınma ve duş gibi başka şeyler de karbon ayak izimizde etkili olabilir. O yüzden sonucun kesin doğru olduğunu söyleyemeyiz. Bulduğumuz sonuç, bize karbondioksit salınımı verilen eşyalara göre bir değerdir. Bize verilenlere göre bir ailenin karbon ayak izini telafi etmek için doğada 111 ağaç dikmeliyiz.” (Grup C)
	Yetersiz	“İşlemleri kontrol ettiğimizde bir hata görmedik. Bu yüzden bulduğumuz sonuç doğru.” (Grup B)

Tablo 21’de sunulan alıntılar incelendiğinde, problemi anlamadaki yeterlilik durumunun sonraki aşamalara da yansıdığını görülmektedir. Örneğin Grup D problemi anlamada yeterli olmuş, böylece gerekli ve gereksiz bilgileri ayırt edip oran-orantı kurulacağını düşünerek ilişkilendirme yapmada da yeterli olmuştur. Model oluşturmada ise tüm grupların kısmen yeterli olmuştur. Örneğin Grup B bir ağacın bir yılda ürettiği karbondioksit miktarını internetten araştırmasına rağmen, bir ailedeki ortalama birey sayısını sadece kendi yaşadığı çevreye göre değerlendirerek tahmin etmiştir ve bu da eşyaların

kullanımına yönelik öğrencilerin gerçeğe göre daha yüksek tahminler yapmalarına neden olmuştur. Yani burada öğrenciler teknolojiye kısmen yararlanarak ve sadece yakın çevrelerinden yola çıkan tahminler yürüterek bütüncül bir bakış açısı geliştirmemişlerdir. Problemi çözme aşamasında yetersiz olan Grup A'nın ifadelerine bakıldığında ise oran-orantı kurmakta zorlandıkları ve bu nedenle problemi çözemedikleri görülmüştür. Bu da matematiksel modelleme problemini çözmede öğrencilerin matematik bilgilerinin önemli olduğunu göstermektedir. Problem çözmede kısmen yeterli olan grupların, problemi matematiksel olarak çözdükleri ve çözümün gerçek hayattaki karşılığını ifade etmedikleri görülmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin elde ettikleri matematiksel bilgiyi günlük yaşam durumu ile ilişkilendirmede yetersiz oldukları söylenebilir. Matematiksel modelleme sürecinde öğrencilerin modeli açıklama aşamasında yetersiz olmalarının nedeni sadece işlemleri kontrol etmeleri, kısmen yetersiz olmalarının nedeni ise çözümü yorumlayabilmelerine rağmen eksik yönleri tamamlamak için döngüsel bir süreç izlememeleridir. Yani öğrenciler çözümlerinde gördükleri eksiklikleri gidermek için gerekli bilgileri araştırmaya ve yeniden model geliştirmeye çalışmamışlardır. Sonuçta, ilk etkinliğin uygulanmasında grupların matematiksel modelleme süreçlerini gerçekleştirmede genel olarak yeterli olmadıkları görülmüştür.

Geri Dönüşüm Problemi'nin uygulanmasında üç grup (E, F, G) ile çalışılmıştır. Grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik yapılan değerlendirme Tablo 22'de sunulmuştur.

Tablo 22

Geri Dönüşüm Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi

Temalar	Kodlar	Grup E	Grup F	Grup G
Problemi Anlama	Yeterli	✓	✓	
	Kısmen Yeterli			✓
	Yetersiz			
İlişkilendirme	Yeterli	✓	✓	
	Kısmen Yeterli			✓
	Yetersiz			

Model Oluşturma	Yeterli		✓	
	Kısmen Yeterli	✓		✓
	Yetersiz			
Problemi Çözme	Yeterli		✓	
	Kısmen Yeterli	✓		✓
	Yetersiz			
Modeli Açıklama	Yeterli		✓	
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz	✓		✓

Geri Dönüşüm Problemi'nin uygulanması sürecinin problemi anlama ve ilişkilendirme aşamalarını gerçekleştirmede üç gruptan ikisi (E, F) yeterli olurken, biri (G) kısmen yeterlilik göstermiştir. Modeli oluşturma ve problemi çözme aşamalarında gruplardan biri (F) yeterli olurken, ikisi (E, G) kısmen yeterlilik göstermiştir. Modeli açıklama aşamasında ise iki grup (E, G) yetersiz olurken, bir grup (F) yeterli olmuştur. Buna göre, öğrenciler matematiksel modelleme sürecinin aşamalarını gerçekleştirmede ilk etkinliğe göre genel olarak daha fazla yeterlilik göstermişlerdir. Bu bağlamda, grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik doğrudan alıntılara Tablo 23'te yer verilmiştir.

Tablo 23

Geri Dönüşüm Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar

Temalar	Kodlar	Alıntılar
Problemi Anlama	Yeterli	"Bu problemde geri dönüşümün, geri kazanımın ve yeniden kullanımın ne olduğunu öğrendik. Bizden pet şişeleri yeniden kullanarak yapılabilecek bir oyun evi tasarlamamızı ve kaç tane pet şişe gerektiğini bulmamızı istiyorlar." (Grup E)
	Kısmen Yeterli	"Problemden anladığımız bir oyun evi yapacağız ve pet şişeler kullanacağız." (Grup G)
İlişkilendirme	Yeterli	"Oyun evini tasarlamak için bir pet şişenin uzunluğunu ve genişliğini bilmeliyiz ve buna göre yapacağımız oyun evinin uzunluğunu ve genişliğini belirlemeliyiz." (Grup F)
	Kısmen Yeterli	"Evin boyuna karar vermek için pet şişenin boyunu ölçebiliriz." (Grup G)

Model Oluşturma	Yeterli	“İnternette bahçede kullanılan oyun evi boyutlarına baktık. Karşıımıza çıkan oyun evlerine bakınca en kolay şeklin de dikdörtgen prizma olacağını düşündük. Pet şişenin uzunluğunu 20 cm, taban çapını ise 5,7 cm olarak ölçtük. Bir taslak çizdik ve pet şişenin uzunluğuna göre evin uzunluklarının nasıl olacağını hesapladık.” (Grup F)
	Kısmen Yeterli	“Biz evi silindirik şeklinde yapmaya karar verdik, çünkü pet şişelerle görünüş olarak benzeyen bir şekil. Ama böyle olunca da çatısını nasıl yapacağımıza karar veremedik.” (Grup E)
Problemi Çözme	Yeterli	“Oyun evi dört yan bölgeden ve bir üst bölgeden oluşuyor. Yan bölgelerden birinde kapı var. Yan bölge 200 cm-171 cm olacak şekilde. 200 cm olan yükseklik kısmı. Kapı ise 100 cm-57 cm şeklinde. ... Ama pet şişemizi 20 cm şeklinde yerleştirdiğimizde uçlardan 9cm artıyor. Burada $9 \cdot 30 = 270$ pet şişe kullanılıyor. Artan kısımlar da pencerelerin önüne yerleştirilip saksı olarak kullanılabilir. Sonuçta $1030 + 270 = 1300$ tane pet şişe ile okulumuzun bahçesinde bir oyun evi yapabiliriz. Böylece doğada yok olması uzun süren bu plastikleri yeniden kullanmış oluruz.” (Grup F)
	Kısmen Yeterli	“Biz üstü açık bir oyun evi tasarladık. Bunun için pet şişenin yarıçapını $5,7:2 = 2,85$ cm olarak bulduk. Yarıçapı bu yarıçapın katı olan bir yarıçap belirledik. ... Kapının boyu 80 cm, eni 57 cm olsun. O zaman kapı için çıkaracağımız pet şişe sayısı $= 80 \cdot 57 : 20 \cdot 5,7 = 40$ oluyor. Pencerelerin de boyu 40 cm, eni 57 cm olursa $40 \cdot 57 : 20 \cdot 5,7 = 20$ ’şer pet şişeden, iki pencere için $2 \cdot 20 = 40$ tane pet şişe çıkarmamız gerekiyor. O zaman gereken pet şişe sayısı $15390 - 40 - 40 = 15310$ olarak bulunuyor. Çözümümüz bu şekilde. 15310 tane pet şişe ile oyun evi yaparak bu plastiklerin doğada çöp olarak kalmasını önlemiş oluyoruz.” (Grup G)
Modeli Açıklama	Yeterli	“Biz çözümümüzün doğruluğunu anlamak için bu kez pet şişe sayısından belirlediğimiz kenar uzunluklarına ulaşmaya çalıştık. Örneğin kapı için 50 pet şişe çıkarmıştık. Yan yana 10 pet şişeden üst üste 5 tane koysak, yatayda $10 \cdot 5,7 = 57$ cm ve dikeyde $5 \cdot 20 = 100$ cm yapar. Kapımızın ölçüleri de zaten 100 cm-57 cm şeklindeydi. Bu şekilde işlemleri geriye doğru yaptığımızda tam 1300 tane pet şişe ile oyun evi yapabildiğimizi gördük. Bu şekilde her okulda bir oyun evi yapılırsa, her okul için 1300 tane pet şişe yeniden kullanılmış olacak ve doğayı 400 yıl kirletmemiş olacak.” (Grup F)
	Yetersiz	“Yaptığımız işlemler doğruydu, hesapladığımız gibi 15310 tane pet şişeyle tam olarak böyle bir oyun evi yapabiliriz.” (Grup G)

Tablo 23’e bakıldığında, grupların problemi anlamada genel olarak yeterli olmuşlardır. Sadece Grup G’nin verilenlere ve istenenlere yönelik ifadeleri

kısmen yeterli olmuştur. İlişkilendirme aşamasında, gruplardan ikisi pet şişeyi tüm boyutları ile ele almıştır ve gerekli-gereksiz bilgileri tespit etmede yeterli olmuşlardır. Grup G’de yer alan öğrenciler ise, pet şişenin sadece uzunluğunu düşünmüş ve pet şişenin bir boyutuna odaklanmışlardır. Model oluşturmada sadece bir grup yeterli olmuş ve diğer gruplarda yer alan öğrenciler yapacakları evin çatısı için bir model geliştirememişlerdir. Problemi çözme aşamasında yeterli olan Grup F, pet şişeyi tüm boyutları ile ele aldıkları için ve gerçek oyun evlerini inceleyerek buna yakın bir model geliştirdikleri için problemi çözme aşamasında zorlanmamışlardır. Diğer gruplar ise, gerekli tüm bilgileri hesaba katmadıkları için gerçeğe yakın ama yanlış sonuçlar bulmuşlardır. Problemi çözme aşamasında kısmen yeterli olan gruplar, modeli açıklamada yetersiz olmuşlardır. Problemden verilenlere bütüncül olarak bakamadıkları için modellerini açıklamada ve gerçek yaşam durumu ile ilişkilendirmede zorlanmışlardır. Problemi çözmede yeterli olan grup F ise, modeli açıklarken bulunduğu sonucu yorumlamış ve gerçek yaşam durumu ile ilişkilendirmiştir.

Geri Dönüşüm Macerası Problemi’nin uygulanmasında üç grup (H, I, J) ile çalışılmıştır. Grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik yapılan değerlendirme Tablo 24’te sunulmuştur.

Tablo 24

Geri Dönüşüm Macerası Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi

Tema	Kriterler	Grup H	Grup I	Grup J
Problemi Anlama	Yeterli	✓	✓	✓
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz			
İlişkilendirme	Yeterli	✓	✓	
	Kısmen Yeterli			✓
	Yetersiz			
Model Oluşturma	Yeterli	✓		
	Kısmen Yeterli		✓	✓
	Yetersiz			
Problemi Çözme	Yeterli	✓		
	Kısmen Yeterli		✓	✓

	Yetersiz			
Modeli Açıklama	Yeterli	✓	✓	✓
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz			

Geri Dönüşüm Macerası Problemi'nin uygulanması sürecinin problemi anlamada üç Grup da (H, I, J) yeterli olmuştur. İlişkilendirme aşamasını gerçekleştirmede üç gruptan biri (J) kısmen yeterlilik gösterirken, ikisi (H, I) yeterli olmuştur. Modeli oluşturma ve problemi çözme aşamalarını gerçekleştirmede bir grup (H) yeterli olmuş, iki grup (I, J) ise kısmen yeterlilik göstermiştir. Modeli açıklama aşamasını gerçekleştirmede ise grupların tamamı (H, I, J) yeterli olmuştur. Bu uygulamada, grupların problemi anlamada ve modeli açıklamada yeterli oldukları görülmektedir. Bu da öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinde yer alan aşamaları gerçekleştirmede yeterliliklerinin arttığını ifade etmektedir. Doalyısıyla etkinlik yaptıkça, öğrencilerin yeterliliklerinin de arttığı söylenebilir. Bu bağlamda kaydedilen gelişmelerin daha anlaşılır olması için, grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik doğrudan alıntılara Tablo 25'te yer verilmiştir.

Tablo 25

Geri Dönüşüm Macerası Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar

Tema	Kriterler	Alıntılar
Problemi Anlama	Yeterli	"Ayşe Hanım eskiyen eşyaları kumaş ile kaplayıp süs eşyası yapacaktı. Daha fazla malzeme kaplayabilmek için her eşyayı en az kumaşla kaplayacaktı. Eşya olarak verilen teneke kutuyu kumaş parçasıyla kaplayacaktınız. Bu da bizim ölçme aracımız olacaktı. Yani bize teneke bir kutu verildi. Biz de onu en az ne kadar bir kumaşla kaplayacağımızı bulmalıyız." (Grup J)
İlişkilendirme	Yeterli	"Teneke kutu silindir şeklinde olduğundan, kumaşın miktarını bulmak için silindirin yüzey alanının nasıl hesaplandığını bilmeliyiz. Bize gerekli olan bilgi silindirin alanını bilmek. Diğer gerekli bilgi de bize verilen kutunun yüksekliğini ve taban yarıçapını bulmak. Başka eşyaların ölçülerini ise bilmeye gerek yok. Çünkü ölçme aracını, bu kutu için yapacağımız hesaplara göre geliştirmiş olacağız." (Grup H)

	Kısmen Yeterli	“Bize verilen teneke kutunun yüzeyini bilmemiz gerekiyor. Bunu bilince de kumaşı hesaplamamız gerekiyor.” (Grup J)
Model Oluşturma	Yeterli	“Silindirin yüzey alanını hesaplamak için öğretmenin verdiği noktalı kumaşı kullanabiliriz. Biz kumaşı boşa harcamamak için önce silindirin ölçülerini bulduk. Yüksekliği 15 birim, taban çapını ise 9 birim olarak ölçtük. Buna göre yüzey alanını bularak ölçme aracımızı geliştirebiliriz.” (Grup H)
	Kısmen Yeterli	“Silindiri kaplayacağımız kumaşa ne kadar nokta olacağını bulabiliriz. Bunun için kutuyu kumaşa kaplayıp geri açabiliriz.” (Grup I)
Problemi Çözme	Yeterli	“Silindirin yan yüzeyinin alanı için dikdörtgen şeklindeki bir kumaş olmalı. Bu kumaşın da kısa kenarı yükseklik, uzun kenarı tabanın çevresi oluyor. Bu yüzden uzun kenar $2 \cdot \pi \cdot 9 = 56,548667 \dots$ oluyor. Kısa kenar da 15 cm. Uzun kenar noktalara tam karşılık gelmiyor. O yüzden burayı kumaşı kutunun yan yüzeyine sararak bulduk. Taban ise yarıçapı 4,5 birim olan bir çember olacak. Bunu pergel ile çizdik ve kestik. Böylece kutuyu ne eksik ne fazla olacak şekilde kaplayacak büyüklükte kumaşları elde ettik.” (Grup H)
	Kısmen Yeterli	“Biz kutuyu tabanından yukarı doğru kumaşa sardık. İki yandan artan parçaları kestik. Üstten artan parçaları da kestik. Bu şekilde kutuyu kaplayacak miktardaki kumaşı bulduk. Bunu kestiğimiz yerde karşılıklı noktalar uç uca gelecek şekilde yaptık. Tabandan yukarı doğru 16şar nokta oldu. Alttan da 10 nokta oldu. Kutuyu kaplamak için gereken kumaşı bu şekilde bulduk.” (Grup J)
Modeli Açıklama	Yeterli	“Tekrar kumaş alıp aynı şekilde kutunun yan yüzeyine sarıp kestiğimizde, önceki kumaş parçasıyla aynı oldu. Bu da ölçme aracımızın uygun olduğunu gösteriyor. Taban için gereken kumaşı kesmek zaten her boyuttaki kutu için kutuya hiç sarmadan yapılabilecek bir şey. Yaptığımız ölçme aracı ile tüm kutular en az miktarda kumaş kullanılarak kaplanabilecek. Farklı boyutlarda kutular varsa da şunu önerebiliriz. Bir ip alıp tabanın çevresine dolayabilirler. Sonra bunu açıp uzunluğunu kumaşa işaretleyebilirler. Sonra buna dik olacak şekilde yüksekliğin uzunluğunu işaretleyebilirler. Bu dikdörtgeni kestiğimizde de yan yüzeyi tam kaplayacaktır.” (Grup I)

Tablo 25’e göre, problemi anlama aşamasında tüm gruplar yeterli olmuştur. Grup J’nin ifadelerinden de anlaşılacağı üzere, öğrenciler problem durumunda verilenleri ve istenenleri detaylarıyla ve net bir şekilde açıklayabilmektedir. İlişkilendirme aşamasında ise yüzey alanının gerekli olduğunu tüm gruplar fark etmiştir. Gruplardan ikisi buna yönelik detaylı

açıklamalar yaparken, Grup J gerekli ve gereksiz bilgileri kapsamlı bir şekilde ele almamıştır. Model oluşturma aşamasında da gruptan ikisi kısmen yeterli olmuştur, bunun nedeni de ilişkilendirme aşamasında gerekli ve gereksiz bilgileri belirlemedeki eksiklikleri olmuştur. Bu durumun yansımaları, problemi çözme aşamasında da kendisini göstermiş ve öğrenciler problemi çözmede yeterli olamamışlardır. Modeli açıklama aşamasında ise her grup, çözümünü detaylı şekilde açıklamış ve gerçek yaşam durumu ile ilişkilendirerek yorumlamıştır. Bu etkinlik uygulaması göz önünde bulundurulduğunda, öğrencilerin anlama aşamasında yeterli olmasının model açıklama aşamasında da yeterli olmalarına olumlu bir katkısı olduğu düşünülebilir.

Enerji Tasarrufu Problemi'nin uygulanmasında üç grup (K, L, M) ile çalışılmıştır. Grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik yapılan değerlendirme Tablo 26'da sunulmuştur.

Tablo 26

Enerji Tasarrufu Problemi İçin Grupların Değerlendirilmesi

Tema	Kriterler	Grup K	Grup L	Grup M
Problemi Anlama	Yeterli	✓	✓	✓
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz			
İlişkilendirme	Yeterli	✓	✓	✓
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz			
Model Oluşturma	Yeterli	✓	✓	✓
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz			
Problemi Çözme	Yeterli	✓	✓	✓
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz			
Modeli Açıklama	Yeterli	✓	✓	✓
	Kısmen Yeterli			
	Yetersiz			

Enerji Tasarrufu Problemi'nin uygulanması sürecinin problemi anlama, ilişkilendirme, model oluşturma, problemi çözme ve modeli açıklama aşamalarını gerçekleştirmede tüm gruplar (K, L, M) yeterlilik göstermiştir. Bu doğrultuda, matematiksel modelleme etkinlikleri uygulandıkça öğrencilerin matematiksel modelleme süreçlerini gerçekleştirmedeki yeterliliklerinin arttığı düşünülebilir. Grupların matematiksel modelleme sürecini yerine getirme durumlarına yönelik doğrudan alıntılara Tablo 27'de yer verilmiştir.

Tablo 27

Enerji Tasarrufu Probleminin Çözüm Sürecinden Doğrudan Alıntılar

Tema	Kriterler	Alıntılar
Problemi Anlama	Yeterli	“Probleme göre bir çift, ev eşyaları satan bir mağazaya gidiyor. Mağazada dört çeşit marka var. Bu mağazadan altı çeşit eşya alacaklar. Eşyaları özelliklerine ve enerji tasarrufuna göre almak istiyorlar. Onların bu isteklerine göre almaları gereken eşyaları seçmemiz ve onları seçtiğimiz eşyalar konusunda ikna etmemiz isteniyor.” (Grup L)
İlişkilendirme	Yeterli	“Problemi çözmek için eşyaların fiyatını bilmeye gerek yok. Çünkü eşyaların fiyatlarının birbirine yakın olduğu söylenmiş ve fiyat bilgileri de verilmemiş. Ama eşyaların özelliklerinde nelerin önemli olduğunu bilmek önemli. İstenen özelliklerle eşyaları eşleştirmeliyiz. Eşyaları seçerken enerji tasarrufuna dikkat etmemiz de önemli. Bunun için enerji ile ilgili verilen bilgilere de dikkat etmeliyiz. Enerji için verilen sayılara göre eşyaları karşılaştırmalıyız.” (Grup K)
Model Oluşturma	Yeterli	“Buzdolabında rafları cam olanı tercih etmeliyiz. Kalabalık olmadıkları için iç kapasitesinin büyük olmasına gerek yok. Elektrik kesintisinde saklama süresi fazla olanı tercih etmeliyiz. ... Bulaşık makinesi alırken de program sayısı fazla ve su tüketimi az olanı seçmeliyiz. Rengi de inoks olmalı. Enerji tasarrufu için de öncelikle eşyaların harcadıkları toplam güce bakmalıyız. Toplam gücü, ortalama güç ile motor gücünü toplayarak hesaplayacağız. Sonra da kullanım süresi önemli. Ne kadar uzun süre kullanılması gerekiyorsa o kadar çok enerji harcanıyor. Yani toplam güçle de süreyi çarparak eşyaların enerji tüketimini kıyaslayacağız.” (Grup M)
Problemi Çözme	Yeterli	“Eşya özelliklerine bakıldığında en uygun olarak B marka buzdolabı, C marka çamaşır makinesi, D Marka elektrik süpürgesi, A marka ütü, A marka televizyon ve C marka bulaşık makinesini tercih edebiliriz. Enerji tasarrufuna göre baktığımızda buzdolabında enerji kullanımı en çoktan aza doğru $D > A > B > C$ şeklinde. B

		ve C markaları için bulduğumuz değerler birbirine çok yakın. Özellik olarak da B marka uygun olduğundan her iki kritere göre buzdolabında B markayı seçtik. ... Bulaşık makinelerinde enerji kullanımını en çoktan en aza doğru sıraladığımızda C>A>D>B olarak bulduk. Özellikler olarak C markayı seçmiş olsak da enerji tasarrufuna uymadığı için D ve B marka seçeceğiz. Üç özellikten ikisini sağladığı için D markayı seçtik. Yani bulaşık makinesinde tercihimiz D markası oldu. Sonuç olarak B marka buzdolabı, D marka çamaşır makinesi, D marka elektrik süpürgesi, C marka televizyon, D marka ütü ve D marka bulaşık makinesi seçtik.” (Grup K)
Modeli Açıklama	Yeterli	“Problemde verilen değerlere göre her bir markadaki her bir eşyanın harcadığı enerjiyi hesapladık. Bize problemde verilen duruma göre öncelikle enerji tasarrufunun dikkate alınacağını anlıyoruz. Yine de kolay olduğu için önce tabloya bakarak özellikler açısından uygun olan markaları not aldık. Sonra asıl önemli olan kısma, enerji hesaplamaya geldik. Ortalama güç ve motor gücünü topladık. Zamanla çarptık. Burada Joule cinsinden bulmak için virgüllerle uğraşmaya gerek duymadık açıkçası. ... diğer grupların tersine biz B marka yerine D markayı seçmiştik. Renk ve program sayısının istendiği gibi olmasına karşılık 2 Litre daha az su harcamayı seçtik. Sonuçta su da bir enerji. Yani sadece bu seçim için Serhat Bey ve Meral Hanım ile görüşmeyi isterdik. Bize kalırsa program sayısı ve parmak izi bırakmayan inoks renge göre 2L su çok daha önemli olacak gelecekte. En önemli istekleri olarak enerji tasarrufuna göre seçtiğimiz için problemde bizden istenene göre en uygunlarını seçtiğimizi düşünüyoruz. Seçtiklerimizi aldıklarında daha az enerji tüketerek doğaya daha az zarar verecekler, faturaları da daha az gelecek.” (Grup L)

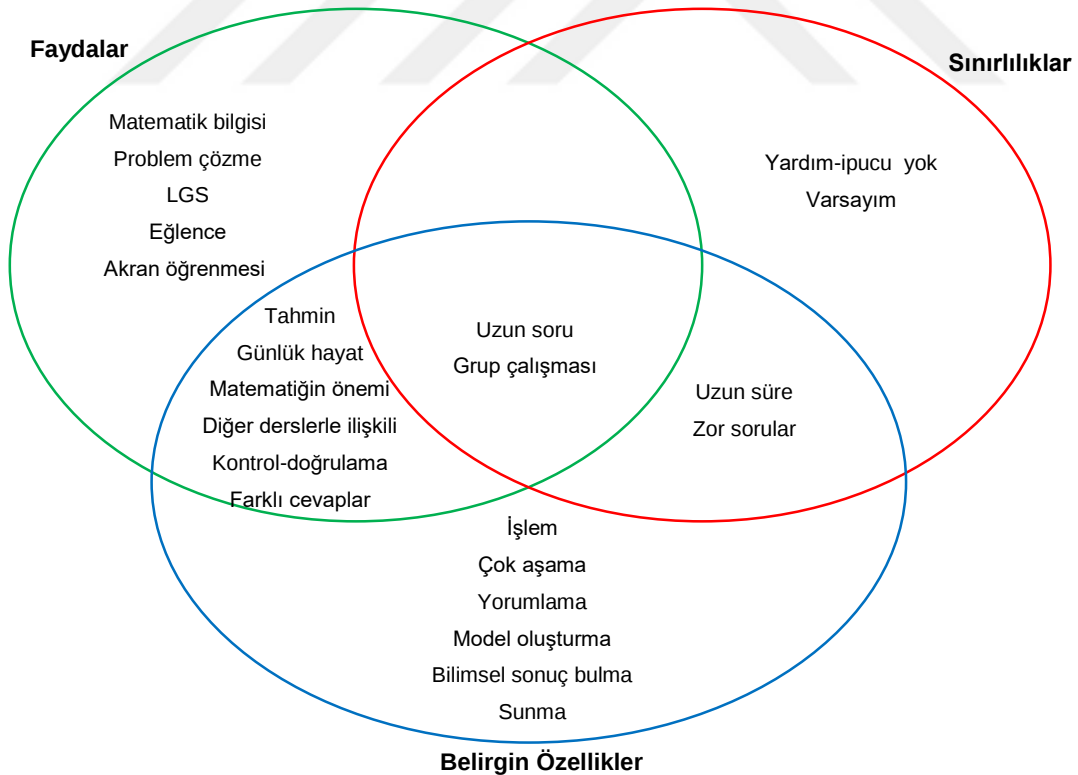
Tablo 27’ye bakıldığında, öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinin aşamalarını gerçekleştirmede yeterli oldukları görülmektedir.

Araştırmanın 3. alt problemine yönelik elde edilen bulgular, matematiksel modelleme etkinliklerini uyguladıkça, öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinde yer alan aşamaları gerçekleştirmede yeterliliklerinin arttığını göstermektedir. Bu bağlamda, matematiksel modelleme etkinlikleri uygulandıkça, öğrencilerin matematiksel modelleme problemlerini çözmede gelişme gösterdikleri söylenebilir.

Öğrencilerin Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Problemlerini Çözmeye Yönelik Görüşleri İle İlgili Bulgular

Bu başlıkta 4. alt problem ile ilgili olarak, Deney 1 grubunda yer alan öğrencilerin STEM'e geçişte disiplinler arası bir araç olarak matematiksel modelleme problemlerini çözmeye yönelik görüşlerinin içerik analizinin yapılmasıyla elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu kapsamda veriler çözümlenerek kodlar oluşturulmuş ve bu kodlardan temalar elde edilmiştir. Burada temalara, kodlara ve bunlara ilişkin öğrenci görüşlerinden doğrudan alıntılara yer verilmiştir. Matematiksel modelleme etkinliklerin en az yarısına katılmış olan 15 öğrencinin görüşleri alınmış ve verilerin analizi ile elde edilen bulgular okuyucuya sunulmuştur.

Oluşturulan kodlardan elde edilen ilk temalar “Faydalar”, “Sınırlılıklar” ve “Özellikler” şeklinde olmuştur. Bu kodlara ve temalara yönelik detaylar Şekil 17’de gösterilmiştir. Şekilden anlaşıldığı üzere, bazı kodlar birden fazla temanın içinde yer almaktadır. Örneğin grup çalışması; bazı öğrenciler tarafından bir fayda, bazı öğrenciler tarafından bir sınırlılık, bazı öğrenciler tarafından ise matematiksel modelleme etkinliklerinin belirgin bir özelliği olarak ifade edilmiştir.



Şekil 17. Faydalar, sınırlılıklar ve belirgin özellikler temalarına ait kodlar.

Şekil 17'ye göre, matematiksel modellemenin faydaları; matematik bilgisi, problem çözme, LGS, eğlence, akran öğrenmesi, tahmin, günlük hayat, matematiğin önemi, diğer derslerle ilişkili olması, kontrol-doğrulama, farklı cevaplar, uzun sorular ve grup çalışması olarak ifade edilmiştir. Matematiksel modellemenin sınırlılıkları; yardım-ipucu yok, varsayım, uzun soru, grup çalışması, uzun süre ve zor sorular olarak ifade edilmiştir. Matematiksel modellemenin belirgin özellikleri ise; işlem, çok aşama, yorumlama, model oluşturma, bilimsel sonuç bulma, sunma, tahmin, günlük hayat, matematiğin önemi, kontrol-doğrulama, farklı cevaplar, uzun soru, grup çalışması, uzun süre ve zor sorular olarak ifade edilmiştir. Bu bağlamda, kodların ait olduğu her bir tema için bu kodlarla ilgili doğrudan alıntılara Tablo 28'de yer verilmiştir.

Tablo 28

“Faydalar”, “Sınırlılıklar” ve “Özellikler” Temalarına Ait Kodlar ve Alıntılar

Kodlar	Frekans	Katılımcılar	Alıntılar
Uzun Soru	11	K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K11, K13, K14, K15	“Soruların çok uzun olması biraz olumsuz. Çünkü okumak ve anlamak uzun sürüyor.” (K4) “... matematiksel modelleme soruları daha uzun oluyor.” (K11) “Uzun sorulardan korkmamamı sağladı.” (K15)
Grup Çalışması	11	K1, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K12, K15	“Olumsuz yönü grupla çalışırken bazen aynı fikirde karar veremiyorduk.” (K3) “Grupla çalışmak birden fazla fikir görmemizi sağladı.” (K6) “Bu zamana kadar karşılaştığım problemleri kendi başıma çözüyordum. Matematiksel modelleme bana grup çalışmasının daha avantajlı olduğunu gösterdi.” (K10)
Günlük Hayat	10	K1, K2, K5, K6, K7, K8, K9, K11, K12, K13, K14, K15	“Matematiğin günlük hayatla çok ilgili olduğunu daha iyi anladım.” (K7) “Önceden gördüklerim de günlük hayatla ilgili olabiliyordu ama bu problemler günlük hayatla daha çok ilgili.” (K15)
Uzun Süre	10	K1, K2, K3, K4, K6, K7, K10, K11, K13, K14	“Matematiksel modelleme problemlerinde her şey daha uzun sürüyor...” (K3) “Olumsuz yönü olarak bu etkinliklerin uzun sürmesini söyleyebilirim.” (K10)
Farklı	9	K1, K2,	“Birden fazla cevap olabilmesi bence olumlu, daha

Cevaplar		K3, K4, K5, K7, K8, K11, K15	özgür hareket edebiliyoruz.” (K1) “Önceden ... tek doğru cevap vardı. Şimdi ... bir sorunun birden çok cevabı olabiliyor.” (K5)
Kontrol-Doğrulama	8	K1, K2, K3, K4, K8, K9, K13, K15	“Bulduğum sonucun doğru olup olmadığına bakmamı sağladı.” (K8) “Normalde çözümümüzü kontrol etmiyorduk ama kontrol etmenin önemli olduğunu anladım.” (K9)
Matematik Bilgisi	6	K3, K7, K9, K10, K12, K14	“Matematik dersinde öğrendiğim bilgileri kullanmamı sağladı ve daha iyi anladım.” (K9)
Yorumlama	6	K4, K6, K8, K9, K10, K15	“Bu zamana kadar bana sunulan problemleri ezberlediğim bilgilerle çözüyordum. Ama matematiksel modelleme ile bana sunulan problemlerin yoruma daha açık olduğunu gördüm.” (K10)
Diğer Derslerle İlişkili	6	K1, K3, K6, K7, K9, K13	“Matematiğin farklı derslerle ne kadar ilgili olduğunu daha iyi anladım.” (K3) “Öğrendiğimiz şeylerin günlük hayattaki problemlerde kullanılabilmesini sağlaması ve farklı derslerle matematiğin ilişkisini göstermesi.” (K7)
Matematiğin Önemi	4	K8, K12, K13, K14	“Burada çözdüğümüz problemler bence daha güzel ve işe yarar hissettiriyor. Yani kendimi bilim insanı gibi hissettim ve matematiğin hayattaki önemini de daha iyi anladım.” (K13) “Matematik ile ilgili bilgilerin önemli olduğunu, matematiğin önemli bir ders olduğunu daha iyi anladım.” (K14)
Problem Çözme	4	K5, K10, K13, K15	“Problemlere yönelik farklı bakış açıları geliştirmemi sağladı.” (K10)
LGS	4	K4, K8, K11, K13	“Bana göre olumlu yönü LGS sorularına benzeyen uzun sorular çözmemizdi. Çünkü bu tür sorulara alışkın değiliz ve bu sayede alışmış olduk.” (K4)
Zor Sorular	4	K11, K12, K14, K15	“Çünkü anlamak daha uzun sürüyor ve daha zor geliyor.” (K11) “Bence en önemli fark matematiksel modelleme sorularının daha zor olması. Ama grupla çözdüğümüz için bu bize kolaylık sağlıyor ve bilmediklerimizi başka bir arkadaşımız yapabiliyor. Ben biliyorsam da ben yapıyorum.” (K12)
Çok Aşama	4	K1, K2, K9, K14	“Normal problemlerde sadece çözüyoruz ama matematiksel modellemede daha çok aşama var.” (K2)
Eğlence	3	K3, K10, K12	“Öncelikli olarak daha eğlenceli olduğunu söyleyebilirim.” (K10)
Akran	3	K8, K12,	“Arkadaşlarımla birlikte çözmek de güzeldi, birbirimize daha iyi olduğumuz konularda yardım ettik ve öğrettik.”

Öğrenmesi		K15	(K8)
Tahmin	3	K1, K2, K15	“Günlük hayattan yola çıkarak tahmin yürütmek. Çünkü problemi anlamamız ve çözebilmemiz için bunu yapmamız gerekiyor.” (K2) “Bu etkinlikleri yapmak tahmin yürütmemi ve ... geliştirdi.” (K15)
İşlem	3	K6, K7, K14	“Benzerlikleri her ikisinde de işlem yapmak...” (K6)
Model Oluşturma	1	K2	“Model oluşturmak. Çünkü her problemde model oluşturmamız gerekiyor.” (K2)
Varsayım	1	K8	“Olumsuz yönleri ... ve varsayımların olmasıydı.” (K8)
Bilimsel Sonuç Bulma	1	K10	“Bence en belirgin özelliği bilimsel bir sonuç ortaya koymamızdı.” (K10)
Sunma	1	K10	“Yaptıklarımızı sunmak da belirgin bir özellikti.” (K10)
Yardım-İpucu Yok	1	K14	“Olumsuz yönü öğretmen bize ipucu vermiyordu ve problemi kendimiz çözmeliyiz. Aslında bu kötü değil ama zorlandığım için olumsuz.” (K14)

Tablo 28’e göre öğrencilerin matematiksel modelleme sürecini; faydaları olan, sınırlılıkları olan ve diğer problemlerden ayrışmasını sağlayan belirgin özellikleri olan problemler olarak değerlendirdikleri anlaşılmaktadır. Belirgin özelliklerden çoğu faydalı olarak görülürken, uzun süreli ve zor problemler olmaları bir sınırlılık olarak nitelendirilmiştir. Öğrencilerin uzun süreli zor soruları sınırlılık olarak görmeleri bu tarz problemlere alışık olmamalarından ve bu tarz problemleri çözerken zorlanmalarından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca soruların uzun olması ve grup çalışmaları ile sürecin gerçekleşmesi öğrenciler tarafından hem fayda hem de sınırlılık olarak değerlendirilmiştir. Burada uzun soruları çözmeye alışmak, olumlu bir durum olarak ele alınmıştır. Bunun bir fayda olarak değerlendirilmesinde, LGS sınavında sorulan soruların da uzun olmasının payı olabileceği söylenebilir. Grup çalışmaları ortak karar vermek zorlu bir süreç olarak görüldüğünden dolayı bir sınırlılık, birbirinin eksiklerini kapatarak ve birbirinden öğrenerek işbirliği içinde problem çözmeyi sağladığı için bir fayda olarak görülmüştür. Faydalı olarak nitelendirilen özelliklere bakıldığında ise, “eğlenceli” ve “matematiğin öneminin anlaşılması” gibi ifadeler, matematiğe olan tutum ve motivasyona yönelik pozitif bir gelişmeyi işaret etmesi bakımından elde edilen nicel bulgularla paralellik göstermektedir. Nicel bulgularda da Deney

1 grubunun STEM'in M boyutuna yönelik tutum ve motivasyonu pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Bu bağlamda araştırmancının 4. araştırma sorusuna yönelik elde edilen bulguların, araştırmada elde edilen nicel bulgularla paralellik gösterdiği söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşme formunun uygulanması ile elde edilen kodlardan bir kısmı da "İstenilen Özellikler" teması altında Tablo 29'da sunulmuştur. Tabloya göre istenen özellikler; bireysel çözmek, soruların kısa olması, grupların farklı şekilde belirlenmesi, soruların kolay olması, daha çok zaman verilmesi, etkinliklerde daha çok resim olması, teknolojik aletleri daha çok kullanmak ve cevap anahtarının olması şeklindedir.

Tablo 29

"İstenilen Özellikler" Temasına Ait Kodlar ve Alıntılar

Kodlar	Frekans	Katılımcılar	Alıntılar
Bireysel çözmek	3	K1, K2, K11	"Bireysel olması daha iyi olabilirdi. Çünkü ortak karar vermekte bazen zorlanıyoruz." (K11)
Soruların kısa olması	2	K7, K8	"Problemlerin daha kısa olmasını isterdim, çünkü bu kadar uzun sorular çözmeye alışık değilim." (K8)
Grupların farklı şekilde belirlenmesi	2	K5, K13	"Hep sevdiğim arkadaşlarımla grup olmayı daha çok isterdim, öyle daha hızlı çözebilirdik belki." (K13)
Soruların kolay olması	1	K3	"Soruların biraz kolay olmasını isterdim. Çünkü bazen anlamakta zorlandığımda çözememekten korkabiliyorum." (K3)
Daha çok zaman verilmesi	1	K6	"Zaman aldığı için problemi çözmeyi daha fazla günlere yayabilirdik. Ama o zaman da sürekli bölüneceği için sorunlar olabilirdi." (K6)
Etkinliklerde daha çok resim olması	1	K9	"Sorulardaki bilgilerle ilgili resimler vardı ama daha fazla resim olabilirdi. Çünkü uzun yazılar görmek sıkıcı olabiliyor." (K9)
Teknolojik aletleri daha çok kullanmak	1	K10	"Bu süreçte teknolojik aletleri daha fazla kullanabilmemiz daha iyi olurdu. Böylece daha hızlı sonuçlara ulaşabilirdik." (K10)
Cevap anahtarının olması	1	K14	"Cevap anahtarı gibi bir şey olmasını ve çözümümüzü öyle kontrol edebilmeyi isterdim. Kendi kendimize kontrol etmeye çalışmak bence zordu." (K14)

Tablo 29’da yer alan öğrencilerin matematiksel modelleme problemlerinin nasıl olmasını istediği ile ilgili görüşlere bakıldığında; bireysel çözmek, soruların kısa olması, grupların farklı şekilde belirlenmesi, soruların daha kolay olması ve daha çok zaman verilmesi kodları, sınırlılıklar temasındaki kodlarla, yani öğrencilerin sınırlılıklarla ilgili görüşleri ile paralellik göstermektedir. Etkinliklerde daha çok resim olması da, etkinliklerde yer alan uzun metinlerin görünüşündeki sıkıcılığı azaltacağından, sınırlılıklar temasında yer alan soruların uzun olmasına yönelik ifade edilen görüş ile paralellik göstermektedir. Teknolojik aletleri daha çok kullanmak kodu ise; nicel verilerde son uygulamalarda STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nde yer alan Mühendislik ve Teknoloji alt boyutu ve STEM Motivasyon Ölçeği’nde yer alan Teknoloji alt boyutunda grupların aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığına tespit edilmesi bulgusu ile paralellik göstermektedir. Hesap makinesi, bilgisayar gibi teknolojik araçlar kullanılmış olsa da, teknoloji boyutunda elde edilen nicel ve nitel veriler, bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen uygulamalarda teknolojinin yeterince kullanılmadığına işaret etmektedir. Cevap anahtarının olması kodu ile ifade edilen görüşe göre, kontrol etme - doğrulama için bu zamana kadar alışkın oldukları şekilde cevap anahtarının kullanılması istenmektedir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilk ikisinde bu aşamayı gerçekleştirmede yetersiz olmaları ve zorluk yaşamaları, elde edilen bu görüş ile paralellik göstermektedir.

Yarı yapılandırılmış görüşme formunun uygulanması ile elde edilen kodlardan bir kısmı da “Zorluklar” teması altında Tablo 30’da sunulmuştur. Tabloya göre yaşanan zorluklar; problemi anlama, model oluşturma, matematik kullanma, sonucu açıklama, grupta çalışma ve zaman yönetimi şeklindedir. Burada kodların sırası frekans çokluğuna göre değil, matematiksel modelleme sürecinin aşamalarına göre verilmiştir.

Tablo 30

“Zorluklar” Temasına Ait Kodlar ve Alıntılar

Kodlar	Frekans	Katılımcılar	Alıntılar
Problemi anlama	5	K3, K7, K9, K11, K12	“Problemi anlamada biraz zorlandım. Çünkü daha önce gördüğümüz problemlere benzemiyordu ve verilen

			bilgilerde neyin önemli neyin önemsiz olduğunu anlamak için birkaç defa okudum.” (K7)
Model oluşturma	8	K1, K2, K3, K4, K7, K8, K9, K15	“Varsayımlar üzerinde uygun modeller oluşturmada zorlandım. Çünkü bu kadar uzun bir soruda hangi bilgilerden nasıl bir çözüm şekli geliştirmem gerektiğini bulmak benim için zordu.” (K8)
Matematik kullanma	4	K2, K3, K5, K9	“Varsayılan veriler üzerinden matematik kullanarak bir model geliştirmede zorlandım. Çünkü düşündüğüm şeyi bulmak için hangi işlemler yapmam gerektiğini bulmakta ve bazen de işlemleri yapmakta zorlanıyorum.” (K2)
Sonucu açıklama	1	K14	“Modeli doğrulamada zorlandım. Normalde problem çözerken böyle bir şey yapmıyorduk. Doğrulamayı cevap anahtarına bakarak yapıyorduk. Yani alışık olmadığım için zorlandım.” (K14)
Grupla çalışma	6	K1, K2, K5, K10, K11, K13	“Ortak karar vermek zor olduğu için de grupla çalışmada bazen zorlandım.” (K11)
Zaman yönetimi	6	K3, K7, K9, K10, K11, K13	“Zaman yönetiminde zorlandım. Daha iyi olabilirdik ama hem problemler uzun olduğu için hem de grupla çalışırken farklı düşünceler olduğu için fazla zamana ihtiyacımız oluyordu.” (K13)

Tablo 30’a göre öğrenciler matematiksel modelleme sürecinin tüm aşamalarında zorlanmışlardır. Elde edilen verilere göre en çok model oluşturma aşamasında zorlanmışlardır. Bu bulguların temelde geleneksel (ezberci) eğitimin yansımalarının devam etmesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Model oluşturmadan sonra en çok zorlanılanlar ise grupla çalışma ve zaman yönetimidir. Öğrencileri grupla çalışmada ortak karar verebilmede zorluk yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Bu zorluk, 21. yüzyıl becerilerinden olan iletişim, işbirliği, esneklik, uyum, sorumluluk gibi becerilerin (Partnership for 21st Century Skills, 2009) eksikliğinden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca öğrenciler genellikle bireysel olarak çalıştıkları ve bireysel olarak problem çözdüklerinden bu becerilerin gelişmemiş olmasının beklenen bir durum olduğu söylenebilir. Dolayısıyla elde edilen bu bulgu, araştırmada yer alan grupların STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin ilk ve son uygulamalarında “21. Yüzyıl Becerileri” alt boyutunda aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaması ile paralellik göstermektedir. Öğrencilerin görüşleri doğrultusunda, zaman yönetiminde yaşanan zorluğun da grupla çalışmada yaşanan zorluklardan kaynaklandığı söylenebilir.

Problemi anlama ve matematik kullanma ile ilgili görüşlere bakıldığında ise, bu zorlukların temelde geleneksel (ezberci) eğitimin çıktılarını yansıttığı anlaşılmaktadır. Sonucu açıklama aşamasında yaşanan zorluk ile ilgili öğrenci görüşünde, cevap anahtarına bakarak kontrolü gerçekleştirmeye alışık olduğu ifade edilmektedir. Bu bulgu, “İstenen Özellikler” temasında yer alan cevap anahtarının olması kodunu da yeniden yansıtmaktadır. Dolayısıyla öğrencilerin test çözmeye ve sonucu cevap anahtarından kontrol etmeye alışkın olmalarının, matematiksel modelleme sürecinin sonucu açıklama aşamasını gerçekleştirmede zorlanmalarına neden olduğu söylenebilir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilk ikisinde bu aşamayı gerçekleştirmede yetersiz olmaları ve zorluk yaşamaları, elde dilen bu görüş ile paralellik göstermektedir.

Son olarak, yarı yapılandırılmış görüşme formunun uygulanması ile elde edilen kodlardan bir kısmı da “Kullanışlılık” ve teması altında Tablo 31’de sunulmuştur. Tablodan anlaşıldığı üzere, bazı kodlar günlük hayatta kullanışlılık, bazı kodlar ise disiplinler arası kullanışlılık olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır. Günlük hayatta kullanışlılık kategorisindeki kodlar; çevre sorunlarını çözme, bilimsel araştırmalar, doğru karar verme ve ev eşyalarını verimli kullanma şeklindedir. Disiplinler arası kullanışlılık kategorisindeki kodlar; fen, teknoloji-tasarım ve sosyal bilgiler şeklindedir.

Tablo 31

“Kullanışlılık” Temasına Ait Kategoriler, Kodlar ve Alıntılar

Kategoriler	Kodlar	Frekans	Katılımcılar	Alıntılar
Günlük Hayat	Çevre sorunlarını çözme	5	K1, K5, K6, K9, K10	“Aslında matematiğin günlük hayatta kullanıldığını biliyordum ama neden kullanışlı olduğunu ve neden önemli olduğunu daha iyi anladım. Örnek olarak çevre sorunları konusundaki problemlerde bazı matematiksel bilgiler çok önemliydi.” (K1)
	Bilimsel araştırmalar	3	K2, K7, K11	“Matematiği günlük hayatta daha çok kullandım. Etkinliklerde kullanırken de bilimsel bilgiler bulmak için gerçekten çok kullanışlı olduğunu daha iyi anladım.” (K11)
	Doğru karar verme	3	K4, K8, K13	“Birçok sorunu çözmeye veya neyin daha uygun olduğunu bulmada matematiği

				kullanabiliriz.” (K8)
	Ev eşyalarını verimli kullanma	2	K5, K9	“Örneğin evdeki beyaz eşyaların kullanımları, enerjileri, bunlarla ilgili nelere dikkat etmemiz gerektiğini öğrendim.” (K5)
Disiplinler Arası	Fen	5	K5, K6, K10, K11, K13	“Özellikle fen dersinde bazı konuların matematikle daha iyi öğrenilebileceğini gördüm.” (K10) “Matematik ve fen derslerinin birbiriyle bu kadar çok kullanıldığını bilmiyordum. Beynim genişledi sanki, bilim insanı gibi hissettim.” (K13)
	Teknoloji ve Tasarım	3	K1, K5, K11	“... başka derslerde de matematiğin ne kadar çok olduğunu daha iyi anladım. En çok da fen dersi ve teknoloji-tasarım dersinde çok kullanışlı olduğunu düşünüyorum.” (K5)
	Sosyal Bilgiler	1	K1	“Matematiğin fen dersinde de kullanıldığını biliyordum. Ama gördüğümüz problemlerde sosyal bilgiler, teknoloji-tasarım gibi derslerde de matematiğin düşündüğümde daha çok kullanılabildiğini fark ettim.” (K1)

Tablo 31’e göre, öğrenciler matematiğin günlük yaşamda kullanışlılığı ve disiplinler arası kullanışlılığı ile ilgili açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu kapsamda yarı yapılandırılmış görüşme formunun uygulanması için yapılan görüşmelerde ifade edilen görüşler doğrultusunda, öğrencilerin matematiksel modellemenin STEM’e geçişte disiplinler arası bir araç olarak kullanılabildiğini fark ettikleri gözlemlenmiştir. Matematiğin kullanışlılığına yönelik kodlar ve alıntılar da bu durumu yansıtmaktadır. Ayrıca bu bulgu, STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği’nin son uygulamasında Matematik alt boyutunda Deney 1 grubu ile Kontrol grubunun puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmasını destekler niteliktedir. STEM Motivasyon Ölçeği’nin Matematik alt boyutunda tüm grupların aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunması da ifade edilen görüşlerle paralellik göstermektedir.

Araştırmanın 4. alt problemine yönelik elde edilen bulgularda öğrenci görüşleri matematiksel modellemenin disiplinler arası yönünü, günlük hayatta kullanışlılığını, faydalarını ve belirgin özelliklerini detaylı bir şekilde yansıtmaktadır. Bu bağlamda araştırmanın 4. alt problemine yönelik elde edilen nitel bulgular, araştırmanın nicel bulguları ile paralellik göstermektedir. Ayrıca

öğrencilerin matematiksel modellemenin sınırlılıkları, zorlandıkları süreçler ve istedikleri özelliklerle ilgili görüşlerinden elde edilen bulgular, matematiksel modelleme sürecinin aşamalarını gerçekleştirmedeki yeterlilikleri ile ilgili bulgulara da ışık tutmaktadır. Bu bağlamda elde edilen nitel bulguların da birbirini destekler şekilde olduğu söylenebilir.

Nicel ve nitel verilerin analizinden elde edilen bulgular; STEM eğitime geçişte disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımının öğrencilerin duyuşsal becerilerinin gelişmesine katkıda bulunduğunu göstermektedir. Uygulanan deneysel yöntemin STEM'e yönelik tutumun Matematik alt boyutunda alınan puanlar üzerinde, STEM motivasyonunun ise Bilim, Mühendislik ve Matematik alt boyutlarında alınan puanlar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde bir etkisinin olduğu görülmüştür. Öğrencilerin süreci gerçekleştirmedeki yeterlilikleri ve sürece yönelik görüşleri de elde edilen nicel bulguları desteklemektedir. Bu bağlamda elde edilen nicel ve nitel verilerden elde edilen bulguların paralellik gösterdiği söylenebilir.

Bölüm 5

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu bölümde, yapılan araştırmada elde edilen bulgulardan yola çıkarak sonuçlar tartışılmış ve öneriler sunulmuştur. Bu çalışmanın yöntemi nicel ağırlıklı iç içe karma desen olduğundan, birincil veri seti olan nicel verilerden elde edilen bulgulara odaklanılarak sonuçlar tartışılmıştır.

STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin ilk uygulamasında grupların (Deney 1, Deney 2, Kontrol) puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Bu nedenle uygulamalardan önce farklı grupların STEM'e yönelik tutumlarının anlamlı düzeyde bir farklılık göstermediği söylenebilir. STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği verilerinin analizinden elde edilen bulgulara göre; son durumda Deney 1 ve Deney 2 gruplarının toplam tutum puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Buradan da STEM'e geçişte matematiksel modelleme kullanımının, sadece STEM'in uygulanması durumuna göre STEM'e yönelik tutumu istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda Deney 1 ve Deney 2 gruplarının puanları, Kontrol grubunun puanları ile karşılaştırılarak bu sonuca yönelik daha detaylı yorumların yapılabilmesi ve uygulanan deneysel yöntemlerin STEM'e yönelik tutuma etkilerinin daha net ortaya koyulması sağlanmıştır.

STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği verilerinin analizinden elde edilen bulgulara göre; son durumda Deney 2 ile Kontrol gruplarının toplam tutum puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Buradan da STEM'in uygulanması durumuna göre mevcut yöntemin uygulanmasının STEM'e yönelik tutumu istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Doğan (2019) tarafından yapılan ve 7. sınıf öğrencileri ile 5E tabanlı STEM etkinliklerinin uygulandığı bir çalışmada ise, STEM Tutum Ölçeği ve ölçeğin *Müdümlilik* alt boyutu son test puanları arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, bu çalışmanın sonucu ile çelişmektedir. Bu çelişki uygulanan etkinliklerin, uygulama süresinin, öğrencilerin başlangıçtaki bilişsel ve duyuşsal özelliklerinin veya öğrencilerin demografik özelliklerinin

farklılığından kaynaklanıyor olabilir. Matematiksel modelleme uygulamaları açısından bakıldığında, bu çalışmada Deney 1 ile Deney 2 gruplarının son tutum puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamasının bir nedeni; birçok ülkede modellemenin matematik öğretim programına dahil edilmesi (Bukova Güzel & Uğurel, 2010) ve ülkemizde de bu yönde program değişikliklerinin yapılması olabilir. Yani anlamlı bir farklılık görülmemesinin bir nedeni, zaten mevcut programda matematiksel modellemeye yer verilmesi olabilir. Başka bir açıdan bakıldığında ise, tutumu geliştirmek için daha uzun bir süre gerekiyor olabilir (Şahin, 2016). Yani STEM'e yönelik tutumun istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değişmesi için daha fazla etkinlik ve daha uzun bir zamana yayılmış olan bir sürecin uygulanması daha etkili sonuçlar verebilir. Bu nedenle STEM'e geçişte disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımını çeşitli bilişsel ve duyuşsal değişkenler açısından inceleyen ve daha uzun süreli uygulamalar içeren farklı araştırmaların yapılması önerilebilir.

STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği verilerinin analizinden elde edilen bulgulara göre; son durumda Deney 1 ve Kontrol gruplarının toplam tutum puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgudan hareketle STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği'nin alt boyutlarına göre puanların analizi yapıldığında, Deney 1 ve Kontrol gruplarında yer alan öğrencilerin tutum ölçeğinin *Matematik* alt boyutunda aldıkları puanlar arasında Deney 1 grubu lehine pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür. Bu farklılığa yönelik etki büyüklüğünün yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu da STEM'e geçişte matematiksel modelleme kullanımının, STEM'in M (Matematik) boyutuna yönelik tutuma olumlu yönde ve yüksek düzeyde etkisinin olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde elde edilen nitel bulgularda da öğrenciler matematiğin önemine ve kullanılabilirliğine yönelik olumlu görüşler ifade etmişlerdir. Dolayısıyla bu sonuç, Şahin ve Eraslan (2019) tarafından yapılan bir araştırmada ortaokul matematik öğretmeni adaylarının, matematiksel modelleme etkinliklerinin matematiğe karşı olumlu tutumun geliştirilmesine katkı sağlayabileceği yönündeki görüşleri ile paralellik göstermektedir.

STEM Motivasyon Ölçeği'nin ilk uygulamasında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Bu nedenle uygulamalardan önce farklı grupların STEM motivasyonlarının anlamlı düzeyde bir farklılık göstermediği söylenebilir. STEM Motivasyon Ölçeği'nin son uygulamasında ise, tüm grupların (Deney 1, Deney 2, Kontrol) aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu farklılıkların tüm gruplar için ölçeğin *Bilim* ve *Mühendislik* alt boyutlarında gerçekleştiği görülmüştür. Deney 1 ile Deney 2 ve Deney 1 ile Kontrol gruplarının *Matematik* alt boyutunda aldıkları son motivasyon puanları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu, Deney 1 ve Deney 2 gruplarının *Matematik* alt boyutunda aldıkları son motivasyon puanları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, MM+STEM uygulamasının sadece STEM uygulamasına göre STEM'in M (Matematik) boyutuna yönelik motivasyonu geliştirmede daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nitel bulgulara göre Deney 1 grubunda yer alan öğrenci gruplarının uygulama süreci ilerledikçe yeterliliklerinin artması ve matematiksel modelleme bağlamında matematiğe yönelik olumlu görüşler ifade etmeleri, elde edilen sonuçla paralellik göstermektedir. Bu bağlamda Deney 1 grubunda uygulanan etkinlikler ile matematiksel modellemenin psikolojik gerekçesinin (Blum & Niss, 1989; Blum, 1991) sağlandığı söylenebilir.

Elde edilen bulgular MM+STEM uygulamasının STEM'e yönelik motivasyonun *Matematik*, *Fen* ve *Mühendislik* alt boyutları üzerinde pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek düzeyde bir etkisinin olduğunu, *Teknoloji* alt boyutunda ise istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Nitel bulgulara da matematiksel modelleme uygulamasında teknolojinin daha çok kullanılmasının istendiği ifade edilmiştir. Diğer taraftan *Teknoloji* alt boyutunda alınan son motivasyon puanları, tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Elde edilen bulgulara göre gerçekleştirilen deneysel uygulamaların teknolojiyi kullanma bakımından yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda gerçekleştirilecek uygulamalarda, STEM okuryazarlığının bir bileşeni olan STEM motivasyonunu (Zollman, 2012) geliştirmede STEM'in T (Teknoloji) boyutuna daha fazla yer verilmesi gerektiği söylenebilir.

Grupların disiplinler arası matematiksel modelleme problemi çözme sürecinin aşamalarını gerçekleştirmede, ilk uygulamada tüm aşamalarda yeterli olmadıkları görülmüştür. Ancak uygulamalar arttıkça öğrencilerin süreçleri yeterli düzeyde gerçekleştirme durumunun da arttığı tespit edilmiştir. Örneğin, ilk uygulamalarda modeli açıklama aşamasında sadece işlemleri kontrol ederlerken, ilerleyen süreçte sonucu yorumlayarak gerçek hayattaki geçerliliğine daha çok değindikleri görülmüyor. İnan (2018) tarafından yapılan ve 7. sınıf öğrencileri ile matematiksel modelleme uygulamalarının yapıldığı bir araştırmada öğrencilerin gerçek yaşam durumuna göre varsayımlarda bulunmayı ve yorumlamayı gerçekleştirebildikleri; ancak öğrencilerin açıklama ve gerekçelendirmede yeterli olmadıkları, işlem yapma odaklı bir süreç gerçekleştirdikleri ve doğrulamayı sadece işlemleri kontrol ederek yaptıkları görülmüştür. Bu bağlamda öğrencilerin modeli doğrulama-açıklama aşamalarındaki eğilimleri benzerlik göstermektedir. Elde edilen sonuçlarla paralel şekilde Şeker (2019) tarafından yapılan ve 6. sınıf öğrencileri ile matematiksel modelleme problemlerinin uygulandığı bir araştırmada, öğrenciler daha önce benzer problemlerle karşılaşmadıkları için doğrulama ve yorumlama basamaklarında zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Yıldırım (2019) tarafından yapılan ve 6. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme becerilerinin incelendiği bir araştırmada da, öğrencilerin farklı matematiksel modeller oluşturabildikleri, ancak kabullerde bulunma ve modelin geçerliliğini test etmede yetersiz oldukları görülmüştür. Kalaycı (2017) tarafından yapılan bir tez çalışmasında ise 7. sınıf düzeyinde öğrenim gören, başarı düzeyi düşük ve başarı düzeyi yüksek olan iki grup ile çalışılmış ve her iki grubun da yorumlama ve doğrulamada zorlandıkları belirlenmiştir. Yine de Corrêa (2021) tarafından yapılan bir araştırma, öğrencilerin modelleme görevlerinin tam çözümlerine ulaşmadıklarında bile matematiksel yeterlilik geliştirdiklerini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinin aşamalarını gerçekleştirmede yeterliliklerinin son aşamalarda azaldığı ve uygulamalar yapıldıkça tüm aşamalarda yeterliliklerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda daha önce yapılmış olan araştırmaların sonuçları ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar paralellik göstermektedir.

Öğrencilerin disiplinler arası matematiksel modelleme problemi çözme sürecinin aşamalarını gerçekleştirmedeki yeterlilikleri ile ilgili bir diğer sonuç, bir aşamayı yeterli düzeyde gerçekleştirenlerin önceki aşamaları da yeterli düzeyde gerçekleştirebilmiş olmalarıdır. Gök ve Demir (2021) tarafından matematik öğretmenleri ile yapılan bir araştırmada da modellemenin ilk basamağında yaşanan bir sorunun diğer basamakları da olumsuz etkilediği ifade edilmiştir. Aynı araştırmada, ilk basamaklarda yaşanacak tıkanıklıkların sonraki basamakları olumsuz etkileyeceğini ifade eden farklı araştırmaların (Örn: Deniz & Akgün, 2018; Hıdıroğlu vd., 2014) bu sonucu desteklediği belirtilmiştir. Baran Bulut ve Erkan (2020) tarafından 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelendiği bir araştırmada da, öğrencilerin problemi anlamada sorun yaşamaları nedeniyle geçerli bir model oluşturmada yetersiz oldukları, matematiksel dünya ile gerçek dünya arasında yeterince bağlantı kuramamaları nedeniyle optimizasyon (modelin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi) aşamasına geçemedikleri görülmüştür. Bu bağlamda elde edilen sonuç, daha önce yapılan araştırmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Öğrencilerin disiplinler arası matematiksel modelleme problemi çözme sürecinde yetersiz ve kısmen yeterli oldukları aşamalara ilişkin altta yatan nedenlerin ortaya çıkarılması bakımından zorlandıkları süreçlerle ilgili elde edilen sonuçlar önemli görülmektedir. Öğrenci görüşlerine göre en çok zorlanılan durumlar sırasıyla; model oluşturma, grupta çalışma ve zaman yönetimi, problemi anlama, matematik kullanma, sonucu açıklama şeklindedir. Öğrenciler tarafından model oluşturmada zorlanmanın nedeni soruların uzun olması ve bu nedenle nasıl bir model oluşturmak gerektiğine karar verememek şeklinde açıklanmıştır. Grupla çalışmada yaşanan zorlanmanın nedeni, ortak karar verme ve dolayısıyla iletişimde yaşanan problemler olarak açıklanmıştır. Zaman yönetiminde yaşanan zorlanmanın nedeni, soruların uzun olması ve grupla çalışmada ortak karar almanın uzun sürmesi olarak açıklanmıştır. Problemi anlamada yaşanan zorlanmanın nedeni, matematiksel modellemenin daha önce karşılaştıkları problemlerden farklı olması ve problemin içinde verilen birçok bilgiden önemli olanları belirleyememek şeklinde açıklanmıştır. Matematik kullanmada yaşanan zorlanmanın nedeni, yapılacak işlemi belirlemede ve işlemleri gerçekleştirmede gerekli olan matematik bilgisindeki

eksiklikler olarak açıklanmıştır. Sonucu açıklamada yaşanan zorlanmanın nedeni, doğruluğu farklı bir kaynaktan kontrol etmeye alışılmış olması şeklinde açıklanmıştır. Bu açıklama, Gök ve Demir (2021) tarafından yapılan bir araştırmada, bir matematik öğretmeni tarafından başka kaynaklardan doğrulanabilecek nitelikte olsaydı doğrulama basamağının kendisi için daha kolay olacağı yönündeki görüşü ile paralellik göstermektedir. Aynı araştırmada, matematiksel modellemenin öğrenci açısından zorlukları; onay alma isteği, bireysel çözme isteği, uygun model bulamama, ezberciliğe alışıldığı için sürece uyum sağlayamama ve sadece sonuca odaklanarak çözümü kontrol etmeme olarak ifade edilmiştir ve bunların geleneksel yaklaşımın bir yansıması olabileceği belirtilmiştir. Özgen ve Şeker (2021) tarafından yapılan çalışmada da 6. sınıf öğrencileri, doğrulama ve yorumlama aşamalarında zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Baştürk (2021) tarafından yapılan çalışmada ise 6. sınıf öğrencilerinin cebirsel problemleri matematiksel modelleme kullanarak çözmede en çok denklem kurma aşamasında güçlük çektikleri, ayrıca; verilenle istenen arasında bağ kurmada, varsayımda bulunmada ve buldukları sonuçları genellemede de zorlandıkları görülmüştür. Aynı çalışmada öğrencilerin matematiksel model oluşturabilme ve matematiksel modeli kullanarak sonuca ulaşma becerilerinin yeterli olmadığı, ayrıca; model oluştururken ve çözerken hatalar yaptıkları belirlenmiştir. Baran Bulut ve Erkan (2020) tarafından 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelendiği bir araştırmada ise, öğrencilerin problemi anlamada sorun yaşamaları nedeniyle geçerli bir model oluşturmada yetersiz oldukları, matematiksel dünya ile gerçek dünya arasında yeterince bağlantı kuramamaları nedeniyle optimizasyon (modelin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi) aşamasına geçemedikleri görülmüştür. Tutkun ve Didiş-Kabar (2018) tarafından yapılan bir araştırmada da 7. sınıf düzeyindeki öğrencilerle matematiksel modelleme uygulamaları gerçekleştirilmiş ve sonuçta; öğrencilerin sonuç odaklı oldukları ve istenilen çözüme ulaştıktan sonra gerçek yaşama göre yorumlama ve sonuçların doğruluğunu kontrol etme süreçlerini gerçekleştirmedikleri görülmüştür. Bu durumun da modelleme problemlerinin süreci tam olarak gerçekleştirmede tek başına yeterli olmadığını ve bu noktada öğretmenin rolünün önemli olduğunu gösterdiği ifade edilmektedir. Literatür incelendiğinde öğrencilerin çözüm sürecinde zorlandıkları aşamalarla ilgili elde

edilen sonuçlar, daha önce yapılan araştırmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Öğrencilerin matematiksel modelleme sürecini; faydaları olan, sınırlılıkları olan ve diğer problemlerden ayrışmasını sağlayan belirgin özellikleri olan problemler olarak değerlendirmişlerdir. Öğrenciler tarafından disiplinler arası matematiksel modellemenin belirgin özellikleri; işlem, çok aşama, yorumlama, model oluşturma, bilimsel sonuç bulma, sunma, tahmin, günlük hayat, matematiğin önemi, kontrol-doğrulama, farklı cevaplar, uzun soru, grup çalışması, uzun süre ve zor sorular olarak ifade edilmiştir. Matematiksel modellemenin faydaları; matematik bilgisi, problem çözme, LGS, eğlence, akran öğrenmesi, tahmin, günlük hayat, matematiğin önemi, diğer derslerle ilişkili olması, kontrol-doğrulama, farklı cevaplar, uzun sorular ve grup çalışması olarak ifade edilmiştir. Matematiksel modellemenin sınırlılıkları ise; yardım-ipucu yok, varsayım, uzun soru, grup çalışması, uzun süre ve zor sorular olarak ifade edilmiştir.

Öğrenciler tarafından disiplinler arası matematiksel modelleme problemlerinin belirgin özelliklerden çoğu faydalı olarak görülürken, uzun süreli ve zor problemler olmaları bir sınırlılık olarak nitelendirilmiştir. Yapılan farklı araştırmalarda da ortaokul matematik öğretmen adaylarının model oluşturma etkinliklerinin tarafından uzun zaman gerektirmesi olumsuz yön ve bir güçlük olarak değerlendirilmiştir (İncikabı & Biber, 2020; Şahin & Eraslan, 2019). Öğrencilerin uzun süreli zor soruları sınırlılık olarak görmeleri bu tarz problemlere alışık olmamalarından ve bu tarz problemleri çözerken zorlanmalarından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca soruların uzun olması ve grup çalışmaları ile sürecin gerçekleşmesi öğrenciler tarafından hem fayda hem de sınırlılık olarak değerlendirilmiştir. Burada uzun soruları çözmeye alışmak, olumlu bir durum olarak ele alınmıştır. Bunun bir fayda olarak değerlendirilmesinde, LGS sınavında sorulan soruların da uzun olmasının payı olabileceği söylenebilir.

Öğrenciler tarafından grup çalışmaları; ortak karar vermenin zorlu bir süreç olması bakımından bir sınırlılık, birbirinin eksiklerini kapatarak ve birbirinden öğrenerek işbirliği içinde problem çözmeyi sağladığı için bir fayda

olarak görülmüştür. Kal (2013) tarafından 6. sınıf öğrencileri ile model oluşturma etkinliklerinin uygulandığı bir araştırmada da akran öğreniminin aktif olduğu görülmüştür. Erdem ve Gürbüz (2018) tarafından 7. sınıf düzeyindeki öğrencilerle yapılan bir araştırmada ise matematiksel modelleme uygulamalarının akranlarla bilgi paylaşımı yapılmasını sağladığı ifade edilmiştir. Grupla çalışmanın işbirliği ve iletişimi geliştirdiğine işaret eden benzer araştırmalar (Ata, 2019; Büyükdıgüzel, 2019; Karakaş, 2020) olsa da; grupla çalışırken iletişimde ve farklı ön bilgiler nedeniyle ortak karar vermede zorluklar yaşandığını ifade eden araştırmalar da (Büyükdıgüzel, 2019; Chang, 2020; Karakaş, 2020; Stohlmann, 2017; Şahin & Eraslan, 2019) vardır. Bu araştırmada ise katılımcılar grupla çalışmayı hem fayda hem sınırlılık olarak ifade etmişlerdir. Dolayısıyla bu bağlamda elde edilen sonuç daha önce yapılan araştırmalarla paralellik göstermektedir.

Öğrenciler tarafından matematiksel modellemenin faydalı olarak nitelendirilen özelliklerine bakıldığında, “eğlenceli” ve “matematiğin öneminin anlaşılması” gibi ifadeler, matematiğe olan tutum ve motivasyona yönelik pozitif bir gelişmeyi işaret etmesi bakımından elde edilen nicel bulgularla paralellik göstermektedir. Nicel bulgularda da Deney 1 grubunun STEM’in M (Matematik) boyutuna yönelik tutum ve motivasyonu pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Bu bağlamda elde edilen sonuçların, nicel verilerden elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği söylenebilir. Çiltaş ve Zihar (2018) tarafından 8. sınıf öğrencileri ile matematiksel modelleme uygulamalarının gerçekleştirildiği bir araştırmada da, öğrenciler dersin daha eğlenceli geçtiğini, matematik dersini daha iyi anladıklarını ve matematiğin günlük yaşamla bu kadar ilgili olabileceğini düşünmediklerini ifade etmişlerdir. Özgen ve Şeker (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, 6. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen matematiksel modelleme uygulamaları sonrasında da öğrenciler matematiksel problemlerin eğlenceli olduğunu ifade etmişlerdir. Şahin ve Eraslan (2019) tarafından yapılan bir araştırmada da ortaokul matematik öğretmeni adayları matematiksel modelleme etkinliklerinin olumlu yönleri olarak; farklı disiplinlere bağlamsal yönden katkı sağlayarak öğrenmeyi kolaylaştırabildiği, sosyal ve duyuşsal becerilerin gelişmesine katkı sağladığı ve matematiğin gerçek hayattaki öneminin anlaşılmasını sağladığı ifade edilmiştir. İncikabı ve Biber

(2020) tarafından yapılan bir araştırmada ise ortaokul öğretmen adayları model oluşturma etkinliklerinin faydalarını; duyuşsal gelişime katkı, bilişsel becerilere katkı, pedagojik fırsatlar ve gerçek yaşama hazırlık sağlama olarak ifade etmişlerdir. Gök ve Demir (2021) tarafından yapılan bir araştırmada da öğretmenler günlük yaşam problemlerinde matematiksel modelleme kullanılmasının faydalarını; matematiksel ilişkilerin fark edilmesi, farklı disiplinler arasında bağ kurulması, matematiksel süreç becerilerinin harekete geçirilmesi ve duyuşsal becerilerin geliştirilmesi olarak ifade etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan araştırmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Yapılan araştırmada nicel boyutta Deney 1 ile gerçekleştirilen sürecin STEM'e yönelik tutumun M boyutu üzerinde etkili olduğu görölmektedir. STEM'e yönelik motivasyon, tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermektedir. Nitel boyutta ise grupların her uygulama sonrasında bir önceki probleme göre aşamaları gerçekleştirmede daha yeterli hale geldiği görölmüştür. Ayrıca öğrenciler matematiksel modelleme probleminin günlük yaşama yakınlığına, gerçek sorunları çözdüğüne, bu nedenle önemli olduğuna ve eğlenceli bir süreç olduğuna değinmişlerdir. Güder (2019) tarafından 7. sınıf öğrencileri ile yapılan disiplinler arası model oluşturma etkinliklerinin uygulandığı araştırmada da öğrenciler, disiplinler arası model oluşturma etkinliklerinin; disiplinler arası ilişkilendirme becerisini, özgüveni, disiplinlere olan tutumu ve özellikle matematiğe olan tutumu olumlu yönde etkilediğini ifade etmiştir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar paralellik göstermektedir. Di Martino (2019) tarafından yapılan bir araştırmada bir yandan matematiksel modellemenin, matematiğin faydasına-somutluğuna ilişkin inancın artmasına ve matematiğe yönelik motivasyonun gelişmesine katkı sağlayabildiği; öte yandan matematiğe karşı olumlu bir tutumun olmasının, öğrencilerin matematiksel modelleme problemlerine yaklaşım biçimlerini etkileyebildiği ifade edilmiştir. Benzer şekilde bu araştırmada elde edilen sonuçlarda da öğrencilerin matematiksel modelleme problemi çözmeye uygulamalar ilerledikçe yeterli hale gelmeleri ve matematiksel modelleme problemlerine yönelik görüşleri ile tutum ve motivasyonda tespit edilen farklılıklar birbiriyle örtüşmektedir. Elde edilen bulgulardan yola çıkarak, STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme

kullanımının STEM'in özellikle M (Matematik) boyutuna yönelik duyuşsal becerilerin (tutum, motivasyon) olumlu yönde gelişmesine katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Öneriler

Araştırmada elde edilen sonuçlara göre sunulan öneriler şu şekildedir:

- STEM'e geçişte disiplinler arası matematiksel modelleme kullanımının farklı değişkenler yönünden etkilerini ortaya çıkarabilecek farklı araştırmalar yapılabilir.

- STEM eğitimlerinde özel olarak matematiksel modelleme ile ilgili çalışmalara da yer verilebilir.

- Matematiksel modelleme eğitimi ve STEM eğitimi, eğitim fakültelerinde tüm öğretmen adayları için zorunlu dersler kapsamına alınabilir.

- Matematiksel modelleme problemlerinde karşılaşılan güçlüklerin giderilmesine yönelik araştırmalar yapılabilir.

Kaynaklar

- Abrams, J. P. (2001). Mathematical modelling: Teaching the open-ended application of mathematics. (eds. A. A. Cuoco and F. R. Curcio), *The teaching mathematical modelling and the of representation, 2001 Yearbook* (pp. 1-36). National Council of Teachers of Mathematics (NCTM).
- Acar, D., Tertemiz, N. ve Taşdemir, A. (2019). STEM eğitimi ile öğrenim gören öğrencilerin matematik ve fen bilimleri problem çözme becerileri ve başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3 (2), 12-23.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu*. İstanbul: Scala Basım.
- Almalki, M. (2018). The effect of STEM approaches in teaching sciences in research ISEF standards at elementary students. *International Journal of Educational and Psychological Studies*, 4(1), 113-135.
- Altun, M. (2006). Matematik öğretiminde gelişmeler. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(2), 223-238.
- Anderman, E. M. & Maehr, M. L. (1994). Motivation and schooling in the middle grades. *Review of Educational Research*, 64(2), 287-309.
- Ärleback, J. B. & Albarracín, L. (2019). The use and potential of Fermi problems in the STEM disciplines to support the development of twenty-first century competencies. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM)*, 51(6), 979-990.
- Ata, A. (2019). *Matematiksel modellemeye dayalı bir öğretim deneyinde sekizinci sınıf öğrencilerinin matematiksel iletişim becerilerinin, matematik okuryazarlıklarının ve duyuşsal özelliklerinin incelenmesi*. Anadolu Üniversitesi: Doktora tezi.
- Aydın, E. ve Derin, G. (2018). STEM ve matematik eğitimi. (ed. K. A. Kırkıç ve E. Aydın), *Merhaba STEM yenilikçi bir öğretim yaklaşımı* (ss. 27-37). Konya: Eğitim Yayınevi.

- Bajuri, M. R., Maat, S. M. & Halim, L. (2018). Mathematical modeling from metacognitive perspective theory: A review on STEM integration practices. *Creative Education*, 9, 2203-2214.
- Baki, A. ve Gökçek, T. (2012). Karma yöntem araştırmalarına genel bir bakış. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(42), 1-21.
- Balçın, M. D., Çavuş, R. ve Topaloğlu, M. Y. (2018). Ortaokul öğrencilerinin FeTeMM'e yönelik tutumlarının ve FeTeMM alanlarındaki mesleklere yönelik ilgilerinin incelenmesi. *Asian Journal of Instruction*, 6(2), 40-62.
- Banks, F. & Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the secondary school: How teachers and schools can meet the challenge*. London: Routledge.
- Baran Bulut, D. ve Erkan, B. (2020). 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi: Geometrik şekillerde alan ölçme. *Turkish Studies-Educational Sciences*, 15(6), 3971-3988.
- Baştürk, V. (2021). *Altıncı sınıf öğrencilerinin cebirsel problemleri matematiksel modellemeyi kullanarak çözme becerilerinin incelenmesi*. Uludağ Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Bender, A. E. (1978). *An introduction to mathematical modelling*. New York: Willey.
- Berry, J. & Davies, A. (1996). Written reports. (eds. C. R. Haines and S. Dunthorne), *Mathematics learning and assessment: Sharing innovative practices*. London: Arnold.
- Berry, J. & Houston, K. (1995). *Mathematical modelling*. Bristol: J. W. Arrowsmith Ltd.
- Bilgin, E. A. (2021). Developing a mobile application to improve the levels of statistical literacy among graduate students. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 9(4), 113-122.
- Blomhoj, M. & Jensen, H. T. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clasification and educational planning. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 22(3), 123-139.

- Blum, W. & Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1 (1), 45-58.
- Blum, W. & Niss, M. (1989). Mathematical problem solving, modelling, application, and links to other subjects – State, trends and issues in mathematics instruction. (eds. M. Niss, W. Blum and I. Huntley), *Modelling applications and applied problem solving* (pp. 1-19). England: Halsted Press.
- Blum, W. & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects – State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 37-68.
- Blum, W. (1991). Applications and modelling in mathematics teaching – A review of arguments and instructional aspects. (eds. M. Niss, W. Blum and I. Huntley), *Modelling applications* (pp. 10-29). Chichester: Ellis Horwood.
- Blum, W. (2002). ICMI study 14: Applications and modelling in mathematics education–Discussion document. *Educational Studies in Mathematics*, 51(1-2), 149-171.
- Bolat, Y. İ. (2020). *STEM temelli matematik etkinliklerinin problem çözme ve bilgi işlemsel düşünme becerisi ile STEM alanlarına olan ilgiye katkılarının araştırılması*. Atatürk Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modeling process. *The International Journal On Mathematics Education*, 38(2), 86-95.
- Bukova Güzel, E. (2019). *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Bukova Güzel, E. ve Uğurel, I. (2010). Matematik öğretmen adaylarının analiz dersi akademik başarıları ile matematiksel modelleme yaklaşımları arasındaki ilişki. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(1), 69-90.

- Büyükadıgüzel, Z. (2019). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin başarısına etkisinin ve öğrenci görüşlerinin incelenmesi*. Abant İzzet Baysal Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Büyüköztürk, Ş. (2007). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Ankara: Pegem A Yayıncılık
- Chamberlin, S. A. & Chamberlin, M. T. (2001). *On-time arrival*. Yayımlanmamış metin.
- Chamberlin, S. A. & Moon, S. (2005). Model-eliciting activities: An introduction to gifted education. *Journal of Secondary Gifted Education*, 17(1), 37-47.
- Chamberlin, S. A. & Moon, S. M. (2008). How does the problem based learning approach compare to the model-eliciting activity approach in mathematics? *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 9(3), 78-105.
- Chang, H. (2020). A discourse analysis of middle school students in mathematical modeling teaching and learning. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 23(1), 45-65.
- Cheng, K. A. (2001). Teaching mathematical modelling in Singapore schools. *The Mathematics Educator*, 6, 63-75.
- Christensen, L. B., Johnson, R. B. ve Turner, L. A. (2020). *Araştırma yöntemleri desen ve analiz*. (çev. Ahmet AYPAY). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Christensen, R., Knezek, G. & Tyler Wood, T. (2015). Alignment of hands-on STEM engagement activities with positive STEM dispositions in secondary school students. *Journal of Science Education and Technology*, 24(6), 898-909.
- Creswell, J. W. ve Plano-Clark, V. L. (2018). *Karma yöntem araştırmaları tasarımı ve yürütülmesi*. (çev. ed. Yüksel DEDE, Selçuk Beşir DEMİR). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Cintron-Arias, A., Nivens, R., Godbole, A. & Purvis, C. B. (2019). Mathematical modeling as a means to capacity building in 21st century STEM careers. *arXiv preprint arXiv:1907.12153*, 1-45.

- Cohen, J. (1988). The analysis of variance. *Lawrence Erlbaum Associates*. 274-87.
- Corrêa, P. D. (2021). The mathematical proficiency promoted by mathematical modelling. *Journal of Research in Science Mathematics and Technology Education*, 4(2), 107-131.
- Çavaş, P., Ayar, A., Bula Turuplu, S. ve Gürcan, G. (2020). Türkiye’de STEM eğitimi üzerine yapılan araştırmaların durumu üzerine bir çalışma. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 823-854.
- Çavuş-Erdem, Z. (2018). *Matematiksel modelleme etkinliklerine dayalı öğrenim sürecinin alan ölçme konusu bağlamında incelenmesi*. Adıyaman Üniversitesi: Doktora tezi.
- Çevik, M. (2020). *Ders planları kurgusunda öğretmen öğrenme yaklaşımlarıyla uygulamalı STEM eğitimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Çilek, E. (2019). Effect of gases in temperature change in the atmosphere: A STEM activity. *Journal of Inquiry Based Activities*, 9(2), 109-131.
- Çiltaş, A. ve Zihar, M. (2018). Matematiksel modelleme yöntemiyle 8. sınıf üslü ifadeler konusunun öğretime yönelik bir eylem araştırması. *e-Kafkas Journal of Educational Research*, 5(3), 46-63.
- Çorlu, M. S. ve Çallı, E. (2017). *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi*. İstanbul: Pusula Yayıncılık.
- Deniz, D. ve Akgün, L. (2018). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi. *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 12(24), 294-312.
- Deniz, D. ve Yıldırım, B. (2018). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(18), 87-93.
- Deniz, D. (2014). *Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme yöntemine uygun etkinlik oluşturabilme ve uygulayabilme yeterlikleri*. Atatürk Üniversitesi: Doktora tezi.

- Deniz, Ş. (2020). *Ortaokul öğrencilerinin model oluşturma etkinlikleri (MOE) aracılığıyla STEM eğitiminde matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi*. Mersin Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Derin, G. (2017). *Ortaöğretim matematik programına STEM entegrasyonu: Bir ders örneği*. Marmara Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Di Martino, P. (2019). The complex relationship between mathematical modeling and attitude towards mathematics. *Affect in mathematical modeling* (pp. 219-234). Springer, Cham.
- Doerr, H. M. (1997). Experiment, simulation and analysis: an integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal of Science Education*, 19, 265-282.
- Doğan, İ. (2019). *STEM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine, fen ve STEM tutumlarına ve elektrik enerjisi ünitesindeki başarılarına etkisi*. Balıkesir Üniversitesi: Doktora tezi.
- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z. ve Şahin, S., (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak matematiksel modelleme. (Ed. R. Gürbüz ve M. F. Doğan), *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı*. (ss. 43-56). Ankara: Pegem Akademi
- Doruk, B. K. ve Umay, A. (2011). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 124-135.
- Dönmez, İ. (2020). STEM motivasyon ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 486-510.
- Dugger, E. W. (2010). Evolution of STEM in the United States. *6th Biennial International Conference on Technology Education Research*, Australia. [Çevrimiçi: <http://www.iteea.org>] Erişim tarihi:15.03.2021
- Elliot, A. J. & Covington, M. V. (2001). Approach and avoidance motivation. *Educational Psychology Review*, 13(2), 73–92.

- 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.
- English, L. D. (2008). Mathematical modeling: linking mathematics, science and arts in the primary curriculum. *Second International Symposium on Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences (MACAS2)*, 29 - 31 May 2007, Odense, Denmark.
- English, L. D. & Watters, J. J. (2005). Mathematical modeling in third-grade classrooms. *Mathematics Education Research Journal*, 16, 59-80.
- English, L. D. & Mousoulides, N. G. (2015). Bridging STEM in a real-world problem. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 20(9), 532-539.
- Eraslan, A. (2011). Bir Matematiksel modelleme etkinliği: Büyük ayak problemi. *Eğitimci - Öğretmen Dergisi*, 6(1), 25–27.
- 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.
- Erdem, Z. Ç. ve Gürbüz, R. (2018). Matematik modelleme etkinliklerine dayalı öğrenme ortamında yedinci sınıf öğrencilerinin alan ölçme bilgi ve becerilerinin incelenmesi. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8(2), 86-115.
- Ergin, İ. (2006). *Fizik eğitiminde 5E modelinin öğrencilerin akademik başarısına, tutumuna ve hatırlama düzeyine etkisine bir örnek: "iki boyutta atış hareketi"*. Gazi Üniversitesi: Doktora tezi.
- Eric C. C. M. (2008). Using model-eliciting activities for primary mathematics classroom. *The Mathematics Educator*. 11(1/2), 47-66.
- Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin stem temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar*, 4(3), 43-67.
- Fox, J. (2006). A justification for mathematical modelling experiences in the preparatory classroom. (eds. P. Grootenboer, P. Zevenbergen and M.

- Chinnappan). *Proceedings 29th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia 1*, 21-228.
- Freudenthal, H. (1968). Why to teach mathematics as to be useful? *Educational Studies in Mathematics*, 1 (1), 3- 8.
- Fulton, E. A. W. (2017). *The mathematics in mathematical modeling*. Montana State University: Doctoral dissertation.
- Furner, J. & Kumar, D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology*, 3(3), 185-189.
- Galbraith, P. & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM)*. 38(2), 143-162.
- Gök, M. & Demir, N. (2021). The opinions of mathematics teachers about using mathematical modeling in the solution of daily life problems and an application of the Chinese remainder theorem. *Education Quarterly Reviews*, 4(3), 100-116.
- Gravemeijer, K. & Doorman, M. (1999). Context problems in realistic mathematics education: a calculus course as an example. *Educational Studies In Mathematics*, 39, 111-129.
- Gravemeijer, K. (2002). Preamble: From models to modelling. (eds. K. Gravemeijer, R. Lesrer, B. Oers, and L. Verschaffel). *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp. 7-22). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Groshong, K. A. (2018). *Defining mathematical modeling for K-12 education*. The Ohio State University: Doctoral dissertation
- Guba, E. G. & Lincoln, Y. S. (1982). Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry. *Educational Communication and Technology Journal*, 30 (4), 233-252

- Güder, Y. ve Gürbüz, R. (2017). Disiplinler arası modelleme problemi yoluyla kavram öğretimi: Enerji tasarrufu problemi. *Elementary Education Online*, 16(3), 1101-1119.
- Güder, Y. ve Gürbüz, R. (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak disiplinler arası matematiksel modelleme oluşturma etkinlikleri: Öğretmen ve öğrenci görüşleri. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, Cilt: 8 Sayı: Özel Sayı, 170-198.
- Güder, Y. (2019). *Matematiksel modelleme yoluyla disiplinler arası geçiş*. Adıyaman Üniversitesi: Doktora tezi.
- Gülhan, F. ve Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *International Journal of Human Sciences*, 13(1), 602-620.
- Günbatar, M. S. ve Bakırcı, H. (2019). STEM teaching intention and computational thinking skills of pre-service teachers. *Education and Information Technologies*. 1615-1629.
- Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z., Şahin, S., Temurtaş, A., Doğan, C., Doğan, M., Çalık, M. ve Çelik, D. (2018). Bir disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliğinden yansımalar. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8, 1-22.
- Gürbüz, R. ve Doğan, M. F. (2019). *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bir bakış: Bir STEM yaklaşımı*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Hallström, J. & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 22.
- Hamilton, E., Lesh, R., Lester, F. & Brilleslyper, M. (2008). Model-eliciting activities (meas) as a bridge between engineering education research and mathematics education research. *Advances in Engineering Education*, 1(2), 1-25.

- Harrison, G. A. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education* (31), 401-435.
- Herdem, K. ve Ünal, İ . (2018). STEM eğitimi üzerine yapılan çalışmaların analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Marmara University Atatürk Education Faculty Journal of Educational Sciences*, 48 (48).
- Hıdıroğlu, Ç. N. (2012). *Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analiz edilmesi: Yaklaşım ve düşünme süreçleri üzerine bir açıklama*. Dokuz Eylül Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Hıdıroğlu, Ç. N., Tekin Dede, A., Kula, S. ve Bukova Güzel, E. (2014). Matematiksel modelleme süreci çerçevesinde öğrencilerin kuyruklu yıldız problemine ilişkin çözümleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(31), 1-17.
- Işık, A., Çiltaş, A. ve Bekdemir, M. (2008). Matematik eğitiminin gerekliliği ve önemi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (17), 174-184.
- İnan, M. (2018). *7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- İncikabı, S. ve Biber, A. Ç. (2020). Ortaokul matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme farkındalıklarının araştırılması. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi (TAY Journal)*, 4(1), 55-72.
- Kaiser, G. & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM)*, 38(3), 302-310.
- Kal, F. M. (2013). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin problemi çözme tutumlarına etkisi*. Kocaeli Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Kalaycı, Ö. (2017). *Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin bilişsel ve üst bilişsel matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi*. Bartın Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.

- Kal, F. M. (2013). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin matematik problemi çözme tutumlarına etkisi*. Kocaeli Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Kalaycı, Ş. (2008). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Kaniawati, D., Kaniawati, I. & Rahma Suwarma, I. (2017). Implementation of stem education in learning cycle 5e to improve concept understanding on direct current concept. *Proceedings of the 2016 international conference on mathematics and science education*.
- Kapur, J. N. (1982). The art of teaching the art of mathematical modeling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 13 (2), 185-192.
- Karahan, E. ve Bozkurt, G. (2017). STEM eğitiminde matematik odaklı gerçek dünya problemleri ve matematiksel modelleme. (ed. S. Çepni). *Kuramdan uygulamaya stem+a+e eğitimi* (s. 347-360). Ankara: Pegem Akademi.
- Karakaş, Ş. (2020). *Kırsal kesimde öğrenim gören 8. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Kartal, O., Dünya, A.B., Diefes-Dux, A.H. & Zawojewski, S.J. (2016). The relationship between students' performance on conventional standardized mathematics assessments and complex mathematical modeling problems. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 2(1), 239-252.
- Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi*. Marmara Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Kertil, M. ve Gurel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 44-55.

- Kılıç, S. (2014). Etki büyüklüğü. *Journal of Mood Disorders*, 4(1), 44-6.
- Kırkıç, K. A., Derin, G. ve Aydın, E. (2018). Yenilikçi bir öğretim yaklaşımı olarak STEM. (ed. K. A. Kırkıç, E. Aydın), *Merhaba STEM yenilikçi bir öğretim yaklaşımı* (13-17. ss.). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Knezek, G., Christensen, R., Tyler-Wood, T. & Periathiruvadi, S. (2013). Impact of environmental power monitoring activities on middle school student perceptions of STEM. *Science Education International*, 24(1), 98-123.
- Lecompte, M. D. & Goetz, J. P. (1982). Problems of reliability and validity in ethnographic research. *Review of Educational Research*, 52(1), 31-60.
- Lesh, R. & Caylor, B. (2007). Introduction to the special issue: Modeling as application versus modeling as a way to create mathematics. *International Journal of computers for mathematical Learning*, 12(3), 173-194.
- Lesh, R. A. & Doerr, H. (2003). Foundations of model and modelling perspectives on mathematic teaching and learning. (eds. R. A. Lesh and H. Doerr). *Beyond constructivism: Models and modelling perspectives on mathematics teaching, learning andpProblem solving* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A. & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. (eds. A. Kelly and R. Lesh). *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 591-645). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh R. & Zawojewsky J. S. (2007). Problem solving and modeling. (eds. F. K. Lester). *The Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 763-804), Charlotte, NC: Information Age Publishing. s. 763-804.
- Ling, S. L., Pang, V. & Lajium, D. (2019). Evaluation of the mplementation of a science project through the pplication of integrated STEM education as an approach. *International Journal of Education, Psychology and Counseling*, 4 (33), 263-283.

- Lingefj rd, T. (2000). *Mathematical modeling by prospective teachers using technology*. University of Georgia: Doctoral dissertation.
- Lingefj rd, T. & Holmquist, M. (2005). To assess students' attitudes, skills and competencies in mathematical modeling. *Teaching Mathematics And Its Applications*, 24(2-3), 123-133.
- Maa , K. (2006). What are modelling competencies? *The International Journal on Mathematics Education*, 38 (2), 113-142.
- Martin, D. J. (2006). *Elementary science methods: A constructivist approach*. Belmont: Davis Drive.
- Mason, J. (1988). Modelling: What do we really want pupils to learn? (eds. D. Pimm). *Mathematics, teachers and children* (pp. 201-215). London: Hodder & Stoughton.
- Michelsen, C. (2006). Functions: a modelling tool in mathematics and science. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM)*, 38(3), 269-280.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2016). *STEM eğitimi raporu*. Ankara: Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Dünyada eğitim trendleri ve  lkemizde STEM  ğrenme etkinlikleri: MEB K12 okulları  rneği*. Ankara: Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.
- Mertkan,  . (2015). *Karma Araştırma Tasarımı*. Ankara: Pegem Akademi.
- Moore, T. J., Stohlmann, M.S., Wang, H.-H., Tank, K.M., Glancy, A.W. & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. (eds.  . Purzer, J. Strobel and M. Cardella), *Engineering in precollege settings: Research into practice* (pp. 35-60). West Lafayette: Purdue Press.
- Mousoulides N. G., Christou C. & Sriraman B. (2006). From problem solving to modelling. *Education*, 12(1), 23-47.

- Mousoulides, N. G. (2007). *A modeling perspective in the teaching and learning of mathematical problem solving*. University of Cyprus: Doctoral dissertation.
- Muğla İl Milli Eğitim Müdürlüğü. (2020). *STEM temelli ortaokul etkinlik kitabı*. (S. Ayata, Proje Koordinatörü; M. Tuğlu & H. Ergündüz, Editörler) http://muglaarge.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2020_09/24144252_Ortaokul_Etkinlik_KitabY.pdf Erişim tarihi: 20.01.2021
- Müller, G. N. & Wittmann, E. (1984). *Der mathematikun in ders primarstufe*. Braunschweig: Vieweg.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Niss, M. (1988). Theme group 3: Problem solving, modeling, and applications. (eds. A. Hirst, and K. Hirst). *Proceedings of the sixth international congress on mathematical education* (pp. 237-252). Budapest, Hungary: János Bolyai Mathematical Society.
- Nur Yılmaz, C. (2019). *STEM eğitiminin 10. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, STEM ve fizik tutumları üzerine etkisi*. Pamukkale Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Ondes, R. N., Kursun, E. & Ciltas, A. (2019). The functions of each discipline in STEM practices. *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology*, 223.
- Onwuegbuzie, A. J. & Johnson, R. B. (2006). The validity issue in mixed research. *Research in the Schools*, 13(1), 48-63.
- Ören Vural, D., Çetinkaya, B., Erbaş, A. K., Alacacı, C. ve Çakıroğlu, E. (2013). *Lise matematik öğretmenlerinin modelleme ve modellemenin matematik öğretiminde kullanılmasına yönelik düşünceleri: Bir hizmet içi eğitim*

programının etkisi. I. Turk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Sempozyumu, Trabzon.

Özcan, H. ve Koca, E. (2019). STEM'e yönelik tutum ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 387-401.

Özdemir, M. (2010). Nitel veri analizi: Sosyal bilimlerde yöntembilim sorunsalı üzerine bir çalışma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 323–343.

Özgen, K. ve Şeker, İ. (2021). 6. Sınıf öğrencilerinin farklı matematiksel modelleme problemlerindeki beceri gelişmelerinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 50(230), 329-358.

Pallant, J. (2016). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using SPSS program*. (6th ed.). London, UK: McGraw-Hill Education

Parlar, H. (2012). Bilgi toplumu değişim ve yeni eğitim paradigması. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 193-209.

Partnership for 21st Century Skills [P21] (2009). P21 framework definitions. http://www.p21.org/storage/documents/P21_Framework_Definitions.pdf
Erişim tarihi: 13.02.2021

Pekbay, C. (2017). *Fen teknoloji mühendislik ve matematik etkinliklerinin ortaokul öğrencileri üzerindeki etkileri*. Hacettepe Üniversitesi: Doktora tezi.

Pollak, H. (1979). The interaction between mathematics and other school subjects. (Eds. UNESCO). *New Trends in Mathematics Teaching IV. Paris*.

Rosicka, C. (2016). *Translating STEM education research into practice*. ACER: Melbourne, Australia.

Sağırlı-Özturan, M. (2010). *Türev konusunda matematiksel modelleme yönteminin ortaöğretim öğrencilerinin akademik başarıları ve öz-düzenleme becerilerine etkisi*. Atatürk Üniversitesi: Doktora tezi.

- Saldaña, J. (2011). *The coding manual for qualitative researchers*. Thousand Oaks, CA: Sage
- Sandalcı, Y. (2013). *Matematiksel modelleme ile cebir öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına ve matematiği günlük yaşamla ilişkilendirmelerine etkisi*. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Sawilowsky, S. S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8(2), 26.
- Shadish, W., Cook, T. D. & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Silverman, D. (2000). Analyzing talk and text. *Handbook of qualitative research*, 2(0), 821-834.
- Skinner, E., Furrer, C., Marchand, G. & Kindermann, T. (2008). Engagement and disaffection in the classroom: Part of a larger motivational dynamic? *Journal of Educational Psychology*, 100(4), 765–781.
- Sriraman, B. (2005). Conceptualizing the notion of model eliciting. (ed. M. Bosch). *Proceedings of the 4th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education CERME 4* (pp. 1686-1696). Spain: FUNDEMI IQS – Universitat Ramon Llull.
- Stillman, G. (2012). *Applications and modelling research in secondary classrooms: What have we learnt?* 12th International Congress On Mathematical Education Program. COEX, Seoul, Korea. http://www.icme12.org/upload/submission/1923_f.pdf Erişim tarihi: 21.02.2021
- Stinson, K., Harkness, S., Meyer, H. & Stallworth, J. (2009). Mathematics and science integration: models and characterizations. *School Science and Mathematics*, 109(3), 153-161.
- Stohlmann, M. S. (2017). Mathematical modeling with middle school students: The robot art model-eliciting activity. *European Journal of STEM Education*, 2(2), 4.

- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373–394.
- Şahin, H. B. (2016). *Eğitsel bilgisayar oyunları ile destekli matematik öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına ve duyuşsal özelliklerine etkisi*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Şahin, A., Ayar, M. C. & Adıgüzel, T. (2014). STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309-322.
- Şahin, N. Ve Eraslan, A. (2019). Ortaokul matematik öğretmeni adaylarının matematik uygulamaları dersinde modelleme etkinliklerinin kullanılmasına yönelik görüşler. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 10(2), 373-393.
- Şeker, İ. (2019). *Ortaokul öğrencilerinin farklı matematiksel modelleme problemlerindeki becerilerinin incelenmesi*. Dicle Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Şimşek, H. ve Yıldırım, A. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics*. Boston, Pearson.
- Tai, R., Liu, C., Maltese, A. & Fan, X. (2006). Planning early for careers in science. *Science*, 312(5777), 1143-1144.
- Tekin Dede, A. (2017). Modelleme yeterlikleri ile sınıf düzeyi ve matematik başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *İlköğretim Online*, 16(3), 1201-1219.
- Thomas, T. A. (2014). *Elementary teachers' receptivity to integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education in the elementary grades*. University of Nevada: Doctoral dissertation.
- Thomasian, J. (2011). Building a science, technology, engineering, and math education agenda: An update of state actions. *NGA Center for Best*

Practices. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED532528.pdf> Erişim tarihi: 25.01.2021

Treffers, A. (1978). *Wiskobas doelgericht* [Wiskobas goal-directed]. Utrecht: IOWO.

Treffers, A.(1987).*Three dimensions: A model of goal and theory and theory description in mathematics instruction the wiskobas project*. Dordrecht: Kluwer.

Turner, R. (2007). Modelling and applications in PISA. *In Modelling and applications in mathematics education* (pp. 433-440). Springer, Boston, MA.

Turner, K. (2013). *Northeast Tennessee educators' perception of STEM education implementation*. Electronic Theses and Dissertations. Paper 1202.

Tutkun, M. İ. ve Didiş-Kabar, M. G. (2018). Ortaokullarda matematiksel modelleme: 7. sınıf öğrencilerinin “hava durumu” modelleme problemi ile deneyimi. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8(2), 23-52.

Türk Dil Kurumu (TDK). (2021). *Motivasyon*. <https://sozluk.gov.tr/>

Türk Dil Kurumu (TDK). (2021). *Tutum*. <https://sozluk.gov.tr/>

Ubuz, B. ve Haser, Ç. (2002). Matematik öğretiminde rol yapılarının değişimi. *V.Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 16-18 Eylül 2002, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Uzun, N. ve Sağlam, N. (2006). Ortaokul öğrencileri için çevresel tutum ölçeği geliştirme ve geçerliliği. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30, 240–250.

Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2003). The didactical use of models in realistic mathematics education: An example from a longitudinal trajectory on percentage. *Educational Studies in Mathematics*, 54 (1), 9-35.

- Van-Eijndhoven, S. (2014). *Mathematical models in industrial context. Lecture notes for Design of Mathematical Models*. Technical University Eindhoven.
- Verschaffel, L., Greer, B. & De Corte, E. (2002). Everyday knowledge and mathematical modeling of school word problems. (eds. K. P. Gravemeijer, R. Lehrer, H. J. Van Oers and L. Verschaffel). *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp. 171-195). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Voskoglou, M. G. (2006). The use of mathematical modelling as a tool for learning mathematics. *Quaderni di Ricerca in Didattica*. 16, 53-60.
- Wyss, V. L., Heulskamp, D. & Siebert, C. J. (2012). Increasing middle school student interest in STEM careers with videos of scientists. *International Journal of Environmental Science Education*, 7 (4), 501-522.
- Yıldırım, B. (2013). STEM eğitimi ve Türkiye. IV. *Ulusal İlköğretim Bölümleri Öğrenci Kongresi*, 08- 09 Kasım 2013, Nevşehir.
- Yıldırım, B. (2018). *Teoriden pratiğe STEM eğitimi: Uygulama kitabı*. (2. baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Yıldırım, B. ve Selvi, M. (2018). Ortaokul öğrencilerinin stem uygulamalarına yönelik görüşlerinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, 57-54.
- Yıldırım, U. (2019). *Altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi*. Binali Yıldırım Üniversitesi: Yüksek lisans tezi.
- Yin, R. (1984). *Case study research: design and methods*. (3. Basım). California: Sage Publications.
- Yoon, C., Dreyfus, T. & Thomes, M. (2010). How high is the tramping track? Mathematizing and applying in a calculus model-eliciting activity. *Mathematics Education Research Journal*, 22(2), 141-157.
- Yu, S. Y. & Chang, C. K. (2009). What did Taiwan mathematics teachers think of model-eliciting activities and modeling? (eds. G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo- Ferri and G. Stillman). *Trends in teaching and learning of mathematical modelling international perspectives on the teaching and*

learning of mathematical modelling (pp. 147-156). Springer Science and Business media.

Zawojewski, J. S., Lesh, R. & English, L. D. (2003). A models and modelling perspective on the role of small group learning. (eds. R. A. Lesh and H. Doerr). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 337-358). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Zbiek, R. M. & Conner, A. (2006). Beyond motivation exploring mathematical modeling as a context for deepening students' understandings of curricular mathematics. *Educational Studies in Mathematics* (69), 89-112.

Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.

EK-A: Etik Komisyonu Onay Bildirimi

Evrak Tarih ve Sayısı: 26.02.2021-22120



KİŞİYE ÖZEL
T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal ve Beşeri Bilimleri Etik Kurulu

Sayı : E-85157263-604.01.02-22120
Konu : Yüksek lisans öğrencisi Nihal DEMİR'e
ait tez çalışması hk. alınan kurul kararı

Sayın Dr. Öğr. Ü. Mustafa GÖK

Sosyal ve Beşeri Bilimleri Yayın Etik Kurulu'nun 17/02/2021 tarih ve 2021/02-05 sayılı karar gereği; Danışmanlığım yaptığımız yüksek lisans öğrencisi Nihal DEMİR'e ait, "Ortaokul Matematik Dersinde STEM Eğitime Geçişte Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Kullanımının İncelenmesi: Bir Karma Yöntem Çalışması" adlı tez çalışmasıyla ilgili kurumunuz tarafından alınan karar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinize arz ederim.

Prof. Dr. Othman DENİZ
Etik Kurulu Başkanı

Ek: 05. Yüksek lisans öğrencisi Nihal DEMİR'e ait tez çalışması hk. alınan kurul kararı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :D1E67E1E75E1 Pin Kodu :53932

Belge Takip Adresi : <https://www.turkijm.gov.tr/vny-abya>

Adres: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlüğü Sosyal ve Beşeri Bilimleri Etik

Bilgi için: Mehmet Şah ÖZÜZ

Kamulu Zeynep Kampüsü 65080 Tuşba/VAN

Unvanı: Şef

Telefon No: +90 432 2251701-04 / +90 4445065 Faks No: +90 432 4865413



	T.C. VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLERİ YAYIN ETİK KURUL BAŞKANLIĞI ETİK KURUL KARARLARI
TOPLANTI TARİHİ: 17.02.2021 OTURUM SAYISI: 2021/02 TOPLANTIDA ALINAN KARAR SAYISI: 21	Sayfa: 05/21

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimleri Yayın Etik Kurulu'nun 17/02/2021 tarihinde saat 14.00' da Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlük toplantı salonunda Prof. Dr. Orhan DENİZ başkanlığında yapılan toplantıda aşağıdaki karar/kararları alınmıştır:

KARAR NO 2021/02-05. Danışmanlığını, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi Anabilim Dalı öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÖK'ün yaptığı, yüksek lisans öğrencisi Nihal DEMİR'e ait, "Ortaokul Matematik Dersinde STEM Eğitimine Geçişte Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Kullanımının İncelenmesi: Bir Karına Yöntem Çalışması" adlı tez çalışmasında kullanılacak olan araçlar incelenmiş olup, söz konusu araçların ilgili kişilere uygulanmasında Sosyal ve Beşeri Etik Kuralları ve İlkeleri çerçevesinde herhangi bir sakınca olmadığına karar verilmiştir.

	BAŞKAN Prof. Dr. Orhan DENİZ Edebiyat Fakültesi	
ÜYE Prof. Dr. Mehmet Şirin ÇIKAR İlahiyat Fakültesi	ÜYE Prof. Dr. Mehmet KARATAŞ Eğitim Fakültesi (Katılmadı)	ÜYE Prof. Dr. Zafer KANBEROĞLU İktisadi ve İd. Bil. Fakültesi
ÜYE Prof. Dr. Zihni MEREY Eğitim Fakültesi	ÜYE Prof. Dr. Gülsen BAŞ Edebiyat Fakültesi	ÜYE Prof. Dr. Ferit İZCI İktisadi ve İd. Bil. Fakültesi

EK-B: Etik Beyanı

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin bütününe kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

22/12/2021

Nihal DEMİR

EK-C: Yüksek Lisans Tez Çalışması Orijinallik Raporu



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Eğitim Bilimler Enstitüsü

LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Eğitim Bilimler Enstitüsü

22 /12 /2021

Tez Başlığı / Konusu

“Ortaokul matematik dersinde STEM eğitime geçişte disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri kullanımının incelenmesi: Bir karma yöntem çalışması”

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 144 sayfalık kısmına ilişkin, 21 /12 /2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 14 (yüzde on dört) tür.

Uygulanan Filtreler Aşağıda Verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi İnceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içemediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

22/ 12 /2021

Nihal DEMİR

Adı Soyadı : Nihal DEMİR

Anabilim Dalı : Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Başkanlığı/ Matematik Eğitimi Bilim Dalı

Programı : Matematik Eğitimi

Statüsü : Y. Lisans ☒ Doktora ☐

DANIŞMAN

Dr.Öğr. Üyesi Mustafa GÖK

22 /12 /2021

ENSTİTÜ ONAYI

U Y G U N D U R

22/12/2021

Cesim ALADAĞ

Enstitü Sekreteri

EK-D: Çalışma Kapsamında Araştırmacı Tarafından Geliştirilen Veri Toplama Araçları

Form 1. Öğrenci Bilgi Formu (Demografik Sorular)

Yaş:

Kardeş sayısı:

Anne eğitim düzeyi:

Anne mesleği:

Baba eğitim düzeyi:

Baba mesleği:

Sosyo-ekonomik durum: Zayıf(.....) Orta(.....) İyi(.....)

Aşağıdaki teknolojik araçlardan hangilerine sahipsiniz?

Akıllı telefon(....) Tablet(....) Laptop/Bilgisayar(....) Hiçbiri(....)

Form 2. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Araştırma Sorusu: Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin Matematik dersinde STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme etkinliklerini deneyimlemesi sürecine yönelik görüşleri nelerdir?

İsim:

Görüşme Tarihi:

Merhaba, bu görüşmeyi yapma amacımız, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı araştırmacılar tarafından yapılacak olan akademik bir çalışma için, 8. sınıf öğrencilerinin Matematik dersinde STEM eğitimine geçişte matematiksel modelleme etkinliklerinin deneyimlenmesi sürecine yönelik görüşlerini tespit etmektir. Görüşme sürecinde söyleyecekleriniz, araştırmacılar dışında kimseye gösterilmeyecektir. Ayrıca araştırma sonuçları sunulurken katılımcıların isimleri kesinlikle yazılmayacaktır. Görüşmeye katılıp katılmamak sizin isteğinize bağlıdır. İzniniz olursa görüşme kaydedilecektir. Araştırmaya gönüllü desteğinizden dolayı teşekkür ederim.

Görüşme Soruları:

1. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ile yapılan uygulamalarda size sunulan problemler ile bugüne kadar size sunulan problemler arasındaki benzerlikler ve farklılıklar nelerdir? Örnekler vererek açıklayınız.
2. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ile yapılan uygulamaların size göre olumlu yönleri nelerdir? Neden?
3. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ile yapılan uygulamaların size göre olumsuz yönleri nelerdir? Neden?
4. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ile yapılan uygulamaların sizce belirgin özellikleri nelerdir? Neden?
5. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ile yapılan uygulamaların nasıl olmasını isterdiniz? Neden?
6. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri ile yapılan uygulamalar sürecinde zorlandınız mı? Nereelerde zorlandınız? Örnek vererek nedenleri ile birlikte açıklayınız.

- Problemi anlamada
- Varsayımlar üzerinde uygun modeller oluşturmada
- Varsayılan veriler üzerinden matematik kullanarak bir model geliştirmede

- Modelin geçerliliğini sağlayıp doğrulamada
- Grupla çalışmada
- Zaman yönetimi

7. Uygulama sonrasında matematiğin gerçek hayatta kullanılabilirliğine yönelik görüşlerinizde farklılıklar oldu mu? Örnekler vererek açıklayınız.

8. Uygulama sonrasında matematiğin farklı derslerde/disiplinlerde kullanılabilirliğine yönelik görüşlerinizde farklılıklar oldu mu? Örnekler vererek açıklayınız.

Form 3. Grup İçi Değerlendirme Formu

Grup:

Etkinlik:

Tarih:

Grup Üyeleri:

1. Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliğinde hangi matematiksel kavramları kullandınız?

2. Etkinlik ile en çok ilişkili olduğunu düşündüğünüz kavramdan başlayarak, kullandığınız matematiksel kavramları sıralayınız. Yaptığınız sıralamanın neden bu şekilde olduğunu açıklayınız.

1.?

2.?

...

3. Bu süreçte aşağıda verilen durumlarla ilgili grubunuzda gerçekleşen süreci değerlendiriniz. Değerlendirmenizi birkaç cümle ile açıklayınız.

Süreçler	Değerlendirme				
	Çok olumlu	Olumlu	Orta	Olumsuz	Çok olumsuz
a) Problemi anlama					
b) Varsayımlar üzerinde uygun modeller oluşturma					
c) Varsayılan veriler üzerinden matematik kullanarak bir model geliştirme					
ç) Modelin geçerliliğini sağlayıp doğrulama					
d) Grupla çalışma					

e)Zaman yönetimi					
------------------	--	--	--	--	--

Açıklamalar:

- a)
- b)
- c)
- ç)
- d)
- e)

Form 4. Gruplar Arası Değerlendirme Formu

Etkinlik:

Değerlendiren Grup:

Değerlendirilen Grup:

1. Grubun süreç ile ilgili açıklamalarından yola çıkarak, aşağıdaki ifadeler açısından grubun çözüm süreçlerini nasıl değerlendiriyorsunuz?

- Görüşlerini gerekçelendirerek açıklayabilme
- Problemi anlama
- Varsayımlar üzerinde uygun modeller oluşturmada
- Varsayılan veriler üzerinden matematik kullanarak bir model geliştirmede
- Modelin geçerliliğini sağlayıp doğrulamada
- Her üyenin sorumluluk alarak işbirliği yapması
- Zamanı etkili ve verimli kullanma

2. Grubun çözümünde beğendiğiniz ve beğenmediğiniz kısımlar nelerdir? Açıklayınız.

- Beğendiğiniz kısımlar:
- Beğenmediğiniz kısımlar:

3. Grubun çözümü ile sizin çözümünüz arasındaki benzer ve farklı yönler nelerdir? Açıklayınız.

- Benzer yönleri:
- Farklı yönleri:

4. Grubun çözümünü öğrendikten sonra kendi çözümünüzde yapmak istediğiniz değişiklikler olur muydu, olmaz mıydı? Neden?

Form 5. Öğretmenin Grupların Modelleme Sürecini Değerlendirmesine Yönelik Dereceli Puanlama Anahtarı (Rubrik)

Grup:

Etkinlik:

Süreçler	Açıklamalar	Puanlar			
		0 Tamamen Yanlış	1 Kısmen Yanlış	2 Kısmen Doğru	3 Tamamen Doğru
Problemi Anlama	Gerçek yaşam durumundan hareketle problemi belirleme, verilen bilgileri ve istenen bilgileri tespit etme				
	Öğretmenin açıklamaları:				
Kavramlarla İlişkilendirme	Gerçek yaşam durumlarını matematiksel kavramlarla ilişkilendirerek gerekli/gereksiz bilgileri ayırt etmek ve strateji geliştirme				
	Öğretmenin açıklamaları:				
Model Oluşturma	Yapılan ilişkilendirmelere göre problemin çözümüne yönelik model oluşturma				

	Öğretmenin açıklamaları:				
Problemi Çözme	Oluşturulan modeli gerçek yaşam durumu ile ilişkilendirerek problemi çözme				
	Öğretmenin açıklamaları:				
Modeli Açıklama	Oluşturulan model ile yapılan çözümün doğruluğunu nedenleri ile açıklayabilme ve sonucu yorumlama				
	Öğretmenin açıklamaları:				

EK-E: Araştırma İzni



T.C.
VAN VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-70562350-605.01-22043681
Konu : Nihal DEMİR'in Veri
Toplama Talebi İzni Hk.

09.03.2021

DAĞITIM YERLERİNE

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Anabilim Dalı, Matematik Eğitimi Bilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Nihal DEMİR'in anket çalışmasına ait Valilik Makamının 09/03/2021 tarih ve 21981970 sayılı onay yazısı ekte gönderilmiştir. Ekteki onay doğrultusunda gerekli idari iş ve işlemlerin yapılması hususunda;

Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

Hasan TEVKE
İl Millî Eğitim Müdürü

Ek : Onay yazısı (1 Sayfa)

DAĞITIMLI:

1-İpekyolu Kaymakamlığına
(İlçe Millî Eğitim Müdürlüğü)

2- Yüzüncü Yıl Üniversitesi
(Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü)

Bu belge güvendi elektronik imza ile imzalanmıştır

Adres : A. Gar Mah. Sokakı Cad. No 226-45040 Tuzluca/VAN
Telefon No : 0 (432) 222 41 82
E-Posta : meb030601@kep.tr

Bu belge güvendi elektronik imza ile imzalanmıştır

Diğer Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys>
Bilgi için : Seddik BEKTAŞ Sınavlar-Arge Birimi (Dahil: 315)
Uzvan : Van İl Müdürlüğü ve Kontrol İşletmecisi
İnternet Adresi : www.van.meb.gov.tr Faks: 0322226161

3c02-403e-381f-95a7-2d19

İmza



T.C.
VAN VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-70562350-605.01-21981970
Konu : Nihal DEMİR'in Veri Toplama
Talebi Hk.

09/03/2021

VALİLİK MAKAMINA

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Anabilim Dalı, Matematik Eğitimi Bilim Dalı tezli yüksek lisans öğrencisi Nihal DEMİR'in "Ortaokul Matematik Dersinde STEM Eğitimine Geçişte Disiplinler arası Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Kullanımının İncelenmesi: Bir Karma Yöntem Çalışması" konulu tez çalışması yapılabilmesi hususundaki yazılanı incelenmiştir.

Söz konusu anket uygulama çalışmasının Van İli İpekyolu İlçe Millî Eğitim Müdürlüğü bünyesindeki Ortaokulunda okumakta olan 8'inci sınıf öğrencilerinden veri toplama talebi için, derslerin aksatılmaması kaydıyla ve gönüllülük esasına göre yapılması müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görülmesi halinde olurlarınıza arz ederim.

Talat TOY
İl Millî Eğitim Şube Müdürü

Uygun görüşle arz ederim.

Hasan TEVKE
İl Millî Eğitim Müdürü

OLUR
Furkan DUMAN
Vali a.
Vali Yardımcısı Vekili

Adres : A. Gazi Mah. İktisat Çat. No 226 63040 Tuzluca/VAN

Telefon No : 0442) 222 41 62
E-Posta : info@tuzluca.gov.tr
Web Adresi : www.tuzluca.gov.tr

Bölge Koordinatörlüğü Adresi : <http://www.bolgekoordinatligi.gov.tr>
Bölge adı : Tuzluca BÖLGE BAŞKANLIĞI (Bölge) (Bölge) (Bölge)
Ünvan : Van Halkın İhtiyaçlarına Hızlı Yanıt Veren Kurum
İnternet Adresi : www.tuzluca.gov.tr Faks: 0442 222 41 61

0400-0620-3030-0502-3200

