MATEMATİKSEL MODELLEMENİN ÖĞRENCİLERİN BAŞARISINA, DERS TUTUMUNA VE MATEMATİKSEL MODELLEME YETERLİKLERİNE ETKİSİ: BİR META- ANALİZ ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATİCE GÖZDE UYSAL

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİTİM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
EĞİTİM PROGRAMLARI VE ÖĞRETİM BİLİM DALI

MERSİN
TEMMUZ - 2021

MATEMATİKSEL MODELLEMENİN ÖĞRENCİLERİN BAŞARISINA, DERS TUTUMUNA VE MATEMATİKSEL MODELLEME YETERLİKLERİNE ETKİSİ: BİR META- ANALİZ ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATİCE GÖZDE UYSAL

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİTİM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
EĞİTİM PROGRAMLARI VE ÖĞRETİM BİLİM DALI

Danışman
Doç. Dr. SEDAT KANADLI

MERSİN
TEMMUZ - 2021

ÖZET

MATEMATİKSEL MODELLEMENİN ÖĞRENCİLERİN BAŞARISINA, ÖĞRENCİLERİN DERS TUTUMUNA VE MATEMATİKSEL MODELLEME YETERLİKLERİNE ETKİSİ: BİR META-ANALİZ ÇALIŞMASI

Gerçek hayatla ilişkilendirilen konular öğrencilerin derse olan ilgisini artırırken, onları ders içinde daha aktif kılar ve böylelikle bilginin kalıcı olmasını sağlar. Matematik öğrenmenin de temel amacı yaşadığımız çevreden ve olaylardan bir anlam çıkarıp onları yorumlayabilmektir. Matematiksel düşünebilen bir birey, gerçek hayatta karşılaştığı bir problemi matematik diline çevirebilmelidir.

Öğrencilerin gerçek yaşamdaki deneyimlerinin ve aldıkları eğitimin sonucu olarak gerçek dünya ve matematik arasında nasıl bir ilişki kurdukları ve bu ilişkiyi etkileyen faktörler; Türkiye'de uygulanan öğretim programlarına geri bildirim vererek, programların geliştirilmesine önemli katkılar sunabilir. Matematiksel modelleme öğrencilerin gerçek yaşamla matematik dünyası arasında ilişki kurmalarına olanak sağlar. Bu nedenle, bu çalışma; matematiksel modelleme uygulamalarına dayalı öğrenmenin programda öngörülen öğrenme yöntemine kıyasla öğrencilerin akademik başarısına, matematik dersine yönelik tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini meta analiz yöntemiyle genel etki büyüklüğünü hesaplamayı ve bu etki büyüklüğünün çeşitli değişkenlere göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini açıklamayı amaçlamaktadır. Çalışmada ulusal ve uluslararası alanyazında yapılmış, içerme ölçütleri taşıyan yarı deneysel ve zayıf deneysel araştırmalara yer verilmiştir. Alanyazın taraması sonucunda 34 çalışma elde edilmiştir. Bu çalışmaların etki büyüklüklerinden 23'ü akademik başarı, altısı tutum ve yedisi matematiksel modelleme yeterlikleri açısından incelenmiştir. Bazı çalışmalar ise etki büyüklükleri açısından birden fazla ele alınmıştır. Yayın yanlılığını engellemek amacıyla çalışmaya tezlerin yanı sıra makaleler de meta- analize dâhil edilmiştir. Çalışmalar arasında örneklem sayısı 20'nin altında olanlar bulunduğundan etki büyüklüğü indeksi olarak Hedges' g kullanılmış olup çalışmalar alanyazından toplandığı için etki büyüklüleri rastgele etkiler modeline göre birleştirilmiştir. Birleştirme sonucunda genel etki büyüklükleri akademik başarı için 0.976 [%95 CI: 0.742, 1.205] , tutum için 0.520 [%95 CI: 0.08, 1.032] ve matematiksel modelleme yeterlikleri için 1.453 [%95 CI: 1.003, 1.902] olarak hesaplanmıştır."Matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı çalışmaları üzerinde "geniş", tutum çalışmaları üzerinde "orta" ve matematiksel modelleme yeterlikleri üzerinde ise "olağanüstü" düzeyde bir etki büyüklüğü değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda matematiksel modellemeye dayalı öğretim yöntemlerinin öğretmenler tarafından derslerde kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel modelleme, matematik öğretimi, akademik başarı, tutum.

Danışman: Doç. Dr. Sedat KANADLI, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Mersin Üniversitesi, Mersin.

ABSTRACT

THE EFFECT OF MATHEMATICAL MODELING ON STUDENTS'ACADEMIC ACHIEVEMENT, STUDENTS' ATTITUDES TOWARDS THE COURSE AND MATHEMATICAL MODELING COMPETENCIES: A META-ANALYSIS STUDY

The subjects related to real life increase the interest of students in the lesson and it also makes them more active in the course and makes the knowledge permanent.The main purpose of mathematics learning is to draw a meaning from the life and the events that we experience. (and how we interpret them.) An individual who can think mathematically should be able to translate a real life problem into a mathematical language. The relationship between the real world and the mathematics as a result of the students' real life experiences and the education they received can contribute significantly to the development of the curriculums applied in Turkey by giving feedback. Mathematical modeling allows students to find out the relation between the real life and the mathematics. Therefore, this study, aims to calculate the effect size of learning based on mathematical modeling applications on students' academic achievement, their attitude towards mathematics lesson and mathematical modeling competencies compared to the learning method planned in the program, and to explain whether this effect size differs significantly according to various variables.

In the study, quasi-experimental and weak experimental studies, which have been conducted in national and international literature, and which have inclusion criteria, are included. The literature review for meta-analysis ended on February 15th. As a result of the literature review, 34 studies were obtained. Of these studies, 23 were examined in terms of academic achievement, 6 in terms of attitude and 7 in terms of mathematical modeling competencies. In order to prevent publication bias, articles as well as theses were included in the meta-analysis study. After the combination, there was no significant difference between the overall effect size of 0.973 calculated for academic achievement, 0.520 for attitude and 1.453 ($p > .05$) for mathematical modeling. It was determined that mathematical modeling applications have a wide effect size on students' academic achievement studies, medium on attitude studies and an extraordinary level of effect size on mathematical modeling competencies. Accordingly, it is recomended that teaching methods based on mathematical modeling be used by teachers in their lessons.

Key Words: Mathematics education, mathematical modeling, academic achievement, attitude

Advisor: Doç. Dr. Sedat KANADLI, Departmant of Educational Sciences, Mersin University, Mersin.

TEŞEKKÜR/ÖNSÖZ

Tez sürecim boyunca benden desteğini esirgemeyen, sabırla beni bilgilendiren, tecrübe ve bilgi birikimiyle bana yol gösteren ve cesaret veren tez danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Sedat KANADLI' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans ders döneminde bilgi birikimlerinden ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof Dr. Tuğba YANPAR YELKEN, Prof. Dr. Özler ÇAKIR, Doç. Dr. Cenk AKAY, Doç. Dr. Figen KILIÇ ve Doç. Dr. Seçil Ömür SÜNBÜL'e teşekkür ederim.

Tez jürisinde, sunduğu önerilerle çalışmamı zenginleştiren sayın Doç. Dr. Memet KARAKUŞ'a da değerli katkılarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Tezimin son okumalarını yapan Türk Dili ve Edebiyatı öğretmeni arkadaşım sevgili Nilgün KARAYILAN'a da gönülden teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca umutsuzluğa düşmeme engel olan ve her an yanımda olan aileme, kodlama aşamasında yardımlarını esirgemeyen İmsal Işıl Gılıç ve Fahrettin Gılıç'a yürekten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	
ONAY	
ETİK BEYAN	
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR/ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLOLAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	**1**
1.1. Araştırmanın Problemi ve Alt Problemleri	5
1.2. Araştırmanın Önemi	6
1.2. Sayıltılar	7
1. 3. Sınırlılıklar	8
1.4. Tanımlar	8
2. ÇALIŞMANIN KURAMSAL TEMELLERİ	**9**
2. 1. Matematiksel Model ve Modelleme	9
2. 1.1. Matematiksel Modelleme Perspektifleri	14
2. 1. 1. 1. Gerçekçi Uygulamalı Modelleme:	14
2. 1. 1. 2. Kavramsal/Bağlamsal Modelleme:	15
2. 1. 1. 3. Eğitimsel Modelleme	15
2. 1. 1. 4. Sosyo – Eleştirel Modelleme:	15
2. 1. 1. 5. Epistomolojik / Teorik Modelleme:	15
2. 1. 1. 6. Bilişsel Modelleme:	16
2. 2. Akademik Başarı	16
2. 3. Matematiğe Yönelik Tutum	17
2. 1. 3. Matematiksel Modelleme Yeterlikleri	17
2. 1. 3. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri	19
3. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	**21**
3. 1. Yurt İçinde Yapılan Birincil Çalışmalar	21
3. 2. Yurt Dışında Yapılan Birincil Çalışmalar	23
3. 3. İkincil Çalışmalar	24
4. YÖNTEM	**26**
4.1. Araştırmanın Modeli	26
4.2. Alanyazını Tarama İşlemi	27
4. 3. Çalışmaları Dâhil Etme ve Hariç Tutma Kriterleri	27
4. 4. Araştırma Raporlarının Kalitesinin Değerlendirilmesi	28
4. 5. Çalışmaların Özelliklerinin Kodlanması	29
4. 5. 1. Araştırma Raporlarının Özellikleri	29
4. 5. 2. Araştırma Tasarımları	30
4. 5. 3. Değişkenlerin Ölçülmesi	30
4. 5. 4. Etki Büyüklüğü İçin Gerekli Veriler	31
4. 5. 5. Matematiksel Modellemenin Akademik Başarıya, Tutuma ve Matematiksel Modelleme Yeterliklerine Etkisini İnceleyen Araştırmaların Betimsel Verileri	31
4. 5. 5. Kodlayıcılar Arası Güvenirlik	32
4. 6. Veri Analizi	33
4. 6. 1. Yayın Yanlılığı	34
4. 6. 1. 1. Rosenthal'ın Korumalı N'i	34
4. 6. 1. 2. Duwal ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurması	34
4. 6. 1. 3. Egger'in Kesen Testi	34

5. BULGULAR **35**
5. 1. Verilerin Etki Büyüklüklerine İlişkin Bulgular 35
5. 1. 1. Akademik Başarı Çalışmalarının Etki Büyüklüklerine Ait Bulgular 35
5. 1. 1. 1. Akademik Başarının Öğretim Kademesine Göre Moderatör Analizi 36
5. 1. 1. 2. Akademik Başarının Ders Türüne Göre Moderatör Analizi 37
5. 1. 1. 3. Akademik Başarının Araştırma Yöntemine Göre Moderatör Analizi 37
5. 1. 1. 4. Akademik Başarının Araştırma Desenine Göre Moderatör Analizi 38
5.1.1.5. Akademik Başarının Kullanılan İstatistiksel Test Türüne Göre Moderatör Analizi 39
5.1.1.6. Akademik Başarı ve Uygulama Süresine İlişkin Meta – Regresyon Analizi 39
5.1.1.7. Akademik Başarı ve Örneklem Büyüklüğüne İlişkin Meta–Regresyon Analizi 40
5.1.2. Tutum Çalışmalarının Etki Büyüklüklerine Ait Bulgular 43
5.1.2.1. Tutuma İlişkin Yayın Yanlılığı 44
5.1.3. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Etki Büyüklüklerine Ait Bulgular 45
5.1.3.1. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Yayın Yanlılığı 46
6. SONUÇ VE TARTIŞMA **49**
6. 1. Akademik Başarıya İlişkin Sonuç ve Tartışma 49
6.2. Tutuma İlişkin Tartışma ve Sonuç 52
6. 3. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuç 53
6. 4. Öneriler 54
KAYNAKLAR 56
EKLER 61
ÖZGEÇMİŞ 66

TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2. 1.Model Değerlendirme Rubriği	14
Tablo 4. 1.Nicel ve Karma Yöntemli Çalışmaları Değerlendirme Formu	29
Tablo 4. 2.Çalışmaların Yayın Türüne Göre Dağılımı	31
Tablo 4. 3.Çalışmaların Öğretim Kademesine Göre Dağılımı	32
Tablo 4. 4.Çalışmaların Ders Türüne Göre Dağılımı	32
Tablo 5. 1.Öğretim Kademelerine Göre Matematiksel Modellemenin Akademik Başarıya Etkisi için Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri	36
Tablo 5. 2.Ders Türlerine Göre Matematiksel Modellemenin Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri	37
Tablo 5. 3.Araştırma Yönteminin Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri	38
Tablo 5. 4.Araştırma Deseninin Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri	38
Tablo 5. 5.Test Türünün Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi Ve Etki Büyüklükleri	39
Tablo 5. 6.Akademik Başarı ve Uygulama Süresine İlişkin Regresyon Analizi	40
Tablo 5. 7.Akademik Başarı ve Örneklem Büyüklüğüne İlişkin Regresyon Analizi	40
Tablo 5. 8.Akademik Başarıya İlişkin Yayın Yanlılığı	41
Tablo 5. 9.Akademik Başarıya İlişkin Duval ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurma Testi	42
Tablo 5. 10.Akademik Başarıya İlişkin Egger'in Kesen Testi	42
Tablo 5. 11.Akademik Başarıya İlişkin Rosenthal'in Korumalı N Testi	42
Tablo 5. 12.Tutuma İlişkin Duval ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurma Testi	44
Tablo 5. 13.Tutuma İlişkin Egger'in Kesen Testi	45
Tablo 5. 14.Tutuma İlişkin Rosenthal'in Korumalı N Testi	45
Tablo 5. 15.Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Yayın Yanlılığı	47
Tablo 5. 16.Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Duval ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurma Testi	48
Tablo 5. 17.Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Egger'in Kesen Testi	48
Tablo 5. 18.Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Rosenthal'in Korumalı N Testi	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2. 1. Modelleme Süreci	10
Şekil 2. 2. Matematiksel Modelleme Süreci	11
Şekil 2. 3. Matematiksel Modelleme Döngüsü	11
Şekil 2. 4. Matematiksel Modelleme Döngüsü	12
Şekil 2. 5. Bilişsel Perspektif Altında Modelleme Döngüsü	13
Şekil 4.1. Meta-Analiz Basamakları	26
Şekil 4.2. Dâhil Etme Sürecine İlişkin Akış Şeması	28
Şekil 5. 1. Akademik Başarı Çalışmalarının Genel Etki Büyüklükleri Dağılımı ve Orman Grafiği	35
Şekil 5. 2. Akademik Başarı ve Uygulama Süresine İlişkin Saçılım Grafiği	39
Şekil 5. 3. Akademik Başarı ve Örneklem Büyüklüğüne İlişkin Saçılım Grafiği	40
Şekil 5. 4. Akademik Başarıya İlişkin Huni Grafiği	41
Şekil 5. 5. Tutum Çalışmalarının Genel Etki Büyüklükleri Dağılımı ve Orman Grafiği	43
Şekil 5. 6. Tutuma İlişkin Huni Grafiği	44
Şekil 5. 7. Matematiksel Modelleme Yeterliklerini İnceleyen Çalışmalarının Genel Etki Büyüklerinin Dağılımı ve Orman Grafiği	46
Şekil 5. 8. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Huni Grafiği	47

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Tanım
AYT	Alan Yeterlilik Testi
CCSM	Matematik Ortak Devlet Temel Standartları
CCSO	Devlet Okulu Memurları Baş Konseyi
GAIMME	Matematiksel Modelleme Eğitiminde Genel Değerlendirme ve Öğretim
LGS	Lise Giriş Sınavı
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MOE	Matematiksel Modelleme Etkinlikleri
NCTM	National Council of Teachers of Mathematics
NGACBP	National Governors Associate Best Practices Center
OECD	Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü
PISA	Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı
TYT	Temel Yeterlilik Testi
YKS	Yükseköğretim Kurumları Sınavı

1. GİRİŞ

Matematiği diğer bilim dallarından ayrı düşünmek, hayatın bir parçası olarak görmektense onu kendimizden uzaklaştırıp ona dair anlaşılmaz, soyut tanımlamalar yapmak onu korkunç ve ulaşılmaz bir hale getirebilir. Bu sebeplerden dolayı matematiğe dair net bir tanım olduğunu söylemek pek de mümkün değildir. Sözlükteki tanımına baktığımızda; "matematik; biçimlerin, sayıların ve niceliklerin yapılarını, özelliklerini, aralarındaki bağıntıları tümdengelimli akıl yürütme yoluyla inceleyen ve aritmetik, geometri, cebir gibi dallara ayrılan bir bilim dalı", olarak görülmektedir. ("TDK Sözlük", 2019). Ancak; matematiğin tarihçesine bakıldığında bu bilim dalının insan ihtiyacından doğduğu (Yıldırım, 2018) ve yaşamın içinde kaçınılmaz olarak yer aldığı söylenebilir. M.Ö 3000'li yıllarda Mısır ve Mezopotamya'da ortaya çıkan kil tablet ve papirüslerdeki kayıtlara göre arazi parçalarının yüz ölçümünü, kanalların hacimlerini hesaplarken, alışveriş kayıtları tutarken matematik kullanıldığı belirlenmiştir ("Bilim ve Ütopya", 2019). Bu durum matematiğin gerçek hayat problemlerinin çözümünde bir araç olarak kullanıldığının göstergesidir. Gündelik hayat problemlerinin çözümünde matematiğin bir araç olarak kullanılmasının da teknolojik gelişmeleri hızlandırdığı söylenebilir.

Son yıllarda çağın koşullarına ve teknolojinin ilerlemesine uyum sağlayarak sürekli gelişmeye ve değişmeye devam eden matematiğe; sanat, mühendislik, teknoloji, tıp, müzik vb. birçok disiplinin ihtiyaç duyduğu düşünülmekte ve matematiğin bütün bilimler için vazgeçilmez olduğu bilinmektedir (Korkmaz ve Korkmaz 2017). Çağın koşullarına, değişen ve gelişen dünyaya uyum sağlaması gerekenler arasında toplum ve bireyler de yer alır. Bu değişim sürecine uyum sağlama zorunluluğu ve toplumların uluslararasında kendini gösterebilmesi, rakiplerinden sıyrılabilmesi, ancak bireylerin sosyal ve ekonomik anlamda etkin rol üstlenebilmesiyle mümkündür (İnan, 2018). Bu sebeple bilgiyi ezberleyen; fakat bunu gerçek yaşamında karşılaştığı problemlerle baş edebilmek için kullanamayan bireylerin oluşturduğu toplumların başarılı olması söz konusu olmayabilir. Günümüz koşullarına uyum sağlayacak bireylerin yetiştirilmesi ise nitelikli bir eğitimden geçer.

Toplumun ihtiyaçlarına cevap verebilen öğretim programları öğrenciyi hayata hazırlayabilir. Öğrenci, aldığı eğitim sayesinde hayatta karşısına çıkan problemleri kimseye ihtiyaç duymadan çözebilecek duruma gelir (Ilgar ve Gülten, 2009). Gerçek hayatla ilişkilendirilen konular öğrencinin derse olan ilgisini artırırken, onu ders içinde daha aktif kılar ve böylelikle bilginin kalıcı olmasını sağlar (Demirel, 2015). Matematik öğrenmenin de temel amacı yaşadığımız çevreden ve olaylardan bir anlam çıkarıp onları yorumlayabilmektir (Altun, 2004). Olkun'a (2009) göre ise matematiksel düşünebilen bir birey, gerçek hayatta karşılaştığı bir problemi matematik diline çevirebilmelidir. Bu amaçla son yıllarda Milli Eğitim Bakanlığı ilk ve orta öğretim matematik öğretim programında değişiklikler yapmaktadır.

Orta Öğretim Matematik Programı (MEB, 2018) ve 2023 Eğitim Vizyon Belgesi'nde de vurgulandığı üzere matematik öğretim programında yer alan sorular; öğrencilerin akıl yürütme becerilerini destekleyen ve disiplinlerarası bağlamlar oluşturmalarını gerektiren gerçek hayat problemleri içermektedir. MEB (2018) öğrencilerden problemlere farklı açılardan bakabilmeyi, karşılarına çıkan problemleri değerlendirip matematiksel düşünmeyi kullanarak problemi çözebilmelerini amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra öğrencilerden matematiği doğru bir şekilde, etkin ve faydalı olarak kullanmalarını beklemektedir. Türkiye'deki gerçek hayatla matematiğin ilişkilendirilmesine verilen önem son yıllarda oldukça artsa da yurt dışında bu durum çok daha önce başlamıştır.

Pollak (1969) kütüphaneyi bir odaya yerleştirirken, domates yetiştirirken, farklı sayıdaki insanlara yemek yaparken ya da evin bir odasını boyamak için ne kadar boyaya ihtiyaç olduğunu belirlerken matematik hesaplamaları yapılması gerektiğini, bunların günlük hayatta karşımıza çıkan problemler olduğunu belirtmiş ve okullarda matematik uygulamalarına yer verilmesinin şart olduğunu dile getirmiştir. Matematiksel modelleme bu amaca uygun olarak geliştirilen bir öğretim modelidir. Gerçek dünyadaki bir durum bütün olasılıklar ve değişkenler dâhilinde incelendikten sonra karmaşık halden basit hale dönüştürülüp matematik diline çevrilmekte ve buna matematiksel modelleme adı verilmektedir (Gürbüz ve Doğan, 2018). Matematiksel modelleme gerçek yaşamdaki olayları, olguları ya da bunlar arasındaki ilişkileri matematiksel örüntülere dökerek matematik diliyle açıklamaktır (Verschaffel, Greer ve De Corte, 2002). Pollak (1969), matematiğin matematik dünyası dışında kullanılmasının, gerçek yaşama uyarlanmasının çok yaratıcı olduğunu ve bunun eğitim ortamına taşınmasının matematik öğretimine büyük katkılar sunacağına inanmıştır. Böylelikle eğitim dünyasında da matematiksel modelleme yavaş yavaş kullanılmaya başlanmıştır.

Yan (2002) matematiksel modellemenin 1983 yılından itibaren kullanılmaya başlandığını ve eğitimde kullanılan matematiksel modellemeye karşı ilginin gittikçe artığını vurgulamıştır. Blomhøj ve Kjeldsen (2006) ise 1988' den itibaren matematiksel modellemenin Danimarka'daki matematik öğretim programında yer alan üç önemli unsurdan bir tanesi olduğunu belirtmiştir. Singapur'da ise matematik öğretiminin en önemli bileşenlerinden birinin matematiksel modelleme uygulamaları olduğu Ang (2006) tarafından dile getirilmiştir. Blum ve Borromoeo Ferri' nin (2009) de vurguladığı gibi Almanya'da matematik öğretiminde 6 zorunlu yeterlikten bahsedilir ve bunlardan bir tanesi matematiksel modelleme yeterliğidir. Türkiye'de ise matematik öğretim programında 2005 yılından itibaren matematiksel modellemeden isim olarak net bir şekilde bahsedilmese bile onun yeterlikleri arasında sayılabilecek problem çözme yetisine sahip, analitik düşünebilen, sözel yapıyı matematikle ilişkilendirebilen, varsayımlarda bulunabilen ve genellemeler yapabilen öğrenciler yetiştirmeyi amaç edindiği belirtilmiştir

(MEB, 2005). Türkiye'de 2013 ve 2018 yılında yenilenen ortaöğretim matematik programında matematiksel modelleme kavramından doğrudan bahsedilmemiştir. Ancak aşağıda belirtilen ifade matematiksel modelleme becerisi ve süreçleriyle ilişkilidir.

> "*Matematiksel yetkinlik, günlük hayatta karşılaşılan bir dizi problemi çözmek için matematiksel düşünme tarzını geliştirme ve uygulamadır. Sağlam bir aritmetik becerisi üzerine inşa edilen süreç, faaliyet ve bilgiye vurgu yapılmaktadır. Matematiksel yetkinlik, düşünme (mantıksal ve uzamsal düşünme) ve sunmanın (formüller, modeller, kurgular, grafikler ve tablolar) matematiksel modlarını farklı derecelerde kullanma beceri ve isteğini içermektedir*" (MEB, 2018, s.6).

İlköğretim ya da ortaöğretim matematik programında ismen bahsedilmeyen matematiksel modelleme ilköğretim matematik öğretmenliği ve matematik öğretmenliği lisans programlarında ders olarak yerini almıştır (Öğretmen Yetiştirme Lisans Programları, 2018). Türkiye'de en son yapılan Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) sonuçlarının da bu değişikliklerde etkin bir rol oynadığı söylenebilir.

2015 yılında gerçekleştirilen PISA sonuçlarına göre Türkiye'de uygulanan eğitim sisteminin dünyadaki gelişmelere uyum sağlayamadığı görülmüştür (MEB, 2015). PISA soruları öğrencilerin ne kadar çok bilgiye sahip olduğunu ölçmektense bu bilgileri nasıl kullanacağını bilen, muhakeme yeteneği güçlü, karşısına çıkan gerçek hayat problemlerini çözerken strateji geliştirebilen öğrencileri ayırt etmek için tasarlanmıştır (PISA 2015 Ulusal Raporu, 2015). Bu sınavdaki Türkiye ortalamasının, Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkeleri ortalamasından oldukça düşük olmasının sebebini Schleicher (2017), "Türkiye'deki öğrenciler, içerik sorularını cevaplamada çok başarılıyken sahip olduğu bilgiyi nasıl kullanacağı hakkında fikir sahibi değildir" şeklinde açıklamıştır. İlk olarak 2018 ve 2019 yılında yapılan Liselere Giriş Sınavı (LGS) ile Yükseköğretim Kurumları Sınavlarından (YKS) biri olan Temel Yeterlik Sınavı (TYT) da PISA sorularıyla benzer becerileri yoklamak için hazırlanmıştır. Bu sınavlardan alınan sonuçlar da PISA sonuçlarıyla paralellik göstermiş, en düşük doğru cevap sayısı ortalamasının LGS'de 20 soru üzerinden 5.09 (MEB, 2019), TYT'den 40 soru üzerinden 3.923 ortalama ile matematik testinden olduğu rapor edilmiştir ("Sputnik Türkiye", 2019). Bu sınavlardaki matematik testi soruları incelendiğinde öğrencilerin gerçek dünya ile matematik arasında bir köprü rolü oynayan matematiksel modelleme sürecinde yer alan aşamaları yerine getirmeleri istendiği görülebilir. Kapur (1982), matematiksel modelleme sürecinin döngüsel olduğunu ve aşamalarının; gerçek yaşam problem durumunu anlamlandırmak için deneyimlerden faydalanma, gerçek yaşam durumunun sözel olarak ifade etme, sözel durumu matematiksel modele dönüştürme, problemi modeli kullanarak çözme ve yeniden gerçek yaşam durumuyla karşılaştırma olduğunu belirtir. Borromeo Ferri (2006) ise modelleme sürecini tanımlarken

gerçek dünya ile matematik dünyasının birbirinden net olarak ayrılması gerektiğini belirtir. Buna karşın Doerr (1997), modelleme sürecinde belli bir sıralamadan bahsetmez, basamaklar

arasındaki geçişlerin esnek olduğunu vurgular ve gerçek dünya ile matematik dünyasını birbirinden ayırmaz ve modelleme süreci basamaklarını; gerçek hayat problem durumunu tanımlama, gerekli matematik modelini belirleme, veriyi ve bilgiyi elde etme, değerlendirme, yeniden yapma şeklinde adlandırır. Bu modelleme sürecini başarıyla tamamlayan ve matematiksel modelleme özyeterliklerini geliştirebilen öğrencilerin, matematiği kullanarak hayatı daha kolay anlamlandırabileceği düşünülebilir. Buna ek olarak bu öğrencilerin matematiği zor ve işe yaramaz formüllerden oluşan yabancı bir dil olarak görmek yerine, işlerini kolaylaştıran bir araç olduğunu fark ettiklerinde matematiğe karşı tutumlarının ve özgüvenlerinin de olumlu yönde değişeceği söylenebilir.

Alanyazın incelendiğinde matematiksel modelleme hakkında çalışmalar yapıldığı görülmektedir (Cinislioğlu, 2017; Delikanlı, 2019; Doruk ve Umay, 2011; Hwang, 2018; İnan, 2018; Korkmaz, 2014; Ural, 2014). Yapılan çalışmaların bir kısmı matematiksel modelleme etkinlikleri içeren karma çalışmalar (Büyükadıgüzel, 2019; Cinislioğlu, 2017; Delikanlı, 2019; Doruk ve Umay, 2011; Hwang, 2018; Korkmaz, 2014; Kurtuluş Kayan, 2019) olup matematiksel modellemenin öğrencilerin ve öğretmen adaylarının motivasyonlarına (Çiltaş, 2011), matematik dersindeki akademik başarılarına (Büyükadıgüzel, 2019; Cinislioğlu, 2017; Delikanlı, 2019, Kurtuluş Kayan, 2019), matematik dersine yönelik tutumlarına (Betanga, 2018; Delikanlı, 2019; Şeker, 2019) ve matematiksel modelleme yeterliklerine (Karacı, 2016; Kurtuluş Kayan, 2019; Kılıç, 2020) etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalara ek olarak Pazarcı Çelenk (2019) karma yöntemle yaptığı araştırmasında akademik başarı ve tutumun yanı sıra matematiksel modellemenin kalıcılığa olan etkisini de araştırmıştır. Bu çalışmaların sonucunda matematiksel modellemenin öğrencilerin iletişim becerilerini artırdığı, matematik dersine yönelik olumlu tutum geliştirmelerini sağladığı ve akademik başarıları ile kalıcılığa katkısı olduğu rapor edilmiştir.

Matematiksel modelleme süreçlerinin ve yeterliklerinin incelendiği çalışmalar nitel, durum çalışmalarının (Çiltaş, 2011; İnan, 2018) yanı sıra eylem araştırması (Çelikkol, 2016; Deniz, 2014; Korkmaz, 2014; Ural, 2014) olarak da yürütülmüştür. Çalışmaların sonunda hem öğrencilerin hem de öğretmen adaylarının matematiksel modellemede yetersiz oldukları gözlenmiştir. Bunun da matematik dersine karşı tutumlarını olumsuz etkileyebilecek sebeplerden biri olabileceği söylenmiştir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenciler arasında eğlenceli bulunduğu ve derse yönelik tutumu olumlu etkilediği de belirtilmiştir (Deniz, 2014).

Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenciler üzerindeki etkisini incelerken deneysel yöntem kullanan araştırmalar sonucunda öğrencilerin kavramsal matematiği gerçek hayatla daha iyi ilişkilendirebildiği gözlemlenmiştir (Doruk ve Umay, 2011; Işık, 2016; Nourallah ve Farzad, 2012). Bunlara ek olarak matematiksel modellemenin akademik başarıyı artırdığı (Lege, 2003; Özturan Sağırlı, 2010; ve Srivastava, 1983) öğrencilerin derse yönelik olumlu tutumlarını geliştirdiği (Betanga, 2018; Şeker, 2019) ve matematiksel yeterliklerine katkı sağladığı (Karacı, 2016; Kılıç, 2020; Kurtuluş Kayan, 2019) belirlenmiştir. Buna karşılık matematiksel modellemeye dayalı öğretimin akademik başarı (Freeman, 2014; Pazarcı Çelenk, 2019), tutum (Papageorgiou, 2009) üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirten çalışmalar da bulunmaktadır.

Alanyazın incelendiğinde yapılan araştırmalar arasında matematiksel modellemenin öğrenme araçlarındaki yansımaları (Erdem, Doğan, Gürbüz ve Şahin, 2017), problem çözme ile modellemenin ilişkisini (Christou, Mousoulides, ve Sriraman 2008) ve modellemenin öğrenci başarısı üzerine etkisini (Sokolowski, 2015) araştıran meta-analiz çalışmaları bulunmuştur. Sokolowski (2015) çalışmasında 2000 ile 2013 yılları arasında lise ve üniversite öğrencileri üzerinde yapılan, hakemli dergilerde yayınlanmış deneysel çalışmaları analiz etmiş ve çalışmanın etki büyüklüğünü 0.69 olarak hesaplamıştır. Bundan yola çıkarak matematiksel modellemenin öğrencilerin matematiği anlamalarına ve matematiksel uygulamaları doğru bir şekilde gerçekleştirmelerine yardımcı olduğu sonucuna varmıştır. Buna karşın matematiksel modellemenin öğrenci başarısına ve derse yönelik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların bir araya getirilip değerlendirebileceği meta-analiz çalışmalarıyla karşılaşılmamıştır. Buna ek olarak Sokolowski (2015) çalışmasında sadece matematik dersi üzerinden yürütülen çalışmaları incelemiştir. Araştırmacının sadece bir disiplindeki çalışmaları dâhil etmesi benzerlik yanlılığına (Borrenstein, Hedges, Higgins ve Rothstein, 2019) sebep olmuştur. Bu çalışmadan farklı olarak alanyazında var olan çelişkiyi çözmek, elde edilen bulguların geçerliliğini artırmak, alanyazına kavramsal ve yöntemsel yönden öneride bulunmak amacıyla farklı derslerde kullanılan matematiksel modelleme yönteminin öğrencilerin akademik başarısına ve derse yönelik tutumuna etkisini araştıran deneysel ve yarı deneysel desenle yapılmış yüksek lisans ve doktora tezleri ile makaleler bir araya getirilip meta-analiz yöntemiyle incelenmiştir. Matematiksel modellemenin dersteki akademik başarıya, öğrencinin derse yönelik tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisinin olup olmadığı ve etki büyüklüğü tespit edilmiştir.

1.1. Araştırmanın Problemi ve Alt Problemleri

"Matematiksel modellemeye dayalı öğretim yönteminin öğrencinin akademik başarısına, derse yönelik tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi nedir?"

1. Matematiksel modellemenin öğrencinin akademik başarısına etkisi nedir?

1.1. Matematiksel modellemenin öğrencinin akademik başarısına etkisi öğretim kademesine ve ders türüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
1.2. Matematiksel modellemenin öğrencinin akademik başarısının etki büyüklüğü, araştırma yöntemine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
1.3. Matematiksel modellemenin öğrencinin akademik başarısının etki büyüklüğü, araştırma desenine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
1.4. Matematiksel modellemenin öğrencinin akademik başarısına etkisi veri analizinde kullanılan test türüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
1.5. Deneysel çalışmanın yapılma süresi öğrencinin akademik başarısına yönelik etki büyüklüğünün anlamlı bir yordayıcısı mıdır?
1.6. Deney grubunun örneklem büyüklüğü öğrencinin akademik başarısına yönelik etki büyüklüğünün anlamlı bir yordayıcısı mıdır?
2. Matematiksel modellemenin öğrencinin derse yönelik tutumuna etkisi nedir?
3. Matematiksel modellemenin öğrencinin matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi nedir?

1.2. Araştırmanın Önemi

Günümüzde bireylerin ne bildiği değil bu bilgiyi nasıl ve nerede kullanacaklarını bilmeleri önem kazanmıştır. Edindikleri bilgiyi zihninde anlamlandırması, disiplinlerarası bağ kurabilmesi, karşısına çıkan günlük hayat problemlerini tek başına çözebilmesi, bunun için gerekli araştırma ve sorgulamaları yapabilmesi gerekmektedir. Son yıllarda bu bağlamda hazırlanan ulusal (LGS, YKS, TYT, AYT) ve uluslararası (PISA, TIMMS) sınavların sonuçları incelendiğinde Türkiye'deki öğrencilerin bu tür becerilerinin oldukça yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır (PISA 2015 Ulusal Raporu, 2015; MEB, 2015; MEB, 2019). Özellikle matematik ortalamalarının çok düşük olduğu belirlenmiştir. PISA sınavında 2015 ve 2018 yılında elde edilen sonuçlara bakıldığında puanlarda artış olduğu görülse de Türkiye OECD ortalamasının altında kalmıştır. (PISA 2015 Ulusal Raporu, 2015 ve PISA 2018 Türkiye Ön raporu, 2018). LGS'de matematik ortalaması 20 soru üzerinden 5.09 (MEB, 2019), TYT'de 40 soru üzerinden 3.923 olmuştur ("Sputnik Türkiye", 2019). Aynı sınavın 2018 yılında yapılan matematik alanındaki sonuçlarına bakıldığında katılımcı ülkelerden 41 tanesinin ortalamanın üstünde, 37 tanesinin ise ortalamanın altında puan aldığı görülmüştür (MEB, 2019). Verilere göre durum diğer ülkelerde de çok iç açıcı değildir. Matematiksel düşünme becerisini yükseltmek için matematiksel modelleme etkinliklerinden yararlanılabilir. Matematiksel modelleme ise öğrencinin gerçek hayatla matematik dünyası arasında bağ kurmasını, bunu yaparken de okuduğunu anlayıp matematik cümleleriyle ifade edebilmesini, uygun çözüm yolu geliştirebilmesini ve daha sonra yaptığı çözümün doğruluğunun genellenebilir olduğunu

kanıtlamasını gerektiren bir süreçtir (Berry ve Davies,1996; Galbraith ve Clatworthy, 1990 ve Müller ve Wittmann, 1984).

Ulusal ve uluslararası alanyazında yapılan çalışmalar incelendiğinde, matematiksel modellemenin öğrenci akademik başarısına etkisinin araştırıldığı çalışmaların çoğunlukta olduğu görülmüştür (örn. Betanga, 2018; Perk, 2019 ve Sandalcı, 2013). Akademik başarının dışında tutum ve matematiksel modelleme yeterlikleri gibi değişkenler de ölçülmüştür (örn. Işık ve Pilten 2017; Kurtuluş Kayan, 2019 ve Şeker 2019). Yapılan çalışmaların bireysel çalışmalar olduğu ve ulaşılabilirlik bakımından uygun örneklemlerin tercih edildiği görülmüştür (örn. Alkan 2019 ve Pazarcı Çelenk 2019). Matematiksel modellemeye dayalı öğretim yönteminin uygulandığı matematik konularının ve sınıf düzeylerinin farklı olması dikkat çekmiştir (örn. Bakırcı, 2016; Çelikkol 2016 ve Delikanlı 2019; Srivastava, 1983). Bağımsız değişkenlere rağmen büyük çoğunlukla matematiksel modellemenin pozitif yönde etkili olduğu görülmüştür (örn. Bakırcı, 2016; Çelikkol 2016 ve Delikanlı 2019). Ancak deneysel desenle yapılan çalışmaların yetersiz olduğu belirlenmiştir. Alanyazında yapılmış matematiksel modellemenin akademik başarı, tutum ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini inceleyen ikincil çalışmaların (meta-analiz ve meta-sentez) yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Aztekin ve Taşpınar (2015), Albayrak ve Çiltaş (2017) ve Sevencan (2019) tarafından yürütülen alanyazın tarama çalışmalarında içerik analizi tekniği kullanılmıştır. İçerik analizinde metinler, görseller, video ve ses kayıtları belli bir kurala göre alt kategorilere ayrılarak sistematik, objektif ve tekrarlanabilir şekilde özetlenir (Akgün, Büyüköztürk, Karadeniz Demirel ve Kılıç Çakmak, 2018, s. 259). İçerik analizi nitel araştırma tekniğidir ve nicel araştırmalara göre güvenirliği daha düşük olabilir. Meta-analiz çalışması ise nicel bir araştırma yöntemi olup güvenirliği daha yüksek olduğu söylenebilir. Ulusal alanyazında matematiksel modellemenin öğrenci akademik başarısı, tutumu ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini inceleyen meta-analiz çalışmasına rastlanmazken uluslararası alanyazında bir çalışmaya (Sokolowski, 2015) rastlanmıştır.

Alanyazındaki çalışma sayısının azlığı matematiksel modellemenin akademik başarı, tutum ve matematiksel modelleme yeterlikleri üzerine genel etkisinin incelenmesi ve genel bir kanının konma gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bunun için deneysel (yarı deneysel ve zayıf deneysel) çalışmaların birleştirilmesiyle elde edilecek bu meta-analiz sonucunun bu boşluğu doldurması bakımından ilgili alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.2. Sayıltılar

Araştırma kapsamına dâhil edilen çalışmalardan elde edilen bulguların objektif bir şekilde raporlaştırıldığı kabul edilmiştir.

1. 3. Sınırlılıklar

1. Çalışmada sadece İngilizce ve Türkçe araştırmaların sonuçlarına yer verilmiştir.
2. Çalışmanın örneklemi ulusal ve uluslararası alanda yapılan yüksek lisans, doktora tezleri ile makalelerden ibarettir.

1.4. Tanımlar

Matematiksel Model ve Modelleme: Matematiksel model, matematiksel bir ifadeyi somutlaştırırken kullanılan cebir karoları, grafikler, sayma pulları ve kesir kartları gibi somut materyaller ya da görseller olabilir. Matematiksel modelleme ise matematik dünyası ile gerçek dünya arasında bağ kurabilmek, günlük hayat problemlerini matematiksel modeller yardımıyla matematik diline çevirebilmektir.

Akademik Başarı: Bu çalışmada akademik başarı, öğrencilerin ders kazanımlarına yönelik hazırlanmış başarı testleri ile kavramsal anlama testlerinin yanı sıra, ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan sınav sorularından derlenmiş başarı testleri sonuçlarından elde ettiği puanlar olarak tanımlanmıştır.

Tutum: Bu çalışmada tutum, öğrencinin matematiksel modelleme uygulamaları sonucunda matematik ve fen derslerine yönelik geliştirdiği duygusal eğilimleri ölçme bağlamında kullanılmıştır. Bu meta-analiz çalışmasında ele alınan birincil çalışmalarda araştırmacılar kendinden önceki araştırmacılar tarafından hazırlanmış tutum testlerini öğrenci tutumlarını ölçmek amacıyla kullanmıştır.

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri: Matematiksel modelleme yeterlikleri matematiksel modelleme uygulama basamaklarını gerçekleştirirken öğrencilerin bilgi ve becerilerini nasıl kullandığını, dersle günlük hayat arasında ne derecede bağlantı kurabildiğini gösterir. Bu çalışmada günlük yaşam becerileri ve matematiksel modelleme yeterlikleri testlerinden elde edilen sonuçlar matematiksel modelleme becerilerini ölçmek için kullanılmıştır.

Araştırma Deseni: Araştırmanın sorularını cevaplamak ya da hipotezlerini test atmak amacıyla geliştirilir. Bu çalışmada deneysel desenler (yarı deneysel ve zayıf deneysel) üzerinde durulmuştur.

Araştırma Yöntemi: Bir araştırmanın nasıl yapıldığıdır. Bu bağlamda, bu çalışmada karma ve nicel çalışmalara yer verilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN KURAMSAL TEMELLERİ

Bu bölümde matematiksel model ve modelleme arasındaki farktan, matematiksel modelleme perspektiflerinden, akademik başarı, tutum, matematiksel modelleme yeterlikleri ve matematiksel modelleme etkinliklerinden bahsedilmiştir.

2. 1. Matematiksel Model ve Modelleme

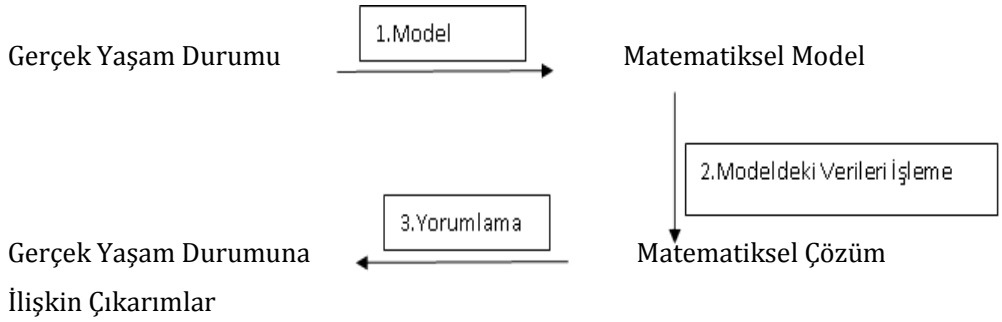
Matematiksel modelleme, gerçek yaşamla matematik arasında bir köprü kurulmasını sağlayan zihinsel bir sürecin ürünüdür. Öğrenciye ilk olarak somut bir problem verilir. Çözüm stratejisini kendisinin geliştirmesi beklenir. Daha sonra genellemeye ulaşması beklenir. Öğretmen sadece rehber konumundadır. Matematikte bir öğrenme öğretme modeli olan matematiksel modelleme matematiği modellemeyle karıştırılmaktadır. Matematiksel modellemenin amacı gerçek yaşam problemlerini uygun formüller, değişkenler ya da işlemler yoluyla matematik diline çevirerek basitleştirip çözümleyebilmektir. Matematiği modelleme ise matematiksel yapıları cebir karoları, kesir kartları ya da sayma pulları gibi görsel ve somut materyallerle açıklamaya çalışmaktır (Gürbüz ve Doğan, 2019). Keskin (2008) matematiksel modeli, bireylerin karşılaştıkları problem durumlarını matematiksel olarak yorumlayabilmeleri için gereken zihinsel süreçler olarak tanımlarken matematiksel modellemeyi günlük hayat problemlerinin üstesinden gelme süreci olarak tanımlamıştır.

Matematiksel modelleme, gündelik yaşam durumlarını analiz etmek, durumu daha iyi anlamak ve konu hakkındaki düşünceleri geliştirebilmek için uygun matematiksel ve istatistiksel bağlamı seçme ve uygulama sürecidir (NGACBP ve CCSO, 2010). Bununla birlikte matematiksel modelleme gerçek hayat durumlarının fiziksel modelinin ötesine geçerek matematiğin yardımıyla bu durumların yapısal özelliklerini inceleme sürecidir (Alacacı Baş, Çetinkaya, Çakıroğlu, Erbaş ve Kertil 2014). Bu süreçte kullanılan modeller sınıf seviyesine ya da öğretim kademesine göre farklılık gösterebilir. Matematik Ortak Devlet Temel Standartları (CCSM) lise öğrencilerinin bir gerçek yaşam problemini çözmek için geometri, fonksiyonlar, grafikler ve eşitlikler kullanırken; ilköğretim sınıfındaki öğrencilerin gündelik bir problemi toplama işlemi kullanarak ifade edebileceğini ve bunun matematiksel modelleme olarak tanımlanabileceğini ifade etmiştir (“Standards for mathematics”, 2020).

Bu tanımlara ek olarak Galbraith ve Clatworthy (1990) matematiksel modellemeyi yapılandırılmamış gerçek yaşam problemlerinin çözümünü sağlamada gerçekleştirilen matematik uygulamaları olarak tanımlar. Güder ve Tutak (2014) ise matematiğin bilim insanlarının gerçeği, matematik diline çevirirken kullandığı işlemler bütününün matematiksel modelleme olarak adlandırabileceğini savunur. Keskin (2018) ise matematiksel modellemenin tanımını gerçek hayatta karşımıza çıkan sorunlarla baş edebilme süreci olarak yapar. Penrose

1978 yılında matematiksel modelleme sürecine dair açıklamalar yapan ilk çalışmaların sahiplerinden biri olarak, sürecin döngüsel olduğunu savunurken matematiksel problemi belirlemeden önce matematiksel modelin oluşturulması gerektiğini dile getirmiştir. (Ural, 2018, s.5).

Müller ve Wittmann (1984), modelleme sürecinin model kurma, modeldeki verileri işleme ve yorumlama olmak üzere üç basamaktan oluştuğunu ifade ederken basamaklar arası döngüsellikten bahsetmezler.



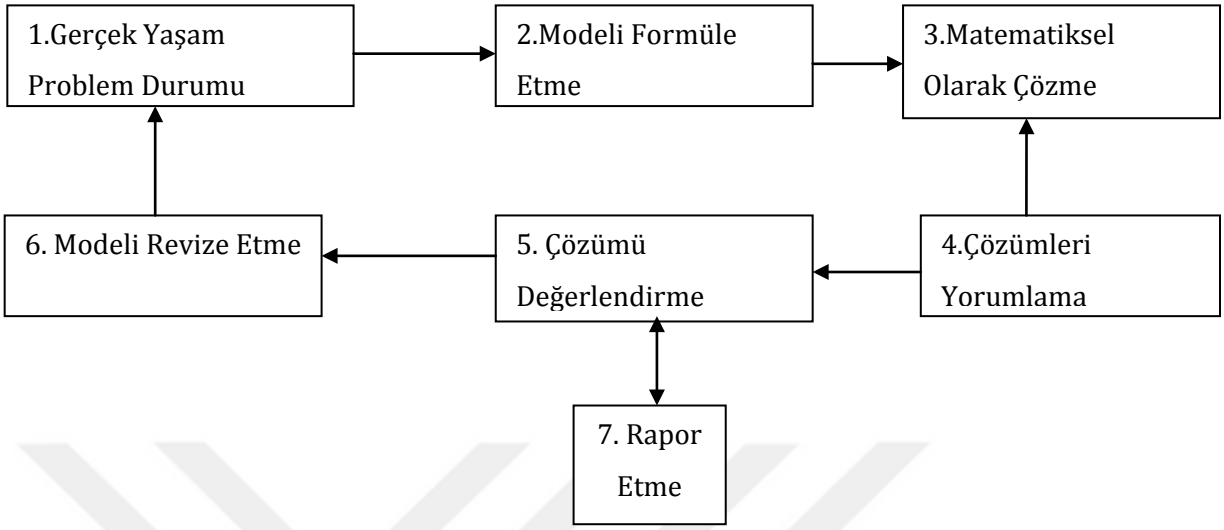
Şekil 2. 1. Modelleme Süreci

Kaynak: Müller, G., ve Wittmann, E. (1984). *Der Mathematikunterricht in der Primarstufe.* Braunschweig: Vieweg.

NCTM (1989) ise matematiksel modelleme basamaklarını aşağıdaki şekilde sıralarken diyagramını şekildeki gibi oluşturur.

1. Gerçek hayat problemini anlama: Araştırılacak problem tanımlandıktan sonra çözümü için gerekli olan durum ifade edilir.
2. Problemi formüle dökme: Problem matematiksel olarak ifade edilir.
3. Çözüm için matematiksel model üretme: Çözüm için gerekli değişkenler belirlendikten sonra çözüm matematik diliyle ifade edilir.
4. Üretilen matematiksel modeli kullanarak sonucu üretme: Matematiksel model kullanılarak problemin çözümü yapılır.
5. Elde edilen çözümü gerçek probleme uygulama ve değerlendirme: Bulunan sonucun gerçek değerlere uygunluğuna bakılır. Uygunsa sonuç genellenebilir.

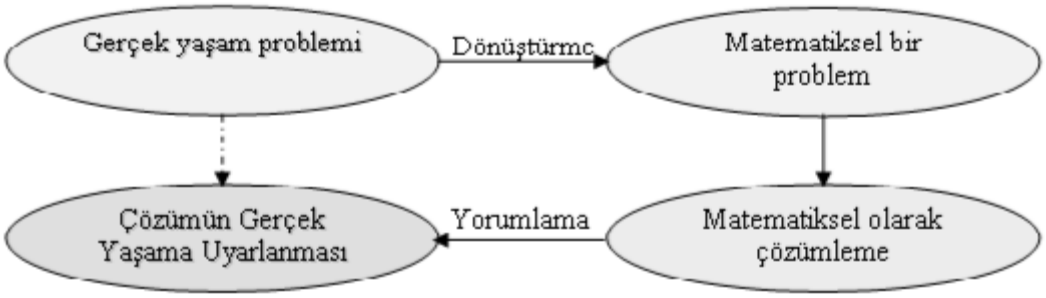
Berry ve Davies (1996), NCTM'nin açıklamalarına ek olarak matematiksel modelleme sürecinin yedi adımdan oluşan bir döngü olduğunu söyler ve bu döngüyü aşağıdaki diyagramla açıklar.



Şekil 2. 2. Matematiksel Modelleme Süreci

Kaynak: Berry, J. & Davies, A. (1996). Written Reports. In C.R. Haines and S. Dunthorne (eds) Mathematics Learning and assessment: Sharing Innovative Practices. London: Arnold.

Matematiksel modelleme sürecinin döngüsünü Cheng (2001) aşağıda verilen şekildeki gibi oluşturmuştur. Bu döngüde gerçek yaşam problemi matematiksel bir probleme dönüştürülür, eldeki verilerden yola çıkılarak bir çözüm oluşturulduktan sonra çözüm yorumlanır ve gerçek yaşama uyarlanır.

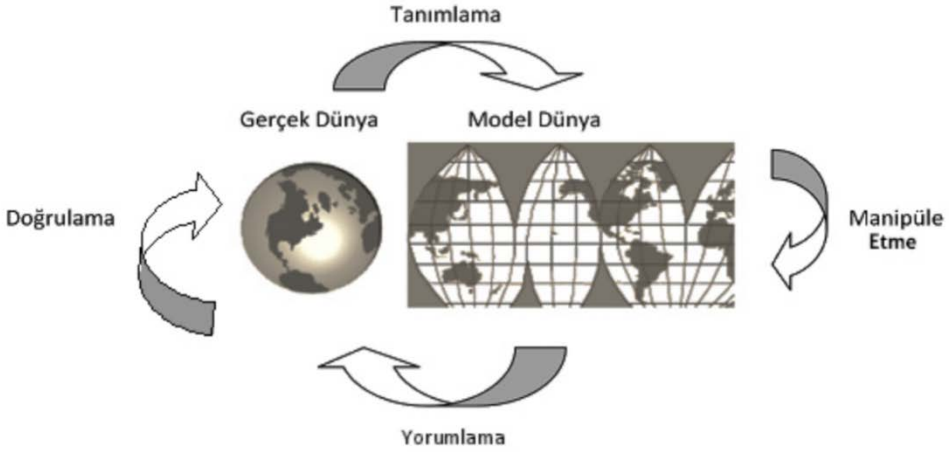


Şekil 2. 3. Matematiksel Modelleme Döngüsü

Kaynak: Cheng, A. K. (2001). Teaching mathematical modelling in singapore schools. *The Mathematics Educator, 6*(1), 63-75.

Mousoulides, Sriraman ve Christou (2008) matematiksel modellemenin 4 basamaktan oluşan; tanımlama, manipüle etme, yorumlama ve doğrulama basamaklarını kapsayan döngüsel

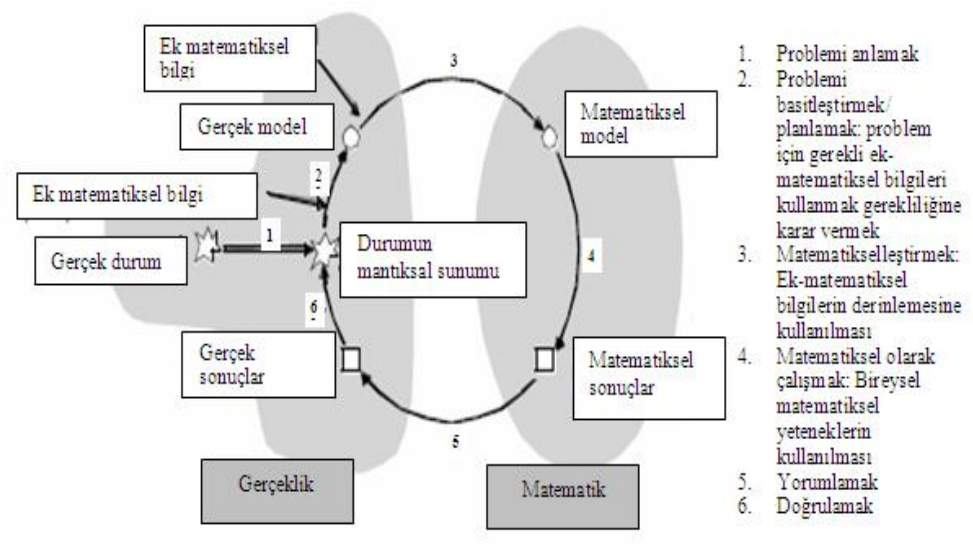
bir süreç olduğunu belirtir. Bunlardan tanımlama basamağında birey gerçek yaşam problemini açıklar ve değişkenleri belirler, manipüle etme basamağında değişkenler arasındaki ilişkiyi kurarak problemi matematik diline çevirir, yorumlama basamağında çözümü yorumlar, değerlendirme aşamasında sonucu gerçek dünya değerleriyle karşılaştırır ve doğrular.



Şekil 2. 4. Matematiksel Modelleme Döngüsü

Kaynak: Mousoulides, N.G.,Christou,C.,Sriraman,B., (2008). A modeling perspective on the teaching and learning of mathematical problem solving. Mathematical thinking and learning, 10, ss.293–304.

Cheng (2001) ile Christou, Mousoulides ve Sriraman'ın (2008) matematiksel modelleme süreci tanımlarına benzer şekilde Borromeo Ferri (2006) bu sürecin döngüsel olduğunu, basamaklar arasında herhangi bir hiyerarşik ya da doğrusal ilişkiden söz edilemeyeceğini belirtirken süreç sırasında bir basamakta yaşanan problemi düzeltmek için istenilen basamağa geçiş yapılıp sürecin tekrar değerlendirilebileceğini savunur. Borromeo Ferri'nin (2006) aşağıda verilen diyagramı incelendiğinde matematiksel modelleme sürecinin altı basamaktan oluştuğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2. 5. Bilişsel Perspektif Altında Modelleme Döngüsü

Kaynak: Blum, W., Borremeo Ferri, R., (2009), Mathematical Modelling: Can It Be Taught And Learnt?, Journal of Mathematical Modelling and Application, 2009, Vol. 1, No. 1, ss.45-58.

Matematiksel modelleme, gerçek yaşamla matematik arasında bir köprü kurulmasını sağlayan zihinsel bir sürecin ürünüdür. Öğrenciye ilk olarak somut bir problem verilir. Çözüm stratejisini kendisinin geliştirmesi beklenir. Daha sonra genellemeye ulaşması istenir. Öğretmen sadece rehber konumundadır.

Matematiksel modelleme sayesinde öğrenciler, matematik ile gerçek yaşam arasında ilişki kurma becerilerini geliştirirken fikirlerini grup içinde açıklayabildiklerinden iletişim ve konuşma yetisi de kazanırlar (Yu ve Chang, 2011). Bu nedenle öğretmenlerin model oluşturma etkinliklerini (MOE) hazırlarken Tekin ve Bukova Güzel'in (2014, s. 48) yaptığı araştırmalar sonucunda hazırladığı MOE özellikleri arasında yer alan; disiplinlerarası bağlantılar içermesi, açık uçlu sorulardan oluşması, grup çalışmalarına dayanması, olası farklı çözümler içermesi gibi durumları göz önünde bulundurmaları faydalı olabilir. Matematiksel Modelleme Eğitiminde Genel Değerlendirme ve Öğretim (GAIMME, 2016, s. 31), MOE sırasında oluşturulan matematiksel modeller için bir değerlendirme rubriği geliştirmiştir. Aşağıdaki tabloda bu rubriğin üç ana başlık altında öğrencilerin modellerini nasıl oluşturduklarını anlatmalarına ve değerlendirmelerine yardımcı olabilecek açık uçlu sorulardan oluştuğu ayrıntılı olarak görülebilir.

Tablo 2. 1.
Model Değerlendirme Rubriği

Modelleme Bileşenleri	Model Hakkındaki Sorular	Modelle İlgili Kelimeler
Problemi Tanımla	Model hangi problemi çözecek?	Özel, odak
Tahmin Yürüt	Problemi çözmek için neler düşündün?	Tahmin
Değişkenleri Belirle	Modelde kullandığın sayıları nasıl buldun?	Kaynaklar
Çözüm Üret	Hangi resimler, şekiller, grafikler senin modelini ve sonucunu anlatıyor?	Diyagram, grafik, etiket
Analiz Et, Modeli Değerlendir,	Modelinin işe yarar olduğuna emin misin?	Test etme, değerlendirme
Sonuçları Rapor Et	Modelini diğer insanlara anlatabilecek en önemli beş şey nedir?	İzleyici, dinleyici

Kaynak: GAIMME (2020, 15 Nisan) Erişim Adresi: https://www.siam.org/Portals/0/Publications/Reports/GAIMME_2ED/gaimme-rubric-printout-2nd.pdf

Tablo 2.1. incelendiğinde öğrencilerin problemi tanımlama, tahmin yürütme, değişkenleri belirleme, çözüm üretme, çözümü analiz edip modeli değerlendirme ve sonuçları rapor etme esnasında geliştirdiği model hakkında sorması gereken sorulara yer verildiği görülmektedir.

2. 1.1. Matematiksel Modelleme Perspektifleri

Matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde birçok farklı bakış açısıyla karşı karşıya kalınacağı görülebilir. Bunun sebebi bu konunun araştırmacılarının farklı felsefi yaklaşımlardan etkilenmesi ya da farklı eğitim kuramlarından beslenmesi olabilir. Matematiksel modelleme perspektifleri matematiksel modellemenin eğitime etkisini farklı bakış açılarıyla açıklamayı sağladığından matematiksel modelleme kavramının sağlam felsefi ve kuramsal temellere oturtulmasında etkin bir rol oynar (Bukova Güzel, 2018, s. 12). Çalışmanın bu bölümünde matematiksel modellemeye ilişkin altı temel perspektife yer verilmiştir. Bu perspektifler incelendiğinde aralarında kesin ve net ayrımların olmadığı, hepsinin birbiriyle benzer yönleri olduğu; fakat her bir perspektifin matematiksel modellemenin farklı bir yönü üzerinde durduğu görülebilir.

2. 1. 1. 1. Gerçekçi Uygulamalı Modelleme:

Pollak, Burkhardt, Crouch ve Haines, Kaiser ve Schwarz gibi önemli isimlerin ortaya koyduğu gerçekçi uygulamalı modelleme (Gürbüz ve Doğan, 2018, s. 17), Anglo – Saxon Pragmatizmi ve uygulamalı matematik temelli, asıl amacının gerçek yaşam problemlerini anlamlandırıp onlara çözümler üretebilen, matematiği farklı alanlarla (mühendislik, fizik, astronomi, vb.) da ilişkilendirebilen bireyler yetiştirmek olduğu ve Pollak'ın pragmatik

felsefesiyle ilişkilendirilebilen bir matematiksel modelleme perspektifidir (Bukova Güzel, 2018, s.14).

2. 1. 1. 2. Kavramsal/Bağlamsal Modelleme:

Önemli temsilcileri arasında Lesh ve Doerr, Caylor, Iversen ve Larson, Chamberlin, Sriraman ile Pierce ve Stacey vardır ve kaynağını sistemler yaklaşımına neden olan bilgi işleme yaklaşımından alır (Bukova Güzel, 2018, s.15). Kavramsal/bağlamsal modellemede geliştirilen etkinlikler yoluyla öğrencilerin yapaylıktan uzak, gerçek bağlamlar kurarak günlük problemleri deneyimlemesi, böylelikle onları daha kolay anlaması ve etkinlik sırasında edindiği bilginin kalıcı hale gelmesi amaçlanır (Gürbüz ve Doğan, 2018, s. 23).

2. 1. 1. 3. Eğitimsel Modelleme

Öncüleri arasında Blomhøj ve Kjeldsen, Blum ve Niss, Srillman, Lingefjard ve Michelsen'in yer aldığı, temelinin öğretici teoriler ve öğrenme teorilerine dayandığı ve bütünleştirici perspektiflerden beslenen eğitimsel modelleme perspektifi ile öğrenciler matematik kavramlarını keşfederek yapılandırır (Ural, 2018, s.19). Öğretimsel ve kavramsal perspektif olarak ikiye ayrılır. Öğretimsel perspektif öğrenme tasarlanmasını, oluşturulmasını ve geliştirilmesini merkeze alırken kavramsal perspektif ise matematiksel bir kavramın tanıtılması üzerinde durur (Bukova Güzel, 2018, s.12).

2. 1. 1. 4. Sosyo – Eleştirel Modelleme:

Barbosa, D' Ambrosio ve Skovsmose' nin önemli temsilcilerinden olduğu sosyo – eleştirel modelleme perspektifinin temeli politik sosyolojideki sosyo – eleştirel yaklaşımına dayanır ve özgürlükçü perspektiften beslenir (Bukova Güzel, 2018, s.15). Bu modellemede matematiğin toplumdaki yeri, matematiksel modellemenin rolü hakkında eleştirel düşünmeye odaklanılır (Ural, 2018, s.19).

2. 1. 1. 5. Epistomolojik / Teorik Modelleme:

Bu perspektif türünde gerçekçi bağlamdan çok matematiksel kavramlar arasındaki ilişkiler önemlidir ve amaç bu ilişkileri kullanarak teoriler geliştirmektir (Gürbüz ve Doğan, 2018). Chevallard, Freudenthal, Mette, Treffers ve Anderson'ın önemli temsilcilerinden olduğu, temeli Roma epistemolojisine dayanan bu yaklaşımın öncülü reudenthal'in bilimsel – hümanistik perspektifidir (Ural, 2018, s.17).

Freudenthal ve Treffers aynı zamanda Gerçekçi Matematik Eğitimi üzerine de çalışmalar gerçekleştirmişler ve öğrencinin kendisine verilen gerçek yaşam problemini öncelikle matematiksel olarak modellemesini daha sonraki aşamada ise bunu dönüştürüp geliştirerek daha soyut ve genel bir matematiksel modellemeye çevirmesi gerektiğini savunmuşlardır

(Çetin, 2018; Alacacı, 2016; Gainsburg, 2008). Öğrenci oluşturduğu soyut modelle problemi çözmeyi amaçlar, durumu bir başka şekilde ifade etmek gerekirse somuttan soyuta doğru bir gelişime yardımcı olan bu süreç öğrencinin ileri düzeyde bir matematiksel düşünme becerisine ulaşmasını sağlar (Ural, 2018, s.18).

2. 1. 1. 6. Bilişsel Modelleme:

Borromoe Ferri, Piaget, Skemp, Blum ve Leiss'in öncülüğünü yaptığı , bilişsel psikolojiyle temellendirilen bilişsel modelleme perspektifinde psikolojik ve araştırma amaçları olarak iki temel amaçtan bahsedilebilir (Bukova Güzel, 2018, s.16; Gürbüz ve Doğan, 2018, s.23). Verilen problemin çözüm aşamasındaki bilişsel süreçlerin analiz edilip anlamlandırması araştırma amaçları kapsamına girerken, modelleri zihinsel imgeler ya da fiziksel resimler olarak kullanıp modellemeyi soyutlaştırarak genelleme psikolojik amaç olarak adlandırılır (Bukova Güzel, 2018, s.13). Bu perspektif sayesinde öğrencilerin bilişsel süreçlerin neresinde zorlandıkları tespit edilir ve bunu düzeltebilmek amacıyla uygun öğrenme ortamları oluşturulabilir.

2. 2. Akademik Başarı

Türk Dil Kurumu başarıyı bir işi istenilen biçimde tamamlama olarak tanımlamıştır ("TDK Sözlük", 2021). Öğrencinin okuldaki akademik başarısını ölçmek için kullanılan ölçme araçlarından aldığı puanlara göre başarılı olup olmadığı belirlenir. Akademik başarı, öğrencinin değerlendirilmesinde, bir üst sınıf ya da öğretim kademesine geçmesinde önemli rol oynar.

Akademik başarıyı etkileyen çok fazla bileşen olduğu söylenebilir. Aryana (2010) ile Ferdana ve Kubato (2015) akademik başarı ve özyeterlik arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu savunurken, Costa ve Faria (2015) bilişsel zekâya ek olarak duygusal zekânın da akademik başarıyı olumlu etkilediğini belirtir. Bunlara ek olarak kullanılan öğretim yöntem ve teknikleri ile öğretim uygulamaları ya da öğrenme kuramları da akademik başarıyı artırmada önemli rol oynar. Çoklu zeka kuramı alanında yapılan meta – analiz çalışmasının fen akademik başarısı üzerinde %95.45, Özdemir (2020) tarafından yapılan gerçekçi matematik eğitimine ilişkin meta -analiz çalışmasının matematik akademik başarısı üzerinde %92.9 oranında olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu sebeple yürütülen bu meta-analiz çalışması kapsamında matematiksel modelleme uygulamalarının matematik ve fen akademik başarısı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan meta-analiz çalışmasına dâhil edilen çalışmalar arasında akademik başarıyı ölçmek için kullanılan ölçeklerden bir kısmını araştırmacıların kendilerinin hazırladığı (Alkan, 2019; Bilal, 2010; Başkan, 2011; Betanga, 2018; Çiltaş, 2011; Büyükadıgüzel, 2019; ve Farzad ve Nourallah 2012; Işık, 2017; Pazarcı Çelenk, 2019; Özturan ve Sağırlı, 2010; Perk, 2019; Yılmaz, 2019) görülmüştür. Bu sınavların yanında TIMMS (Delikanlı, 2019), Parasız Yatılılık ve Bursluluk Sınavı (Yıldırım ve Işık, 2014) ve PISA başarı testi gibi ulusal ve

uluslararası sınav sorularını kullanarak öğrencilerin akademik başarılarını ölçen araştırmacılara da rastlanmıştır.

2. 3. Matematiğe Yönelik Tutum

Tutum, bir bireyin herhangi bir konuyu, olayı ele alış biçimi ya da bir sorun karşısında izlediği yol olarak tanımlanır ("Sözlük", 2020). Özgüven (2003) tutumun tanımını yaparken, "belirli bir kişiyi, grubu, kurumu veya bir düşünceyi kabul ya da reddetme şeklinde gözlenen, duygusal bir hazır oluş hali veya eğilimidir." der.

Duygusal hazır oluş hâli öğrencilerin herhangi bir dersteki başarısını olumlu yönde etkileyebilir. Derse yönelik tutum ise öğrencinin o dersteki başarısının ne yönde etkileneceğini belirleyebilir. Matematik başarısı, ülkemiz açısından değerlendirildiğinde, yapılan ulusal ve uluslararası sınavlarda (PISA 2015 Ulusal Raporu, 2015 ve "Sputnik Türkiye", 2019) bu başarının düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu yetersizliğin sebebi matematik alt yapısının yanı sıra psikolojik nedenler olarak açıklanabilir. Psikolojik nedenler, matematik kaygısıyla birlikte matematiğe karşı olumsuz tutum geliştirme olarak sayılabilir. Matematiğin soğuk, günlük yaşamla ilgisiz olduğuna dair geliştirilen inanç ve ön yargı da öğrencilerin olumsuz tutum geliştirmelerine yol açabilir. Bunlara ek olarak öğretmenlerin olumsuz tutumları, anne – babaların baskıları ve gerçek yaşamın içine entegre edilememiş öğretim programları da öğrenciler üzerinde kaygı yaratabilir. Son yıllarda yapılan sınavlarda ve geliştirilen ilköğretim ve ortaöğretim matematik programlarında öğrencilerden gündelik yaşam sorunlarını matematik diline çevirmesi beklenmekte (MEB, 2019; "Sputnik Türkiye", 2019), bir başka deyişle matematiksel modellemeyi kullanmaları istenmektedir. Bu sebeple bu çalışmada matematiksel modellemenin, öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarına etkisi incelenmiştir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalarda araştırmacılar kendilerinden daha önce başka araştırmacılar tarafından hazırlanmış tutum ölçeklerini kullanmışlardır (Betanga, 2018; Delikanlı, 2019; Şeker, 2010). Buna ek olarak Papgeorgiou (2009) 9. Sınıflarla yaptığı çalışmada 2007'de yapılan 8. Sınıflar için hazırlanmış TIMMS'de yer alan soruları kullanmıştır.

2. 1. 3. Matematiksel Modelleme Yeterlikleri

Matematiksel modelleme yeterlikleri; modelleme sürecini amaca uygun bir şekilde yürütmeyi sağlamak için gerekli olan bilgi, beceri ve yetenekleri harekete geçirmeyi kapsar (Maaß, 2006).

Alanyazın incelendiğinde matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik farklı çalışmalara rastlanmıştır. Modelleme yeterliklerini, modelleme süreci basamaklarına göre açıklayanların (Blomhøj ve Jensen, 2003; Blum ve Leiß, 2007; Kaiser, 2007) yanı sıra, Blum ve Kaiser (1997) gibi bu yeterlikleri alt yeterlikler kapsamında açıklayanlar da vardır. Bu

açıklamalara ek olarak yeterlikleri çok boyutlu ele alan çalışmalarla (Rensaa, 2011) yeterlikleri seviyelere ayıran araştırmalara da rastlanmıştır (Henning ve Keune, 2007; Ludwig ve Reit, 2012).

Yukarıda verilen örneklerden birkaçına göz atacak olursak Blomhøj ve Jensen'in (2003) modelleme yeterlikleri ile ilgili basamakları aşağıda verilen şekildedir:

1. Gerçek yaşam problemini anlamak ve buna uygun gerçek bir model geliştirebilme yeterliği (formüle dökme)
2. Gerçek hayat problemiyle ilgili nesneleri seçebilme yeterliği
3. Seçilen nesneleri ve bunlar arasındaki ilişkileri tutarlı bir şekilde temsil edebilme yeterliği
4. Problemi çözebilmek için matematiksel yöntemler kullanabilme yeterliği
5. Elde edilen sonucun başlangıçtaki gerçek yaşam problemiyle ilişkisini kurabilme yeterliği ve modelin geçerliğini kontrol edebilme, değerlendirebilme yeterliği

Blum ve Kaiser'den (1997) aktaran Maaß (2006), bu yeterliklere alt yeterlikler eklemiştir:

1. Gerçek hayat problem durumunu anlama, duruma uygun gerçek bir model geliştirme yeterlikleri;
    - Probleme dayalı tahminler yapma ve durumu sadeleştirme yeterlikleri,
    - Durumu etkileyen temel verileri belirleyebilme yeterlikleri,
    - Veriler arasında ilişki kurabilme, gerekli ve gereksiz bilgileri ayırt edebilme yeterlikleri
2. Gerçek hayat problemini matematiksel probleme çevirebilme yeterlikleri;
    - Veriler arasındaki ilişkiyi matematikselleştirebilme yeterlikleri,
    - Gerekli verileri ve bunlar arasındaki ilişkiyi sade bir şekilde ifade edebilme yeterlikleri,
    - Problem durumunu ifade edebilmek için uygun matematiksel gösterimi seçebilme yeterlikleri,
3. Problemi, oluşturulan matematiksel model yoluyla çözebilme yeterlikleri;
    - Problemi bölümlere ayırabilme ve farklı bir şekilde ifade edebilme, yorumlayabilme yeterlikleri,
    - Problemi var olan matematik bilgisiyle çözebilme yeterlikleri,
4. Matematiksel çözümlemeyi gerçek yaşam çözümüne dönüştürebilme yeterlikleri,
    - Uygun matematik dilini kullanarak çözümü genelleştirebilme yeterlikleri,
5. Çözümü doğrulayabilme yeterlikleri;

- Çözümü eleştirel bir gözle tekrar irdeyebilme ve kontrol edebilme yeterlikleri,
- Problemin farklı yollardan çözülüp çözülemeyeceğini ya da farklı durumlara uyarlanabilirliğini kontrol edebilme yeterlikleri,

Ludwig ve Reit' in (2012) yeterlikler üzerine yaptığı tanımlamada seviyeler vardır. Bu seviyeler doğrusal ve hiyerarşik bir yapıda ilerlerken her seviye kendinden önce gelen seviyeleri de kapsar:

Seviye O: Öğrenci gerçek yaşamdaki problem durumunu anlamaz.

Seviye 1: Öğrenci problem durumunu anlar; fakat durumu basitleştiremediği için bunu matematikle ilişkilendiremez.

Seviye 2: Öğrenci gerçek problem durumunu anladığı, basitleştirebildiği halde matematiksel olarak yorumlayamaz.

Seviye 3: Öğrenci gerçek yaşam problemine uygun gerçek model ile matematiksel modeli oluşturabilir; fakat problemi çözemez.

Seviye 4: Öğrenci gerçek durumu anlar, matematiksel olarak ifade eder ve duruma çözüm bulur.

Seviye 5: Öğrenci matematiksel modelleme sürecini tamamlar, bulduğu çözümü yorumlar ve değerlendirir.

Farklı araştırmacıların farklı yeterliklerden bahsettiği; ancak birbiriyle ortak yönler de içerdiği gözlemlenebilir.

2. 1. 3. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri

Matematiksel modelleme etkinlikleri, öğrencilerin matematik dünyasıyla gerçek dünya arasında bağ kurmasını sağlayan matematiksel modelleme aşamalarını kullanarak çözebilecekleri problemler içeren etkinlikler olarak düşünülebilir. Işık (2006), matematiksel modelleme etkinliklerinin geleneksel problemler içermelerine ek olarak açık uçlu ve rutin olmayan etkinlikler olarak alanyazında yerini aldığını belirtmiştir. Kaiser ve Sriraman (2006) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin, belirli öğretim tasarım ilkelerini kullanarak kendi matematiksel yapılarını ortaya koydukları ve inşa ettikleri bir problem çözme etkinliği olarak tanımlar. Maaß (2006) matematiksel modelleme etkinliklerinin açık uçlu sorulardan oluşmasına, gerçek hayattan alınmış ve gerçek verilerle oluşturulmasına, bireysel çalışmaların yanı sıra grup çalışmalarını da içermesine, ilgi çekici ve öğrencilerin seviyelerine uygun olarak seçilmesine dikkat edilmesi gerektiğini savunur.

Lesh, Hoover, Hole, Kelly ve Post (2000), matematiksel modelleme etkinliklerinin altı adet prensibi olduğunu söyler ve bunları model oluşturma prensibi, gerçeklik prensibi, öz değerlendirme prensibi, yapı belgelendirme prensibi, model genelleme prensibi ve etkili prototip prensibi olarak sıralar ve aşağıdaki gibi açıklarlar:

1. Model Oluşturma Prensibi: Bu prensibe göre hazırlanan etkinlik öğrenciyi bir model oluşturmaya yöneltmelidir çünkü model oluşturma etkinliklerinde asıl amaç, öğrenciye sonucu buldurmak değil o sonuca gitmek için öğrencinin bir model ortaya çıkarmasını sağlamaktır.
2. Gerçeklik Prensibi: Bu prensip doğrultusunda öğrencilerin kişisel bilgi ve deneyimlerine dayanarak gerçek hayatta karşılarına çıkan problemi anlamlandırmalarını sağlayacak etkinlikler hazırlanmalıdır.
3. Öz değerlendirme Prensibi: Bu prensibe göre hazırlanan etkinliklerde öğrenciler öğretmenlerine ihtiyaç duymadan problemin çözümünü gerçekleştirdiğinden emin olmalı ve doğru yapıp yapmadığını kontrol edebilmelidir.
4. Yapı Belgelendirme Prensibi: Bu prensibe göre öğrenciler kendi düşüncelerini yansıtabilmeli, fikirlerini açıkça ortaya koyabilmeli ve düşünmeyi düşünebilme fırsatı yakalayabilmelidir.
5. Model Genelleme Prensibi: Bu prensip doğrultusunda oluşturulan model, benzer durumlara da uyarlanabilmeli, uygulanır ve tekrar tekrar kullanabilir olmalıdır.
6. Etkili Prototip Prensibi: Bu prensibe göre öğrenci geliştirdiği prototipi daha sonra karşılaştığı benzer problemi çözmek için de kullanabilmelidir.

3. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

3. 1. Yurt İçinde Yapılan Birincil Çalışmalar

Doruk ve Umay (2011) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenciler üzerindeki etkisini inceledikleri deneysel çalışmayı bir devlet okulunda 6. ve 7. sınıfta öğrenim gören 116 öğrenciyle birlikte gerçekleştirmiştir. Bu öğrencilerden deney ve kontrol grubu oluşturulmuştur. 6. sınıf deney grubunda 19 kız, 15 erkek; kontrol grubunda 16 kız, 18 erkek olmak üzere her iki gruptan 34'er öğrenci yer almıştır. 7. Sınıf deney grubunda 11 kız, 13 erkek; kontrol grubunda 13 kız, 11 erkek olmak üzere her iki gruptan da 24'er öğrenci seçilmiştir. Deney ve kontrol grubunun her ikisine de "Günlük Yaşam Matematik Testi" ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Deney grubu olarak belirlenen sınıfta matematiksel modelleme etkinlikleriyle bir dönem boyunca uygulamalar yapılmış ve dönem sonunda bu gruptaki katılımcılarla görüşme yapılmıştır. Süreç boyunca video kayıtları alınırken, dönem sonunda ise öğrenci raporları toplanmıştır. Deney grubu öğrencilerinin matematiksel modelleme etkinlikleri esnasında diğer öğrencilerle daha çok iletişim kurduğu, fikirlerini açıklarken matematiği anlamlandırarak daha çok kullandığı, kavramsal matematiği gerçek hayatla daha iyi ilişkilendirebildiği gözlemlenmiştir.

Akgün, Çiltaş, Çiftçi, Deniz ve Işık (2014) Erzurum il merkezinde yürüttükleri bir çalışmada ilköğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme ile ilgili farkındalıklarını araştırmıştır. 11 ilköğretim matematik öğretmeninin katılımı ile gerçekleştirilen çalışmada olgu bilim deseni kullanılmıştır. Katılımcı öğretmenler ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ve bu görüşmelerden sonra dört öğretmen ile yapılan sınıf içi gözlemler ile elde edilen veriler analiz edildiğinde öğretmenlerin matematiksel modelleme ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları; model, modelleme, matematiksel model ve matematiksel modelleme kavramlarını karıştırdıkları ve matematiksel modellemeyi derslerinde yeterince kullanmadıkları görülmüştür.

Deniz (2014) "Ortaöğretim Matematik Öğretmenlerinin Matematiksel Modelleme Yöntemine Uygun Etkinlik Oluşturabilme ve Uygulayabilme Yeterlikleri" adlı çalışmasında nitel araştırma deseni kullanmış, Ağrı il merkezinden üç farklı liseden seçilen 13 matematik öğretmeni ve 37 öğrenciyle çalışmıştır. Öğretmenlerin matematiksel modelleme hakkındaki hazır bulunuşlukları belirlenmek amacıyla yarı yapılandırılmış ön görüşme formu uygulanmış, sonrasında matematiksel modelleme hakkında bilgi verilmesinin ardından bu bilgiler doğrultusunda her birinden üçer adet etkinlik oluşturmaları istenmiştir. Öğretmenler oluşturdukları etkinlikleri derslerinde uygulamışlardır. Uygulama sonunda ise öğretmenlerin zorlandıkları görülürken bazılarının bu süreci devam ettirme istekliliğinin sınıf seviyesine bağlı olduğu son görüşme formuna verilen cevaplar arasında görülmüştür. Etkinlik sonrasında

görüşleri alınan öğrencilerin tamamı dersin işlenişinden zevk aldıklarını ve bunun devam etmesini istediklerini belirtmişlerdir.

Korkmaz (2014) "İlköğretim Matematik ve Sınıf Öğretmeni Adaylarının Matematiksel Modellemeye Yönelik Görüşleri Ve Matematiksel Modelleme Yeterlikleri" adlı çalışmasında Balıkesir Üniversitesi'nde öğrenim gören 37 ilköğretim matematik öğretmenliği bölümü öğrencisi ve 33 sınıf öğretmenliği öğrencisi ile birlikte içerik analizi tümleşik modelinde bir karma yöntem araştırması yürütmüştür. Etkinlik öncesi ve etkinlik sonrasında çalışılan gruba "Modeller ve Modelleme Anketi" ile "Matematik Tutum Ölçeği" uygulanmıştır. Bunun yanında etkinlik öncesinde ısınma problemleri verilirken etkinlik sırasında iki adet gerçek hayat problemi verilmiştir. Etkinliklerin bitirilmesinin ardından öğrenci görüşleri alınmıştır. Araştırmanın sonucunda katılımcılar, matematiksel modellemenin durağan bir süreç olmadığının, duruma göre değiştirilebileceğinin farkında olduklarını göstermişlerdir. Matematiksel modelleme sürecinde ise problemi basitleştirip matematikselleştirdikleri; fakat gerçek hayata uyarlamada sorun yaşadıkları ortaya çıkmıştır.

Ural (2014) tarafından yapılan çalışmada bir devlet üniversitesinde öğrenim gören ve daha önce matematiksel modellemeye dair herhangi bir eğitim almamış 38 adet ilköğretim matematik öğretmen adayına deneysel ve teorik modellemeye örnek olan iki adet problem durumu verilmiştir. Adayların matematiksel modelleme becerileri Berry ve Houston (1995) tarafından ortaya konan matematiksel modelleme süreci temel alınarak incelenmiştir. Elde edilen veriler araştırmacının yanı sıra matematik eğitiminde uzman iki kişiyle birlikte betimsel analizle analiz edilmiş ve araştırma sonunda adayların problem durumunu anlamada, matematik diline çevirmede, aritmetik yerine cebirsel ifadeler kullanmada önemli ölçüde başarısız oldukları gözlemlenmiştir.

Cinislioğlu (2017) Erzurum ili Yakutiye ilçesinde 7. sınıf öğrencileriyle yaptığı yarı deneysel çalışmada 20 kişilik deney grubu, 20 kişilik kontrol grubu oluşturmuştur. Doğrusal denklemler konusunun kazanımları doğrultusunda ürettiği altı adet etkinliği deney grubuna uygulamıştır. Aynı zamanda kendisinin hazırladığı "Doğrusal Denklemler Bilgi Testi" ile iki grupta ön test ve son test yöntemini uygulamıştır. Etkinlik sürecinde öğrencilerin aktif olarak sürece dâhil olduğu, süreci başarıyla tamamladıkları ve gerçek hayat problemlerinin öğrencilere daha anlamlı geldiği tespit edilmiştir. Ön test ve son test karşılaştırıldığında ise son test başarılarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

İnan (2018) "7. Sınıf Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçleri" adlı çalışmasında nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması yürütmüştür. Bir devlet okulundan seçilen 24 adet öğrenciye üç adet gerçek yaşam problemi sunulmuş ve matematiksel modelleme süreçleri incelenmiştir. 24 öğrenciden altı tanesiyle odak grup görüşmesi

yapılmıştır. Öğrencilerin problemleri çözerken yaptıkları işlemlerin nedenlerini açıklamada yetersiz kaldıkları, gerçek hayat durumlarıyla ilişkilendiremedikleri ve sadece yaptıkları işlemlere odaklandıkları görülmüştür.

Yapılan araştırmalar sonunda matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin akademik başarısına, derse yönelik tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine olumlu yönde etkisi olduğu belirlenmiştir.

3. 2. Yurt Dışında Yapılan Birincil Çalışmalar

Biccard (2010), 7. Sınıf öğrencileriyle yaptığı gömülü teori çalışmasında öğrencileri akademik başarı durumlarına göre zayıf, orta ve iyi olmak üzere üç homojen gruba ayırmıştır. Gözlemleri sonucunda yeterlik basamakları arasında doğrusal bir ilişki olmadığını ve bunların kazanılan tecrübeler yoluyla geliştirebileceği sonucuna varmıştır.

Sekerak (2010), öğrencilerle yaptığı çalışmada, onlara iki adet gerçek hayat problemi vermiş ve bunları çözerken öğrencilerin matematiksel modelleme yeterlikleri basamaklarından hangilerinde başarılı olduklarını ölçmüştür. Araştırmasının sonunda öğrencilerin %71'inin gerçek hayat probleminde verilen bilgileri kullanarak matematiksel modellemeyi başarıyla gerçekleştirdiğini fakat bu modellemeyi kullanarak sorunun çözümünü yapan öğrencilerin oranının % 12 olduğunu belirlemiştir.

Huang (2011), Taywan'da üniversitede mühendislik bölümünde okuyan 38 öğrenciyle yaptığı çalışmada matematiksel modelleme testi, 6 adet matematiksel modelleme etkinliği ve yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanmıştır. Araştırma esnasında uyguladığı ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırdığında öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliklerinde 0.93'lük bir artış olduğunu tespit etmiştir. Öğrencilerle yaptığı görüşmelerde ise öğrenciler ilk defa bu tarz sorularla karşılaştıklarını, soruları anlayamadıklarını dile getirmişlerdir. Huang (2011) yapılan matematiksel modelleme etkinlikleri sonucunda öğrenciler için soruların daha anlamlı hale geldiği bu nedenle de başarılarında artış gözlemlendiğini belirtmiştir.

Mehraein ve Gatabi (2013) İran'da 6. Sınıf öğrencileriyle deneysel bir çalışma yapmışladır. Bu çalışmada öğrenci cinsiyetlerinin öğrencilerin matematiksel modellemeye karşı tutumları ile matematiksel modelleme başarılarına bir etkisinin olup olmadığı ölçülmüştür. Sosyo-ekonomik düzeyleri aynı olan iki ayrı okuldan 300 öğrenci seçilip deney ve kontrol grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Deney grubu 150 öğrenciden (80 erkek ve 70 kız) oluşurken kontrol grubu da 150 öğrenciden (80 erkek ve 70 kız) oluşmuştur. Her iki gruba da ön test ve son test uygulanmıştır. Ön test ile son test arasında sadece deney grubuna matematiksel modelleme hakkında bilgi verilmiştir. Yapılan ön testte kız öğrencilerin başarısı erkek öğrencilerin

başarısından daha yüksek iken deney grubundaki son test sonuçlarında erkek öğrencilerin başarısı kızlara nazaran daha yüksek çıkmıştır.

Genel olarak yukarıda özetlenen birincil çalışmalarda öğrencilerle çalışıldığı, nicel yöntemlerden deneysel desenin ve analiz aşamasında parametrik testlerin kullanıldığı söylenebilir. Araştırma sonuçlarına göre matematiksel modellemeye dayalı öğretimin programa uygun öğretime göre öğrencilerin akademik başarıları, tutumları, motivasyonları ve matematiksel modelleme yeterlikleri gibi bağımlı değişkenler üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir. Matematiksel modellemenin öğrencilerin gerçek dünyayla matematik dünyası arasında bağ kurmasını kolaylaştırdığı söylenebilir.

3. 3. İkincil Çalışmalar

Erdem, Doğan, Gürbüz ve Şahin (2017), yaptığı çalışmada Türkiye'deki ortaokul matematik ders kitaplarındaki matematiksel modellemenin yansımalarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda matematik programında matematiksel modellemeye yapılan vurgunun aksine ders kitaplarında buna yer verilmediği görülmüştür. Matematiksel modelleme yerine matematik modellerine örnek gösterilebilecek görsellerin olduğu tespit edilmiştir.

Sokolowski (2015) matematiksel modellemenin öğrenci başarısı üzerine etkisini araştırdığı çalışmada 2000 ile 2013 yılları arasında lise ve üniversite öğrencileri üzerinde yapılan, hakemli dergilerde yayınlanmış deneysel çalışmaları analiz etmiş ve çalışmanın etki büyüklüğünü 0.69 bulmuştur. Bundan yola çıkarak matematiksel modellemenin öğrencilerin matematiği anlamalarına ve matematiksel uygulamaları doğru bir şekilde gerçekleştirmelerine yardımcı olduğu sonucuna varmıştır.

Sevencan (2019) tarafından yapılan meta-sentez çalışmasında Türkiye'de 2010 -2016 yılları arasında, matematik alanında yapılmış lisansüstü tezler incelenmiştir. Meta–senteze dâhil edilen 1276 çalışma arasında matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaların oranının sadece % 1.65 olduğu belirlenmiştir.

Aztekin ve Taşpınar (2015) tarafından yürütülen meta-sentez araştırmasında 2004-2014 yılları arasında, Türkiye'deki matematik eğitiminde kullanılan matematiksel modelleme çalışmalarının içerik analizi yapılmıştır. İncelenen 37 çalışma içinden yaklaşık %8'i deneysel, diğerleri ise nitel ya da nitel yöntemlerin kullanıldığı karma çalışmalardır. Bu çalışmaların %32'sinde matematiksel modelleme becerilerini geliştirmek için matematiksel modelleme amaç olarak kullanılırken %68'inde ise matematiği daha iyi öğretmek adına matematiksel modelleme etkinlikleri uygulanmıştır. Ayrıca çalışmalar en çok lisans öğrencileri ile (%51) gerçekleştirilmiştir.

Albayrak ve Çiltaş (2017) tarafından yürütülen meta-sentez çalışmasında Türkiye'de 2004 – 2015 yılları arasında yapılmış, matematik eğitimi alanında yayınlanan matematiksel model ve modelleme araştırmalarına yer verilmiştir. İncelenen 38 makale çalışmasının içinde %18,4'ü nicel, %71,1'i nitel ve %10,5'i karma çalışmalardır. Bu çalışmalardan ise %5,3'ü deneysel çalışmalardır. Tezlerde ise hiç deneysel çalışma yoktur. Meta–sentez çalışmasına dâhil edilen çalışmalar arasında öğretim kademeleri incelenmiş en çok çalışmanın lisans öğrencileriyle yapıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmaların oranı makalelerde %57,58 iken tezlerde %50 olarak saptanmıştır.

Matematiksel modelleme alanında yapılan her iki çalışmada da öğrencilerin matematiksel modelleme etkinliklerini uygulamadan önce günlük hayatla ilişkilendirmede zorluk yaşadığı fakat sonrasında matematiksel modelleme becerilerinin, derse yönelik olumlu tutumlarının ve akademik başarılarının arttığı belirlenmiştir. Bunlara ek olarak yapılan çalışmaların azlığına ve yüzeyselliğine dikkat çekilmiştir.

Yapılan ikincil çalışmalar arasında daha çok meta-sentez çalışması olduğu, dâhil edilen birincil çalışmaların genellikle lisans öğrencileriyle yapıldığı ve matematiksel modellemenin öğrencilerin matematiği anlamalarına, matematiksel uygulamaları doğru bir şekilde gerçekleştirmelerine yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır.

4. YÖNTEM

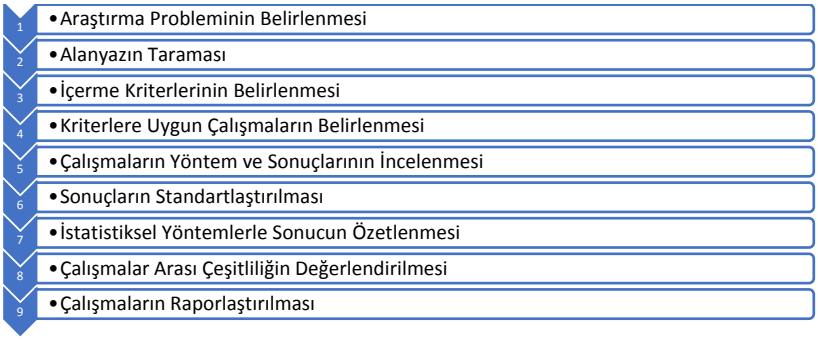
Bu bölümde; meta analizin istatistiksel model seçimi ve meta analizin uygulama aşamaları ile ilgili açıklamalar yapılmıştır. Veri toplama yöntemi kısmında, alanyazın tarama işlemi ile dâhil etme ve hariç tutma kriterleri açıklanmıştır. Daha sonraki bölümlerde ise araştırmaların kalitesinin değerlendirilmesine, kodlama yöntemine ve betimsel verilerine değinilmiştir.

4.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada matematiksel modellemenin öğrenci başarısına, derse yönelik tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini araştıran çalışmaların çeşitli değişkenler açısından etki büyüklüğünü hesaplamak için meta–analiz yöntemi kullanılmıştır. Analizlerin analizi anlamına gelen meta-analiz adı ilk olarak Glass tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Glass (1976) meta–analiz yönteminde amacın daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçları bir araya getirerek belirlenen yeni araştırma sorularına yanıt aramak olduğunu belirtmiştir. Meta-analiz yayımlanmış ve yayımlanmamış, farklı yer ve zamanlarda, aynı konuda yapılmış çalışmaların sonuçlarını bir araya getiren analitik bir yöntemdir (Şahin, 1999).

Meta-analiz yöntemi aynı konu ile ilgili yapılan birincil çalışmaları bir araya getirerek konuyla ilgili büyük resmin görülmesini sağlar ve alanyazındaki çelişkileri ortadan kaldırmaya yardımcı olur (Kanadlı, 2019). Meta-analizin amacı aynı alanda yapılmış bütün çalışmaların yol göstericiliğinde herhangi bir çalışmanın sonuçlarını anlamak bu sayede anlatı derlemelerinin açıklayamadığı durumları açıklayabilmektir (Borrenstein, Hedges, Higgins ve Rothstein, 2019).

Meta-analiz yukarıda bahsedilen açıklamaları yapmak için bazı basamakları kullanır. Meta-analiz basamakları; araştırma probleminin belirlenmesi, alanyazın taramasının yapılması, içerme kriterlerinin belirlenmesi, belirlenen kriterlere uygun çalışmaların seçilmesi, seçilen çalışmaların yöntem ve sonuçlarının incelenmesi, elde edilen sonuçların standartlaştırılması, istatistiksel yöntemler kullanılarak özet bir sonucun ortaya konulması, çalışmalar arası çeşitliliğin değerlendirilmesi, çalışmaların yorumlanıp raporlaştırılması şeklinde sıralanır (Çarkungöz ve Ediz, 2019). Meta-analiz basamakları Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Meta-Analiz Basamakları

4.2. Alanyazını Tarama İşlemi

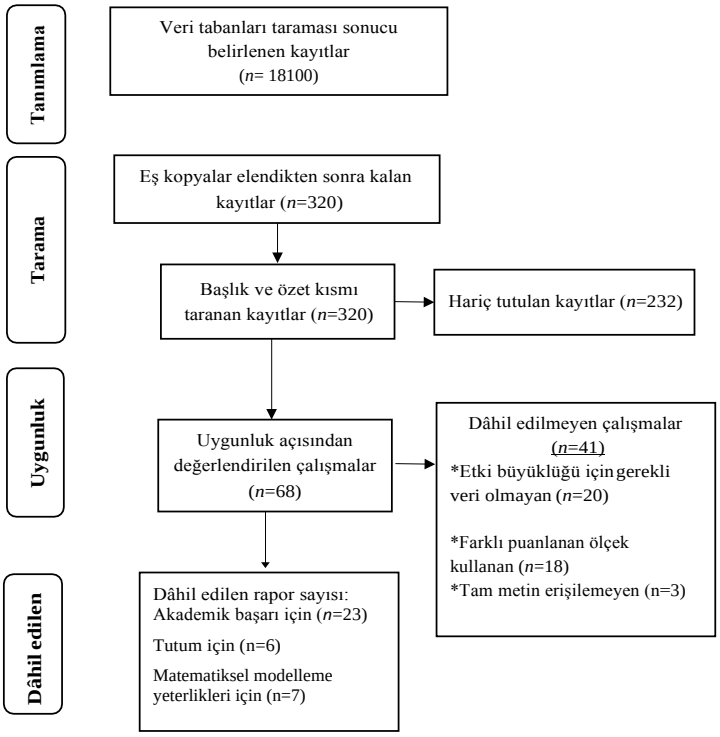
Bu çalışmaya dâhil edilen araştırmalar YÖK Ulusal Tez Merkezi, ULAKBİM, Google Akademik, Eric, EBSCO, ve Proquest Digital Dissertation veri tabanları taranarak elde edilmiştir. Tarama yaparken arama motoruna "Matematiksel Modelleme", "Matematiksel Modelleme ve Tutum", "Matematiksel Modelleme ve Akademik Başarı", "Mathematical Modeling", "Mathematical Modeling and Achievement", "Mathematical Modeling and Attitude" anahtar kavramları girilmiştir. Yapılan taramalar sonucunda 18.100 çalışma olduğu görülmüştür. Bunlardan 320 tanesinin matematiksel modellemeyle ilgili olduğu görülmüştür.

Arama, iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak yapılmış ve bu iki araştırmacı zaman zaman bir araya gelerek topladığı çalışmaları karşılaştırmıştır. İki defa toplanan çalışmalar ile gerekli bilgileri içermeyen çalışmalar dâhil edilmemiştir. Bunlara ek olarak Kartopu tekniği ile toplanan çalışmaların referans kısmı incelenerek diğer çalışmalara ulaşılmaya çalışılmıştır. Aramaya Mart 2020'de başlanmış, tamamlayıcı araştırma Şubat 2021'de yapılmıştır.

4. 3. Çalışmaları Dâhil Etme ve Hariç Tutma Kriterleri

Araştırmaya dâhil edilen alışmalarda aşağıdaki özellikler aranmıştır:

- Makale ya da tezlerden seçilmesi,
- Matematiksel modelleme uygulamaları içeren yarı deneysel ve zayıf deneysel çalışmalardan oluşması,
- Matematiksel modellemenin akademik başarıya, derse yönelik tutuma ya da matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi üzerine yapılmış bir araştırma olması,
- Örneklem sayısına, zayıf deneysel ya da yarı deneysel desenle yapılmış olması,
- Etki büyüklüğünün hesaplanmasına imkân veren deney ve kontrol grupları olan örneklem büyüklüğü (n), aritmetik ortalama (□) ve standart sapma (s) değerlerini ortaya koyan veya verilen sayısal verilerin hesaplanabilmesine imkân veren sayısal verileri bünyesinde barındıran araştırmalar olması
- Veri analizinde t-testi ve F istatistiği gibi parametrik testlerin kullanıldığı çalışmaların yanında non-parametrik çalışmalara da yer verilmesi,
- Bu meta-analiz çalışması için gerekli olan istatistiksel bilgileri içermeyen, matematiksel modellemenin akademik başarıya ya da derse yönelik tutumuna etkisini deneysel, yarı deneysel ya da zayıf deneysel desenle ele almamış araştırmalar hariç tutulacaktır.
- Yapılan çalışmaya dâhil edilecek araştırmalar için gerekli olan süreç aşağıdaki akış şemasında verilmiştir.



Şekil 4.2. Dâhil Etme Sürecine İlişkin Akış Şeması

Kaynak: Herber, O.R., Bücker, B., Metzendorf,M-I., ve Barosso, J. (2017). A qualitative meta – summary using Sandelowski and Barrosso's method for integrating qualitative research to explore barriers and facilitators to self-care in heart failıre patients. *European Journal of Cardiovascular Nursing. 16* (8), 662-677.

Aramalar sonunda erişilen 320 çalışma incelenmiş, benzer çalışmalar elenmiş ve çalışmaların sayısı 68 çalışmaya kadar indirilmiştir. Bu çalışmaların kodlaması Şekil 4.2.'de verilen akış şemasına göre yapıldıktan sonra bazı çalışmaların deneysel çalışma olmadığı bazılarının ise matematiksel modelleme uygulamalarını içermediği belirlenmiş ve bu çalışmalar analize dâhil edilmemiştir. Buna ek olarak bazı çalışmalar iki çalışma olarak değerlendirilmiştir Tam metni erişilemeyen çalışmaların yazarlarıyla e-mail yoluyla iletişim kurulmuştur. Sonuç olarak elde edilen 27 çalışmadan; 23 çalışma akademik başarı, altı çalışma tutum ve yedi çalışma matematiksel modelleme yeterlikleri çalışması olarak meta-analize dahil edilmiştir. Bazı çalışmalar ise etki büyüklükleri açısından birden fazla ele alınmıştır. Bu yüzden etki büyüklükleri dikkate alındığında çalışma sayısı 36'ya çıkmıştır. Dâhil etme kriterlerine göre meta-analize dâhil edilen çalışmaların listesi Ek 2'de verilmiştir.

4. 4. Araştırma Raporlarının Kalitesinin Değerlendirilmesi

İçerme ve dışlama ölçütleri belirlendikten sonra kodlanacak çalışma özelliklerine göre bir kodlama formu oluşturulmuştur. Bu kodlama formunda çalışma özellikleri (yazarlar, yayın

tarihi ve yayın çeşidi), tasarım özellikleri (araştırma deseni), örneklem özellikleri (seçkisiz ya da seçkisiz olmayan), ölçme özellikleri (veri kaynağı, ölçme süreci ve ölçme aracı), çalışmanın güvenirlik ve geçerlik katsayısı, nicel ya da nitel bulgular yer almıştır. Kodlama çalışmayı yapan araştırmacı haricinde yüksek lisans yapmış bir kişi tarafından daha yapılmıştır. Kodlama formları karşılaştırıldığında bir farklılık olmadığı gözlenmiştir.

Çalışmaların kalitesini değerlendirirken Pulye, Gagnon, Griffiths ve Johnson-Lufleur (2009) tarafından geliştirilen kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Nicel araştırmalar için (i) uygulama sürecinin ifade edilmesi ve örneklem belirlemede seçkisizlik, (ii) grup bilgisinin gizlenmesi, (iii) elde edilen verinini güvenirliğin ve geçerliğinin sağlanması; karma araştırmalar için (i) karma yöntem deseninin gerekçesi, (ii) nitel ve nicel veri analizi teknikleri, (iii) nitel ve nicel veri ya da sonuçlarının birbiriyle birleştirilmesi kriterleri dikkate alınmıştır.. Buna göre adı geçen özellik çalışmada varsa "1 puan", kısmen varsa "0.5 puan", yoksa "0 puan" alır. Kalite puanı= (var olan ölçüt sayısı/ toplam ölçüt sayısı) x100 şeklinde hesaplanır. Kriterleri içeren Nicel ve Karma Yöntemli Çalışmaları Değerlendirme Formu Tablo 4.1'de ve Ek 3'te verilmiştir.

Tablo 4. 1.
Nicel ve Karma Yöntemli Çalışmaları Değerlendirme Formu

	Yöntemsel Kalite Ölçütleri	**Var (1Puan)**	**Yok (0Puan)**
Nicel Deneysel	Uygulama sürecinin ifade edilmesi ve örneklem belirlemede seçkisizlik		
	Grup bilgisinin gizlenmesi		
	Elde edilen verinin güvenirliği ve geçerliğinin sağlanması		
Karma Yöntemli	Karma yöntem deseninin gerekçesi		
	Nitel ve nicel veri analiz teknikleri		
	Nitel ve nicel veri ya da sonuçların birbiriyle birleştirilmesi		

Araştırmaya dâhil edilen çalışmalar Tablo 4.1.'e göre değerlendirildiğinde, alınan puanlar 80 ile 100 arasında olduğundan çalışmaların kaliteli olduğuna karar verilmiştir.

Araştırmaya dâhil edilen çalışmalardan değerlendirme sonucunda alınan puanlar 80 ile 100 arasında olduğundan çalışmaların kaliteli olduğuna karar verilmiştir.

4. 5. Çalışmaların Özelliklerinin Kodlanması

Bu meta-analiz çalışmasına dâhil olan çalışmalar üç kategoride kodlanmıştır. Bunlar; araştırma raporu, araştırma tasarımları, değişkenlerin ölçülmesi ve etki büyüklükleri için gerekli veriler olarak belirlenmiştir.

4. 5. 1. Araştırma Raporlarının Özellikleri

Bu kategoride çalışmanın yazarlarının soyadları, çalışmanın yayınlanma tarihi ve yayın türü kodlanmıştır. Yayın türü; makale ve tez olarak sınıflandırılmıştır. Makaleye dönüştürülen

tezler makale olarak kodlanmıştır. Çalışmaların incelediği değişkenler; akademik başarı, tutum ve matematiksel modelleme yeterlikleri olarak sınıflandırılmıştır.

4. 5. 2. Araştırma Tasarımları

Bu kategori altında matematiksel modellemenin akademik başarı, tutum ve matematiksel modelleme yeterliklerine göre incelendiği yarı deneysel ve zayıf deneysel desenli çalışmalar içeren karma ve nicel araştırmalar incelenmiştir.

4. 5. 3. Değişkenlerin Ölçülmesi

Bu kategoride matematiksel modellemenin akademik başarı, derse yönelik tutum ve matematiksel modelleme yeterliklerinin ölçülmesinde kullanılan ölçme araçları kodlanmıştır.

Matematiksel modellemenin akademik başarı üzerindeki etkisinin ölçülmesinde; Kurtuluş Kayan (2019) akademik başarı ölçeğini hazırlarken PISA sorularından, MEB 7. Sınıf ders kitabından ve diğer yardımcı kaynaklardan faydalanarak "Yüzde Başarı Testi"ni oluşturmuştur. Aynı zamanda akademik başarıya ek olarak matematiksel modelleme yeterliklerinden biri olan matematiği günlük hayatla ilişkilendirme düzeyini ölçmek amacıyla "Matematiği Günlük Hayatla İlşkilendirme Testi"ni geliştirmiştir. Şeker (2019) tarafından öğrencilerin akademik başarısını ölçme amacıyla "Matematiksel Problem Çözme Tutum Ölçeği" geliştirmiştir. Delikanlı (2019) TIMMS 2011 ve TIMMS 2015 sorularından doğal sayılarla ilgili olanları alarak "Matematik Başarı Testi" adlı ölçeği geliştirmiştir. Yıldırım ve Işık (2014) tarafından uygulanan ölçek "5. Sınıf Parasız Yatılılık ve Bursluluk Sınavı" sorularıdır. Yukarıda adı geçenlerin dışındaki araştırmacılar ise kendi başarı testlerini oluşturup uygulamışlardır.

Matematiksel modellemenin tutum üzerindeki etkisini ölçmede; Delikanlı (2019), Baykul'un 1990'da geliştirdiği tutum ölçeğini, Betanga (2018) Tapia ve Marsh'ın 2004 yılında geliştirdiği tutum testini, Korkmaz (2010), Duatepe ve Çilesiz'in 1999 yılında geliştirdiği matematik tutum ölçeğini, Papageorgiou (2009), 2007 yılında gerçekleştiren TIMMS sorularından aldığı sorularla hazırladığı tutum ölçeğini ve Şeker (2010) ise 2008 yılında Çanakçı tarafından geliştirilen tutum ölçeğini uygulamıştır.

Matematiksel modellemenin matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini ölçmede araştırmacıların kullandığı ölçekler hakkında bilgi verilmiştir. Alkan (2019) tarafından geliştirilen "Matematiksel Modelleme Yeterliği Testi" gerekli alanyazın taraması ve MEB matematik uygulamaları ders kitapları incelendikten sonra üç farklı matematiksel modelleme sorusundan oluşturulmuştur. Sandalcı (2013) araştırmasında 2017 yılında Erturan tarafından geliştirilen "Matematik ve Günlük Yaşam Testini" uygulamıştır. Şeker (2014) ise Tekin Dede ve Bukova Güzel tarafından 2014 yılında hazırlanan "Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Değerlendirme Rubriği" adlı ölçeği kullanmıştır.

4. 5. 4. Etki Büyüklüğü İçin Gerekli Veriler

Matematiksel modellemenin akademik başarı, tutum ve matematiksel modelleme yeterliklerine göre anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için araştırma raporlarından deney gruplarına ait ortalama, standart sapma ve örneklem büyüklükleri kodlanmıştır. Bu bilgileri sağlamayan araştırma raporlarında t testi sonucu ve örneklem büyüklüğü kodlanmıştır. F testi sonuçlarını veren araştırma raporlarında ise önce F testi sonucunun karekökü alınarak t testi sonucu elde edilmiş, daha sonra kodlama yapılmıştır.

4. 5. 5. Matematiksel Modellemenin Akademik Başarıya, Tutuma ve Matematiksel Modelleme Yeterliklerine Etkisini İnceleyen Araştırmaların Betimsel Verileri

Bu meta-analiz araştırmasına dâhil edilen çalışmaların toplam örneklem büyüklüğü 1461 kişidir. Araştırmaya dâhil edilen 27 çalışmadan bazılarında birden fazla çalışmaya dâhil edilebilecek veri olduğu belirlenmiştir. Böylelikle çalışma sayısı 36'ya yükselmiştir. Çalışmalara ait betimsel analizler ayrıntılı olarak Tablo 4.2, Tablo 4.3. ve Tablo 4.4.' te verilmiştir.

Tablo 4. 2.
Çalışmaların Yayın Türüne Göre Dağılımı

Akademik Başarı			**Tutum**			**Modelleme Yeterlikleri**		
Yayın Türü	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**	**Yayın Türü**	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**	**Yayın Türü**	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**
Tez	20	86.95	**Tez**	6	100	**Tez**	2	28.57
Makale	3	13.05	**Makale**	0	0	**Makale**	5	71.43
Toplam	**23**	**100**	**Toplam**	**6**	**100**	**Toplam**	**7**	**100**

Çalışmaların yayın türüne göre dağılımı incelendiğinde her üç bağımlı değişken içinden akademik başarı ve tutum değişkenlerinde ağırlığın tezlerde olduğu görülmektedir. Tek tek incelendiğinde ise bu oranın tezlerdeki yüzdesinin akademik başarı değişkeni için % 86.95, tutum değişkeni için %100 olduğu görülmüştür. Ancak matematiksel modelleme yeterlikleri için durum diğerlerinde farklı olup ağırlığın makalelerde olduğu ve oranın ise %71.45 olduğu gözlenmiştir. Çalışmaların öğretim kademesine göre dağılımı Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4. 3.
Çalışmaların Öğretim Kademesine Göre Dağılımı

Akademik Başarı			Tutum			Modelleme Yeterlikleri		
Yayın Türü	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**	**Yayın Türü**	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**	**Yayın Türü**	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**
İlkokul	1	4.347	**İlkokul**	1	16.66	**İlkokul**	1	14.285
Ortaokul	11	9.09	**Ortaokul**	1	16.66	**Ortaokul**	6	85.71
Lise	4	17.39	**Lise**	1	16.66	**Lise**	0	0
Üniversite	7	4.347	**Üniversite**	3	50	**Üniversite**	0	0
Toplam	**23**	**100**	**Toplam**	**6**	**100**	**Toplam**	**7**	**100**

Çalışmaların öğretim kademesine göre dağılımı incelendiğinde modelleme yeterlikleri değişkeninde lise ve üniversitede yapılan bir çalışma yoktur. Ancak akademik başarı ve tutum değişkeninde her kademede çalışmanın yer aldığı görülmüştür. Akademik başarı değişkeni için yapılan çalışmaların % 9.09 oranında ortaokul ağırlıklı olduğu, tutum değişkeninde yapılan çalışmaların ağırlığının ise %50 oranında üniversite kademesinde yapıldığı görülmüştür. Çalışmaların ders türüne göre dağılımı Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4. 4.
Çalışmaların Ders Türüne Göre Dağılımı

Akademik Başarı			Tutum			Modelleme Yeterlikleri		
Alan	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**	**Alan**	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**	**Alan**	**Frekans (f)**	**Yüzde (%)**
Matematik	21	91,30	**Matematik**	6	100	**Matematik**	7	100
Fen Bilimleri	2	8,69	**Fen Bilimleri**	0	0	**Fen Bilimleri**	0	0
Toplam	**23**	**100**	**Toplam**	**6**	**100**	**Toplam**	**7**	**100**

Çalışmaların ders türüne göre dağılımı yapıldığında tutum ve modelleme yeterliklerinin incelendiği çalışmaların hepsinin matematik alanında olduğu buna karşın akademik başarı için yapılan çalışmaların %91.30'unun matematik, %8.69'unun ise fen bilimleri alanında yapıldığı, bu alanda yapılan çalışmaların da ağırlıklı olarak matematik alanında gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

4. 5. 5. Kodlayıcılar Arası Güvenirlik

Meta-analize dâhil edilen çalışmalardan beş tanesi yüksek lisans mezunu başka bir kodlayıcıya kodlama formuyla birlikte verilmiştir. Kodlayıcılar arası güvenirliği hesaplayabilmek için Orwin ve Vevea, (2009) tarafından geliştirilen;

$\text{Uzlaşma Oranı} = \frac{\text{uzlaşılan çalışma sayısı}}{\text{toplam çalışma sayısı}}$ formülü kullanılmıştır. Uzlaşma oranı %95 olarak hesaplanmıştır.

4. 6. Veri Analizi

Bu çalışmada elde edilen örneklem büyüklüğü 20'den az olduğundan Hedges' g' tercih edilmiştir. Bu meta-analiz çalışmasında Thalheimer ve Cook (2003) sınıflaması kullanılmıştır. Bu sınıflamaya göre etki büyüklüğü düzeyleri aşağıdaki gibi yorumlanır.

-0.15≤ etki büyüklüğü < 0.15 ise önemsiz düzeyde

0.15 ≤ etki büyüklüğü < 0.40 ise küçük düzeyde

0.40 ≤ etki büyüklüğü < 0.75 ise orta düzeyde

0.75 ≤ etki büyüklüğü < 1.10 ise geniş düzeyde

1.10 ≤ etki büyüklüğü < 1.45 ise çok geniş düzeyde

1.45 ≤ etki büyüklüğü olağanüstü düzeyde

Matematiksel modelleme yönteminin öğrencilerin akademik başarıları, tutumları ve matematiksel modelleme yeterlikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bu meta-analiz çalışmasında sonuçlar; öğrenci seviyesi, uygulama süresi gibi faktörler sebebiyle etki büyüklüğü her çalışmada farklılık göstermiştir. Çalışmalar arasındaki farklılığı gösterme yollarından biri de rastgele etkiler modelidir ve buna ek olarak çalışmalar alanyazından elde edildiğinde rastgele etkiler modeli kullanılması uygun görülmüştür (Borenstein ve diğerleri, 2019). Bu nedenle bu çalışmada rastgele etkiler modeli kullanılmıştır; ancak çalışmalar arasındaki heterojenliği belirlemek için de heterojenlik testi yapılmıştır. Bu test, örnekleme hatasından kaynaklanan varyans (χ^2) ile etki büyüklüklerinde gözlenen varyans (Q) arasında anlamlı bir fark olup olmadığını inceler (Cooper, 2010, s.85). Testin sonucunda p>.05 bulunursa etki büyüklükleri heterojendir. Heterojenliğin büyüklüğünü ifade etmek amacıyla çalışmalar arasındaki varyansın toplam varyansa oranının yüzde değeri olan I^2 indeksine bakılır. Bu indeks; 0 ile %25 arasındaysa düşük, %25 ile %50 arasındaysa orta, %50 ile %75 arasındaysa yüksek olarak yorumlanır (Higgins, Thompson, Deeks ve Altman, 2003).

Çalışmada heterojenlik testinden sonra kategorik moderatör analizi yapılmıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmalar sınıf düzeyine, ders türüne, araştırma yöntemine, araştırma desenine ve verilerin analiz edildiği test türüne göre sınıflandırılıp oluşturulan grupları karşılaştırarak bunlar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmiştir. Veriler Excel, CMA ve R yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir.

4. 6. 1. Yayın Yanlılığı

Kategorik moderatör analizi yapıldıktan sonra genel etki büyüklüğünün kaynağını bulmak amacıyla alanyazından derlenen araştırmalarda yayın yanlılığı incelenmiştir. Yayın yanlılığının içinde farklı değişkenler de yer alabilir. Bunlar; dâhil edilen araştırmalarda sadece İngilizce çalışmaların olması nedeniyle dil yanlılığı (Juni ve ark. , 2002) kolay erişebilecek kaynakların seçilmesi nedeniyle mevcut olma yanlılığı, sadece ücretsiz ya da düşük ücretli veri tabanlarının seçilmesi nedeniyle maliyet yanlılığı, araştırmalara yalnızca tek bir disiplinin dâhil edilmesi sebebiyle benzerlik yanlılığı (Borenstein ve diğerleri., 2019, s.269) ve istatistiksel yönden anlamlı olduğundan aynı çalışmanın konulara bölünerek yayınlanması ve aynı meta–analiz çalışmasına bunların dâhil edilmesi sebebiyle tekrar yanlılığı (Tramer ve diğerleri, 1997) olarak sıralanırlar.

Yayın yanlılığı olup olmadığını kanıtlamak için kullanılan bir diğer yöntem ise Huni diyagramıdır (Kanadlı, 2019, s.26). Etki büyüklükleri huni diyagramının sınırları içinde genel etki büyüklüğü çevresinde simetrik bir dağılım göstermiyorsa bu, yayın yanlılığı olduğu anlamına gelir (Borenstein ve diğerleri, 2019). Huni diyagramının yorumlanması objektif olmayacağından daha net bir karara ulaşmak amacıyla Rosenthal'ın Korumalı N'i, Duval ve Tweedie'nin Kırpma Doldurması ve Egger'in Kesen Testi yapılır.

4. 6. 1. 1. Rosenthal'ın Korumalı N'i

Bir araştırmada tespit edilen etki büyüklüğünün gücünü ya da genel etkinin yayın yanlılığından kaynaklanıp kaynaklanmadığını belirlemek amacıyla Rosenthal'ın Korumalı N'i kullanılmıştır. Rosenthal'ın (1979) önerisi göz önünde bulundurulduğunda N/5k + 10 (N: meta-analiz için gerekli olan çalışma sayısı, k: meta-analize dâhil edilen çalışma sayısı) oranı birden büyük olursa çalışmada yayın yanlılığı olmadığı söylenebilir.

4. 6. 1. 2. Duwal ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurması

Huni diyagramındaki simetrinin sağlanamadığı durumlarda simetriyi bozan çalışmalar kırpılarak her defasında etki büyüklüğü tekrar hesaplanır. Sonra kırpılan çalışmalar yerine konur ve simetri sağlanana kadar aynı işlemler sürdürülür (Card, 2012, s.274).

4. 6. 1. 3. Egger'in Kesen Testi

Bu testte standart hataya göre çarpmanın tersi olan hassasiyetin etki büyüklüğünün standart hataya bölünmesi ile elde edilen standartlaşmış etki büyüklüğünün anlamlı bir yordayıcısı olup olmadığı belirlenir. Test sonucu belirlenen kesişim değeri sıfır ise yayın yanlılığı olmadığı saptanır (Card, 2012, s. 266).

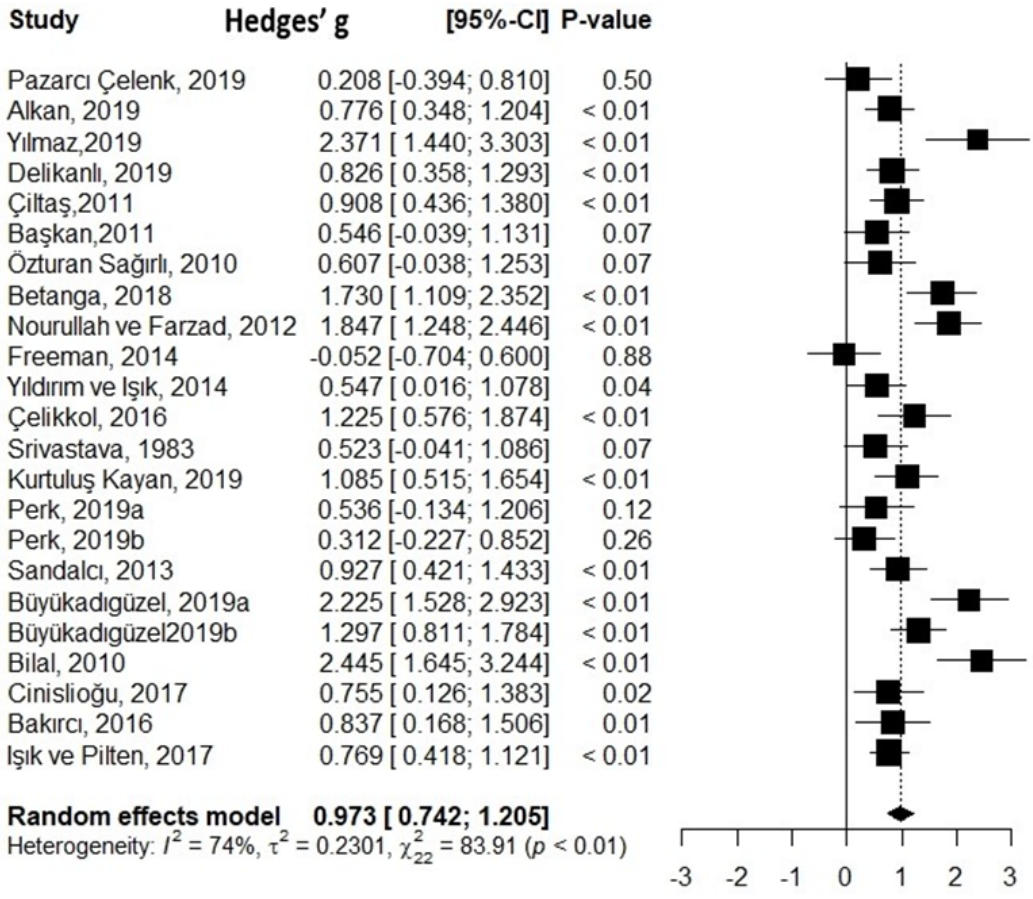
5. BULGULAR

5. 1. Verilerin Etki Büyüklüklerine İlişkin Bulgular

Matematiksel modellemenin akademik başarı, tutum ve matematiksel modelleme yeterlikleri ile ilgili etki büyüklüklerine ait bulgular açıklanmıştır.

5. 1. 1. Akademik Başarı Çalışmalarının Etki Büyüklüklerine Ait Bulgular

Matematiksel modellemenin akademik başarıya etkisini incelemek amacıyla yapılan analiz çalışmasının sonuçları aşağıdaki orman grafiğinde verilmiştir. Çalışmalar arasında örneklem büyüklüğü 20'den küçük olduğundan birincil indeks olarak Cohen's d yerine Hedges's g ile düzeltme yapılmıştır (Cooper, 2009, s.172). Çalışmanın alt ve üst değerleriyle birlikte genel etki büyüklükleri şekil 5.1.'d e verilmiştir.



Şekil 5. 1. Akademik Başarı Çalışmalarının Genel Etki Büyüklükleri Dağılımı ve Orman Grafiği

Şekil 5.1.'deki orman grafiğine göre analize dâhil edilen çalışmalar arasından bir tanesi negatif etki değerine sahip olup Freeman (2014) tarafından gerçekleştirilmiştir. En büyük etki değerine (ES=2.445) sahip olan çalışma Bilal (2010), en küçük etki değerine (ES=-0. 052) sahip olan çalışma ise Freeman (2014) tarafından yapılan çalışmadır. Çalışmaların % 95 güven

seviyesinde etki büyüklüklerinin anlamlılık değeri incelendiğinde Pazarcı Çelenk (2019), Freeman (2014), ve Perk (2019b) tarafından yapılan çalışmalarda anlamlı bir etki büyüklüğü vermediği (p>.05) görülmüştür. Birincil çalışmaların hesaplanan etki büyüklükleri Thalheimer ve Cook'un (2003) sınıflamasına göre incelendiğinde çalışmaların %4'ü "önemsiz düzeyde", %8.6'sı "küçük düzeyde", %21.7'si "orta düzeyde", %30'u "geniş düzeyde", %8.6'sı "çok geniş düzeyde" ve %6'sı "olağanüstü düzeyde" bir etki büyüklüğüne sahiptir.

Araştırmaya dâhil edilen çalışmalardan 23'ü akademik başarıyla ilgili olup alanyazından toplandığından etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre birleştirilmiştir. Bu çalışmaların standart hatasının 0.118 ve %95'lik güven aralığının üst sınırı 1.205 iken alt sınırı 0.742 olarak hesaplanmıştır. Etki büyüklüğü değeri ise 0.973 olarak belirlenmiştir. Thalheimer ve Cook (2003) sınıflamasında bu değer, matematiksel modellemenin "geniş düzeyde" bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu gösterir.

Orman grafiğinde görüldüğü gibi Q değeri 22 serbestlik derecesi ile 83.91 olarak hesaplanmıştır. χ^2 tablosunda 22 serbestlik derecesi ve %95'lik güven seviyesinde kritik değeri $\chi^2 = 32.67$'dir. $Q>\chi^2$, ($p<.05$) olduğundan çalışmaların heterojen olduğu ve aynı yaygın etkiyi paylaşmadığı söylenebilir. Heterojenliğin büyüklüğü ise I^2 = % 74 olarak saptanmıştır. Bu durumda heterojenliğin değerinin yüksek olduğu söylenebilir (Higgins ve arkadaşları, 2003).

Çalışmaların heterojen olduğu belirlendikten sonra heterojenliğin kaynağını tespit etmek amacıyla akademik başarıyı ele alan çalışmaların yürütüldüğü öğretim kademesi ve alana göre moderatör analizleri yapılmıştır.

5. 1. 1. 1. Akademik Başarının Öğretim Kademesine Göre Moderatör Analizi

Akademik başarının öğretim kademesine göre moderatör analizi yapıldığında bir ilkokul, dört lise, 11 ortaokul ve yedi üniversite kademesinde çalışma olduğu belirlenmiştir. İlkokul kategorisinde sadece bir çalışma olduğundan moderatör analizine dâhil edilmemiştir. Bu kategoriler arasında %95 seviyesinde anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için yapılan kategorik moderatör analizi sonucu Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5. 1.
Öğretim Kademelerine Göre Matematiksel Modellemenin Akademik Başarıya Etkisi için Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri

			95 % CI.		Heterojenlik		
Moderatör Adı	**k**	**Etki B.**	**Alt Lim.**	**Üst Lim.**	**Qb**	**df**	**p**
Öğretim Kademesi	**22**	**0.796**	**0.608**	**0.983**	**8.527**	**2**	**0.014**
Ortaokul	11	0.944	0.684	1.203			
Lise	4	0.479	0.180	0.778			
Üniversite	7	1.364	0.716	2.011			

Öğretim kademesinde yapılan çalışmalardan yalnız bir tanesi ilkokul kademesinde olduğu için ilkokul kademesinin etki büyüklüğü heterojenlik testine dâhil edilmemiştir. Diğer kademelerin etki büyüklüklerinin; ortaokulda 0.944 [0.684, 1.203], lisede 0.479 [0.180, 0.778] ve üniversitede 1.364 [-0.716, 2.011] olduğu görülmüştür.

Tablo 5.1. incelendiğinde $Q_{between}$ =8.527, χ^2=5.99 ve p=0.014 (Q> χ^2 , p<.05) olarak ölçülmüştür. Çalışmalar arasındaki varyansın kaynaklarından birinin çalışmalarının yürütüldüğü öğretim kademesinden biri olan lise kademesi olduğu söylenebilir. Buna göre matematiksel modelleme etkinliklerinin lise kademesinde (E.S. = 0.479) en düşük etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin en yüksek görüldüğü kademe ise üniversitedir (E.S. = 1.364).

5. 1. 1. 2. Akademik Başarının Ders Türüne Göre Moderatör Analizi

Akademik başarı alanında yapılan 23 çalışma arasından iki tanesinin fen bilimleri, 21 tanesinin ise matematik alanında yapıldığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar alanlara göre ayrıldığında etki büyüklüklerinin matematik alanında 1.017 [0.7, 1.266], fen bilimleri alanında 0.534 [0.128, 0.940] olduğu görülmüştür.

Bu kategoriler arasında %95 seviyesinde anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için kategorik moderatör analizi yapılmıştır. Matematiksel modelleme uygulamalarının ders türüne göre (fen bilimleri ve matematik) heterojenlik testi ve etki büyüklükleri Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5. 2.
Ders Türlerine Göre Matematiksel Modellemenin Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri

			95 % CI.		Heterojenlik		
Moderatör Adı	**k**	**Etki B.**	**Alt Lim.**	**Üst Lim.**	**Qb**	**df**	**p**
Ders Türü	23	0.886	0.674	1.98	3.965	1	0.046
Fen Bilimleri	2	0.534	0.128	0.940			
Matematik	21	1.017	0.769	1.266			

Tablo 5.2. 'de görüldüğü gibi $Q_{between}$= 3.965, χ^2=3.84 ve p=0.046 (Q> χ^2 , p<.05) olduğundan matematik alanında yapılan çalışmalar lehinde anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir. Bu sonuca göre matematiksel modelleme uygulamalarının etki büyüklüklerinin matematik dersinde, fen bilimleri derslerine göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

5. 1. 1. 3. Akademik Başarının Araştırma Yöntemine Göre Moderatör Analizi

Akademik başarının araştırma yöntemine göre moderatör analizi yapıldığında 13 tane karma, 10 tane nicel çalışmaya rastlanmıştır. Yapılan çalışmalar araştırma yöntemine göre

ayrıldığında etki büyüklüklerinin karma çalışmalarda 1.071 [0.702, 1.440], nicel çalışmalarda 0.884 [1.228, 5.037] olduğu görülmüştür. Bu kategoriler arasında %95 seviyesinde anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için yapılan kategorik moderatör analizi sonucu Tablo 5.3.'te verilmiştir.

Tablo 5. 3.
Araştırma Yönteminin Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri

			95 % CI.		Heterojenlik		
Moderatör Adı	**k**	**Etki B.**	**Alt Lim.**	**Üst Lim.**	**Qb**	**df**	**p**
Araştırma Yöntemi	**23**	**0.970**	**0.735**	**1.205**	**0.554**	**1**	**0.504**
Karma	13	1.045	0.702	1.440			
Nicel	10	0.884	0.540	1.228			

Tablo 5.3. 'te görüldüğü gibi $Q_{between}$= 0.554, χ^2=3.84, p=0.504 ($Q<\chi^2$, p>.05) olduğundan yapılan çalışmalar arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuca göre matematiksel modelleme uygulamalarının akademik başarıya etkisinin incelendiği çalışmalardaki heterojenliğin araştırma yönteminden kaynaklanmadığı söylenebilir.

5. 1. 1. 4. Akademik Başarının Araştırma Desenine Göre Moderatör Analizi

Akademik başarının araştırma desenine göre moderatör analizi yapıldığında 2 tane zayıf deneysel ve 21 tane yarı deneysel çalışmaya rastlanmıştır. Yapılan çalışmalar araştırma desenine göre ayrıldığında etki büyüklüklerinin zayıf deneysel çalışmalarda 1.518 [-0.042, 3.077] ve yarı deneysel çalışmalarda 0.937 [0.699, 1.175] olduğu görülmüştür.

Bu kategoriler arasında %95 seviyesinde anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için yapılan kategorik moderatör analizi sonucu Tablo 5.4.'te verilmiştir.

Tablo 5. 4.
Araştırma Deseninin Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi ve Etki Büyüklükleri

			95 % CI.		Heterojenlik		
Moderatör Adı	**k**	**Etki B.**	**Alt Lim.**	**Üst Lim.**	**Qb**	**df**	**p**
Araştırma Deseni	**23**	**0.950**	**0.715**	**1.186**	**0.521**	**1**	**0.471**
Zayıf Deneysel	2	1.518	-0.042	3.077			
Yarı Deneysel	21	0.937	0.699	1.175			

Tablo 5.4. 'te görüldüğü gibi $Q_{between}$= 0.521, χ^2=3.84 ve p=0.471 ($Q< \chi^2$, p>.05) olduğundan yapılan çalışmalarda kullanılan araştırma desenleri arasında anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir. Bu sonuca göre matematiksel modelleme uygulamalarının akademik başarıya etkisinin incelendiği çalışmalardaki heterojenliğin araştırma deseninden kaynaklanmadığı söylenebilir.

5.1.1.5. Akademik Başarının Kullanılan İstatistiksel Test Türüne Göre Moderatör Analizi

Akademik başarının kullanılan istatistiksel test türüne göre moderatör analizi yapıldığında 19 tane parametrik ve 4 tane non-parametrik çalışma olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar test türüne göre ayrıldığında etki büyüklüklerinin non-parametrik testlerde 1.245 [0.572, 1.918], parametrik testlerde 0.922 [0.673, 1.171] olduğu görülmüştür.

Bu kategoriler arasında %95 seviyesinde anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için yapılan kategorik moderatör analizi sonucu Tablo 5.5.'te verilmiştir.

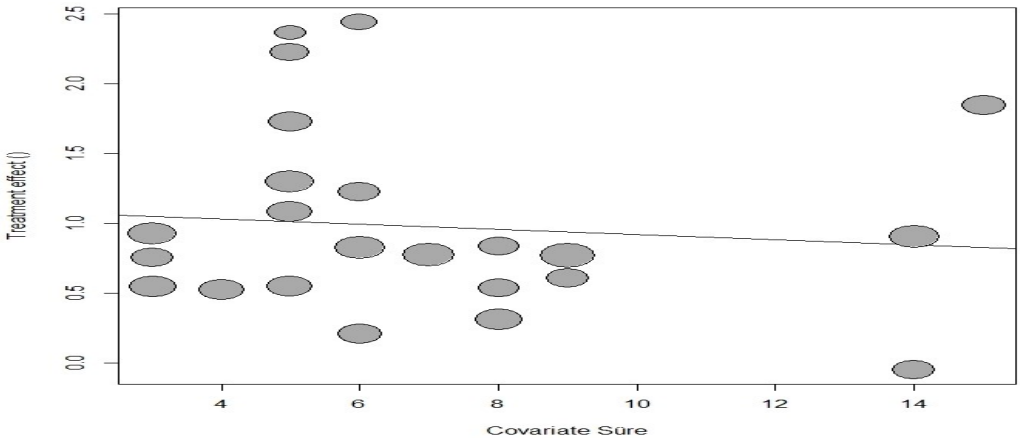
Tablo 5. 5.
Test Türünün Akademik Başarıya Etkisi İçin Yapılan Heterojenlik Testi Ve Etki Büyüklükleri

			95 % CI.		Heterojenlik		
Moderatör Adı	**k**	**Etki B.**	**Alt Lim.**	**Üst Lim.**	**Qb**	**df**	**p**
Test Türü	**23**	**0.961**	**0.728**	**1.194**	**0.779**	**1**	**0.378**
Non-parametrik	4	1.245	0.572	1.918			
Parametrik	19	0.922	0.673	1.171			

Tablo 5.5. 'te görüldüğü gibi $Q_{between}$= 3.965, χ^2=3.84 ve p=0.378 ($Q < \chi^2$, p>.05) olduğundan yapılan çalışmalarda kullanılan test türleri arasında anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir. Bu sonuca göre matematiksel modelleme uygulamalarının akademik başarıya etkisinin incelendiği çalışmalardaki heterojenliğin test türünden kaynaklanmadığı söylenebilir.

5.1.1.6. Akademik Başarı ve Uygulama Süresine İlişkin Meta – Regresyon Analizi

Deneysel işlemin uygulama süresi ile akademik başarıya ilişkin etki büyüklükleri arasındaki saçılım grafiği Şekil 5.2.'de verilmiştir.



Şekil 5. 2. Akademik Başarı ve Uygulama Süresine İlişkin Saçılım Grafiği

Şekil 5.2.'ye göre meta-regresyon sonucu uygulama süresi ve akademik başarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çalışmalar arasındaki varyansı, uygulama süresi ile açıklamaya çalışan modelin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan meta-regresyon sonucu Tablo 5.6' da verilmiştir.

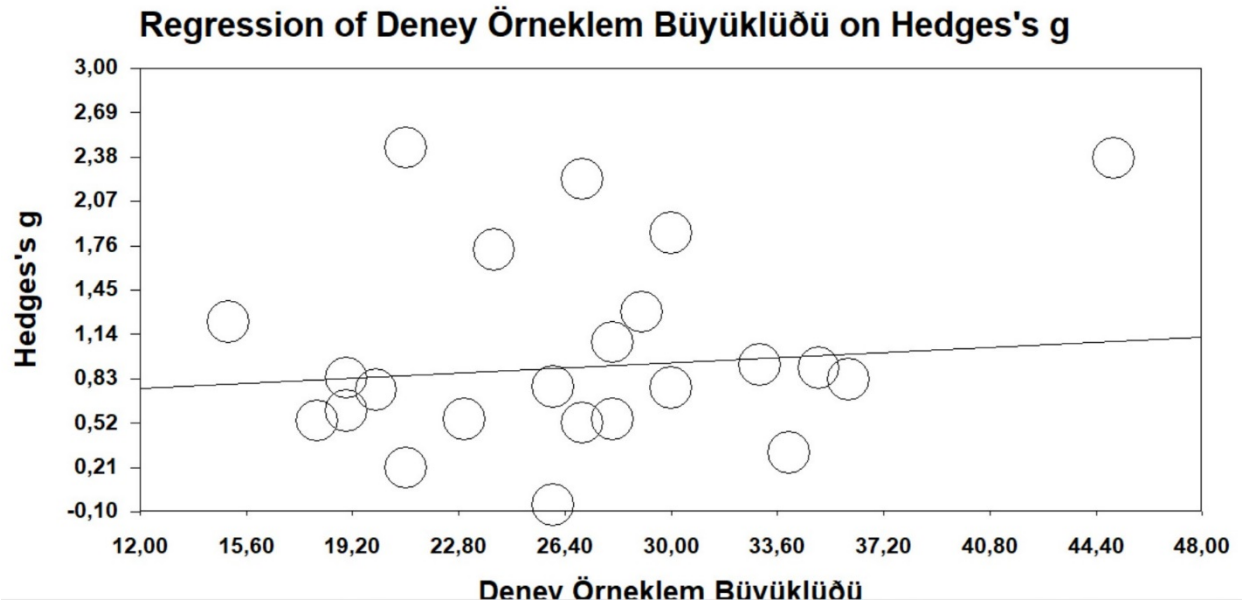
Tablo 5. 6.
Akademik Başarı ve Uygulama Süresine İlişkin Regresyon Analizi

	Q	Df	P
Model	0.269	1	0.604
Artık Değer	27.083	21	0.168
Toplam	27.352	22	0.198

Tablo 5.6.'ya göre etki büyüklüklerini uygulama süresi ile açıklanmaya çalışıldığı model ($Q < \chi^2$, $p > .05$) anlamlı çıkmamıştır. Bu sonuca göre uygulama süresinin etki büyüklüklerinin anlamlı bir yordayıcısı olmadığı söylenebilir.

5.1.1.7. Akademik Başarı ve Örneklem Büyüklüğüne İlişkin Meta–Regresyon Analizi

Deneysel işlemin örneklem büyüklüğü ile akademik başarıya ilişkin etki büyüklükleri arasındaki saçılım grafiği Şekil 5.3.'te verilmiştir.



Şekil 5. 3. Akademik Başarı ve Örneklem Büyüklüğüne İlişkin Saçılım Grafiği

Şekil 5.3.'e göre meta-regresyon sonucu deneysel uygulamaların örneklem büyüklüğü ve akademik başarı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Çalışmalar arasındaki varyansın, deneysel uygulamaların örneklem büyüklüğü ile açıklamaya çalışan modelin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan meta-regresyon sonucu Tablo 5.7' de verilmiştir.

Tablo 5. 7.
Akademik Başarı ve Örneklem Büyüklüğüne İlişkin Regresyon Analizi

	Q	Df	P
Model	0.89455	1	0.34425
Artık Değer	26.81811	21	0.17696
Toplam	27.71266	22	0.18540

Tablo 5.7.' ye göre etki büyüklüklerini uygulama süresi ile açıklanmaya çalışıldığı model ($Q< \chi^2$, $p>.05$) anlamlı çıkmamıştır. Bu sonuca göre örneklem büyüklüğünün etki büyüklüklerinin anlamlı bir yordayıcısı olmadığı söylenebilir.

Akademik Başarıya İlişkin Yayın Yanlılığı

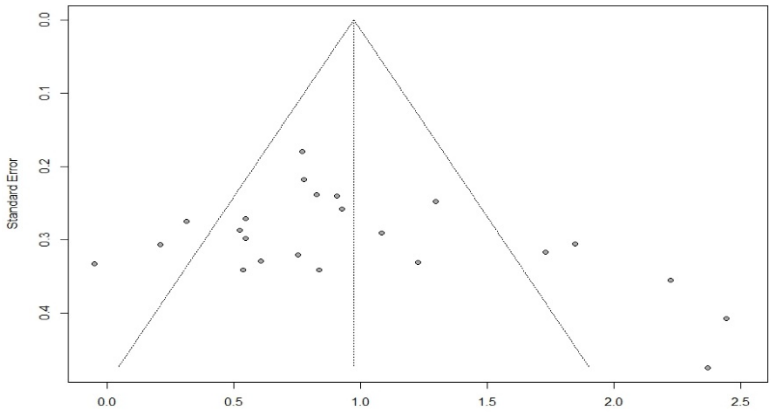
Yayın yanlılığı olup olmadığını belirlemenin yöntemlerinden ilki çalışmaları yayınlanmış (makale) ve yayınlanmamış (tez) olarak sınıflandırmak ve yayın türü açısından etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığına bakmaktır (Card, 2012, s. 262). Çalışmaların yayın türüne göre anlamlı farklılık göstermemesi yayın yanlılığı olmadığına dair güçlü bir kanıttır. Tablo 5.8.'de akademik başarıya ilişkin yayın yanlılığı bulguları verilmiştir.

Tablo 5. 8.
Akademik Başarıya İlişkin Yayın Yanlılığı

			95 % CI.		Heterojenlik		
Moderatör Adı	**k**	**Etki B.**	**Alt Lim.**	**Üst Lim.**	**Qb**	**df**	**p**
Yayın Türü	**23**	**0.974**	**0.734**	**1.214**	**0.029**	**1**	**0.864**
Tez	20	0.966	0.710	1.223			
Makale	3	1.030	0.346	1.714			

Tablo 5.8.'de görüldüğü gibi $Q_{between}$ = 0.029, p=0.864 ($Q< \chi^2$, $p>.05$) anlamlı çıkmamıştır. Bu sonuca göre tez ve makale çalışmaları arasında etki büyüklükleri açısından anlamlı bir fark yoktur. Bu durumda çalışmada yayın yanlılığı olmadığı söylenebilir.

Yayın yanlılığını tespit etmenin bir diğer yolu da huni grafiğidir. Şekil 5.4.' te buna dair bulgulara yer verilmiştir.



Şekil 5. 4. Akademik Başarıya İlişkin Huni Grafiği

Şekil 5.4.'teki huni grafiğine bakıldığında etki büyüklüklerinin belirlenen sınırlar içinde ortada ve genel etki büyüklüğü etrafında tam bir simetri oluşturmadığı, bazı etki

büyüklüklerinin sınırlar dışında kaldığı görülmektedir. Bu grafiğe göre yayın yanlılığı olabileceği sonucuna varılabilir. Bunun için diğer yayın yanlılığı testlerine de bakmak gerekir. Duval ve Tweedie'nin Kırpma Doldurma Testi bu huni grafiğindeki etki büyüklüklerinin dağılımının yayın yanlılığına sebep olup olmayacağını ölçen testlerden biridir. Tablo 5.9.'da bu teste ait bulgular verilmiştir.

Tablo 5. 9.
Akademik Başarıya İlişkin Duval ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurma Testi

Rastgele Etkiler Modeli	Kırpılan Çalışmalar	Etki Büyüklüğü	Alt Sınır	Üst Sınır
Gözlenen Değer		0.97325	0.74155	1.204195
Beklenen Değer	0	0.97325	0.74155	1.204195

Tablo 5.9. incelendiğinde kırpılmış değer olmadığı rastgele etkiler modeli altında gözlenen ve beklenen etki büyüklüğü değerlerinin 0.97325 (0.74155, 1.204195) aynı olduğu görüldüğünden çalışmada yayın yanlılığı olmadığı söylenebilir.

Yayın yanlılığının olmadığını kesinleştirmek amacıyla akademik başarıya ilişkin çalışmalara Egger'in Kesen Testi uygulanmıştır. Test sonuçları Tablo 5.10.'da verilmiştir.

Tablo 5. 10.
Akademik Başarıya İlişkin Egger'in Kesen Testi

Değişken	Kesen	Standart Hata	Alt Limit	Üst Limit	t- değeri	Df	p iki kuyruklu
Akademik Başarı	3.39318	1.88418	-0.52518	7.31153	1.80088	21	0.08610

Tablo 5.10. incelendiğinde kesen değeri 3.39318 (p>.05) olduğu görülmüştür. Bu durumda yayın yanlılığı olmadığı sonucuna varılabilir.

Yapılan testler sonucunda yayın yanlılığı olmadığı belirlendikten sonra çalışmanın etki büyüklüğünün ne kadar güçlü olduğunu belirlemek amacıyla Rosenthal'in Korumalı N'i incelenmiştir. Tablo 5.11.' de bu teste ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 5. 11.
Akademik Başarıya İlişkin Rosenthal'in Korumalı N Testi

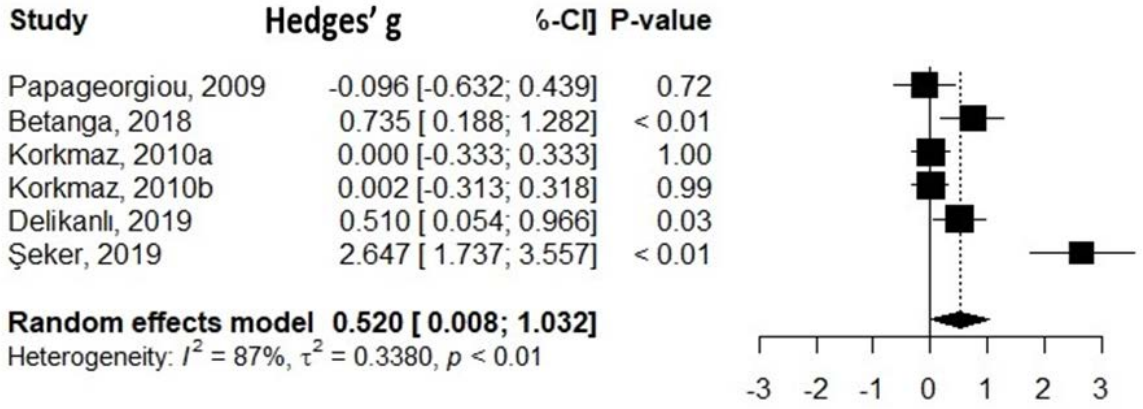
z- değeri	p-değeri	Alfa değeri	Kuyruk	Alfa için z değeri	Gözlenen çalışma sayısı	p>alfa için gerekli eksik çalışma sayısı
15.76229	0	0.05	2	1.95996	23	1465

Tablo 5.11. incelendiğinde gözlenen genel çalışma sayısı 23 iken etki büyüklüğünü anlamsız hale getirmek için etki büyüklüğü sıfır olan 1465 tane çalışma gerektiği tespit edilmiştir. Rosanthal'e (1979) göre, genel etki büyüklüğünü sıfırlamak için gerekli gözlenen çalışma sayısının 5 katından 10 fazlasından daha büyük bir sayıya sahipse çalışmada yayın yanlılığı olmadığı ve gözlenen etki büyüklüğünün güçlü olduğu söylenebilir. Yapılan meta-analiz çalışmasında eşik değeri 5.23+10=125 olduğu gözlemlendiğinden ve bu eşik aşılmış olduğundan

(1465 > 125) çalışmada yayın yanlılığı olmadığı ve çalışmanın etki büyüklüğünün güçlü olduğu sonucuna varılabilir.

5.1.2. Tutum Çalışmalarının Etki Büyüklüklerine Ait Bulgular

Matematiksel modellemenin derse yönelik tutuma etkisini incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçları aşağıdaki orman grafiğinde verilmiştir. Çalışmalar arasında örneklem büyüklüğü 20'den küçük olduğundan birincil indeks olarak Cohen's d yerine Hedges' g ile düzeltme yapılmıştır (Kanadlı, 2020). Çalışmanın alt ve üst değerleriyle birlikte genel etki büyüklüğü Şekil 5.5.'te verilmiştir.



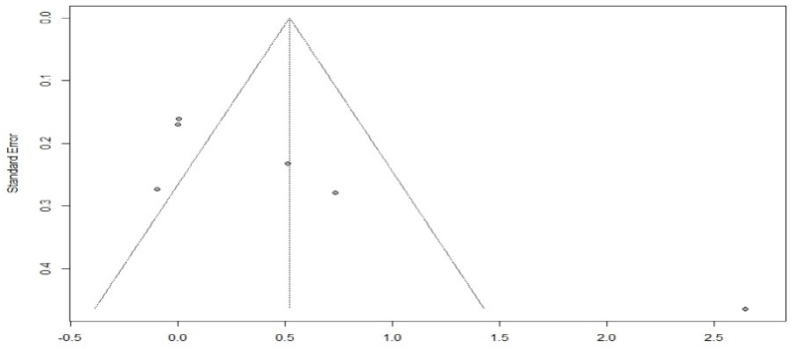
Şekil 5. 5. Tutum Çalışmalarının Genel Etki Büyüklükleri Dağılımı ve Orman Grafiği

Orman grafiğinde görüldüğü gibi analize dâhil edilen çalışmalar arasından bir tanesi negatif etki değerine sahip olup Papageorgiou (2009) tarafından gerçekleştirilmiş olup çalışmalar arasındaki en küçük etki değerine (ES=-0.096) sahiptir. Genel olarak etki büyüklükleri incelendiğinde Şeker (2019) çalışmasının dışında birbirine görece yakın olduğu söylenebilir. Dolayısıyla Şeker (2019) çalışması bir uç değer olarak değerlendirilebilir. Nitekim bu çalışma analizden çıkarılıp tekrar genel etki büyüklüğü hesaplandığında genel etki büyüklüğü anlamsız (p<.05) hâle gelmektedir. Ancak çalışma sayısının az olmasından dolayı bu uç değer analize dâhil edilmiştir. Birincil çalışmaların hesaplanan etki büyüklükleri Thalheimer ve Cook'un (2003) sınıflamasına göre incelendiğinde çalışmaların %50'si "önemsiz düzeyde", % 33'ü "orta düzeyde" ve %16.6'sı "olağanüstü düzeyde" bir etki büyüklüğüne sahiptir.

Araştırmaya dâhil edilen altı çalışmanın etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre birleştirildiğinde 0.261 standart hata ve %95'lik güven aralığının üst sınırı 1.032 iken alt sınırı 0.008 olarak hesaplanmıştır. Etki büyüklüğü değeri ise 0.52 olarak belirlenmiştir. Bu etki büyüklüğü Thalheimer ve Cook (2003) sınıflamasında orta düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu gösterir. Buna göre matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin derse karşı tutumlarını orta düzeyde etkilediği söylenebilir.

5.1.2.1. Tutuma İlişkin Yayın Yanlılığı

Yayın yanlılığını tespit etmenin bir diğer yolu da huni grafiğidir. Şekil 5.6.' da buna dair bulgulara yer verilmiştir.



Şekil 5. 6. Tutuma İlişkin Huni Grafiği

Şekil 5.6'daki huni grafiği incelendiğinde etki büyüklüklerinden bazılarının çizilen sınırlar dışında kaldığı, sınırlar içinde yer alan etki büyüklüklerinin ise genel etki büyüklüğü etrafında tam bir simetri oluşturmadığı görülmüştür. Bu sebeple tutuma yönelik yapılan çalışmalar arasında yayın yanlılığı olabileceği söylenebilir. Ancak bunu söylemek için huni grafiğini yorumlamak yeterli olmayacağından diğer yayın yanlılığı testleri de yapılmıştır. Tutuma ilişkin Duval ve Tweedie'nin Kırpma Doldurma testine ait bulgular Tablo 5.12.'de verilmiştir.

Tablo 5. 12.
Tutuma İlişkin Duval ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurma Testi

Rastgele Etkiler Modeli	Kırpılan Çalışmalar	Etki Büyüklüğü	Alt Sınır	Üst Sınır
Gözlenen Değer	2	0.24436	0.06734	0.42139
Beklenen Değer		0.07832	-0.08728	0.24392

Tablo 5.12. incelendiğinde 2 kırpılmış değer olduğu, rastgele etkiler modeli altında gözlenen etki büyüklüğünün 0.24436 (0.06734, 0.42139) iken beklenen etki büyüklüğünün 0.07832 (-0.08728, 0.24392) olduğu ve bu iki etki büyüklüğünün birbirine yakın olmadığı görüldüğünden çalışmada yayın yanlılığı olduğu söylenebilir.

Yayın yanlılığının olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bir diğer test ise Egger'in Kesen Testi'dir. Matematiksel modelleme yeterliklerine ilişkin çalışmalara ait test sonuçları Tablo 5.13.' te verilmiştir.

Tablo 5. 13.
Tutuma İlişkin Egger'in Kesen Testi

Değişken	Kesen	Standart Hata	Alt Limit	Üst Limit	t- değeri	Df	p iki kuyruklu
Akademik Başarı	6.79239	2.15830	0.79997	12.78480	3.14709	4	0.03461

Tablo 5.13. incelendiğinde kesen değeri 6.79239, p=0.03461 (p<0.05) sıfırdan anlamlı bir şekilde farklılaşmıştır. Bu nedenle tutuma ilişkin çalışmaların yayın yanlılığı içerdiği söylenebilir.

Yapılan testler sonucunda tutuma ilişkin çalışmaların yayın yanlılığı içerdiği belirlendikten sonra çalışmanın etki büyüklüğünün ne kadar güçlü olduğunu belirlemek amacıyla Rosenthal'in Korumalı N'i incelenmiştir. Tablo 5.14.'te bu teste ait sonuçlar verilmiştir.

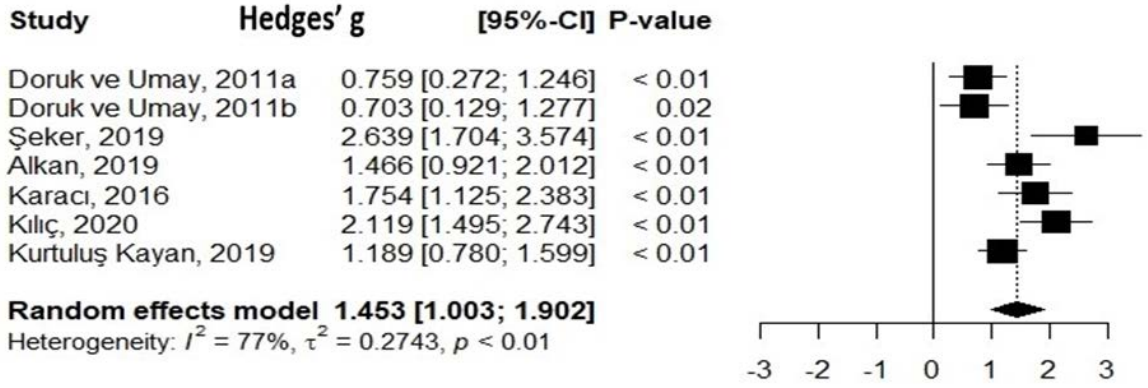
Tablo 5. 14.
Tutuma İlişkin Rosenthal'in Korumalı N Testi

z- değeri	p-değeri	Alfa değeri	Kuyruk	Alfa için z değeri	Gözlenen çalışma sayısı	p>alfa için gerekli eksik çalışma sayısı
4.16056	0	0.00003	2	1.95996	6	22

Tablo 5.14. incelendiğinde gözlenen genel çalışma sayısı 6 iken etki büyüklüğünü anlamsız hale getirmek için etki büyüklüğü sıfır olan 22 tane çalışma gerektiği tespit edilmiştir. Rosanthal'e (1979) göre, genel etki büyüklüğünü sıfırlamak için gerekli gözlenen çalışma sayısının 5 katından 10 fazlasından daha büyük bir sayıya sahipse çalışmada yayın yanlılığı olmadığı ve gözlenen etki büyüklüğünün güçlü olduğu söylenebilir. Yapılan meta-analiz çalışmasında eşik değeri 5.6+10=40 olduğu gözlemlendiğinden ve bu eşik aşılmamış olduğundan (22 <40) çalışmada yayın yanlılığı olduğu ve çalışmanın etki büyüklüğünün güçlü olmadığı sonucuna varılabilir.

5.1.3. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Etki Büyüklüklerine Ait Bulgular

Matematiksel modellemenin matematiksel modellemeye ilişkin yeterliklerini incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçları aşağıdaki orman grafiğinde verilmiştir. Çalışmalar arasında örneklem büyüklüğü 20'den küçük olduğundan birincil indeks olarak Cohen's d yerine Hedges' g ile düzeltme yapılmıştır (Kanadlı, 2020). Çalışmanın alt ve üst değerleriyle birlikte genel etki büyüklüğü Şekil 5.7.'de verilmiştir.



Şekil 5. 7. Matematiksel Modelleme Yeterliklerini İnceleyen Çalışmalarının Genel Etki Büyüklerinin Dağılımı ve Orman Grafiği

Şekil 5.7. incelendiğinde analize dâhil edilen bütün çalışmaların etki büyüklükleri % 95 güven seviyesinde anlamlılık değeri incelendiğinde ($p < .05$) anlamlı olduğu görülmüştür.

Araştırmaya dâhil edilen 7 çalışmanın etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre birleştirildiğinde 0.229 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1.902 iken alt sınırı 1.003 olarak hesaplanmıştır. Etki büyüklüğü değeri ise 1.453 (ES > 1.45) ile olağan üstü düzeyde etki büyüklüğüne sahiptir (Thalheimer ve Cook, 2003). Buna göre matematiksel modelleme uygulamalarıyla ders yapıldığında öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliklerinin artacağı söylenebilir.

Orman grafiği incelendiğinde Q değeri 6 serbestlik derecesi ile 25.967 olarak hesaplanmıştır. Ki-kare tablosunda 6 serbestlik derecesi ve %95'lik güven seviyesinde kritik değeri $\chi^2 = 12.59$' dur. $Q>\chi^2$ ($p>.05$) olduğundan çalışmaların heterojen olduğu ve aynı yaygın etkiyi paylaşmadığı söylenebilir. Heterojenliğin büyüklüğü ise I^2 = % 76.894 olarak saptandığından çalışmaların heterojenlik değeri yüksektir.

Çalışmaların heterojen olduğu belirlendikten sonra heterojenliğin kaynağını tespit etmek amacıyla matematiksel modelleme yeterliklerini ele alan çalışmalar yeterli sayıda olmadığından bu çalışmaların moderatör analizi yapılmamıştır.

5.1.3.1. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Yayın Yanlılığı

Yayın yanlılığı olup olmadığını belirlemenin yöntemlerinden ilki çalışmaları yayınlanmış (makale) ve yayınlanmamış (tez) olarak sınıflandırıp yayın türü açısından etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığına bakmaktır (Card, 2012, s.262). Çalışmaların yayın türüne göre anlamlı bir farklılık göstermemesi yayın yanlılığı olmadığına dair güçlü bir kanıttır.

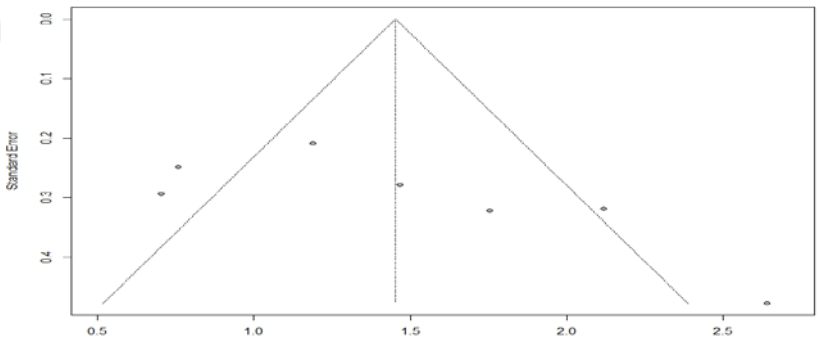
Tablo 5.15.'te matematiksel modelleme yeterliklerine ilişkin yayın yanlılığı heterojenlik test bulguları verilmiştir.

Tablo 5. 15.
Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Yayın Yanlılığı

			95 % CI.		Heterojenlik		
Moderatör Adı	**k**	**Etki B.**	**Alt Lim.**	**Üst Lim.**	**Qb**	**df**	**p**
Yayın Türü	**7**	**1.218**	**0.847**	**1.424**	**11.22**	**1**	**0.001**
Tez	5	1.755	1.285	2.199			
Makale	2	0.736	0.364	1.107			

Tablo 5.15. incelendiğinde $Q_{between}$ =11.22 ve p değerinin p=0.001 ($Q>\chi^2$,$p < .05$) olarak ölçüldüğü görülmüştür. Bu durumda matematiksel modelleme uygulamalarının derse yönelik tutuma etkisinin yayın türleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür. Bu farkın da tezlerin etki büyüklüklerinin daha büyük olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Borrenstein vd. (2013, s.267) yayınlanmış çalışmaların etki büyüklüklerinin daha büyük olması durumunda yayın yanlılığı olacağını belirtmiştir. Bu durumda çalışmalar arasında yayın yanlılığı olduğu söylenemez.

Yayın yanlılığını tespit etmenin bir diğer yolu da huni grafiğidir. Şekil 5.14.' te buna dair bulgulara yer verilmiştir.



Şekil 5. 8. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Huni Grafiği

Şekil 5.8.'de görüldüğü üzere matematiksel modelleme yeterliklerine ait etki büyüklüklerinin belirlenen sınırlar içinde tam bir simetri oluşturmadığı, bir kısmının da belirlenen sınırlar dışında kaldığı görülmüştür. Bu da çalışmalar arasında yayın yanlılığının olabileceğini gösterir. Ancak bu grafiğin değerlendirilmesi objektif olmayacağından diğer yayın yanlılığı testleri de uygulanmıştır. Duval ve Tweedie'nin Kırpma Doldurma testi huni grafiğindeki etki büyüklüklerinin dağılımının yayın yanlılığına sebep olup olmayacağını ölçen testlerden biridir. Tablo 5.16.'da buna ait bulgular verilmiştir.

Tablo 5. 16.
Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Duval ve Tweedie'nin Kırpma ve Doldurma Testi

Rastgele Etkiler Modeli	Kırpılan Çalışmalar	Etki Büyüklüğü	Alt Sınır	Üst Sınır
Gözlenen Değer	2	1.45254	0.100341	1.90168
Beklenen Değer		1.15673	0.66519	1.64826

Tablo 5.16. incelendiğinde 2 kırpılmış değer olduğu, rastgele etkiler modeli altında gözlenen etki büyüklüğünün 1.45254 (0.100341, 0.66519) iken beklenen etki büyüklüğünün 1.15673 (0.66519, 1.64826) olduğu ve bu iki etki büyüklüğünün birbirine yakın olmadığı görüldüğünden çalışmada yayın yanlılığı olduğu söylenebilir.

Yayın yanlılığının olup olmadığını anlamak amacıyla yapılan bir diğer test ise Egger'in Kesen Testi' dir. Bu teste ait sonuçlar Tablo 5.17.'de verilmiştir.

Tablo 5. 17.
Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Egger'in Kesen Testi

Değişken	Kesen	Standart Hata	Alt Limit	Üst Limit	t- değeri	Df	p iki kuyruklu
Akademik Başarı	6.06669	2.86573	-1.29992	13.43329	2.11697	5	0.08784

Tablo 5.17. incelendiğinde kesen değeri 6.06669, (p>.05) olduğu görülmüştür. Bu durumda yayın yanlılığı olmadığı sonucuna varılabilir.

Yapılan testler sonucunda yayın yanlılığı olmadığı belirlendikten sonra çalışmanın etki büyüklüğünün ne kadar güçlü olduğunu belirlemek amacıyla Rosenthal'in Korumalı N'i incelenmiştir. Tablo 5.18.'de bu teste ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 5. 18.
Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Rosenthal'in Korumalı N Testi

z- değeri	p-değeri	Alfa değeri	Kuyruk	Alfa için z değeri	Gözlenen çalışma sayısı	p>alfa için gerekli eksik çalışma sayısı
15.76229	0	0.05	2	1.95996	7	296

Tablo 5.18. incelendiğinde gözlenen genel çalışma sayısı 7 iken etki büyüklüğünü anlamsız hale getirmek için etki büyüklüğü sıfır olan 296 tane çalışma gerektiği tespit edilmiştir. Rosanthal'e (1979) göre, genel etki büyüklüğünü sıfırlamak için gerekli gözlenen çalışma sayısının 5 katının 10 fazlasından daha büyük bir sayıya sahipse çalışmada yayın yanlılığı olmadığı ve gözlenen etki büyüklüğünün güçlü olduğu söylenebilir. Yapılan meta-analiz çalışmasında eşik değeri 5 x 7+10=45 olduğu gözlemlendiğinden ve bu eşik aşılmış olduğundan (296 > 45) çalışmada yayın yanlılığı olmadığı ve çalışmanın etki büyüklüğünün güçlü olduğu sonucuna varılabilir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Matematiksel modellemenin akademik başarı, tutum ve matematiksel modelleme yeterlikleri üzerindeki etkisini anlayabilmek için yapılan bu meta-analiz çalışması için içerme ölçütlerini karşılayan 34 çalışma incelenmiştir. Bu çalışmaların kodlaması yapıldıktan sonra bazı çalışmaların deneysel çalışma olmadığı (örn. Hwang, 2018 ve Karakaş, 2020) bazılarının ise matematiksel modelleme uygulamalarını içermediği (örn. Baki ve Güveli, 2007; Bernardo, 1992) belirlenmiş ve bu çalışmalar analize dâhil edilmemiştir. Buna ek olarak bazı çalışmalar iki çalışma olarak değerlendirilmiştir (örn. Korkmaz, 2010; Doruk ve Umay, 2011; Büyükadıgüzel, 2019; Perk, 2019). Sonuç olarak 36 etki büyüklüğü elde edilmiştir.

Çalışmaların örneklem büyüklükleri akademik başarıda 1057, tutumda 285 ve matematiksel modelleme yeterliklerinde 148'dir.

6. 1. Akademik Başarıya İlişkin Sonuç ve Tartışma

Matematiksel modellemenin akademik başarı üzerindeki etkisi incelenirken 23 çalışmanın etki büyüklüklerine bakılmıştır. Analize dâhil edilen çalışmalar rastgele etkiler modeline göre birleştirildiğinde genel etki büyüklüğü 0.973[%95 CI: 0.742, 1.205] çıkmıştır. Bu durumda matematiksel modellemenin akademik başarı üzerinde geniş düzeyde pozitif bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Alanyazında matematiksel modellemenin akademik başarıyı artırdığını söyleyen bir meta - analiz çalışmasına rastlanmıştır. Sokolowski (2015) tarafından yürütülen çalışmada pozitif yönde ve "orta düzeyde" bir etki büyüklüğü (ES=0.69) olduğu belirlenmiştir. Bu pozitif etkiyi destekleyen birincil çalışmalara (Srivastava, 1983; Başkan, 2011; Çiltaş, 2011; Bakırcı, 2016; Cinislioğlu, 2017; Korkmaz, 2019 ve Perk, 2019) da rastlanmıştır. Buna karşın Freeman (2014) ise matematiksel modellemenin akademik başarı üzerinde (E.S.=-.052) önemsiz düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla bu meta-analiz çalışmasından elde edilen sonuç, Freeman (2014) çalışmasından elde edilen sonuçla tutarlılık göstermemektedir. Freeman (2014) çalışmasında üniversite öğrencileriyle fonksiyonlar konusu üzerinde matematiksel modelleme basamaklarını uygulamıştır. Fakat öğrenciler bu uygulamanın gerektirdiği matematiksel düşünme becerilerine yabancı olduklarından bu süreçte başarılı olmakta zorlanmışlardır. Freeman (2014) bu yüzden eski düşünme alışkanlıklarını bırakmaları için matematiksel modelleme uygulamalarının sayılarının artırılmasını önermiştir.

Meta-analiz araştırmasına dâhil edilen akademik başarıyı ele alan çalışmalardaki etki büyüklükleri belirlendikten sonra bu çalışmaların heterojen olup olmadığını tespit edebilmek için heterojenlik testi yapılmıştır. Yapılan heterojenlik testi anlamlı ($p<.05$) bulunmuş olup heterojenliğin "yüksek düzeyde" olduğu belirlenmiştir. Çalışmaların heterojen olduğu

belirlendikten sonra heterojenliğin kaynağını tespit etmek amacıyla akademik başarıyı ele alan çalışmaların öğretim kademesi, ders türü, araştırma yöntemi, araştırma deseni ve verilerin analiz edildiği test türlerine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla moderatör analizleri yapılmıştır.

Öğretim kademesine göre yapılan moderatör analizi sonucunda akademik başarının öğretim kademelerine göre (ortaokul, lise ve üniversite) anlamlı bir fark gösterdiği ($Q > \chi^2$, $p<.05$) belirlenmiştir. Bu durumda matematiksel modelleme uygulamalarının akademik başarıya etkisinin öğretim kademeleri arasında anlamlı bir farklılık gösterdiği söylenebilir. Öğretim kademesinde yapılan çalışmaların etki büyüklükleri ortaokulda 0.944 [%95 CI: 0.684, 1.203], lisede 0.479 [%95 CI: 0.180, 0.778] ve üniversitede 1.364 [%95 CI: -0.716, 2.011] olduğu görülmüştür. Bu bulgulardan yola çıkılarak öğretim kademeleri arasındaki anlamlı farkın üniversite lehine olduğu söylenebilir. Bunun nedeni olarak matematiksel modelleme uygulamalarına yönelik çalışmaların okul derslerinde yer verilmesine 2017-2018 eğitim-öğretim yılında yapılmaya başlanan LGS ile birlikte başlanmış olması gösterilebilir. Bu dönemde yapılan LGS soruları öğrencilerin okuduklarını anlamaya yönelik, günlük hayatla bağ kurabilmelerini ve bunu matematik diline çevirebilmelerini gerektirmektedir. 2018 yılında yapılan PISA sonuçlarına bakıldığında öğrencilerin başarılarının 2015 yılında yapılan sınava oranla arttığı, bu oranın matematikte 34, fen bilimlerinde 43 ve okumada 38 puanlık bir iyileşme görülmüştür (“Pervin Kaplan,” 2021). Bu iyileşme de LGS sorularının PISA sorularında olduğu gibi öğrencilerin ne öğrendiğinden çok öğrendiklerini nasıl kullandıklarını ölçebilen, uygulamaya yönelik sorulardan hazırlanmasından kaynaklanabilir (“Eğitime Bakış”, 2021). Bir başka etken ise öğrencilerin soyut düşünme becerilerinin ortaokulda, 7. Sınıftan itibaren başlayarak üniversiteye doğru bu düşünme becerisinin giderek olgunlaşmasıyla bağlantılı olabileceğidir. Buna karşın Sokolowski (2015) yürüttüğü meta-analiz çalışmasında matematiksel modellemenin öğrenci başarısı üzerindeki etkisini araştırırken üniversite (E.S = 0.45) ve lise (E.S = 0.94) kademesini karşılaştırmıştır. Araştırmaları sonucunda bu iki kademe arasında lise kademesi lehinde anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymuş, bunun sebebini de üniversite öğrencilerinin eski düşünme yöntemlerini bırakmakta zorluk yaşamasına bağlamıştır. Bu bulgu yapılan bu meta-analiz araştırmasının genel etki büyüklüğüyle çelişmesine rağmen, meta-analize dâhil edilen çalışmalardan biri olan ve Freeman (2014) çalışmasından elde edilen sonuçla benzerlik göstermektedir. Freeman (2014) çalışmasında üniversite öğrencileriyle fonksiyonlar konusu üzerinde matematiksel modelleme basamaklarını uygulamıştır. Fakat öğrenciler bu uygulamanın gerektirdiği matematiksel düşünme becerilerine yabancı olduklarından bu süreçte başarılı olmakta zorlanmışlardır.

Ders türüne (matematik ve fen bilimlerine) göre yapılan moderatör analizleri sonucunda ($Q > \chi^2$, $p<.05$) matematik alanında yapılan çalışmalar lehinde anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir. Bu sonuca göre matematiksel modelleme uygulamalarını matematik dersinde, fen bilimleri derslerine göre daha başarılı olduğu söylenebilir. Alanyazın taramasında bu iki alanı karşılaştıran bir meta-analiz çalışmasına rastlanmamıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmaların 2 tanesinin fen bilimleri, 21 tanesinin ise matematik alanında yapıldığı görülmüştür. Matematiksel modellemenin matematik alanında daha çok kullanıldığı, fen alanında kullanımına ise az rastlandığı görülmüştür. Bu konuda daha kesin bir sonuç elde etmek için fen alanında yapılan daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır.

Araştırma yöntemine (karma ve nicel araştırmalara) göre yapılan moderatör analizleri sonucunda 13 tane karma ve 10 tane nicel çalışmaya rastlanmıştır. Yapılan çalışmalar araştırma yöntemine göre ayrıldığında etki büyüklüklerinin karma çalışmalarda 1.045 [%95 CI: 0.723, 1.367], nicel çalışmalarda 0.884 [%95 CI: 1.228, 5.037] olduğu görülmüştür. Bu çalışmalarda tespit edilen bulgulara göre ($Q < \chi^2$, $p>.05$) matematiksel modelleme uygulama üzerine yapılan araştırmaların, araştırma yöntemleri arasında anlamlı bir fark gözlemlenmediği ortaya çıkmıştır. Araştırma desenine göre yapılan moderatör analizi sonucunda 21 yarı deneysel ve 2 zayıf deneysel çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalar araştırma desenine göre ayrıldığında etki büyüklüklerinin yarı deneysel çalışmalarda 0.937 [%95 CI: 0.699, 1.175] ve zayıf deneysel çalışmalarda 1.518 [%95 CI: -0.042, 3.077] olduğu görülmüştür. Çalışmalardan elde edilen değerlere göre ($Q < \chi^2$, $p>.05$) olduğundan bu kategoriler arasında anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir. Meta-analize dâhil edilen zayıf deneysel çalışmalar ön test-son test tek gruplu desenlerdir. Bu tür çalışmalarda iç geçerliliği tehdit eden etkenler (örneğin; deneklerin olgunlaşması, deneklerin geçmişi, etkileşme etkisi vb.) kontrol edilemediği ve seçkisizlik ile eşleştirme söz konusu olmadığı; ayrıca testler aynı deneklerle aynı ölçme araçları kullanılarak yapıldığından çok sağlıklı ve güvenilir sonuçlar alınamayabilir (Büyüköztürk ve arkadaşları, 2020, s.208). Bu durumda zayıf deneysel desenli çalışmaların yarı deneysel desenli çalışmalara göre etki büyüklükleri daha büyük çıkabilir; ancak bu çalışma bağlamında bu durum anlamlı bir farklılık yaratmamıştır.

Çalışmaların veri analizinde kullanılan test türüne (parametrik ve non-parametrik) göre yapılan moderatör analizleri yapıldığında 19 tane parametrik ve 4 tane non-parametrik çalışma olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar test türüne göre ayrıldığında etki büyüklüklerinin non-parametrik testlerde 1.245 [%95 CI: 0.572, 1.918], parametrik testlerde 0.922 [%95 CI: 0.673, 1.171] olduğu görülmüştür. Çalışmalardan elde edilen değerlere göre ($Q < \chi^2$, $p>.05$) test türleri arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Non-parametrik testlerde sıralı değişkenler oluşturulur ve bu sıralı değişkenlere göre analizler yapılır. Ancak bu sıra numaraları değişkenin

gerçek değerini değil, grup içindeki sıralamasını gösterir (Can, 2018; s, 34). Dolayısıyla non-parametrik testlerden elde edilen etki büyüklükleri doğruyu yansıtmayabilir ve genellenebilirliği olumsuz etkileyebilir. Non-parametrik testlerin etki büyüklüklerinin diğerlerine göre daha büyük çıkması bu durumdan kaynaklanabilir; ancak bu çalışma bağlamında bu durum anlamlı bir farklılık yaratmamıştır.

Deneysel çalışmaların uygulama süreleri ve çalışmada yer alan örneklem büyükleri gibi sürekli değişkenlerin heterojenlik kaynağı olup olmadığını belirlemek amacıyla meta-regresyon yapılmıştır. Meta-regresyon analizi sonucunda uygulama süresinin ($Q<\chi^2$, $p>.05$) ve örneklem büyüklüğünün ($Q< \chi^2$, $p>.05$) matematiksel modelleme uygulamalarının akademik başarıya etkisinin anlamlı bir yordayıcısı olmadığı ortaya çıkmıştır. Buna karşın Sokolowski (2015) matematiksel modellemenin öğrencilerin akademik başarısı üzerindeki etkisini araştırdığı meta-analiz çalışmasında kısa süreli uygulamaların (E.S= 1.31) uzun süreli uygulamalara (E.S= 1.31) göre daha fazla olumlu etki yarattığını belirtmiştir. Bu durumu destekleyen Şahin ve Eraslan (2018) iyi yapılandırılmamış, uzun süren etkinliklerin öğrencilerin bağlamdan kopmasına sebep olabileceğini dile getirmişlerdir. Bu bulgulardan yola çıkılarak matematiksel modelleme etkinliklerinin yıllık ders programını aksatmadan kalabalık sınıflarda da uygulanabilir olduğu sonucu elde edilmiştir.

Matematiksel modelleme çalışmalarının akademik başarı açısından yayın yanlılığı araştırılmıştır. Bunun için sırasıyla huni grafiği, Duwal ve Tweedie'nin kırpma doldurması, Egger'in kesen testi, Rosanthal'in korumalı N'i incelenmiştir. Yapılan heterojenlik testinde genel etki büyüklüğü 0.974 (%95 CI: 0.734, 1.214) iken tezlerin etki büyüklüğü 0.966 (%95 CI: 0.710, 1.223) ve makalelerin etki büyüklüğü 1.030 (%95 CI: 0.346, 1.714) olarak belirlenmiş ve aralarında anlamlı bir fark olmadığına ($Q<\chi^2$, $p>.05$) karar verilmiştir. Bu durumda yayın yanlılığı olmadığı belirlenmiştir. Ancak yayın yanlılığı tespit etmek amacıyla Huni Grafiği'ne çalışmaların etki büyüklüklerinin simetrik olarak dağılmadığı bazılarının sınırlar dışında kaldığı görülmüştür. Bunun yayın yanlılığına sebep olup olmayacağını anlamak amacıyla Duval ve Tweedie'nin Kırpma Doldurma Testi yapılmış ve gözlenen değer 0.97325 (0.74155, 1.204195) ile beklenen değer aynı çıktığından yayın yanlılığının olmadığı kararına varılmış bu sonuç ise uygulanan Egger'in Kesen Testi'nden elde edilen sonuçla ($p>0.05$) örtüşmüştür. Çalışmaların yayın yanlılığı olmadığı belirlendikten sonra Rosenthal'in Korumalı N'i uygulanarak (1465>125) çalışmanın gözlenmiş etki büyüklüğünün güçlü olduğu belirlenmiştir.

6.2. Tutuma İlişkin Tartışma ve Sonuç

Matematiksel modellemenin tutum üzerindeki etkisi incelenirken 6 çalışmanın etki büyüklükleri incelenmiştir. Analize dâhil edilen çalışmaların genel etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre birleştirilmiş ve genel etki büyüklüğü 0.520 [%95 CI: 0.08, 1.032]

bulunmuştur. Bu durumda matematiksel modellemenin tutum üzerinde orta düzeyde ve pozitif yönde bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Alanyazın taramasında matematiksel modellemenin derse yönelik tutum üzerindeki etkisini inceleyen bir meta-analiz çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak bu konuyla ilgili olarak birincil çalışmalar tespit edilmiştir. Bu çalışmalar arasından Betanga (2018), Delikanlı (2019), Korkmaz (2019) ve Şeker'in (2019) yaptığı çalışmalar matematiksel modellemenin tutum üzerinde olumlu etkisini tespit ederken Papageorgiou (2009) tarafından yürütülen çalışmanın etki büyüklüğü (E.S: -0.096) önemsiz düzeyde bir etkiye sahip olduğunun bir göstergesi olmuştur. Papageorgiou (2009) yürüttüğü çalışmada 9. Sınıf öğrencileriyle MOE etkinliklerini kullanarak ders işlemiş, öğrencilerle yaptığı görüşmelerde hepsinin süreçten zevk aldığını belirtmiştir. Buna karşın tutumlarına yönelik yapılan ön test ve son test sonuçları arasında anlamlı bir fark çıkmadığı gözlemlemiştir. Öğrencilerle bunun üzerine tekrar bir görüşme yaptığında öğrencilerin yapılan çalışmaların çok basit olduğunu, oysa matematiğin zor bir ders olduğunu bu yüzden de etkinliklerin matematikle bir ilişkisinin olamayacağı yanıtını almıştır. Bu durum da öğrencilerin matematiğe karşı önyargısı olduğunu açık ve net bir şekilde göstermektedir.

Meta-analiz araştırmasına dâhil edilen derse yönelik tutumu ele alan çalışmalardaki etki büyüklükleri belirlendikten sonra bu çalışmaların heterojen olup olmadığını tespit edebilmek için heterojenlik testi yapılmıştır. Yapılan heterojenlik testi anlamlı ($p<.05$) bulunmuş olup heterojenliğin "yüksek düzeyde" olduğu belirlenmiştir. Heterojenliğin kaynağını belirtmek için matematiksel modellemenin tutum üzerindeki etkisini çalışan daha fazla birincil çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan yayın yanlılığı testlerinde bu çalışmaya dâhil edilen birincil çalışmaların yayın yanlılığı içerdiği belirlenmiştir. Bunun sebepleri: Tez çalışmaları makale çalışmaları gibi sıkı bir hakemlik sürecinden geçmediğinden meta-analiz araştırmasına dâhil edilen tutum çalışmalarının hepsinin tez çalışması olması, bu çalışmaların sayısının az olması ya da çalışmalar sonucunda pozitif etki bulma çabası olabilir.

6. 3. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuç

Matematiksel modellemenin matematiksel modelleme yeterlikleri üzerinde etkisi incelenirken 7 çalışmanın etki büyüklükleri incelenmiştir. Analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre birleştirilmiş ve genel etki büyüklüğü 1.453 [%95 CI: 1.003, 1.902] bulunmuştur. Bu durumda matematiksel modellemenin matematiksel modelleme yeterlikleri üzerinde olağanüstü düzeyde ve pozitif yönde bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Matematiksel modellemenin matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi üzerine yapılan bir meta-analiz çalışmasına alanyazında rastlanmamıştır. Ancak Doruk ve Umay (2011), Alkan (2019), Kurtuluş Kayan (2019) ve Şeker (2019) ortaokul seviyesinde, matematiksel

modellemenin, matematiksel modelleme yeterlikleri alt basamaklarından olan matematiği günlük hayatla ilişkilendirme becerileriyle ilgili birincil çalışmalar yapmıştır. Bu araştırmaların sonucunda öğrencilerin bu yöndeki becerilerinin olumlu yönde geliştiği belirlenmiştir. Alanyazın taramasında elde edilen bulgular arasında matematiksel modellemenin matematiksel modelleme yeterlikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu ya da herhangi bir etkisinin olmadığını tespit eden bir bulguya rastlanmamıştır.

Meta-analiz araştırmasına dâhil edilen matematiksel modelleme yeterliklerini ele alan çalışmalardaki etki büyüklükleri belirlendikten sonra bu çalışmaların heterojen olup olmadığını tespit edebilmek için heterojenlik testi yapılmıştır. Yapılan heterojenlik testi anlamlı ($p<.05$) bulunmuş olup heterojenliğin "yüksek düzeyde" olduğu belirlenmiştir. Heterojenliğin kaynağını belirtmek için matematiksel modellemenin tutum üzerindeki etkisini çalışan daha fazla birincil çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

6. 4. Öneriler

Bu meta-analiz çalışmasının amacı matematiksel modellemeye dayalı olarak yapılan öğretimin öğrencilerin ders başarısına, derse karşı tutumlarına ve modelleme yeterliklerine etkisini belirlemektir. Yapılan meta-analiz sonucunda araştırmacılara ve uygulayıcılara aşağıda belirtilen öneriler verilebilir:

1. Matematiksel modellemeye dayalı öğretimin akademik başarı üzerinde "güçlü" bir etki büyüklüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç öğrencilerin akademik başarılarının geliştirilmesinde matematiksel modellemeye dayalı öğretimin, programa uygun öğretime göre daha etkili olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle öğretmenlerin derslerinde matematiksel modelleme çalışmalarına yer vermesi gerekmektedir.

2. Matematiksel modellemeye dayalı öğretimin akademik başarıya etkisini incelerken öğretim kademesine göre moderatör analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda ilkokulda yeterli çalışma olmadığından bu kademe analize dâhil edilememiş diğer kademeler (ortaokul, lise ve üniversite) arsında ise üniversite kademesinde yapılan çalışmaların etki büyüklükleri daha yüksek çıkmıştır. Ancak alanyazındaki farklı bir çalışmada ise lise kademesinin etki büyüklüklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun açıklığa kavuşması için farklı öğretim kademelerinde daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.
3. Matematiksel modellemeye dayalı öğretimin akademik başarıya etkisini incelerken ders türüne (matematik ve fen bilgisi) göre moderatör analizleri yapılmıştır. Matematik alanında yapılan çalışmaların etki büyüklüklerinin daha yüksek çıkmasının sebebinin fen bilgisi alanında yapılan çalışmaların azlığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kaynağın sebebini netleştirebilmek için fen bilgisi alanında yapılan çalışmaların artırılması gerekmektedir.

4. Matematiksel modellemeye dayalı öğretimin akademik başarıya etkisini incelerken araştırma desenine (zayıf deneysel, yarı deneysel), veri analizinde kullanılan istatistiksel test türüne (parametrik, non-parametrik) göre moderatör analizleri yapıldığında anlamlı bir farka rastlanmazken yarı deneysel çalışmaların etki büyüklüklerinin daha büyük olduğu belirlenmiştir. Non-parametrik çalışmaların ise doğruyu yansıtmamasından kaynaklı etki büyüklüğü değerlerinin yüksek çıktığı düşünülmektedir. Bu alanlarda yapılacak çalışmaların artırılmasıyla araştırmalarda daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.
5. Matematiksel modellemeye dayalı öğretimin akademik başarıya etkisini incelerken örneklem büyüklüğü ve uygulama süresi gibi sürekli değişkenlerin meta-regresyon analizi yapıldığında bu tür değişkenlerin akademik başarının anlamlı bir yordayıcısı olmadığı belirlenmiştir. Bu durum öğretmenlerin matematiksel modelleme uygulamalarını kalabalık sınıflarda, öğretim programını aksatmadan uygulayabileceğini göstermektedir.
6. Matematiksel modellemeye dayalı öğretimin derse yönelik tutum üzerinde orta düzeyde ve matematiksel modelleme yeterlikleri üzerinde olağanüstü düzeyde etkisinin olması nedeniyle öğretmenlerin derslerinde matematiksel modelleme çalışmalarına yer vermesi, öğrencilerin derslere yönelik olumlu tutumunu geliştirirken günlük hayatla dersler arasında bağ kurabilmelerini kolaylaştırabilecektir.
7. Alanyazın taramasında sadece bir adet meta-analiz çalışmasına rastlanmıştır. Bu alanda yapılacak meta-analiz çalışmaları uygulamacılara ve araştırmacılara yol göstermesi açısından önemlidir. Bu nedenle matematiksel modelleme alanında daha fazla meta-analiz çalışması yapılması gerekmektedir.
8. Bu meta-analiz çalışmasında nicel verilere yer verilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda nicel bulguların, nitel bulgularla desteklendiği bir karma araştırma sentezi yapılırsa çalışmalar arasındaki heterojenliğin kaynakları belirlenebilir.

KAYNAKLAR

[1]. Alacacı, C. 2016, *Gerçekçi matematik eğitimi*. Bingölbali, E.; Arslan S.; İ.Ö. Zembat (Ed.). *Matematik eğitiminde teoriler* içinde (s.341-353). Ankara: PegemA Yayıncılık.
[2].Başkan, Z.(2011*). Doğrusal ve düzlemde hareket ünitelerinin matematiksel modelleme kullanılarak öğretiminin öğretmen adaylarının öğrenmelerine etkileri* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
[3]. Baki A. Ve Güveli E. (2008). Evaluation of a web based mathematics teaching material on the subject of functions*. Science Direct Computers & Education 51* (2008), 854–863.
[4]. Bernardo M. A. (1992). *Transfer effects of a high school computer programming course on mathematical modeling procedural comprehension, and verbal problem solution.* (Doktora Tezi). Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida.
[5].Baykul, Y. 1996. *İlköğretimde matematik öğretimi*. Ankara: Pegem.
[4].Bilim ve ütopya (2019, 10 Haziran). Erişim adresi: https://bilimveutopya.com.tr/matematik-nerede-ne-zaman-ve-nasil-dogdu
[6]. Berry, J. and Houston, K. (1995). *Mathematical modelling.* Bristol: J. W. Arrowsmith Ltd.
[7].Berry, J. & Davies, A. (1996). Written reports. C.R. Haines and S. Dunthorne (Ed.) Mathematics learning and assessment: Sharing innovatives and practices içinde (s.17-25). London: Arnold.
[8].Blomhøj, M., and Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modelling through projectwork. *The International Journal on Mathematics Education*, *38* (2), 163-177.
[9]. Blomhøj M., Jensen T. H. (2003), Developing mathematical modelling competence: conceptual clarification and educational planning, *teaching Mathematics and its applications.* An International Journal of the Instute of Mathematics*, 22 (3), 123–139.*
[10]. Blomhøj, M. (2007). Developing mathematical modelling competency through problem based project work - experiences from roskilde university. *Philosophy and Science Teaching Conferance.* (2011, 5 Eylül) Erişim adresi: *http://www. ucalgary.*ca/ihpst07/proceedings/ıhpst07% 20papers/125% 20Blomhøj. pdf.
[11].Blum, W. (1991). Applications and modelling in mathematics teaching: A review of arguments and instructional aspects. I M. Niss, W. Blum, and I. Huntley (Ed.),*Teaching of Mathematical Modelling and Applications* içinde (s. 10-29). England: Ellis Horwood.
[12]. Blum, W. & Borromeo Ferri, R. (2009). *Mathematical modelling: can it be taught and learnt?.* Journal of Mathematical Modelling and Application. *1*(1), 45-58.
[13]. Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. ve Rothstein, H. R. (2013). *Meta-analize giriş* (S. Dinçer, Çev.)(2. Baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.
[14]. Borromeo Ferri, R. (2006). Theeorical and emprical differentiations of phases in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM*, 38(2), 86-95.
[15]. Büyükadıgüzel, Z. (2019). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin7. Sınıf öğrencilerinin başarısına etkisinin ve öğrenci görüşlerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
[16]. Card, N. A. (2012). Applied meta-analysis for social science research. New York, London: Guiford Press.
[17]. Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Ed.). (2019). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. Russell Sage Foundation.
[18]. Model with mathematics (2020, 10 Haziran) Erişim Adresi: **http://www.corestandards.org/Math/Practice/#CCSS.Math.Practice.MP4**
[19].Cheng, A. K. (2001). Teaching mathematical modelling in singapore schools. *The Mathematics Educator, 6*(1), 63-75.
[20]. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis fort he behavioura sciences* (2nd Ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
[21]. Cinislioğlu, B., (2017). *Matematiksel modelleme yöntemi ile doğrusal denklemler konusunun öğretiminin ortaokul üçüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarısına etkisi*, (Yüksek Lisans Tezi). Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

[22]. Çanakçı, O. (2008). *Matematik problemi çözme tutum ölçeğinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
[23]. Çarkungöz, E., ve Ediz, B. (2009). Meta analiz, *Journal of Research in Veterinary Medicine*, 28 (1). 33-37
[23]. Çelikkol, Ö. (2016). *7. sınıf öğrencilerine cebirsel sözel problemlerde matematiksel modelleme uygulaması: Bir eylem araştırması* (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
[24]. Çiltaş, A. (2011). *Dizi ve seriler konusunun matematiksel modelleme yoluyla öğretiminin ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının öğrenme ve modelleme becerileri üzerine etkisi* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
[25]. Çetin Z. (2018). *Ortaokul altıncı sınıf tam sayılar konusunda uygulanan gerçekçi matematik eğitiminin öğrencilerin motivasyonlarına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
[26]. Delikanlı D. S. (2019). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik başarı düzeylerine, tutumlarına ve kalıcılığına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
[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 [mathematical modeling in mathematics education: Basic concepts and different approaches].* Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri-Educational Sciences: Theory and Practice, 14(4), 1607–1627.
[28]. Demirel, Ö. (2015). Eğitimde program geliştirme kuramdan uygulamaya. (24. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
[29]. Deniz, D. (2014). Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme yöntemine uygun etkinlik oluşturabilme ve uygulayabilme yeterlikleri, (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
[30]. Demirtaş, H., ve Güneş, H. (2002). Eğitim yönetimi ve denetimi sözlüğü. Ankara: Anı yayıncılık.
[31]. Doruk, B. K. (2010). *Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi* (Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
[32] Duatepe, A., Çilesiz, Ş., Matematik tutum ölçeği geliştirilmesi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 16-17*, (1999), 45-52.
[33]. Eğitim Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi No:7, Haziran 2019, Ortaöğretim Kurumlarına İlişkin Merkezi Sınav (s.15).
[34]. Erdoğan, F. ve Şengül, S. (2014). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının yansıtıcı düşünme düzeylerinin incelenmesi. *Asya Öğretim Dergisi,* 2(1), 18-30.
[35]. Galbraith, P. ve Clatworthy, N. J. (1990). Beyond standard models – Meeting the challenge of modelling. Educational Studies in Mathematics, 21 (2), 137-163.
[33].GAIMME (2020, 15 Nisan) Erişim Adresi: https://www.siam.org/Portals/0/Publications/Reports/GAIMME_2ED/gaimme-rubric-printout-2nd.pdf
[36].Glass, G. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher, 5*(10), 3-8. (2020, 14 Ekim). Erişim Adresii: http://www.jstor.org/stable/1174772
[37]. Herber, O.R., Bücker, B., Metzendorf,M-I., ve Barosso, J. (2017). A qualitative meta – summary using sandelowski and barrosso's method for integrating qualitative research to explore barriers and facilitators to self-care in heart failıre patients. *European Journal of Cardiovascular Nursing. 16* (8), 662-677.
[38].Higgins, J. P. T.,& Thompson, S. G., Deeks, J.J.,&Altman,D.G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. BMJ, 6(327), 557-560
[39]. Huang, C. H. (2011). Assessing the modelling competencies of engineering students *World Transactions on Engineering and Technology Education,* 9(3), 172-177.
[40].Hwang, J. (2018). *Bridge the gap between cognitive attributes and mathematics achievement: Which cognitive attributes for mathematical modeling contribute to better learning in mathematics?*(Doktora tezi). Iowa University, Iowa.

[41]. Işık, N. (2016). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkokul 4. Sınıfta sayılar öğrenme alanına ilişkin zorluk algısı ve başarıya etkisi.* Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
[42]. Işık N. ve Pilten P. (2017) The effects of mathematical modelling actıvities on the difficulty perception of numbers sense and achievement among 4th graders. *European Journal of education Studies,* (3) 1, 91-111
[43]. İnan, M., (2018). *7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
[44]. Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *The International Journal on Mathematics Education, 38* (3), 302-310.
[45]. Karakaş Ş. (2020) *Kırsal kesimde öğrenim gören 8. Sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Van.
[46]. Kanadlı, S. ve Akay, C. (2019). Schommer'in epistemolojik inançlar modelinini cinsiyet ve akademik başarı açısından incelenmesi: bir meta-analiz çalışması, *44* (198), 389-411.
[47]. Kanadlı, S. (2020). *Sosyal bilimlerde teoriden uygulamaya araştırma sentezi nicel, nitel ve karma yöntemler.* (2. Baskı). Pegemakademi: Ankara.
[46]. 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.
[48].Keskin, Ö. (2008). *Ortaöğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir araştırma* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
[49].King, W. R. ve He, J. (2005). Understanding the role and methods of meta-analysis in IS research. *Journal of* Communications of the Association for Information Systems, *16*(2), 665-686. Kopcha.
[50]. Korkmaz E. ve Korkmaz C. (2017). Ebob-ekok konusunun gerçekçi matematik eğitimi etkinlikleriyle öğretiminin başarı ve tutuma etkisi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *14* (39), 504-523.
[51]. Koyuncu, I., Güzeller, C. O. ve Akyüz, D. (2017). The development of a self-efficacy scale for mathematical modeling competencies. *International Journal of Assessment Tools in Education, 4*(1), 19-36.
[52]. Kurtuluş Kayan, A. (2019). *Yüzdeler öğretiminde matematiksel modelleme etkinlikleri kullanımının öğrencilerin başarısı ve matematiği günlük hayatla ilişkilendirme becerisine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Trabzon Üniversitesi Lisanüstü Eğitim Enstititüsü, Trabzon.
[53]. Lee, H. J. (2005). Understanding and assessing preservice teachers' reflective thinking. *Journal of Teaching & Teacher Education*, 21 (1), 699-715.
[54]. Lege, G . F. (2003). *A comparative case study of contrasting instructional approaches applied to the introduction of mathematical modeling.*(Doktora tezi). ProQuest Dissertations and Thesis veri tabanından erişildi. (UMI No: 3091273).
[55]. Lesh, R. A., and Doerr, H. (2003). Foundations of model and modelling perspectives on mathematic teaching and learning. In R. A. Lesh, and H. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modelling perspectives on mathematics teaching, learning and problem solving* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrance Erlbauum.
[56]. Ludwig, M., and Reit, X. (2013a). A cross-sectional study about modelling competency in secondary school. G. A. Stillman, G. Kaiser, W. Blum, and J. P. Brown (Ed.),*Teaching mathematical modelling:connecting to research and practice* içinde (s.327-33). Dordrecht: Springer.
[57]. MEB lise giriş sistemi. (2019, 24 Ekim). Erişim adresi: http://www.lisegirissinavlari.com/mersin-de-sinavsiz-ogrenci-alan-anadolu-liseleri/
[58]. Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM, 38 (2),* 113-142.
[59]. MEB.(2015). PISA 2015 ulusal nihai raporu. Millî Eğitim Bakanlığı, Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

[60]. Mehraein, S., and Gatabi, A. R. (2014a). Gender and mathematical modelling competency: primary students' performance and their attitude. *Procedia - Social and 7.* Behavioral Sciences. 7(128). 198-203.
[61]. Mousoulides, N.G.,Christou,C.,Sriraman,B., (2008). A modeling perspective on the teaching and learning of mathematical problem solving. *Mathematical thinking and learning,* 21(10), 293–304.
[62]. Muşlu, M. (2016). *Doğal sayılarda işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
[63]. Müller, G., ve Wittmann, E. (1984). *Der Mathematikunterricht in der Primarstufe.* Braunschweig: Vieweg.
[64]. National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers. (2010; 2014). Common core state standards for mathematics. Washington, DC: Authors.
[65]. Nourallah, S. N.& Farzad, B. (2012). *Mathematical Modelling In University, Advantages And Challenges. Journal Of Mathematical Modelling And Application, (1)* 7, 34-49, ISSN: 2178-2423
[66]. Olkun, S. (2009). *Etkinlik temelli matematik öğretimi*. Ankara: Maya Akademi.
[67]. Özgüven, İ. E. (2003). *Psikolojik testler.* Ankara: Pdrem yayınları
[68]. Özturan Sağırlı, M. (2010). *Türev konusunda matematiksel modelleme yönteminin ortaöğretim öğrencilerinin akademik başarıları ve öz-düzenleme becerilerine etkisi* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
[69]. Pazarcı Çelenk, P. (2019) *Matematiksel modelleme yoluyla öğretimin öğrenci başarısına ve kalıcılığına etkisi (Çankırı ili örneği)* (Yüksek lisans tezi) Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
[70]. PISA, TIMSS ve LGS matematik sorularının TIMSS 2015 bilişsel alanlarına göre incelenmesi. (2021, 23 Mayıs). Erişim adresi: https://www.egitimebakis.org/pisa-timss-ve-lgs-matematik-sorularinin-timss-2015-bilissel-alanlarina-gore-incelenmesi/
[71]. NCTM, (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics.* Reston: Virginia.
[72]. PISA 2018: en alt ve en üst düzeyde ne kadar öğrenci var? (2021, 23 Mayıs). Erişim adresi: http://www.pervinkaplan.com/detay/pisa-2018-en-alt-ve-en-ust-duzeyde-ne-kadar-ogrenci-var/9344.
[73]. Pollak, H. (1969). How can we teach applications of mathematics? *Educational Studies in Mathematics, 2*(2/3), 393-404. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/3482089
[74]. Rensaa, R. J. (2011). A task based two-dimensional view of mathematical competencyused to analyse a modelling task. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, 19* (2), 37-50.
[75]. Rosenthal, R. (1979). The "file drawer problem" and tolerance for null results. *Psychological Bulletin,* 86*, 638-641.*
[76]. Schleicher, A. (2017, 13 Kasım). PISA direktörü Andreas Schleicher: öğrettikleriniz artık gereksiz. *Habertürk..* Erişim adresi: http://www.haberturk.com./
[77].Sokolowski, A. (2015). The effects of mathematical modelling on students'achievement-meta-analysis of research. *The IAFOR Journal of Education,* 3 (1), 93-114. DOI: 10.22492/ije.3.1.06
[78]. Srivastava, D. M. (1983). *The savings transfer effect of teacing mathematical modeling on learning a physics unit using a mastery learning approach* (Doktora tezi). ProQuest Dissertations and Thesis veri tabanından erişildi. (UMI No:48106).
[79]. Şahin, F. (1999). Meta analizinin tıp'ta kullanımı ve bir uygulama. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
[80]. Tapia, M., & Marsh, G. E. (2004). An instrument to measure mathematics attitudes. Academic Exchange Quarterly, 8(2), 16-22.
[81]. Tekin Dede, A. & Bukova Güzel, E. (2014). Matematiksel modelleme yeterliliklerini değerlendirmeye yönelik bir rubrik geliştirme çalışması. XI. Ulusal *Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Adana, 11-14 Eylül 2014.*

[82]. Tuncer, T. (1995). *Matematik Sözlüğü*. İstanbul: Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi, Prof. Dr. Nazım Terzioğlu Basım Atölyesi.
[83]. Tutak, T. ve Güder Y. (2014). *Matematiksel modellemenin tanımı, kapsamı ve önemi,* Turkish Journal of Educational Studies, 1 (1), 173-190.
[84]. Ural, A. (2014). *Matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi, Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 23(2014) 110-141.*
[85]. Verschaffel, L., Greer, B.& De Corte, E. (2002). Everyday knowledge and mathematical modeling of school word problems.
[86]. Yks'de ortalama doğru cevap sayıları. (2019, 20 Ekim). Erişim adresi: https://tr.sputniknews.com/turkiye/201807311034538798-yks-dogru-cevap-matematik-turkce/
[87]. Yu, S. Y., & Chang, C. K. (2009). What Did Taiwan Mathematics Teachers Think of Model-Eliciting Activities And Modeling? In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo-Ferri & G. Stillman. (Eds.), *Trends In Teaching And Learning Of Mathematical Modelling International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 147-156).

EKLER

EK 1. Çalışmaların Analizinde Kullanılan Form

1. Çalışma Numarası:
2. Çalışma Sahibi
3. Çalışmanın Adı:
4. Çalışmanın Türü:
5. Çalışma Yılı:
6. Çalışma Şekli:
7. Uygulama Süresi (hafta):
8. Çalışma Konusu:
9. Sınıf Düzeyi:
10. Çalışma ili:
11. Deney ve kontrol gruplarına ön-son test verileri mevcut mu? Evet ( ) Hayır ( )
12. Araştırmanın bulguları:

Ön Test Örneklemi Deney Grubu:

Ön Test Örneklemi Kontrol Grubu:

Ön Test Ortalaması Deney Grubu:

Ön Test Ortalaması Kontrol Grubu:

Ön Test Standart Sapması Deney Grubu:

Ön Test Standart Sapması Kontrol Grubu:

Son Test Örneklemi Deney Grubu:

Son Test Örneklemi Kontrol Grubu:

Son Test Ortalaması Deney Grubu:

Son Test Ortalaması Kontrol Grubu:

Son Test Standart Sapması Deney Grubu:

Son Test Standart Sapması Kontrol Grubu:

Analiz Yöntemi:

Yayın Türü:

Ek 2. Meta-Analize Dâhil Edilen Matematiksel Modelleme Çalışmalarının Künyesi

No	Yazar(lar)/Tarih	Çalışma Adı	Deney Örneklem Büyüklüğü	Veri Analizi Test Türü	Yayın Türü	Süre	Öğretim Kademesi	Araştırma Yöntemi	Araştırma Deseni	Akademik Başarı	Tutum	Matematiksel Modelleme Yeterlikleri
1	Alkan, 2019	Matematiksel modelleme etkinlikleriyle yapılan öğretim sürecinin 7. Sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerine ve okuduğunu anlama becerilerine etkisinin incelenmesi	26	Parametrik	Tez	7 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	+	-	+
2	Kurtuluş Kayan, 2019	Yüzdeler öğretiminde matematiksel modelleme etkinlikleri kullanımının öğrencilerin başarısı ve matematiği günlük hayatla ilişkilendirme becerisine etkisi	28	Non-Parametrik	Tez	5 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	+	-	+
3	Şeker, 2019	Ortaokul öğrencilerinin farklı matematiksel modelleme problemlerindeki becerilerinin incelenmesi	18	Non-Parametrik	Tez	14 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	-	+	+
4	Delikanlı, 2019	Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik başarı düzeylerine, tutumlarına ve kalıcılığına etkisi	36	Parametrik	Tez	6 hafta	İlkokul	Karma	Yarı Deneysel	+	+	-
5	Pazarcı Çelenk, 2019	Matematiksel modelleme yoluyla öğretimin öğrenci başarısına ve kalıcılığına etkisi (Çankırı ili örneği)	41	Parametrik	Tez	6 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	+	-	-
6	Çiltaş, 2011	Dizi ve seriler konusunun matematiksel modelleme yoluyla öğretiminin ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının öğrenme ve modelleme becerileri üzerine etkisi	75	Parametrik	Tez	14 hafta	Üniversite	Karma	Yarı Deneysel	+	-	-
7	Işık ve Pilten, 2017	The effects of mathematıcal modellıng actıvıtıes on the dıfficulty perceptıon of numbers sense and achıevement among 4th graders	30	Parametrik	Makale	9 hafta	Ortaokul	Nicel	Yarı Deneysel	+	-	-
8	Bakırcı, 2016	Matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin pisa matematik başarı düzeylerine etkisi	19	Non-Parametrik	Tez	8 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	+	-	-
9	Başkan, 2011	Doğrusal ve düzlemde hareket ünitelerinin matematiksel modelleme kullanılarak öğretiminin öğretmen adaylarının öğrenmelerine etkileri	23	Parametrik	Tez	5 hafta	Üniversite	Nicel	Yarı Deneysel	+	-	-
10	Doruk ve Umay, 2011	Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi	34	Parametrik	Makale	10 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	-	-	+

No	Yazar(lar)/Tarih	Çalışma Adı	Deney Örneklem Büyüklüğü	Veri Analizi Test Türü	Yayın Türü	Süre	Öğretim Kademesi	Araştırma Yöntemi	Araştırma Deseni	Akademik Başarı	Tutum	Matematiksel Modelleme Yeterlikleri
11	Korkmaz, 2010	İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri	70	Betimsel Analiz	Tez	12 hafta	Üniversite	Karma	Zayıf Deneysel	-	+	-
12	Cinislioğlu, 2017	Matematiksel modelleme yöntemi ile doğrusal denklemler konusunun öğretiminin ortaokul üçüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarısına etkisi	20	Non-Parametrik	Tez	3 hafta	Ortaokul	Nicel	Yarı Deneysel	+	-	-
13	Nourallah ve Farzad, 2012	Mathematical modelling in university, advantages and challenges	30	Parametrik	Makale	15 hafta	Üniversite	Nicel	Yarı Deneysel	+	-	-
14	Bilal, 2010	Elektrik konusunun modelleme yoluyla öğretiminin kavramsal anlama, akademik başarı ve epistemolojik inançlara etkisi	21	Non-Parametrik	Tez	6 hafta	Üniversite	Nicel	Yarı Deneysel	+	-	-
15	Yıldırım ve Işık, 2014	Matematiksel modelleme etkinliklerinin 5.sınıf öğrencilerinin matematik dersindeki akademik başarılarına etkisi	28	Parametrik	Makale	3 Hafta	Ortaokul	Nicel	Yarı Deneysel	+	-	-
16	Özturan Sağırlı, 2010	Türev konusunda matematiksel modelleme yönteminin ortaöğretim öğrencilerinin akademik başarıları ve öz-düzenleme becerilerine etkisi	19	Parametrik	Tez	9 hafta	Lise	Nitel	Yarı Deneysel	+	-	-
17	Papageorgiou, 2009	The effect of mathematical modeling on students' affect	26	Parametrik	Tez	14 hafta	Lise	Karma	Yarı Deneysel	-	+	_
18	Betanga, 2018	The effects of mathematical modeling ınstruction on precalculus students' p students' performance and a formance and attitudes t ttitudes toward rational f d rational functions	24	Parametrik	Tez	5 Hafta	Üniversite	Karma	Yarı Deneysel	+	+	-
19	Srivastava, 1983	The savıngs transfer effect of teachıng mathematıcal modelıng on learnıng a physıcs unıt usıng a mastery learnıng approach	27	Parametrik	Tez	4 hafta	Lise	Nicel	Yarı Deneysel	+	-	-
20	Freeman, 2014	The ımpact of small-group mathematıcal modelıng actıvıtıes on students' understandıng of lınear and quadratıc functıons	26	Parametrik	Tez	14 hafta	Üniversite	Karma	Yarı Deneysel	+	-	-
21	Yılmaz, 2015	Matematiksel modellerle teorem ispatlarının ilköğretim matematik öğretmenliği öğrencilerinin ispat yapabilme becerilerine, ispatla ilgili görüşlerine ve akademik başarılarına etkisi	45	Parametrik	Tez	5 hafta	Üniversite	Karma	Zayıf Deneysel	+	-	-

No	Yazar(lar)/Tarih	Çalışma Adı	Deney Örneklem Büyüklüğü	Veri Analizi Test Türü	Yayın Türü	Süre	Öğretim Kademesi	Araştırma Yöntemi	Araştırma Deseni	Akademik Başarı	Tutum	Matematiksel Modelleme Yeterlikleri
22	Çelikkol, 2016	7. Sınıf öğrencilerine cebirsel sözel problemlerde matematiksel modelleme uygulaması: bir eylem araştırması	15	Parametrik	Tez	6 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	**+**	**-**	**-**
23	Perk, 2019	Fonksiyonlar konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin meslek lisesindeki öğrenci başarısına etkisi	52	Parametrik	Tez	8 hafta	Lise	Nicel	Yarı Deneysel	**+**	**-**	**-**
24	Büyükadıgüzel,2019	Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. Sınıf öğrencilernin başarısına etkisinin ve öğrenci görüşlerinin incelenmesi	56	Parametrik	Tez	5 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	**+**	**-**	**-**
25	Karacı, 2016	İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin geliştirilmesine yönelik öğrenme ortamının hazırlanması ve değerlendirilmesi	24	Parametrik	Tez	13 hafta	Üniversite	Karma	Yarı Deneysel	**-**	**-**	**+**
26	Sandalcı, 2013	İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin geliştirilmesine yönelik öğrenme ortamının hazırlanması ve değerlendirilmesi	33	Parametrik	Tez	3 hafta	Ortaokul	Nicel	Yarı Deneysel	**+**	**-**	**-**
27	Kılıç, 2020	Farklı disiplinler ile ilişkilendirme bağlamında matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi ve uygulanması: ortaokul öğrencileri örneklemesi	34	Non-Parametrik	Tez	15 hafta	Ortaokul	Karma	Yarı Deneysel	**-**	**-**	**+**

Ek 3. Nicel ve Karma Yöntemli Çalışmaları Değerlendirme Formu

	Nicel Deneysel				Karma Araştırma			
Meta-Analize Dâhil Edilen Çalışmalar	Ve örneklem belirlemede seçkisizlik	Uygulama sürecinin ifade edilmesi	Grup bilgisinin gizlenmesi	Elde edilen verinin güvenirliği ve geçerliğinin sağlanması	Karma Yöntem Deseninin Gerekçesi	Nitel ve Nicel Veri Analizi Teknikleri	Nitel ve Nicel Veri ya da Sonuçların Birbiriyle Birleştirilmesi	**Toplam**
Korkmaz, 2010					1	1	1	3
Cinislioğlu, 2017	0.5		1	1				2.5
Nourallah ve Farzad,	0.5		1	1				2.5
Bilal, 2010	0.5		1	1				2.5
Yıldırım ve Işık, 2014	0.5		1	1				2.5
Özturan Sağırlı, 2010					1	1	1	3
Papageorgiou, 2009					1	1	1	3
Betanga, 2018					1	1	1	3
Srivastava, 1983	0.5		1	1				2.5
Freeman, 2014					1	1	1	3
Yılmaz, 2015					1	1	1	3
Çelikkol, 2016					1	1	1	3
Perk, 2019	0.5		1	1				2.5
Büyükadıgüzel,2019					1	1	1	3
Karacı, 2016	0.5		1	1				3
Sandalcı, 2013	0.5		1	1				3
Kılıç, 2020					1	1	1	3
Alkan, 2019					1	1	1	3
Kurtuluş Kayan, 2019					1	1	1	3
Şeker, 2019					1	1	1	3
Delikanlı, 2019					1	1	1	3
Pazarcı Çelenk, 2019					1	1	1	3
Çiltaş, 2011					1	1	1	3
Işık ve Pilten, 2017	0.5		1	1				2.5
Bakırcı, 2016	0.5		1	1				2.5
Başkan, 2011					1	1	1	3
Doruk ve Umay, 2011					1	1	1	3