



Araştırma/Research

DOI: 10.7822/omuefd.845782

OMÜ Eğitim Fakültesi Dergisi

OMU Journal of Education Faculty

2021, 40(1), 45-59

## Matematiksel Modellerin Öğretiminde Hata Temelli Aktiviteler

Sibel BİLGİLİ<sup>1</sup>, MERVE ÖZKAYA<sup>2</sup>, Alper ÇILTAŞ<sup>3</sup>, Alper Cihan KONYALIOĞLU<sup>4</sup>

Makalenin Geliş Tarihi: 23.12.2020

Yayına Kabul Tarihi: 26.06.2021

Online Yayınlanma Tarihi: 30.06.2021

*Matematik dersinin en önemli amaçlarından biri problem çözme becerisi yüksek bireyler yetiştirebilmektir. Matematik öğretim programlarında bu durum sıkça vurgulanmaktadır. Günümüzde iyi bir problem çözücü yetiştirme çabasını destekleyen en önemli yöntemlerden biri modelledir. Bu çalışmada matematiksel modellerin öğretiminde hata temelli aktivitelerin, ortaokul matematik öğretmeni adaylarının modellemeye ilişkin hataları belirleyebilmeleri amaçlanmıştır. Yarı deneysel desen kullanılarak yürütülen araştırmanın örneklemini bir devlet üniversitesinin ilköğretim matematik öğretmenliği son sınıfında öğrenim gören iki farklı şubeden 62 öğretmen adayını oluşturmaktadır. Rastgele olarak bu iki şubeden biri deney, diğeri ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Deney grubunda matematiksel modellerin öğretimi hata temelli aktiviteler kullanılarak, kontrol grubunda ise öğretici merkezli olarak gerçekleştirilmiştir. Veriler toplam yedi sorudan oluşan bir bilgi testiyle toplanmıştır. Bu testteki her bir soru için doğru ya da hatalı iki çözüm yapılmıştır. İki farklı çözüm kâğıdı şeklinde sunulan bilgi testi hem deney hem de kontrol grubundaki öğretmen adaylarına ön ve son test olarak uygulanmıştır. Çalışmada ANCOVA analizi sonuçlarına göre deney grubu lehine gruplar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Buna göre matematiksel modellerin öğretiminde hata temelli aktivitelerin doğru modelleme yapma sürecinde pozitif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma doğru ve hatalı modelleri öğretmen adaylarına sunarak gerçekleştirilecek modelleme öğretiminin öneminin altını çizmektedir. Bu modelleme öğretiminin bilgisayar teknolojisiyle desteklenmesi önerilmektedir.*

**Anahtar Sözcükler:** Hata, Hata temelli aktivite, Matematiksel model, Model, Matematik öğretmeni aday

### GİRİŞ

Günümüzde öğrencilerin gelişimsel gereksinimleri ve bireysel farkları doğrultusunda bireyi merkeze alan, aktif bir şekilde ortama katan, yaparak yaşayarak öğrenmenin esas olduğu ve öğrenmeyi öğrenen öğrencilerin hedeflendiği bir öğretim sistemine ve öğretim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu öğretim programlarında öngörülen değişikliklerin kazandırılması için, uzmanlar tarafından belirlenmiş eğitim ortamlarında öğrencilerden beklenen öğrenme yaşantılarını gerçekleştirdikleri öğrenme ve

<sup>1</sup> Arş. Gör., Atatürk Üniversitesi, sibel.bilgili@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3611-0482

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, mdurkaya@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0436-4931

<sup>3</sup> Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, alperciltas@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1024-5055

<sup>4</sup> Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, ackonyali@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6009-4251

Bilgili, S., Özkaya, M., Çiltaş, A. ve Konyalıoğlu, A. C. (2021). Matematiksel modellerin öğretiminde hata temelli aktiviteler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40(1), 45-59. DOI: 10.7822/omuefd. 845782

öğretme süreçlerinin en etkili şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu noktada öğretmenlere öğrenme ortamlarını düzenlemek ve etkili öğretim yöntemlerini seçmek gibi önemli görevler düşmektedir. Matematiğin soyut yapısı düşünüldüğünde öğretmen, kazandırılmak istenen hedefin özelliklerini dikkate alarak eğitim ortamını düzenlemeli ve strateji, yöntem ve tekniği seçmelidir (Aydoğan, Özyürek ve Gültekin-Akduman, 2014).

Matematik öğretiminin genel amaçları, öğrencilerin matematiğin günlük hayatın bir parçası olduğunun farkında olmaları için fırsatlar üretilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır. Ayrıca bu amaçlar, matematiğin uğraşmaya değer bir ders olduğunun öğrencilere hissettirilmesini desteklemektedir. Artık öğrenciler matematiğin sadece sınıf içi çalışmalar olmadığını gerçek hayatta karşılarına çıkabileceğini hissetmektedirler. Matematik eğitiminin amaçlarından birisinin de bireylerde doğru düşünme, yaratıcı düşünme, eleştirel düşünme gibi yetenekleri oluşturmak olduğu da düşünüldüğünde sınıf içi seçilen etkinlikler önem arz etmektedir. Her ne kadar matematik yaşamın soyutlanmış bir biçimi olarak düşünülse de bu sınıf içi aktiviteler, öğrencilerde matematiğe özgü olan akıl yürütme, ilişkilendirme, iletişim, problem çözme gibi birçok beceriyi kazandırmayı kolaylaştırmaktadır. Bu beceriler MEB (2018) ortaokul matematik öğretim programında matematiksel yetkinlik olarak ifade edilmiştir. Bu yetkinlik "Düşünme (mantıksal ve uzamsal düşünme) ve sunmanın (formüller, modeller, kurgular, grafikler ve tablolar) matematiksel modlarını farklı derecelerde kullanma beceri ve isteğini içermektedir." olarak açıklanmıştır (s. 6). Nitekim günlük hayat problemlerinin çözümünde görselleştirmenin önemli olduğunu ve kavram öğretiminde formül, grafik, cebirsel, eşitlik ve sembolik modellerin kullanılmasının önemli olduğunu Arzarello, Ferrara ve Robutti (2012) yaptıkları çalışmalarında vurgulamaktadırlar. Benzer şekilde Brenner ve arkadaşları (1997) sözel ifadelerin, grafiklerin, tabloların, eşitliklerin ve denklemler gibi modellerin oluşturulmasının ve oluşturulan modellerin problemlerin çözüm sürecinde kullanılmasının etkili olduğunu vurgulamaktadırlar.

Tversky (2001) matematiksel modellerin; motive etme, bilgileri hafızaya kaydetme, ilişkilendirme, hafızayı güçlendirme ve akıl yürütmede kullanılabileceğini çalışmasında göstermiştir. Özetle modeller matematiği anlamayı ve anlamlandırmayı sağlayan görselleştirmelerdir. Bu gösterimleri Meyer (1984) değişken, sabit, fonksiyon, eşitlik, eşitsizlik, formül, grafik, sembol, tablo, resim, diyagram gibi matematiksel kavram parçaları olarak belirtmiştir. Bir matematiksel model bir ifadenin, olayın veya olgunun anlaşılmasında kullandığımız matematiksel araçtır. Yani matematiksel model, matematiksel dili kullanarak taklit etme süreci olarak düşünülebilir. Matematiksel araç olduğu düşünülen matematiksel modeller, matematiksel kavramların somutlaştırılmasında ve buna bağlı olarak bu kavramların zihinde doğru bir şekilde yer etmesinde önemli bir etkidir. Bu bakış açısıyla öğrencilerin kavramsal hataya veya yanlıya daha az düştüğü düşünülmektedir. Hataları aza düşürmenin yolunun hatalardan öğrenme olduğu söylenebilir (Borasi, 1996).

Çoğu çalışmada kavramlara yönelik hatalar belirlenmeye çalışılmıştır (Radatz, 1979). Bazı çalışmalarda ise hata, kaçınılması gerekenleri bilmek olarak düşünülmüştür (Gartmeier, Bauer, Gruber ve Heid, 2008). Bunların aksine hataların öğrenmede etkili bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur (Borasi, 1988; 1996). Hataların bir yöntem olarak kullanılması ile öğrenciler doğru veya yanlış bildiklerini ayırt etmişler, kavramlara yönelik yeni fikirler kazanmışlardır. Ayrıca hatalar öğrencileri araştırmaya sevk etmiştir (Borasi, 1989). Benzer şekilde VanLehn (1999) hataların bireyi doğru bilgiye götürmede önemli bir yol olduğunu ifade etmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde Özkaya (2015), Özkaya ve Konyalıoğlu (2019) matematik öğretim bilgisini; Akkuşçi (2019), Borasi (1986; 1989; 1994), Gedik (2014), Gedik ve Konyalıoğlu (2019) ise matematik alan bilgisini geliştirmede hataları kullanmışlardır. Bazı çalışmalarda ise farklı kavramlara yönelik başarı değişiminde hatalarla öğretime yer verilmiştir (Barbieri ve Booth, 2020; Durkin ve Rittle-Johnson, 2012). İlgili araştırma sonuçlarına göre hataların bir yöntem olarak kullanıldığı hata temelli aktiviteler, öğretim aktivitesi olarak değerlendirilmiştir. Yapılandırmacı yaklaşımla önemli bir yer edinen modelleme çalışmalarında hata temelli aktivitelere

rastlanmamıştır. Çok az çalışmada profesyonel hataların modelleme üzerinde kullanıldığı görülmüştür. Örneğin, Özkaya (2015), ortaokul matematik öğretmenlerinin kesirlerle toplama ve çıkarma işleminin modellenmesine yönelik durumlarını geliştirmede hataları kullanmıştır. Bilgili, Özkaya, Çiltaş ve Konyalıoğlu (2020) ise ortaokul matematik öğretmenlerinin modellemeye ilişkin hatalı modelleri tespit edebilme durumlarını incelemişlerdir. Bu çalışmalardan yola çıkılırsa modellemeyi öğretim süreçlerinde etkin olarak kullanan matematik öğretmenlerinin iyi bir modelleme bilgisine sahip olmaları gerektiği söylenebilir.

Bir matematik öğretmenin matematiksel modelleri sadece anlamayı kolaylaştıran görseller olarak ifade etmesi, o öğretmenin anlamsal olarak modellemenin etkisini bilmediğini göstermektedir (Bilgili, Özkaya, Çiltaş ve Konyalıoğlu, 2020). Matematiksel problem çözme becerilerinin ve modelleme yeterliliklerinin önemini göz önüne alan bir matematik öğretmenin öğrencilerinin matematiksel yeterliliğini geliştirmeye yönelik hazırlıklar yapması önerilmektedir (Han ve Kim, 2020). Çünkü öğrencilerin modelleme problemlerine karşı tutumları, problem çözme arzuları ve motivasyonları onların model üretme sürecini etkilemektedir (Sevinç ve Melek, 2020). Ayrıca öğretmenlerin matematiksel model oluşturabilmelerinin yanı sıra oluşturulan bir modeli yorumlayabilmelerinin de gerektiği düşünülmektedir. Nitekim Bilgili ve diğerleri (2020) ortaokul matematik öğretmenlerinin matematiksel modellere ilişkin hata yaklaşımlarını inceledikleri çalışmalarında, öğretmenlerin çoğunun gerçekleştirilen çözümü değerlendirirken doğru ya da hatalı çözümü ayırt etmede zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca öğretmenlerin yeterli bilgiye sahip olmadıkları kavramların matematiksel modellerini açıklarken de güçlük yaşadıklarını belirlemişlerdir. Bahsedilenler ışığında öğretmenlerin hem matematiksel modellerle ilgili yeterlilikleri (Akgün vd., 2013; Han ve Kim, 2020) hem de bu modelleri yorumlayabilmeleri (Bilgili vd., 2020) önemlidir. Öğretmenlerin bunları başarabilmeleri için öğretmen olmadan önce problem çözme ve modelleme gibi matematiksel yeterliliklerini, becerilerini en üst seviyeye çıkarmaları gerekmektedir. Bu noktada öğretmen adaylarının farklı öğretilere yönlendirilmesinin önemli olduğu ön görülmektedir. Hatta bu öğretim sürecinin hata temelli olmasının beklentileri karşılamada etkili olabileceği düşünülmektedir. Özellikle matematik gibi alanlarda kullanılabileceği düşünülen hata temelli aktivitelerin uygulandığı bu çalışma, çoğu hata temelli aktivite içeren çalışmaların aksine deneysel olarak yürütülmüştür. Nicel içerikli çalışmalar incelendiğinde, Durkin ve Rittle-Johnson (2012) ondalık gösterim konusu; Rittle-Johnson ve Star (2009) eşitlik konusu; Heinze ve Reiss (2007) geometri öğrenme alanı; Yıldırım (2019) bazı istatistik kavramları; Barbieri ve Booth (2020) cebir öğrenme alanında hata temelli aktivite uygulamalarının öğrencilerin başarıları üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada ise öğretmen adayları ile uygulama yapılmıştır. Ayrıca herhangi bir matematik konusuna değil matematiğin modellenmesine yönelik olarak hata temelli aktivite uygulamaları yürütülmüştür. Bu açılarından çalışma, bahsedilen çalışmalardan farklı olarak düşünülebilir. Bahsedilenlerden hareketle bu çalışmada “*Matematiksel modellerin öğretiminde hata temelli aktivitelerin bir etkisi var mıdır?*” sorusuna cevap aranmıştır.

## YÖNTEM

### *Araştırma Deseni ve Araştırma Grubu*

Hata temelli matematiksel model öğretiminin öğretmen adaylarının modellere ilişkin hataları belirleyebilmeleri üzerindeki etkisini ölçmeye yönelik yapılan bu çalışmada, ön-test ve son-test kontrol gruplu desenlerden, eşit olmayan kontrol grup deseni kullanılmıştır. Araştırmanın yapıldığı fakültede bulunan 4.sınıf şubelerinden biri deney grubu, diğeri kontrol grubu olarak seçildiği için araştırmanın deneysel deseni eşit olmayan kontrol gruplu “yarı-deneysel desen” olarak belirlenmiştir. Eşit olmayan kontrol gruplu desende, birey yerine grup kullanılmaktadır (Fraenkel ve Wallen, 2006). Bu modelde deney ve kontrol grupları tarafsız atama şeklinde biri deney, diğeri kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Her iki gruba da çalışma öncesi ve sonrası aynı testler uygulanmıştır. Bu sebeple ön-test

ve son-test kontrol gruplu desenlerde aynı denekler üzerinde uygulama yapıldığından hata payı da düşük olacaktır (Fraenkel ve Wallen, 2006).

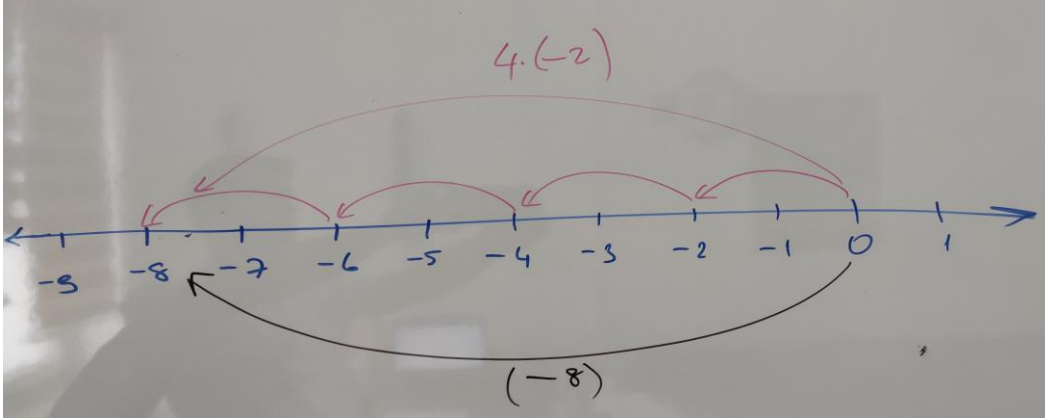
Çalışmanın araştırma grubunu 2018-2019 eğitim-öğretim yılında bir devlet üniversitesinin ilköğretim matematik öğretmenliği son sınıfında öğrenim gören 62 öğretmen adayı oluşturmaktadır. İlk olarak öğretmen adayları uygun örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Araştırmacılar verileri daha hızlı toplayabilmek için kendilerinin daha kolay ulaşabilecekleri bir üniversiteye ait eğitim fakültesini tercih etmişlerdir. Ardından belirlenen eğitim fakültesinde amaçsal örnekleme yöntemiyle araştırma grubu oluşturulmuştur. Deney grubunda 32, kontrol grubunda ise 30 öğretmen adayı bulunmaktadır. Çalışma grubunun sayısal olarak eşit olmaması araştırma adına bir sorun oluşturmamaktadır. Çalışma grubundan elde edilecek veri sonuçlarında önemli olan, toplam değer değil, ortalama değerlerin kullanılması ve karşılaştırılmasıdır. Bu nedenle yarı-deneysel desende kullanılan örneklem büyüklüklerinin eşit olmasını gerektiren bir zorunluluk bulunmamaktadır (Güler, 2007).

### ***Veri Toplama Aracı, Verilerin Toplanması ve Verilerin Analizi***

Veri toplama aracı geçerliği ve güvenilirliği Bilgili ve diğerleri (2020) tarafından hazırlanan yedi soru içeren bir bilgi testiyle toplanmıştır. Özmantar, Bingölbali ve Akkoç (2015), kesir modelinde yer alan hataların kısıtlı algılamadan; cebirsel model, tablo modeli, şekil veya grafik modelinde yer alan hataların ise yanlış tercümeden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu nedenle bilgi testi, hatalı modellerle ilgili kavram yanlışları düşünülerek hazırlanmıştır. Bilgi testindeki birinci sorunun çözümünde sayma pulu modeli, ikinci sorunun çözümünde cebirsel ve tablo modeli, üçüncü ve altıncı sorunun çözümünde ise şekil modeli kullanılmıştır. Dört ve beşinci soruda kesir modeli, yedinci soruda ise sayı doğrusu modelini içeren çözümler yer almaktadır.

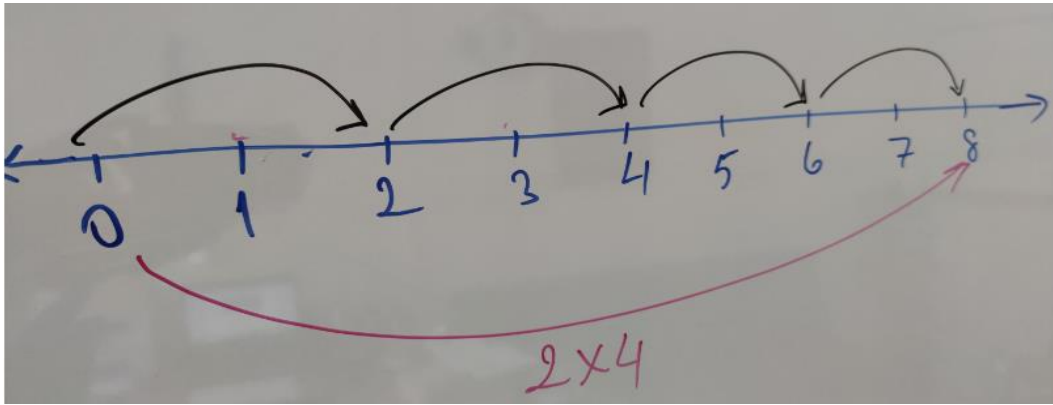
Araştırmacılar, bu testteki her bir soru için doğru ve hatalı iki çözüm oluşturmuşlardır. Farklı modeller kullanılarak hazırlanan bu çözümler, iki farklı çözüm kâğıdı şeklinde öğretmen adaylarına sunulmuştur. Çözümlerin doğru ya da hatalı oluşu hakkında öğretmen adaylarına bilgi verilmemiş, öğretmen adaylarından her iki çözüm kâğıdında yer alan çözümleri değerlendirmeleri istenmiştir.

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğretmen adaylarına bilgi testi ön test olarak uygulanmıştır. Ardından deney grubunda hata temelli matematiksel model öğretimi, kontrol grubunda ise öğretici merkezli matematiksel model öğretimi ile ders işlenmiştir. Kontrol grubuna kavramlara yönelik matematiksel modeller doğru bir şekilde verilmiş, deney grubunda ise doğru model veya yanlış modeller verilerek sınıf ortamında bireysel olarak tartışılmış; yanlış model verildiğinde ise araştırmacının rehberliği ile doğru modele ulaşılmıştır. Deney grubunda dersi işleyen öğretim elemanı rehber görevini üstlenmiş ve öğretmen adaylarının doğru modele ulaşmalarında yardımcı olmuştur. Çalışma haftalık üç ders saati şeklinde yürütülmüş ve toplam dokuz saat sürmüştür. Uygulamadan bir hafta önce ön testler ve bir hafta sonra da son testler uygulanmıştır. Kontrol grubunda kavramlara yönelik modeller doğru olarak verilirken deney grubunda hem hatalı hem de doğru model örnekleri verilerek ders işlenmiştir. Örneğin kontrol grubunda kullanılan sayı doğrusu modeli Şekil 1'de yer almaktadır.



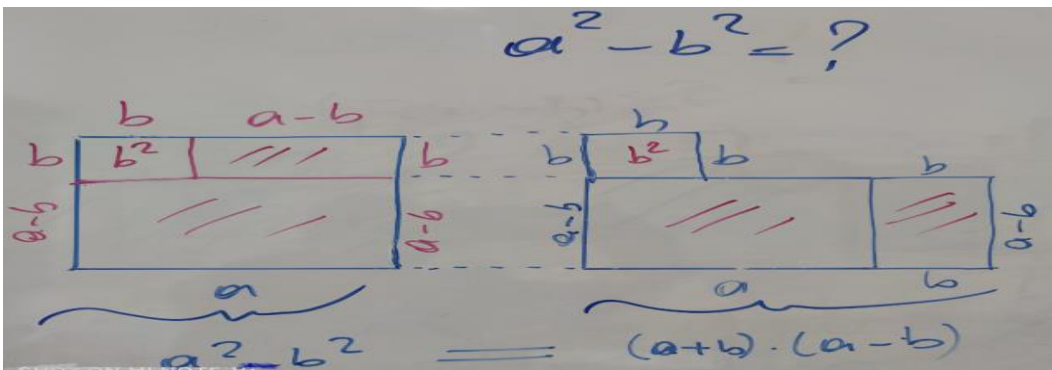
Şekil 1. Öğretici Merkezli Matematiksel Model Öğretiminde Kullanılan Model Örneği

Deney grubunda hatalı bir model olarak,  $2 \times 4$  işlemine yönelik Şekil 2'deki model çizilmiştir.

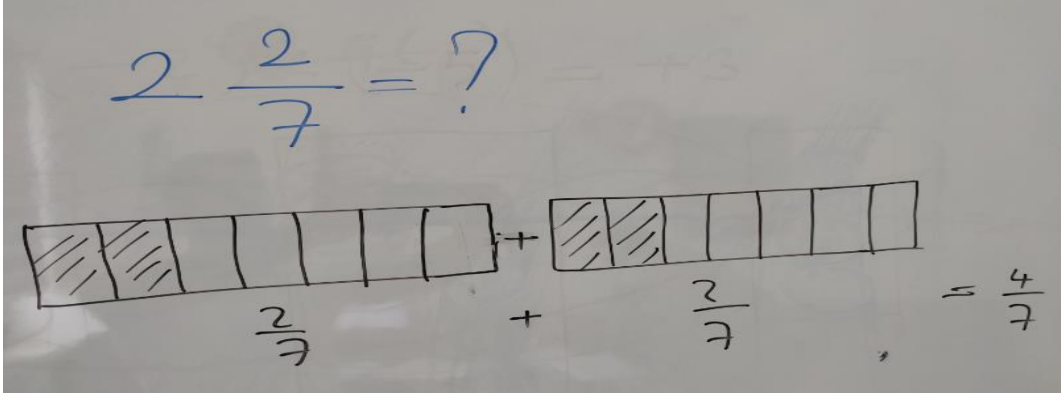


Şekil 2. Hata Temelli Matematiksel Model Öğretiminde Kullanılan Model Örneği

Bu model aslında  $4 \times 2$  işlemine ait bir örnek olmaktadır. İşlemsel sonuç bakımından aynı değeri vermesine rağmen çarpma işleminin anlamına yönelik farklı olan bu iki işlem öğretmen adayları tarafından fark edilerek doğru model örnekleri verilmiştir. Başka bir etkinlikte  $a^2 - b^2$  eşitliği kontrol grubunda Şekil 3'teki;  $2\frac{2}{7}$  tam sayılı kesri kontrol grubunda Şekil 4'teki gibi modellenmiştir.



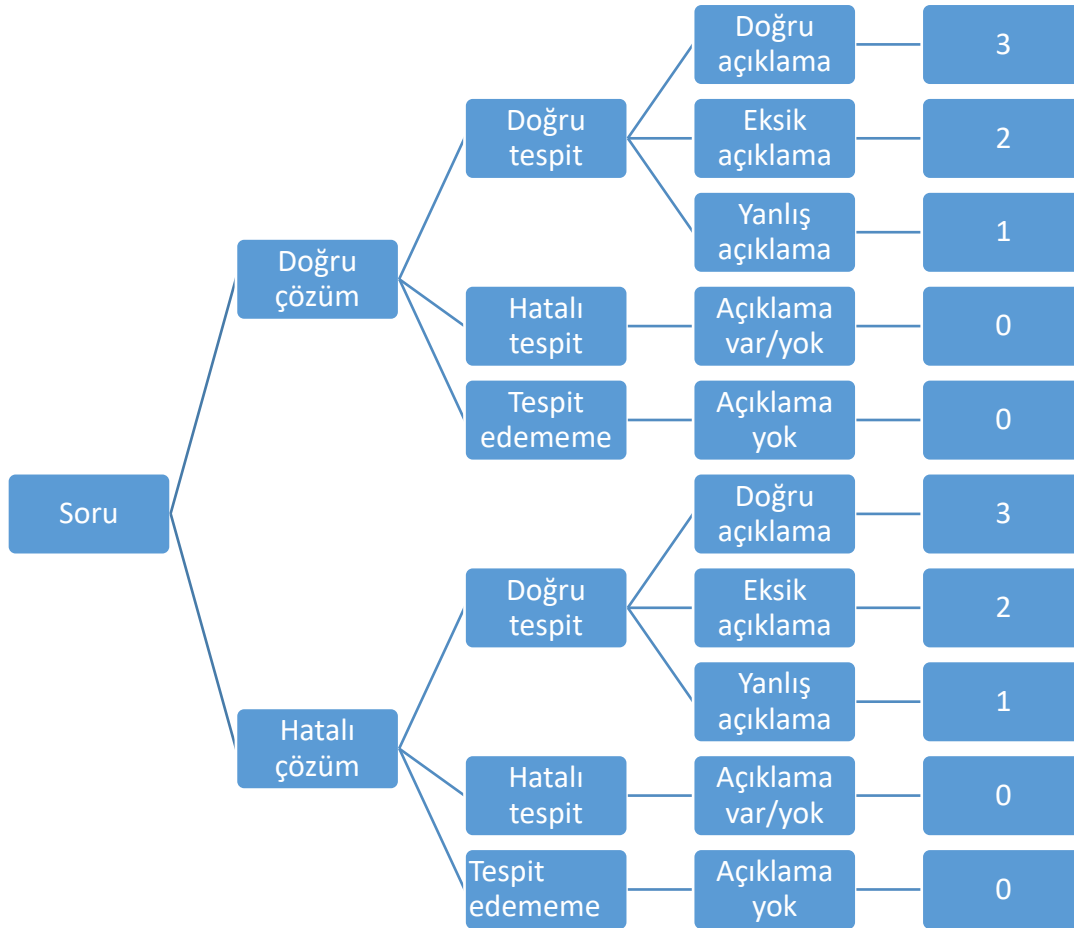
Şekil 3. Öğretici Merkezli Matematiksel Model Öğretiminde Kullanılan Model Örneği



**Şekil 4.** Hata Temelli Matematiksel Model Öğretiminde Kullanılan Model Örneği

Bu şekilde uygulama toplam 3 hafta 9 saat sürmüştür. Her iki gruba da çeşitli konularda aktiviteler yapılmıştır. Sonraki hafta aynı bilgi testi yeniden son test olarak hem deney hem de kontrol grubuna uygulanmıştır.

Bilgi testinde yer alan her bir soru için doğru ya da hatalı bir modelle oluşturulmuş çözümler gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple de farklı değerlendirme kriterleri belirlenerek puanlandırılmıştır. Bu puanlandırma kriterleri Şekil 5'te yer almaktadır.



**Şekil 5.** Puanlama Anahtarı

Şekil 5 de hazırlanan bilgi testine ait her bir çözüm kâğıdı için öğretmen adaylarının verdikleri cevapların puanlama anahtarı verilmiştir. Bu puanlama anahtarına göre çözüm kâğıtlarının herhangi birinde yer alan bir soruya örneğin doğru çözüm oluşturulmuşsa ve öğretmen adayı çözümün doğru

olduğunu belirleyip doğru açıklama yapmışsa 3 puan, eksik açıklama yapmışsa 2 puan, yanlış açıklama yapmışsa 1 puan, açıklama yapmamışsa 0 puan şeklinde puanlandırılmıştır. Ya da doğru çözümün yanlış olduğunun düşünüldüğü ve buna bağlı olarak hatalı açıklamalar yapıldığında ise 0 puan şeklinde puanlandırılmıştır. Sonrasında ise her bir çözüm kağıdından elde edilen puanlar toplanarak her bir öğretmen adayı için bilgi testine ait toplam puanlara ulaşılmıştır.

Bilgi testinden elde edilen verilerin normalliğinin belirlenebilmesi için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Uygulama öncesi her iki gruba uygulanan ön testler verileri, Shapiro-Wilk testi ile analiz edilmiştir. Bu testin sonuçlarına göre bilgi testine ait verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ön test-son test kontrol gruplu deneysel desenlerde deneysel işlemin etkisini belirlemek amacıyla kullanılan farklı veri analizi yaklaşımı uygulanmaktadır. Bu çalışmada da hata temelli matematiksel model öğretiminin hata yaklaşımları üzerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Verilerin normal dağılmasından, uygulamaya katılan birden fazla grup olmasından, grupların varyanslarının homojen olmasından, son test puanlarının (bağımlı değişkenin) aralıklı olmasından dolayı kodeğişken olarak ön test puanları belirlenip tek faktörlü kovaryans analizi (ANCOVA) kullanılmıştır. ANCOVA testi sonucunda gruplarda uygulanan yöntemlerin ne kadar etkili olduğunu belirlemek amacıyla etki büyüklüğü ( $\eta^2$ ) değerine bakılmıştır.

### *Geçerlik, Güvenirlik ve Etik*

Bu araştırmada veri toplama aracının geçerliği sağlamak için literatürde yer alan modellerin çoğuna (tablo, şekil, sayı pulu gibi) veri toplama aracında yer verilmiştir.

Veri toplama aracının güvenilirliğini sağlayabilmek için bilgi testi, her biri 20 ilköğretim matematik öğretmeni adayından oluşan eş değer iki gruba uygulanmıştır. Bu eş değer iki grubun bilgi testinden aldıkları puanlar arasında pozitif yönde ve anlamlı düzeyde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ( $r=0.35$ ,  $p<0.05$ ). Korelasyon katsayısı 0.30'dan küçük ise ilişki zayıf düzeydedir (Köklü, Büyüköztürk ve Çokluk-Bökeoğlu, 2006). Hesaplanan korelasyon katsayısının belirtilen değerden yüksek olması sebebiyle bilgi testi, araştırmada veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Ayrıca veri toplama aracı daha önce Bilgili ve diğerlerinin (2020) çalışmasında matematik öğretmenlerine uygulanmıştır. İlgili çalışmada veri toplama aracının son hali pilot uygulama ile verilmiştir.

Araştırmanın güvenilirliğini sağlamak için veri toplama aracına yönelik oluşturulan puanlama anahtarı, alanında uzman olan üç matematik eğitimcisi tarafından değerlendirilmiştir. Bu inceleme sonucunda elde edilen ortak değerlendirme kriterleri puanlandırma anahtarında kullanılmıştır. Ortak olmayan kriterler bu üç uzman tarafından tekrar değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucu, uzmanlar tarafından görüş ayrılığı olmadan puanlandırma anahtarına dair değerlendirme kriterlerinin son hali oluşturulmuştur. Bu değerlendirme sonrasında puanlandırma anahtarının son hali oluşturulmuştur.

### *Etik Kurul İzin Bilgileri*

Yapılan bu çalışmada "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur.

Etik Değerlendirmeyi Yapan Kurul Adı: Atatürk Üniversitesi, Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu, Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurul Başkanlığı

Etik Değerlendirme Kararının Tarihi: 12.11.2020

Etik Değerlendirme Belgesi Sayı Numarası: 12

## **BULGULAR**

İlk olarak bilgi testinin ön test olarak uygulanması ile elde edilen verilerin normal dağılıma uyup uymadığı belirlenmiştir. Deneklerin sayısının 50'den az olduğu durumlarda verilerin dağılımını

belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk testi kullanılır (Shapiro ve Wilk, 1965). Her iki grupta da örneklem 50 kişiden az olduğu için verilerin dağılımı Shapiro-Wilk testi ile ortaya konulmuştur.

**Tablo 1.**

*Deney ve Kontrol Gruplarının Başarı Testi Ön Test Verilerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları*

Değişken	Gruplar	N	Shapiro-Wilk	sd	p
Bilgi testi	Deney	32	0.783	60	.159
	Kontrol	30	0.358		

Yapılan Shapiro-Wilk testi sonucuna göre normallik varsayımları sağlanmaktadır ( $p > 0.05$ ). Yani Tablo 1'e göre tüm gruplardaki veriler normal dağılım göstermektedir.

Deney ve kontrol grupları için deneysel işlemlere geçilmeden bilgi testinden elde edilen puanların ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek için t testi kullanılmıştır. Ön testten elde edilen verilerin t testi sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır.

**Tablo 2.**

*Deney ve Kontrol Gruplarının Başarı Testi Ön Test Verilerinin t Testi Sonuçları*

Gruplar	N	$\bar{X}$	Ss	sd	t	p
Deney	32	22.69	7.51	60	1.425	0.159
Kontrol	30	25.43	7.64			

Deney ve kontrol gruplarının ön test puanlarına dair yapılan analiz sonuçlarına göre 32 öğrenciden oluşan deney grubunun başarı testine ait ön test puan ortalamasının 22.69 ve 30 öğrenciden oluşan kontrol grubunun puan ortalamasının 25.43 olduğu görülmektedir. Grupların başarı testi ön test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $t(60)=1.425$ ;  $p=0.159$ ;  $p > 0.05$ ).

**Tablo 3.**

*Deney ve Kontrol Gruplarının Başarı Testi Son Test Verilerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları*

Değişken	Gruplar	N	Shapiro-Wilk	sd	p
Bilgi testi	Deney	32	0.477	60	.138
	Kontrol	30	0.445		

İlköğretim matematik öğretmenliği 4.sınıf öğrencilerinde hata temelli matematiksel model öğretiminin, öğrencilerin hata yaklaşımları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen deneysel işlemin etkisini belirlemek için kovaryans analizi (ANCOVA) uygulanmıştır. Kovaryans analizi yapılmadan önce deney ve kontrol gruplarına ait son test verilerinin normalliğine bakılmış ve yapılan Shapiro-Wilk testi sonucuna göre normallik varsayımlarının sağlandığı görülmüştür ( $p > 0.05$ ) (Tablo 3). Ayrıca kovaryans analizi yapabilmek için "Grupların varyansları arasında anlamlı farklılık yoktur" şeklindeki yokluk hipotezini sınavan Levene testinin anlamlılık değerine bakılmış ve p değerinin 0.05'ten büyük olduğu tespit edilmiştir [ $p=0.06$ ]. Uygulanan ANCOVA analizi sonucunda grupların ( $F(1,59) = 46.303$ ,  $p < 0.05$ ) son test başarı puanları üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuştur.

**Tablo 4.**

*ANCOVA Sonuçları*


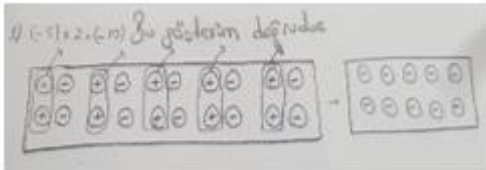
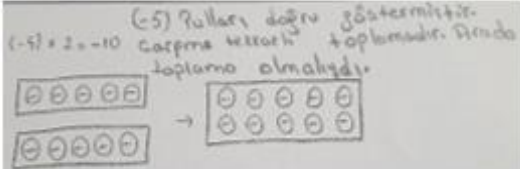
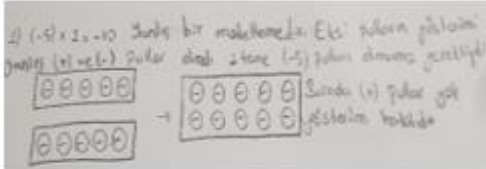
Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	Anlamlılık düzeyi (p)	Eta Kare
Ön test (reg)	531.229	1	531.229	11.933	0.001	0.168
Grup	2061.376	1	2061.376	46.303	0.000	0.440
Hata	2626.613	59	44.519			
Toplam (Düzeltilmiş)	4915.435	61				

Tablo 4'e göre, grupların ön test puanlarından bağımsız olarak başarı puanlarının ortalamaları arasında anlamlı farklar gözlenmiştir. Başka bir ifadeyle, kullanılan yöntem, öğrencilerin hata yaklaşımları



üzerinde etkili olmuştur. Öğrencilerin başarı testinden aldıkları son test puan ortalamaları deney grubu için 35.69; kontrol grubu için 25.03'tür. Düzeltilmiş ortalamaları göz önüne alındığında ise deney grubu 36.209; kontrol grubu ise 24.477 şeklindedir. Düzeltilmiş başarı puanları dikkate alındığında deney grubu kontrol grubuna göre daha yüksek bir ortalamaya sahiptir. Eta-kare değerleri incelendiğinde ise farklı işlem gruplarında olmanın, ön test puanlarından bağımsız olarak, bilgi testi son test puanlarındaki değişkenliğin %44'ünü açıkladığı görülmektedir. Bununla birlikte bilgi testi ön test puan ortalamalarının da son test puanlarının önemli bir yordayıcısı olduğu sonucuna ulaşılmıştır ( $F(1,59) = 11.933, p < 0.01$ ). Eta kare değerleri incelendiğinde tek başına bilgi testi ön test puan ortalamalarının son test puan ortalamalarındaki değişmelerin %16,8'ini açıkladığı görülmektedir (Tablo 4).


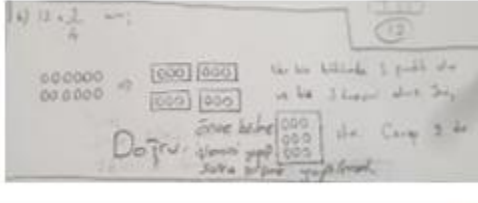
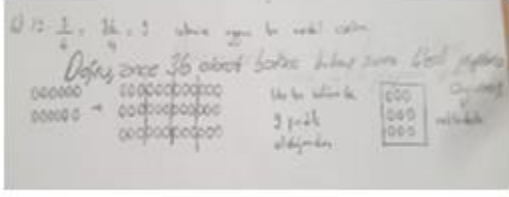
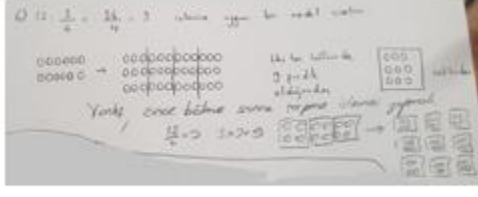
Deney grubunda yer alan öğretmen adaylarının ön testte bilgi testine verdikleri cevaplar nicel verileri desteklemek amacı ile incelendiğinde sayma pulu modeli içeren ilk soru için, hatalı çözümü doğru (21 kişi); doğru çözümü ise hatalı kabul edenlerin (23 kişi) çoğunlukta olduğu görülmektedir. Verdikleri yazılı cevaplarda kendilerinin dahi anlamlandırmada zorluk yaşadıklarını ve öğrencinin anlayamayacağını da ifade eden öğretmen adayları, son testte sayma pulu modeli için olumsuz ifadeler belirtmemişlerdir. Başarı düzeyinin artış gösterdiği 1.soru için örnek olarak Ö15 kodlu öğretmen adayının doğru ve hatalı çözümlere verdiği cevaplar aşağıdaki gibidir.

	Ön test	Son test
<b>Doğru çözüm</b>		
<b>Hatalı çözüm</b>		

Şekil 6. Ö15'in Birinci Soru İçin Verdiği Cevaplar

Şekil 6 incelendiğinde ön testte öğretmen adayının verdiği cevaplar hatalı tespit şeklinde değerlendirilmiştir. Çünkü doğru çözümü yanlış; hatalı çözümü ise doğru olarak ele almıştır. Son teste vermiş olduğu cevaplarda doğru çözümü doğru tespit etmiş ancak herhangi bir açıklama yapmamıştır. Hatalı çözümün ise yanlış olduğunu belirtip doğru tespit yapan Ö15, yanlış açıklama yapmıştır. "2 tane (-5) almamız gerekir." şeklinde ifade kullanan Ö15 için doğru tespit yanlış açıklama olarak değerlendirilmiştir.

Şekil modelinin bulunduğu 6.soru için öğretmen adaylarının verdiği cevaplar incelendiğinde ön testte rasyonel sayılar için işlem önceliğinin ele alınmadığı dolayısıyla hatalı çözümü doğru kabul edip süreçteki farklılıkları göz ardı ettikleri tespit edilmiştir. Son testteki cevaplar incelendiğinde ise bütün-parça ilişkisinin ve işlem önceliğinin çoğunluk tarafından doğru anlamlandırıldığı (19 kişi) görülmüştür. Örnek olarak Ö26 kodlu öğretmen adayının verdiği cevaplar aşağıdaki gibidir.

	Ön test	Son test
<b>Doğru çözüm</b>		
<b>Hatalı çözüm</b>		

**Şekil 7.** Ö26'nın Altıncı Soru İçin Verdiği Cevaplar

Şekil 7 incelendiğinde ön testte öğretmen adayının verdiği cevapların hatalı tespitler olduğu, dolayısıyla yaptığı açıklamaların da hatalı olduğu görülmektedir. 12 fındığın bütünü temsil ettiği soruda Ö26'nın yazdığı "Doğru, önce 36 bütünü bulmuş sonra 4'erli gruplara ayırmış" ifadesi aslında parça-bütün anlamında yaşanan sıkıntıyı göstermektedir. Son testte verdiği cevaplar incelendiğinde ise öğretmen adayının işlem önceliğini verilen eğitim sonunda öğrenmiş olduğu çözümlere vermiş olduğu yanıtlardan görülmektedir.

## TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada matematiksel model öğretiminde hata temelli aktivite kullanımının ortaokul matematik öğretmen adaylarının modellemeye ilişkin hataları belirleyebilmeleri üzerindeki etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmanın uygulama aşamasına geçilmeden önce grupların modellemeye ilişkin hataları belirleyebilmeleri açısından denk olup olmadığının anlaşılması için kullanılan bilgi testi ön test puanlarından elde edilen bulgulara göre, kontrol grubu öğrencilerinin puan ortalaması daha fazla olmasına rağmen, iki grubun denk olduğu görülmüştür. Bu durumun ortaya çıkmasında öğrencilerin benzer puanlarla ilköğretim matematik öğretmenliği programına yerleşmiş olması etkili olabilir.

Uygulama tamamlandıktan sonra deney ve kontrol gruplarının modellemeye ilişkin hataları belirleyebilme durumlarını karşılaştırmak amacıyla bilgi testi son test puanları kullanılmıştır. Bilgi testi son test puanlarından elde edilen bulgulara göre deney grubu lehine gruplar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Buna göre hata temelli matematiksel model öğretimi öğretmen adaylarının hata yaklaşımları üzerinde etkili olmuştur. Aslında hata temelli matematiksel model etkinliğinin hata yaklaşımını geliştirdiği söylenebilir. Ayrıca öğretmen adaylarının öğretim esnasında hatalı modellerle karşılaşması, bunlar üzerinde düşünmesi, kendi içerisinde ve arkadaşlarıyla muhakeme etmesi anlamlı öğrenmeye katkı sağlamıştır denebilir. Hata temelli aktivitenin öğrenme üzerinde olumlu etkisinin olduğu literatürde de yer almaktadır (Gedik, 2014; Gedik ve Konyalıoğlu, 2019; Konyalıoğlu, Özkaya ve Gedik, 2019; Özkaya, 2015; Özkaya ve Konyalıoğlu, 2019). İlk olarak Borasi (1986) tez çalışmasında hata temelli öğretim aktivitelerinin matematik öğrenimindeki etkisini belirlemeye çalışmıştır. Yine birçok çalışmada hata temelli öğretim aktivitelerinin öğrenciler üzerinde hem bilişsel hem de duyuşsal pek çok olumlu değişim sağladığını ortaya koymuştur (Borasi, 1988; 1989; 1994). Hataların öğretim içerisinde olmasını destekleyen bir teori (CASCADE) ortaya atan VanLehn (1999) hataların, bireyi daha derin ve daha doğru bilgiye ulaştıracağını ifade etmiştir. Veriler analiz edilirken, ANCOVA testi sonucunda modelleme öğretiminde hata temelli aktivite kullanımının ne kadar etkili olduğunu ortaya koyabilmek için etki büyüklüğü ( $\eta^2$ ) değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan  $\eta^2$  değerinin yüksek

olması, hata temelli matematiksel model öğretiminin öğretmen adaylarının modellemeye ilişkin hata belirleme başarılarını arttırdığını göstermektedir. Bu sonuca göre hata temelli matematiksel model öğretiminin oldukça etkili bir öğretim olduğu söylenebilir.

Şekil 6 göz önüne alındığında, öğretmen adaylarının sayma pulu modeline ilişkin çözümü doğru ya da hatalı olarak tespit edemedikleri söylenebilir. Benzer şekilde öğretmen adayları dışında öğretmenlerin de özellikle tamsayılarla çarpma ve bölme işleminde sayma pullarını anlamlandıramadıkları, gereksiz buldukları ortaya konulmuştur (Bilgili vd., 2020; Bozkurt ve Polat, 2011; Durmaz, 2017). Bu çalışmanın öğretmen adayları ile yürütülmesi ve çalışmada sayma pulu modeline yönelik hem doğru hem de hatalı modellerin kullanılması ileride öğretmenlerin sayma pulu modeline karşı olumsuz algılarını değiştirebilir. Ayrıca sayma pulu modeline yönelik yürütülen hata temelli matematiksel model etkinlikleri ile öğretmen adaylarının alternatif örnek ve modeller geliştirebileceği söylenebilir. Bu durumu destekler nitelikte hata temelli aktivitelerin uygulandığı deney grubunda, sayma pulunu içeren soruya ilişkin son test puanları, ön test puanlarından fazladır.

Deney grubundaki öğretmen adayları, en çok şekil modelindeki hatalı çözümünü doğru kabul etmişlerdir. Her ne kadar Lean ve Clements (1981) özellikle problem çözerken şekilsel modellerin kullanılmasının yararlı olacağını vurgulasa da (Akt. Lowrie, 2001) bu çalışmada verilen cevaplardaki kavramsal eksikliğin varlığı, modelin doğru yorumlanamamasının sebebi olarak düşünülmektedir. Şekil modelinde hataya düşen öğretmen adaylarının son testteki cevaplarındaki kavramsal açıklamalar uygulamanın bu tür zorlukları giderme de etkili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak eğitim öğretim sürecinde matematiksel modelleri kullanmak önemlidir. Modellerin kullanımı sayesinde kavramlar daha etkin sunulabilir, öğrencilerin dikkati canlı tutulabilir, bilgiler daha kalıcı biçimde öğrenilebilir, eğitim-öğretim ortamının yönetimi kolaylaşır, süre ekonomik kullanılabilir, güvenli gözlem yapılabilir, içerik tutarlı bir biçimde sunulabilir ve hazırlanan etkinlikler tekrar tekrar kullanılabilir (Bukova-Güzel, 2018). Öğretim sürecinde model hazırlayıcı olarak en önemli rol öğretmenlere düşmektedir. Bu nedenle model oluşturma ve yorumlama açısından öğretmenleri dahası öğretmen adaylarını cesaretlendirmek gerekir. Bunu yapmanın en etkili yollarından birinin öğretmen adaylarını hatalı modellerle karşılaştırmak olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma doğru ve hatalı modelleri öğretmen adaylarına sunarak gerçekleştirilecek modelleme öğretiminin önemini altını çizmektedir. Dijital çağın getirileri göz önüne alındığında modelleme öğretiminin bilgisayar teknolojisiyle desteklenmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akgün, L., Çiltaş, A., Deniz, D., Çiftçi, Z., & Işık, A. (2013). İlköğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme ile ilgili farkındalıkları. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12, 1-34.
- Akkuşci, Y. E. (2019). *Matematik öğretiminde hata temelli aktivite uygulamalarının sınıf içi kullanımının etkililiğinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Arzarello, F., Ferrara, F., & Robutti, O. (2012). Mathematical modelling with technology: The role of dynamic representations. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 31, 20-30.
- Aydoğan, Y., Özyürek, A., & Gültekin-Akduman, G. (2014). *Öğrenme ve öğretme teknikleri*. (1.baskı). Ankara: Vize Yayıncılık.
- Barbieri C. A., & Booth J. L. (2020). Mistakes on display: Incorrect examples refine equation solving and algebraic feature knowledge. *Appl Cognit Psychol*, 34, 862-878.
- Bilgili, S, Özkaya, M., Çiltaş, A., & Konyalıoğlu, A.C. (2020). Ortaokul matematik öğretmenlerinin modellemeye ilişkin hata yaklaşımlarının incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(3) 871-882.

- Borasi, R. (1986). *On the educational roles of mathematical errors: Beyond diagnosis and remediation*. (Unpublished doctoral dissertation thesis). Dissertation, State University of New York, Buffalo.
- Borasi, R. (1988). Towards a reconceptualization of the role of errors in education: The need for new metaphors. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans, LA.
- Borasi, R. (1989). Students' constructive uses of mathematical errors: A Taxonomy, *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, San Francisco, 27-31 March, 1-36.
- Borasi, R. (1994). Capitalizing on errors as "springboards for inquiry": A teaching experiment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(2), 166-208.
- Borasi, R. (1996). *Reconceiving mathematics instruction: A focus on errors*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Bozkurt, A., & Polat, M. (2011). Sayma pullarıyla modellemenin tam sayılar konusunu öğrenmeye etkisi üzerine öğretmen görüşleri. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 787-801.
- Brenner, M. E., Mayer, R. E., Moseley, B., Brar, T., Duran, R., Reed, B., & Webb, D. (1997). Learning by understanding: The role of multiple representations in learning algebra. *American Educational Research Journal*, 34(4), 663-689.
- Bukova-Güzel, E. (2018). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme. Ankara: Pegem Akademi.
- Durkin, K., & Rittle-Johnson, B. (2012). The effectiveness of using incorrect examples to support learning about decimal magnitude. *Learning and Instruction*, 22(3), 206-214.
- Durmaz, B. (2017). Matematik öğretmenleri ile adaylarının tamsayılarla dört işlemi sayma pullarıyla modelleme başarıları. *KEFAD*, 18(3), 171-192.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education*. (6th ed.). New York: McGraw-Hill International Edition.
- Gartmeier, M., Bauer, J., Gruber, H., & Heid, H. (2008). Negative knowledge: Understanding professional learning and expertise. *Vocations and Learning*, 1, 87-103.
- Gedik, S. D. (2014). *Matematik alan bilgisi geliştirme sürecine hata temelli aktivitelerin etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Atatürk Üniversitesi: Erzurum.
- Gedik, S. D., & Konyalıoğlu, A. C. (2019). The influence of mistake-handling activities on mathematics education: An example of definitions. *European Journal of Educational Research*, 8(2), 467-476.
- Güler, M. (2007). *Fen öğretiminde kullanılan analogiler, analogi kullanımının öğrenci başarısı, tutumu ve bilginin kalıcılığına etkisinin araştırılması*. Yayımlanmamış doktora tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Han, S., & Kim, H. M. (2020). Matematiksel problem çözme yeterliliğinin bileşenleri ve matematiksel modellemeye ilişkin öğretim stratejilerinin aracılık etkileri. *Eğitim ve Bilim*, 45(202).
- Heinze, A., & Reiss, K. (2007). Mistake-Handling Activities in the Mathematics Classroom: Effects of an In-Service Teacher Training on Students' Performance in Geometry. In J.-H. Woo, H.-C. Lew, K.-S. Park ve D.-Y. Seo (Eds.), *Proceedings of the 31st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, 9-16). Seoul: PME.
- Konyalıoğlu, A. C., Özkaya, M., & Gedik, S. D. (2019). *Öğretmen ve öğretmen adayları için matematik öğretiminde hata temelli aktiviteler*. Erzurum: Ertual Akademi Yayıncılık.
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., & Çokluk-Bökeoğlu, Ö. (2006). Sosyal bilimler için istatistik (2. baskı). Ankara: PegemA Yayıncılık.
- Lowrie, T. (2001). The influence of visual representations on mathematical problem solving and numeracy performance. *24th Annual MERGA Conference*, Sydney, July, 354-361.
- MEB (2018). Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Meyer, W. J. (1984). *Concepts of mathematical modeling*. New York: McGraw-Hill.

- Özkaya, M. (2015). *Hata temelli aktivitelerin matematik öğretmenlerinin mesleki gelişimlerine etkisinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Atatürk Üniversitesi: Erzurum.
- Özkaya, M., & Konyalıoğlu, A. C. (2019). Ortaokul matematik öğretmenlerinin konu alan bilgilerinin gelişiminde hata temelli aktiviteler: Kesirlerle toplama işlemi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(27), 23-52. doi: 10.35675/befdergi.475076.
- Özmantar, M. F., Bingölbali E., & Akkoç, H. (2015). Matematiksel kavram yanılgıları ve çözüm önerileri. (4.baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Radatz, H. (1979). Error analysis in mathematics education. *Journal of Research in Mathematics Education*, 10(3), 163-172.
- Rittle-Johnson, B., & Star, J. R. (2009). Compared with what? The effects of different comparisons on conceptual knowledge and procedural flexibility for equation solving. *Journal of Educational Psychology*, 101(3), 529-544.
- Sevinç, Ş., & Melek, Z. (2020). Modelleme etkinliğinde matematik öğretmen adaylarının bireysel ve grup gelişiminin incelenmesi. *Başkent University Journal of Education*, 7(1),1-19.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52 (3-4), 591-611.
- Tversky, B. (2001). *Spatial schemas in depictions*. In M. Gattis, (Eds.). *Spatial schemas and abstract thought*, 79-111. Cambridge: MIT Press.
- VanLehn, K. (1999). Rule-learning events in the acquisition of a complex skill: an evaluation of cascade. *Journal of the Learning Sciences*, 8(1), 71-125.
- Yıldırım, İ. (2019). *Hatalı çözüm metodununun 7. sınıf öğrencilerinin bazı istatistik kavramlarındaki başarısı üzerindeki etkisi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Adıyaman Üniversitesi: Adıyaman.

## ***Error-Based Activities in Mathematical Models Teaching***

### **Extended Abstract:**

A mathematics teacher who makes preparations to improve the mathematical competence of the students takes into account the importance of modeling competence (Han & Kim, 2020). Moreover, it is thought that teachers should be able to interpret a mathematical model as well as design a mathematical model. Bilgili, Özkaya, Çiltaş and Konyalıoğlu (2020) examined the middle school mathematics teachers' error approach in modeling in their study, and they found that most of the teachers had difficulty in distinguishing the correct or incorrect solution while evaluating the solution performed. They also found that teachers had difficulties in explaining the modeling of concepts on which they did not have sufficient knowledge. In the light of the information provided, it is important for teachers both to have mathematical models competencies (Akgün et al., 2013; Han & Kim, 2020) and to be able to interpret these models (Bilgili et al., 2020). It is thought that it is important for teachers to be canalized to different teaching methods to maximize their mathematical competencies and skills such as problem-solving and modeling before becoming a teacher. It is also thought that this teaching process being error-based may be effective in meeting expectations. Based on the above-mentioned issues, the answer to the following question was sought in this study: "Do error-based activities have an effect on teaching mathematical models?" Finally, as in most experimental studies, it was tried to obtain a model between the independent variable of error-based activity and the dependent variable of teaching mathematical models in this study.

In this study, one of the 4th-grade branches in the faculty where the research was conducted was selected as the experimental group while the other branch was selected as the control group. Therefore,

the experimental design of the research was determined as a “quasi-experimental design” with an unbalanced control group. An unbalanced control group design, which is among the pre-test and post-test control group designs, was used in this study, which was conducted to measure the effect of error-based teaching of mathematical models on prospective teachers' skills to identify errors related to models. The research group of the study consists of 62 prospective teachers studying in the 4th-grade of primary education mathematics teaching program at a state university. There are 32 prospective teachers in the experimental group and 30 prospective teachers in the control group. The data were collected using a knowledge test containing seven questions. This knowledge test has been included in the study of Bilgili et al (2020). The researchers prepared two solutions, one of which was correct and the other was incorrect, for each question in this test. These solutions prepared by using different models were presented to prospective teachers as two different solution sheets. The prospective teachers, who were not informed about whether the solutions were correct or incorrect, were asked to evaluate the solutions in both solution sheets. The knowledge test was applied as a pre-test to the prospective teachers in the experimental group and control group. Then, an error-based teaching method was used to teach mathematical models to the experimental group, while the instructor-centered teaching method was used to teach mathematical models in the control group. The study was conducted for three hours a week and lasted nine hours in total. Pre-tests were applied one week before the application, and post-tests were applied one week after the application. In the control group, the lessons were taught by giving correct models for the concepts. On the other hand, in the experimental group, the lessons were taught by giving examples of both incorrect and correct models. For each question in the knowledge test, solutions were created using a correct or incorrect model. Therefore, different evaluation criteria were determined and scored. Before proceeding with experimental procedures for the experimental group and control group, it was necessary to test whether there was a significant difference between the groups' mean scores obtained from the knowledge test. Therefore, the Shapiro-Wilk test was conducted, and it was observed that there was no significant difference between the knowledge test pre-test scores of the prospective teachers in the experimental group and control group; also, the data was found to have a normal distribution ( $p > .05$ ). However, significant differences were observed between the groups in terms of their success grades, regardless of their pre-test scores. In other words, the method used had an effect on students' error approaches. Considering the eta-squared values, it is observed that being in different groups explains 44% of the difference in the knowledge test post-test scores, regardless of the pre-test scores. However, it was concluded that knowledge test mean pre-test scores were also an important predictor of post-test scores ( $F(1.59) = 11.933, p < .01$ ). Considering eta-squared values, it is observed that the knowledge test mean pre-test scores alone explain 16.8% of the difference in the mean post-test scores.

According to the findings obtained from the knowledge test post-test scores, a significant difference was determined between the groups in favor of the experimental group. Accordingly, error-based teaching of mathematical models has been effective in the error approaches of prospective teachers. In fact, it can be stated that error-based mathematical models activity improves the error approach. Moreover, it can be said that prospective teachers' encountering incorrect models during the lessons, thinking about them, reasoning them by themselves and with their friends has significant contributions to learning. Also, several studies in the literature reported that error-based activity had a positive effect on learning (Gedik, 2014; Gedik and Konyalıoğlu, 2019; Konyalıoğlu, Özkaya and Gedik, 2019; Özkaya, 2015; Özkaya and Konyalıoğlu, 2019). This study, where error-based activities, which are thought to be used in fields such as mathematics applied, was conducted experimentally, unlike most studies involving error-based activities. Considering the quantitative studies, Durkin and Rittle-Johnson (2012), Rittle-Johnson and Star (2009), Heinze and Reiss (2007), Yıldırım (2019), Barbieri and Booth (2020) found that error-based activities were effective on students' performance in the topics of decimal notation, equality, learning geometry, several statistical concepts, and learning algebra, respectively. In this study, an

application was implemented on the prospective teachers. Moreover, error-based activity applications were carried out for mathematical models, not any subject. In this respect, the study can be considered different from the mentioned studies. In general, it is important to use mathematical models in the teaching process. Thanks to the use of models, concepts can be presented more effectively, students' attention can be maintained, information can be learned more permanently, the teaching environment can be managed easier, the time can be used more economically, reliable observations can be made, the content can be presented consistently, and the prepared activities can be used over and over again. In the teaching process, the most important role falls to teachers as a model designer. Therefore, it is necessary to encourage teachers, moreover, the prospective teachers in terms of designing and interpreting models. It is thought that one of the most effective ways to achieve this is to present incorrect models to prospective teachers . This study highlights the importance of teaching modeling by presenting correct and incorrect models to prospective teachers. It is suggested to support this teaching of modeling with computer technology.

**Key Words:** *Error, Error based activity, Mathematical model, Model, Mathematics prospective teacher*