

Geogebra Destekli Öğretim Üstel ve Logaritmik Fonksiyonlar Konusundaki Akademik Başarıyı ve Öz-Yeterlik Algısını Nasıl Etkilemektedir?

Arzu AYDOĞAN YENMEZ¹ , Orhan KOŞUM² , Semirhan GÖKÇE¹ 

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Niğde, Türkiye

²Milli Eğitim Bakanlığı, Azerbaycan Bakü Türk Anadolu Lisesi, Bakü, Azerbaycan

Öz

Bu çalışmada üstel ve logaritmik fonksiyonların öğretiminde GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına ve öz-yeterlik algılarına etkisi incelenmiştir. Araştırmanın örneklemini 12. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Katılımcılar, matematik akademik başarı ortalamaları birbirine denk olan deney grubunda 33 ve kontrol grubunda 33 olmak üzere toplam 66 öğrenciden oluşmaktadır. Deney ve kontrol grubu olarak rastgele atanan sınıfların matematik yazılı not ortalamaları ilişkisiz gruplar t-testi kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan ilişkisiz gruplar t-testinde gruplar arasında anlamlı farklılığa rastlanmamıştır. GeoGebra destekli öğretimin etkisini araştırmak amacıyla kontrol grubunda geleneksel yöntemle dersler işlenirken, deney grubunda MEB öğretim programındaki kazanımlara uygun olarak hazırlanmış GeoGebra etkinlikleri ile desteklenmiş dersler işlenmiştir. Uygulama altı hafta sürmüştür. Çalışma ön-test son-test kontrol gruplu yarı deneysel desende gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak başarı testi ve öz-yeterlik algısı ölçeği kullanılmıştır. Hazırlanan başarı testi katılımcılara ön-test, son-test ve kalıcılık-testi olarak uygulanmış, öz-yeterlik algısı ölçeği ise ön-test, son-test olarak uygulanmıştır. Verilerin analizinde karışık ölçümler için iki faktörlü ANOVA modeli kullanılmıştır. Araştırmanın veri analizi sonucunda üstel ve logaritmik fonksiyonların öğretiminde deney ve kontrol gruplarının başarıları ve öz-yeterlik algılarına etkisi karşılaştırıldığında GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen derslerin işlendiği deney grubu lehine anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır. Araştırma sonuçları, önerilerle birlikte ileriki çalışmalar için önemli konuları ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: GeoGebra, logaritmik fonksiyonlar, matematik başarıları, öz-yeterlik, üstel fonksiyonlar

How Does Geogebra Affect Academic Achievement and Self-Efficacy Perception in Exponential and Logarithmic Functions?

Abstract

The purpose of this study was to investigate the efficiency of dynamic mathematics software supported instruction in teaching of exponential and logarithmic functions on mathematics achievement and self-efficacy perceptions of students. The study used a quasi-experimental design with pretest–posttest control group. The sample consists of 66 students from 12th grade, 33 of whom were in the experimental group and 33 in the control group. After analyzing that the mathematics exam scores of two classes were not statistically significant, these classrooms were randomly assigned as experimental and control groups. On the one hand, the traditional method was used in the control group. On the other hand, the lessons were supported by GeoGebra activities in the experimental group. The application took six weeks. Achievement test and self-efficacy perception scale prepared by Umay (2001) were the data collection tools. The achievement test was applied to the participants as pretest, posttest, and delayed test, and the self-efficacy perception scale was applied as pretest and posttest. Repeated measures analysis of variance was used for data analysis. The results of the study indicated that a significant difference emerged in favor of the experimental group. The results of the research, together with recommendations, reveal important issues for future studies.

Keywords: GeoGebra, exponential function, logarithmic function, mathematics achievement, self-efficacy

Giriş

Matematiğin toplumların gelişimindeki önemi giderek arttıkça bireylerden beklenen matematiksel yeterlilikler her geçen gün artmakta ve bu durum etkili bir matematik öğretimini zorunlu hale getirmektedir (Demirci, 2019). Son yıllarda matematik eğitimindeki beklentiler daha çok kavram öğrenme, ilke öğrenme ve problem çözme yeteneklerini de içerdiğinden matematik öğretiminde yaparak ve yaşayarak bilişsel ve duyuşsal yetileri harekete geçirecek çalışmalar yapılmaktadır (Gafoor, 2015; Laurens ve ark., 2017; Özreçberoğlu & Çağanağa,

2018). Öğrencilerin işlem düzeyinde öğrenmelerin ötesinde iyi birer problem çözücü ve kavramsal öğrenmeye sahip bireyler olabilmesi için onlara araştırma yapma ve matematiksel ilişkileri keşfetme imkânı sunacak etkinlikler ve ortamlar sunulmalıdır (MEB, 2013). Özellikle üstel ve logaritmik fonksiyonlar öğrencilerin matematikte zorlandığı konulardandır. Akkuş (2004) araştırmasında öğrencilerin; (i) logaritma kavramlarını öğrenmede zorluk yaşadıkları, (ii) logaritma kavramları arasında ilişki kurma ve kavramları gruplandırarak düşünmede zorlandıkları, (iii) bir sayının logaritmasından yola çıkarak bu sayı türünden olan başka sayının logaritmasını bulmakta zorlandıkları, (iv) logaritma

Burada rapor edilen veriler ikinci yazarın tezinin bir parçası olarak toplanmıştır.

Corresponding Author: Arzu AYDOĞAN YENMEZ, E-mail: aydogan.arzu@gmail.com

Cite this article as: Aydoğan Yenmez, A., Koşum, O., & Gökçe, S. (2024). Geogebra destekli öğretim üstel ve logaritmik fonksiyonlar konusundaki akademik başarıyı ve öz-yeterlik algısını nasıl etkilemektedir? *HAYEF: Journal of Education*, 21(2), 127-138.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
Available online at <https://hayefjournal.org>

fonksiyonunda tanım ve görüntü kümesinin seçilmesi sürecinin neye göre belirlendiğini kavrayamadıkları, (v) negatif sayıların logaritmasının tanımlı olmayacağı düşüncesinden hareketle pozitif sayıların logaritmasının negatif olamayacağı şeklinde kavram yanlışlığına düştükleri, (vi) logaritmali sayıların sıralamasında zorlandıkları ve (vii) logaritmali denklem ve problemlerde ulaşılan sonucun tanım-lılığı sağlamasını kontrol etmedikleri sonucuna varmışlardır. Öğrenciler genelde logaritma sorularında zorlanır fakat logaritma konusunu iyi kavrayan öğrenciler çeşitli stratejiler geliştirerek logaritma problemlerini çözebilir (Aziz ve ark., 2017). Tekin ve ark. (2009) yaptıkları araştırmada öğrencilerin çoğunun doğal ve onluk logaritma arasındaki ilişkiyi göstermekte zorlandığı ve üstel grafikleri çizemediği sonucuna varmışlardır. Logaritma ve üstel fonksiyonlar konusunun MEB ortaöğretim programındaki hedef kazanımları incelendiğinde; öncelikle üstel fonksiyonun kavranarak logaritmanın üstel fonksiyonla olan ilişkisinin görülmesi hedeflenmiştir. Ayrıca üstel ve logaritmik fonksiyonların birbirinin tersi olduğu düşüncesinden hareketle logaritma fonksiyonun tanım ve değer kümelerinin öğrenciler tarafından keşfedilmesi öngörülmüştür. Bu keşfetme süreci grafiklerle çalışmayı da içerdiğinden bilişim teknolojilerinden faydalanılması gerekmektedir (MEB, 2013).

Matematik öğretiminde öğrencinin öğretim sürecine yeterince katılamadığı öğretim yöntemlerinin kullanılması matematiğin sıkıcı ve anlaşılması güç bir ders olarak nitelendirilmesine sebep olmaktadır (Hamukwaya ve Haser, 2021; Uzun, 2018). Buna karşın matematik öğrenme ve öğretme sürecinin eğlenceli ve keşfe dayalı olarak gerçekleşmesi matematiğe karşı oluşan bu ön yargıyı yıkacak ve matematik öğretimindeki başarıyı artıracaktır (Toptaş ve ark., 2020). Gelişen teknoloji öğrencilerin öğrenme şeklini de değiştirdiğinden matematik öğretim yöntemlerinin de teknolojiye paralel ve teknolojiyi kullanarak şekillenmesi gerekmektedir (Gömlekçi ve ark., 2019). Bilgisayarlar matematiksel hesaplamalara imkân sağlayarak görsel sunum avantajıyla değişik öğrenme ortamları sağlamaktadır (Albus ve ark., 2021; Baki, 1996). Bilgisayarların bireysel ve grup olarak kullanım imkânının sağlanması öğrencilerin zihninde yeni fikirler ortaya çıkarabilmektedir (Debbag ve ark., 2021; Pei ve ark., 2018). Hayatımızın birçok alanında sürekli değişimler olmakta ve gelişen teknoloji bize bu duruma ayak uyduracak yenilikler sunmaktadır (Lee ve ark., 2018). Teknolojinin her alan-daki kolaylaştırıcı etkisi eğitimde de kendini göstermekte ve eğitim sistemleri de teknoloji ile paralel olarak gelişerek değişim göstermektedir (Bilirdönmez & Çevik, 2021; Tataroğlu, 2009). Güncel matematik programı incelendiğinde (MEB, 2018) matematik öğretimi yaklaşımı; (i) kavram ve kuralları ezberlemek yerine keşfeden, sorgulayan üstbilşisel becerilere sahip, araştırma öğrenciler yetiştirmeyi, (ii) anlamlı öğrenme ve günlük hayatla ilişkilendirme becerilerini önceleyerek öğrencilerde kalıcı öğrenmeler sağlamayı, (iii) öğretim yapılırken bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanmayı hedeflemiştir. Yeni ve güncel teknolojinin eğitim alanında kullanımının eğitim kalitesini artıracak inancı eğitimde teknoloji kullanımını gerekli hale getirmiş ve teknolojinin eğitimde nasıl kullanılması gerektiği üzerine araştırmalar yapılmıştır (Akhmedov, 2021; Aktümen & Kaçar, 2003; Çoklar, 2008). Ülkemizde de son yıllarda bu durumun bir yansıması olarak ilköğretim ve ortaöğretim programlarında köklü değişiklikler ve teknolojiyi eğitimle bütünleştirme çalışmaları görülmektedir (Sever ve ark., 2018; Tataroğlu, 2009). Eğitim yaklaşımlarındaki değişim beraberinde öğrencilerden beklenen hedef davranışlarda da değişikliğe sebep olmuş, bilgiyi hazır olarak alan bireyler yerine bilgiyi yapılandırıp üretebilen, oluşturduğu bilgiyi hayatta ve değişik alanlarda kullanabilen, problem çözmeye yeteneğine sahip, yorum yeteneği yüksek ve eleştirel düşünebilen bireylerin yetiştirilmesi hedeflenmiştir (MEB, 2018). Artigue ve Lagrange (1997) yaptıkları çalışmada Mathematica, Maple ve Derive gibi Bilgisayar Cebiri Sistemlerinin (BCS) yapılandırılmış

etkinlikler yardımıyla matematik temeli olmayan öğrencilerin bile ilgisini çekerek dersi monotonluktan kurtarabileceğini belirtmiştir. Straesser (2001) ise, Cabri Geometri gibi dinamik geometri yazılımlarının (DGY) sağladığı birtakım çizim kolaylıkları sayesinde geleneksel yöntemlerle yapılamayan etkinlikleri mümkün kılarak keşif ve buluş sürecine katkı sağlayacağını sunmuştur. Nokta, çizgi ve daire gibi geometrik yapıları oluşturma imkânı sağlayarak çevirme, döndürme ve genişletme gibi eylemler yoluyla bunlar arasındaki ilişkilerin görülmesini sağlayan DGY'nin (Oldknow, 1999) öğrencilerin matematik becerilerine olumlu yönde etkisinin olduğu görülmüştür (Juandi ve ark., 2021). DGY kullanımının avantajlarından biri de kullanıcılarına geleneksel yöntemlerle yapılması güç etkinliklerin daha kolay yapılması imkânı sağlamasıdır (Greefrath ve ark., 2018). Geometrik yer problemlerindeki etkinliklerin geleneksel öğretim materyal ve araçlarının kullanıldığı ortamlarda verilen eğitimden dolayı zorlaştığı (Güven & Karataş, 2009) görülmüş, DGY'ler sayesinde bu problemlerle ilgili etkinliklerin yapılmasının kolaylaşacağı düşünülmüştür (Jareš & Pech, 2013). DGY ve özellikle GeoGebra programı matematiksel kavramlar arası ilişkilerin görülerek karşılaştırmalar yapılmasını sağlayarak fikir yürütme, genelleme yapma ve tahmin etme gibi yetenekleri geliştirmektedir (Aydın, 2021; Pempe, 2019). GeoGebra programı ile birbirinden farklı biçimde çalışan DGY ve BCS'nin bir arada kullanımı mümkündür (Hohenwarter ve Fuchs, 2004; Zengin, 2011). Ayrıca farklı dillerde kullanım imkânı sunması, programın ücretsiz ve kullanımının kolay olması bu dinamik geometri programının matematik öğretiminde tercih edilmesine sebep olmaktadır (Tamam & Dasari, 2021; Zengin, 2011). Matematik eğitimi için hazırlanan GeoGebra yazılımı sürekli gelişime açık, etkileşimli yapısıyla geometri ve cebiri matematiksel olarak birbiriyle ilişkilendirme imkânı sağlamakta ve matematik öğreniminde istatistik ve analiz yöntemiyle keşif imkânı veren ortamlar içermektedir (Obradovic ve ark., 2021). GeoGebra programı yardımıyla öğrenciler geometrik nesnelerin çiziminin nasıl olması gerektiği bilgisine ezbere bir yöntem yerine kendi deneyimleriyle ulaşabilmektedir (İpek & Akkuş İspir, 2010; Korkmaz, 2021). GeoGebra geometri, cebir ve analiz gibi matematiksel disiplinlerinin tümü için çalışma ortamı sunmaktadır (Canevi, 2019; Zengin & Tatar, 2014). Bunun yanında GeoGebra programının cebir penceresine girilen denklemlere ait parametrelerin değiştirilebiliyor ve bu esnada geometrik yapıdaki değişikliklerin izlenebiliyor olması GeoGebra programının diğer DGY'lere göre daha fazla tercih edilmesine sebep olmaktadır (Kan, 2014; Obradovic ve ark., 2021). Acar (2015) araştırmasında üstel ve logaritmik fonksiyonların öğretiminde GeoGebra programı kullanımının öğrenci başarısına olan etkisini incelemiş ve araştırmasının sonucunda, GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin geleneksel öğretimle karşılaştırıldığında öğrenci başarısını artırmada daha etkili olduğunu tespit etmiştir. Kavramların görsel yollarla tecrübe edilerek öğrenilmesi öğrenmeleri kalıcı hale getirecektir (Gülten & Gülten, 2004). GeoGebra yazılımının görsel ve dinamik öğretim materyalleri sunarak üstel ve logaritmik fonksiyonlar konusunun öğretiminde öğrenci başarısını artıracak düşünülmektedir. Aynı zamanda GeoGebra programı kullanılarak hazırlanan etkinlikler yardımıyla öğretmenin rehber olduğu ve öğrencinin bilgiyi keşfeden olduğu bir öğretim yaklaşımıyla öğrencilerin aktif olduğu bir öğrenme ortamı oluşturulabilir. Öğrencilerin etkinliklere daha çok katılması onların öz-yeterliklerini olumlu yönde etkileyebilir. Ayrıca deney ve gözlem yapılarak matematiksel kavramlarla ilgili ulaşılan genel kanı, öğrencinin ulaştığı kendi bilgisi olacağından anlamlı ve kalıcı öğrenmeler sağlayabilir.

Bu araştırmanın amacı GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin 12. sınıf öğrencilerinin üstel ve logaritmik fonksiyonlar konusundaki akademik başarılarına ve öz-yeterlik algılarına etkisinin incelenmesidir. Çalışmanın araştırma soruları aşağıda yer almaktadır.

1. Deney grubu ile kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel işlem sonrası son-test ve kalıcılık testlerindeki akademik başarıları arasındaki fark anlamlı mıdır?
2. Deney grubu ile kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel işlem sonrası öz-yeterlik algı puanları arasındaki fark anlamlı mıdır?

Yöntem

Araştırma, ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desene uygun olarak yürütülmüştür. Bu modelde gruplar yansız atama yoluyla deney ve kontrol grubu olarak oluşturulmuştur.

Katılımcılar

Araştırmanın örneklemini İç Anadolu Bölgesinde yer alan bir ilimizden rastgele seçilen bir devlet okulunun 12. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Deney ve kontrol grubundaki öğrenci bilgilerine Tablo 1’de yer verilmektedir.

Uygulama Öncesi

Araştırmanın örneklemini oluşturan deney ve kontrol grupları bir Anadolu Lisesi’nin 12. sınıf öğrencileri arasından seçilmiştir. Uygulamanın yapıldığı okulda 12. sınıflar arasında bir önceki yıl matematik dersi yazılı not ortalamaları dikkate alınarak denk iki grup çalışmaya dâhil edilmiştir. Uygulama öncesinde “Akademik Başarı Testi” ve “Çalışma Yaprakları” hazırlandıktan sonra ilgili İl Milli Eğitim Müdürlüğü ve Üniversite Etik Kuruluna araştırmanın yapılabilmesi için izin başvuruları yapılmıştır. İlgili kurumlar araştırmanın yapılması ile ilgili talebe olumlu yanıt vermişlerdir. Araştırmaya başlamadan önce veliler tarafından doldurulan veli izin belgeleri toplanmıştır. Araştırmanın başında öğrencilere uygulanan başarı testi analiz edildiğinde, deney ve kontrol gruplarının akademik başarıları ortalamalarının da birbirine denk olduğu görülmüştür. Araştırmacı tarafından GeoGebra programının kullanıldığı MEB kazanımları doğrultusunda hazırlanan sınıf içi etkinlik planları ders öğretmenine sunulmuştur. Ders öğretmeni GeoGebra kullanımı konusunda araştırmacı tarafından bilgilendirilmiş ve araştırmacı ile ders öğretmeni deney grubunda uygulanacak GeoGebra etkinlikleri üzerinde yeterli çalışma yaparak etkinliklerin uygulanışı konusunda gerekli hazırlıkları yapmışlardır. Öz-yeterlik algısı ölçeği deney ve kontrol gruplarına uygulandıktan sonra toplam altı hafta sürecek olan araştırma deney ve kontrol gruplarında eş zamanlı olarak başlatılmıştır.

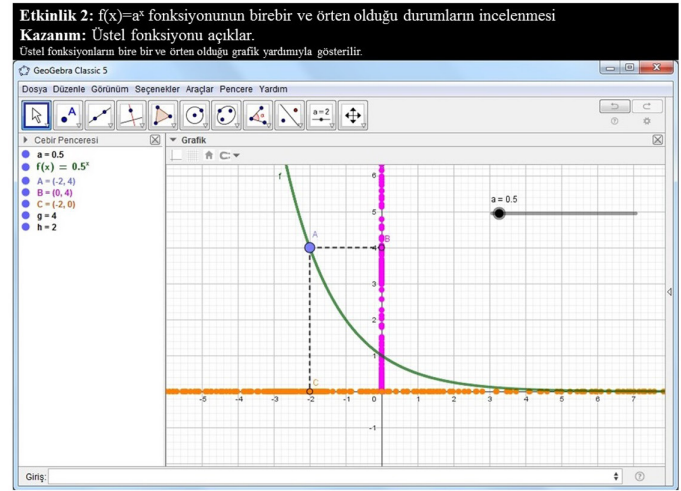
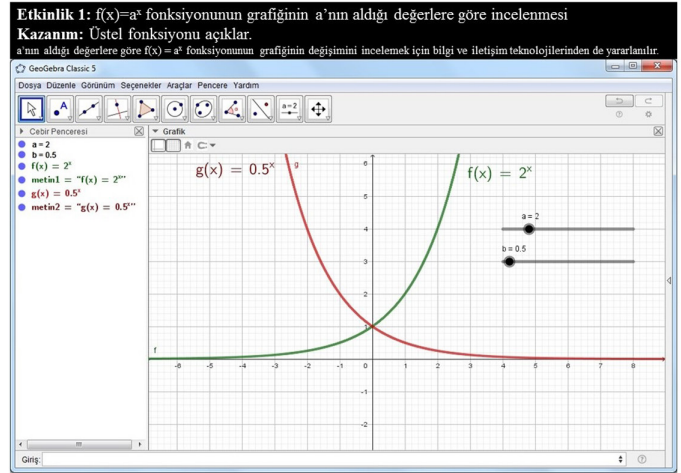
Uygulama Süreci

Geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grubunda dersler işlenirken öğretmen tahtada öncelikle tanımları ve kısa açıklamaları verip ardından konu kapsamıyla ilgili soru çözümlerini yapmıştır. Daha sonra öğrencilere benzer sorular dağıtılarak çözmeleri istenmiştir. Deney grubunda ise MEB ortaöğretim matematik dersi programı kazanımlarına uygun olarak hazırlanmış keşfetmeye yönelik GeoGebra etkinlikleri uygulanmıştır. İlk iki etkinlik örneğine Şekil 1’de yer verilmektedir. GeoGebra etkinlikleri Matematik alanında ve Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri alanında bir uzman ve araştırmacı ile birlikte hazırlanmıştır. Uygulamaya başlamadan önce etkinlikler çalışmaya dâhil olmayan on 12. sınıf öğrencisi ile uygulanmıştır. Etkinliklerin pilot uygulamasında anlaşılmayan soruların cümle yapılarında iyileştirmelere gidilmiştir.

Bu süreçte uygulamayı gerçekleştiren öğretmen rehber rolündeyken öğrenciler aktif olarak bilginin yapılandırılmasını gerçekleştirmiştir.

Tablo 1.
Araştırmanın Katılımcıları

Grup Türü	Şube	Öğrenci Sayısı
Deney Grubu	12/A	33 Öğrenci (16 Kız, 17 Erkek)
Kontrol Grubu	12/B	33 Öğrenci (15 Kız, 18 Erkek)



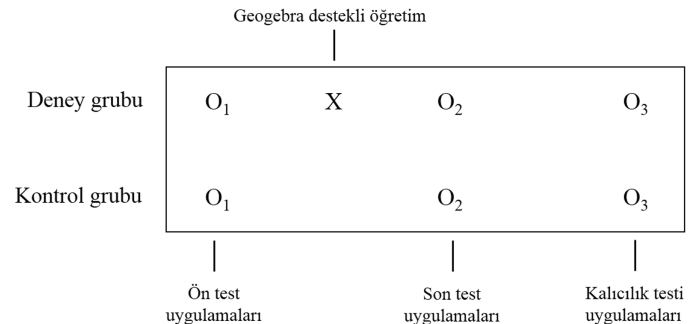
Şekil 1.

Yapılan Etkinliklere Ait Görseller.

Deney ve kontrol gruplarındaki dersler aynı öğretmen tarafından yürütülmüş ve araştırmacı bu derslerde gözlemci olarak bulunmuştur. Araştırmacı uygulama sürecinde gerçekleştirilen her bir faaliyetin aynı yapıda ilerleyip ilerlemediğini kontrol etmiştir.

Araştırmanın veri analizi için gerekli testler deney ve kontrol grubuna Şekil 2’de gösterildiği üzere uygulanarak araştırma ile ilgili veriler toplanmıştır.

Aşağıda deney grubunda uygulanan GeoGebra destekli bir etkinliğe yer verilmektedir. Hazırlanan çalışma yaprağında deneysel olarak ve gözlem yaparak üstel fonksiyonun tanımlı olduğu aralıklar incelenmiştir. GeoGebra programının dinamik yapısı sayesinde cebirsel ifadeler ve geometrik temsilleri arasındaki dinamik ilişki



Şekil 2.

Araştırmanın Deseni.

gözlemlenerek matematiksel çıkarımlar yapılması amaçlanmaktadır. Çalışma yaprağı sunduğu yönergelerle uygulayıcı öğretmene yardımcı olmaktadır.

Deney Grubu Etkinlik Örneği:

Çalışma Yaprağı-1

$f(x) = a^x$ Fonksiyonunun grafiğinin a 'nın aldığı değerlere göre incelenmesi

Kullanılan Program: GeoGebra Dinamik Geometri Yazılımı

Kazanım: 12.1.1.1. Üstel fonksiyonu açıklar.

- a 'nın aldığı değerlere göre $f(x) = a^x$ fonksiyonunun grafiğinin değişimini incelemek için bilgi ve iletişim teknolojilerinden de yararlanılır.

Süre: 1 ders saati öngörülmektedir.

Öğretmene Yönerge:

Bu çalışma yaprağında,

- $f(x) = a^x$ fonksiyonunun grafiği a 'nın değişen değerlerine göre incelenecektir.

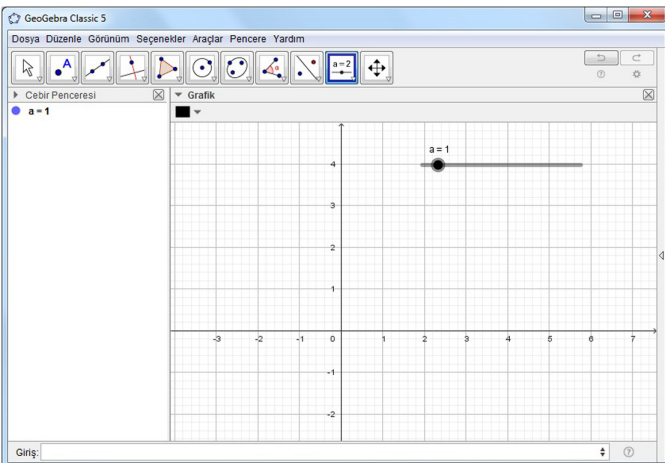
$f(x) = a^x$ fonksiyonunun grafiğinin için a 'nın 0 ile 1 arası olması durumunda azalan, $a > 1$ olduğu durumunda artan olduğunu keşfetmeleri sağlanacaktır.

2. a 'nın 0 ile 1 arası olması durumunda a arttıkça $f(x) = a^x$ fonksiyonunun grafiğinin şeklinin nasıl değiştiğinin öğrencilerce keşfedilmesi sağlanacaktır.

3. $f(x) = a^x$ fonksiyonunun grafiğinin a 'nın 1 den büyük olması durumunda a arttıkça şeklinin nasıl değiştiğinin öğrencilerce keşfedilmesi sağlanacaktır.

YÖNERGE-1: $f(x) = a^x$ fonksiyonunun grafiği $a < 0$, $a = 0$, $0 < a < 1$, $a = 1$ ve $a > 1$ için incelenecektir.

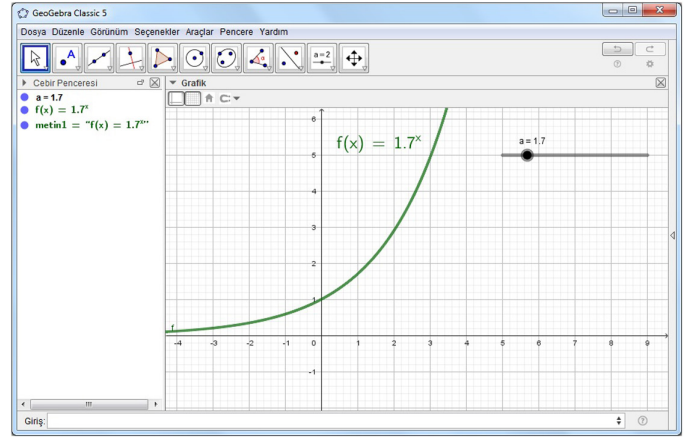
- Adım:** GeoGebra Classic 5 programını açtıktan sonra sürgü ikonunu ( Sürgü) seçelim. Boşluğa tıkladığımızda çıkan ekranda tamam diyerek artış miktarını sayısal olarak -5 ile 5 arası seçelim. Karşımıza Şekil 3'te yer alan görüntü gelecektir.



Şekil 3.

Öğretmen Yönergesinin 1. Adımı Sonucunda Elde Edilecek Ekran Çıktısı.

- Adım:** Giriş kısmına $y = a^x$ yazalım ve Enter tuşuna basalım. Şekil 4'te paylaşılan grafikte karşılaşılabilecektir.



Şekil 4.

Öğretmen Yönergesi 2. Adımı Sonucunda Elde Edilecek Ekran Çıktısı.

- Adım:** Öğrencilerden sürgüyü hareket ettirerek a 'nın negatif kısmına getirmelerini isteyelim. Grafik oluşmayacaktır. Öğrencilere "Grafik neden oluşmadı?" sorusunu yöneltelim. Öğrencilerin bu sorunun cevabını kendi aralarında tartışmasını sağlayalım.
- Adım:** Öğrencilerden sürgüyü 0 ile 1 arası bir noktaya getirmelerini isteyelim. Öğrencilere "Nasıl bir grafik oluştu?" sorusunu sorarak grafik hakkında ne düşündüklerini söylemelerini isteyelim. Grafiğin artan ya da azalan olması konusunda yorum yapmalarını isteyelim.
- Adım:** Öğrencilerden sürgüyü $a = 1$ noktasına getirmelerini ve oluşan grafiği tanımlamalarını isteyelim. Öğrencilere "Grafik x 'in değişen değerlerinden etkileniyor mu?" sorusunu yöneltelim.
- Adım:** Öğrencilerden sürgüyü 1'den büyük bir noktaya getirmelerini isteyelim. Öğrencilere "Nasıl bir grafik oluştu?" sorusunu sorarak grafik hakkında ne düşündüklerini söylemelerini ve grafiğin artan ya da azalanlık durumu konusunda yorum yapmalarını isteyelim. Öğrencilere " $y = a^x$ fonksiyonu hangi durumda artan, hangi durumda azalandır?" sorusunu yöneltip cevap vermelerini isteyelim.

$0 < a < 1$, $a = 1$, $a > 1$ için Şekil 5'teki grafikler oluşacaktır.

- Adım:** GeoGebra programını açarak 2 tane sürgü oluşturup $y = a^x$ ve $y = b^x$ fonksiyonlarının grafiklerini aynı pencerede çizip üstel fonksiyonun tabanının 0 ile 1 arası ve 1'den büyük olduğu durumdaki grafikleri aynı pencerede öğrencilerin görmesini ve bu grafiklerin cebir penceresindeki hangi denklemlere ait olabileceğini öğrencilerin tahmin etmesini isteyelim. Programın ekran görüntüsü Şekil 6'da sunulmaktadır.

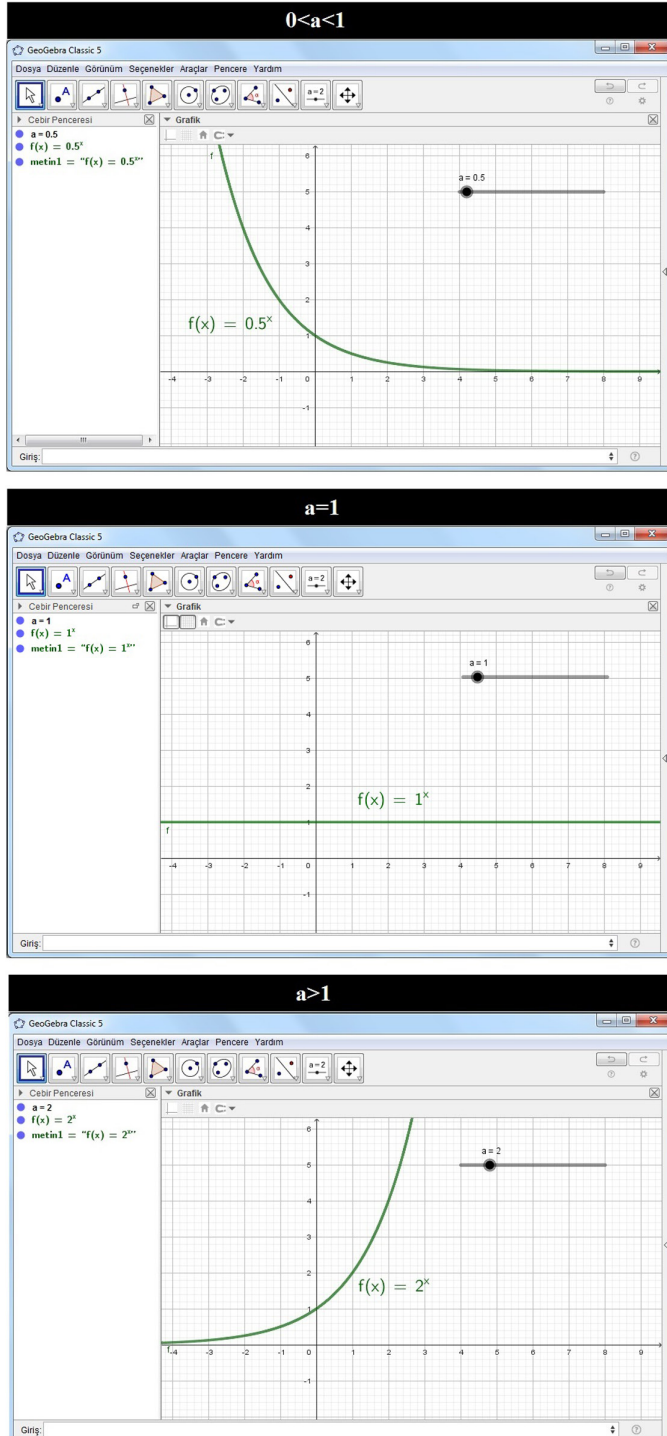
Bu çalışma yaprağı uygulamanın ilk çalışma yaprağıdır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak "Başarı Testi" ve Umay (2001) tarafından hazırlanan "Öz-yeterlik Algısı Ölçeği" kullanılmıştır.

Matematik Başarı Testi

Hazırlanan başarı testi katılımcılara ön-test, son-test ve kalıcılık testi olarak uygulanmıştır. Testin hazırlık aşamasında Matematik 9-12. sınıflar Öğretim programının Üstel ve Logaritma Fonksiyon konularında yer alan her bir alt kazanıma yönelik dörder soru oluşturulması planlanmış ve soru yazma sürecine geçilmiştir. Testte yer alan soruların değerlendirilmesi için uzman görüş formları oluşturulmuş ve matematik eğitimi alanında uzman 2 öğretim elemanından görüş alınmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda kazanımların programdaki ağırlıkları dikkate alınarak soru sayısı kazanım bazında bazı

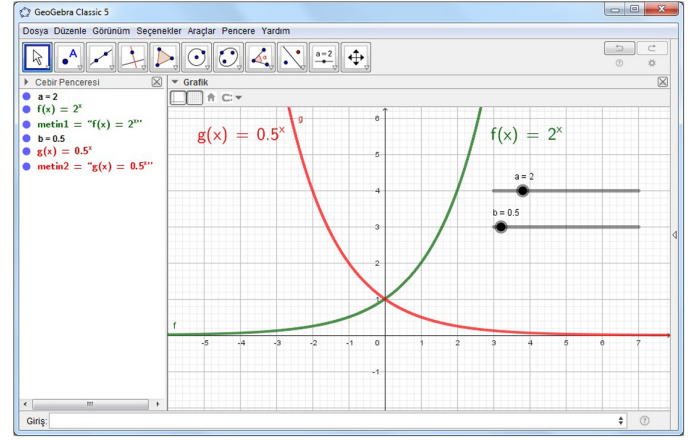


Şekil 5.

Öğretmen Yönergesinin 4,5 ve 6. Adımı Sonucunda Elde Edilecek Ekran Çıktıları.

değişiklikler yapılmıştır. Pilot uygulamada yer alan 32 soru ile gerçek uygulamada yer alan 25 sorunun kazanımlara göre dağılımı Tablo 2’de verilmektedir.

Testin güvenilirlik analizleri için uygulama yılının bir önceki senesinde 12. sınıftan mezun olan öğrencilerle pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Analizler kapsamında madde güçlük ve madde ayırtedicilik indeksleri hesaplanmış ve ayırtedicilik indeksi .20’den az olan sorular testten çıkarılmıştır. Testin pilot uygulamasından sonra 25 soruluk başarı testi elde edilmiştir. Test hem deney hem de kontrol grubuna ön-test, son-test ve kalıcılık testi olarak uygulanmıştır. Test uygulama bitiminden 3 ay sonra kalıcılık testi olarak uygulanmıştır. Testin iç



Şekil 6.

Öğretmen Yönergesinin 7. Adımı Sonucunda Elde Edilecek Ekran Çıktısı.

Tablo 2.

Başarı Testi Pilot Uygulama ve Gerçek Uygulama Sorularının Kazanımlara Göre Dağılımı

Kazanım	Pilot Uygulama	Gerçek Uygulama
Üstel fonksiyonu açıklar.	8	6
Logaritma fonksiyonu ile üstel fonksiyonu ilişkilendirerek problemler çözer.	4	4
10 ve e tabanında logaritma fonksiyonunu tanımlayarak problemler çözer.	2	1
Logaritma fonksiyonunun özelliklerini kullanarak işlemler yapar.	13	10
Üstel, logaritmik denklemlerin ve eşitsizliklerin çözüm kümelerini bulur.	3	3
Üstel ve logaritmik fonksiyonları gerçek hayat durumlarını modellemeye kullanır.	2	1

tutarlılığını belirlemek için Cronbach alfa katsayısı hesaplanmış ve bu değer ön-test için .701, son-test için .729 ve kalıcılık testi için .825 olarak bulunmuştur.

Matematik Öz-yeterlik Algısı Ölçeği:

Umay (2001) tarafından geliştirilen matematik öz-yeterlik algısı ölçeği 14 maddeden oluşmaktadır. Ölçeği Cronbach alfa güvenirlik katsayısı ön-test için .751 ve son-test için .809 olarak hesaplanmıştır. Bu ölçek 8 olumlu, 6 olumsuz ifade içermektedir ve Likert 1–5 derecelendirme ölçeği ile puanlanmıştır. Araştırmaya katılan öğrencilerden her bir maddenin karşısında bulunan “Her Zaman,” “Çoğu Zaman,” “Bazen,” “Ender Olarak” ve “Hiçbir Zaman” seçeneklerinden birine katılma derecelerini belirtmeleri istenmiştir. Likert tipi ölçekte, ölçek puanı, maddelere gösterilen tepki puanlarının toplamından oluştuğundan, ölçekte yer alan her bir öz-yeterlik algı maddesi puanlanmıştır. Bu puanlama maddenin olumlu ya da olumsuz oluşuna göre farklı yapılmıştır. Olumlu maddeler için “Her zaman katılıyorum” dan “Hiçbir zaman katılmıyorum” a doğru 5, 4, 3, 2, 1 ve olumsuz maddeler de “Her zaman katılıyorum” dan “Hiçbir zaman katılmıyorum” a doğru 1, 2, 3, 4 ve 5 şeklinde puanlanmıştır. Anketten elde edilebilecek en yüksek öz-yeterlik algısı puanı 70 ve en düşük puanı ise 14 olmaktadır. Puanların yüksek olması matematiğe karşı öz-yeterlik algısının yüksek olduğunu göstermektedir.

Veri Analizi

Grupların Denkliği

Denkleştirme işleminde; araştırmada seçilen problemlerle, çalışmanın ilgili kazanımlardaki başarısına etkisi saptanmak istediğinden deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin başarı puanlarının başka değişkenlere

dayalı olarak farklılık göstermesinin önüne geçmek istenmiştir. Böylelikle, deney grubundan alınacak sonucun sadece test edilen bağımsız değişkenden kaynaklanması sağlanabilir. Ayrıca, deney ve kontrol gruplarının başarı puanları arasında bir farklılık varsa, bunun GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretim sürecinden ileri geldiği gösterilmiş ve araştırmanın iç geçerliliği artırılmış olur. Uygulamanın yapıldığı okulda 12. sınıflar arasından bir önceki yıl matematik dersi yazılı not ortalamaları dikkate alınarak denk iki grup çalışmaya dâhil edilmiştir.

Deney ve kontrol grubu olarak rastgele atanan sınıfların matematik yazılı not ortalamaları ilişkisiz gruplar *t*-testi kullanılarak anlamlı farklılık olup olmadığı kontrol edilmiştir. Gerekli kullanım izinleri alınarak yazılı notları alınmıştır. Deney ve kontrol gruplarının matematik yazılı not ortalamaları ilişkisiz gruplar *t*-testi sonuçları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3.
Deney ve Kontrol Gruplarının Matematik Yazılı Not Ortalamaları İlişkisiz Gruplar T-Testi Sonuçları

Grup	N	$\bar{X}$	SS	SD	t	p
Kontrol	33	54.10	18.02	64	.300	.766
Deney	33	55.53	20.72			

Tablo 3'te görüldüğü gibi yapılan ilişkisiz gruplar *t*-testinde gruplar arasında anlamlı farklılığa rastlanmamıştır. Yapılan yansız atama ile A sınıfı kontrol, B sınıfı deney grubu olarak belirlenmiştir. Çalışmada, deney ve kontrol gruplarının denkliği yukarıda belirtilen yöntemlerle sağlanmaya çalışılmış olup gruplar belirlendikten sonra deneysel koşulların başlangıçta eşit olup olmadığını belirlemek amacıyla deney ve kontrol grupları arasında ön-test puanlarının eşit olup olmadığı incelenmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön-testten aldıkları puanlar SPSS 20.0 paket programına aktarıldıktan sonra parametrik test tekniklerinden ilişkisiz örneklem *t*-testi kullanılarak analiz edilmiştir. Tablo 4 ile deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön-test ortalama başarı puanlarına ilişkin ilişkisiz gruplar *t*-testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.
Kontrol ve Deney Grubunun Matematik Başarı Ön-Test Puanları İlişkisiz Gruplar T-Testi Sonuçları

Grup	N	$\bar{X}$	SS	SD	t	p
Kontrol	33	3.70	2.13	64	.128	.899
Deney	33	3.64	1.69			

Tablo 4 incelendiğinde kontrol grubunun, matematik başarı testinde bulunan çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulara ait olan ön-test puan ortalamasının 3.70; deney grubunun ön-test puan ortalamasının ise 3.64 olduğu görülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön-test puan ortalamalarına ait ilişkisiz örneklem *t*-testi sonuçlarında anlamlılık seviyesinde .899 olduğu görülmektedir. Analizler sonucunda ulaşılan değer istatistiksel olarak anlamlılık değeri olan .05'ten büyük olduğundan ($p = .899 > .05$), gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farka rastlanmamıştır. Bu sonuçlar deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik başarılarının anlamlı şekilde farklılaşmadığını göstermiştir. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin hazırbulunuşluk düzeylerinin anlamlı düzeyde farklı olmaması; deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin başarı puanlarının başka değişkenlere dayalı olarak farklılık göstermesinin önüne geçilmesi için önemlidir.

Karışık Ölçümler İçin İki Faktörlü ANOVA

Araştırma verilerinin analizi için The Statistical Package for Social Sciences versiyon 20.0 (IBM Corp.; Armonk, NY, ABD)

programında karışık ölçümler için iki faktörlü ANOVA modeli kullanılmıştır. Bu analiz, işlem gruplarına bağlı olarak ilişkisiz ölçümlerin söz edildiği iki faktörlü karışık (split-plot) desenlerde, uygulanan deneysel işlemin etkililiğine ilişkin satır x sütun ortak etkisini ve satır ile sütun faktörlerinin temel etkilerini test etmek için kullanılmaktadır. Tek faktör üzerinde tekrarlı ölçümler için iki faktörlü ANOVA olarak da isimlendirilen bu istatistiksel modelin varsayımları aşağıda verilmektedir.

1. Bağımlı değişken en az aralık ölçeğindedir.
2. Bağımlı değişkene ait puanlar, her bir alt grupta normal dağılım gösterir.
3. Grupların aynı zamanda elde edilen puanlarının varyansları eşittir.
4. Ölçüm setlerinin ikili kombinasyonları için grupların kovaryansları eşittir.
5. Herhangi bir denek için hesaplanan fark puanı, diğer denekler için hesaplanan fark puanlarından bağımsızdır.

İlk olarak öğrencilere ait matematik başarı testi puanlarının “descriptive statistics” tablosunda deney ve kontrol gruplarının ön-test, son-test ve kalıcılık testi değerlerine ilişkin frekans, aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri bulunmuştur. Deney ve kontrol gruplarının örneklem büyüklüğü 50'den küçük olduğu için Shapiro-Wilk testi bakılmıştır. Sosyal bilimlerde değişkenlerin dağılımının yaklaşık normal dağılım göstermesi, parametrik testlerin yapılabilmesi için ön koşuldur. Kullanılacak olan istatistiksel analize karar vermeden önce yapılan ölçümlerde grupların normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir. Özdamar (2004)'a göre normallik analizleri grup büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Çalışmada kullanılan grup büyüklüğüne uygun olan test Shapiro-Wilk normallik analizidir. Normallik analizi sonucunda bulunan *p* değeri .05'ten büyükse veriler normal dağılıma sahipken, .05'ten küçükse normal dağılıma sahip değildir. Alt problemleri araştırırken uygulanan istatistiksel testler öncesinde verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı test edilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının matematik başarı testi puanlarının normal dağılımına ait test sonuçları Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5.
Deney ve Kontrol Gruplarının Matematik Başarı Testi Puanlarının Normal Dağılımına Ait Test Sonuçları

Grup	Test	Çarpıklık	Basıklık	Shapiro-Wilk istatistiği	p
Kontrol	Ön-test	-.177	-.008	.875	.001
	Son-test	.185	.975	.972	.526
	İzleme testi	-.145	.339	.981	.810
Deney	Ön-test	-.621	.169	.836	.000
	Son-test	.708	-.035	.938	.059
	İzleme testi	.664	-.105	.944	.089

Tablo 5'te görüldüğü gibi deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik başarı testi Shapiro-Wilk (SW) istatistiği puanları $0 < SW \leq 1$ aralığında 1'e yakındır. Bu değer 0'a yaklaştıkça değişkenin normal dağılıma göstermediği, değerler 1'e yaklaştıkça değişkenin normal dağılıma gösterdiği sonucu elde edilir (Özdamar, 2004). Ön-test hariçindeki testlerde değişkenlerin *p* değerleri .05'ten büyük olduğu için ve SW istatistiği sonuçları 1'e yakın olduğu için deney ve kontrol grubunun son-test ve kalıcılık testi puanları normal dağılım göstermektedir ($p > .05$). Tablo 6'daki değerler kontrol ve deney gruplarının ön-test puanlarının normal dağılım için ise çarpıklık ve basıklık katsayılarına bakılmıştır. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının bu değerlerin standart hatalarına bölümünden elde edilen değerler -1.96 ile +1.96 arasında olduğundan matematik başarı testi puanlarının her iki grup için de normal yakın dağıldığı sonucuna varılmıştır (Can, 2013). Araştırmanın nicel boyutuna ait alt problemler için uygulanacak istatistiksel

yöntemleri belirlemek amacı ile yapılan normallik testlerinde grupların normal dağılıma sahip olduğu görülmüştür.

Parametrik testlerin uygulanmasında ön koşullardan biri de varyansların eşitliği varsayımdır. Levene Testine ilişkin tablo bağımlı değişkendeki varyansların eşitliğinin testine ilişkin bulgular içermektedir. Ölçümlerde p (anlamlılık) değerlerinin .05'ten büyük olması varyansların eşit olduğu anlamına gelmektedir. Verilere göre elde edilen p değerine bakıldığında; değerlerin .05'ten büyük olduğu görülmüş ve varyansların birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaşmadığı sonucuna varılmıştır. Veriler normal dağılıma sahip olduğu için analizlerde parametrik testler kullanılmıştır. Araştırmada, deney ve kontrol gruplarına ait ilişkisiz ölçümler ve zamana bağlı tekrarlı ölçümlerin söz konusu olmasından dolayı uygulanan yöntemin etkililiği, karışık ölçümler için iki faktörlü ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir. İki faktörlü ANOVA analizi aracılığıyla GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen eğitimi alıp almamak (deney veya kontrol grubunda yer almak) ile tekrarlı ölçümler (ön-test, son-test ve kalıcılık testi) faktörlerinin test puanları üzerindeki ortak etkileri ve temel etkileri test edilmiştir. Ortak etki testinin anlamlı sonuç ortaya koyması, GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen uygulamanın matematik başarı puanları üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Ölçüm temel etkisinin anlamlı çıkması, hangi grupta olduğuna bakılmaksızın deneklerin uygulama öncesinden sonrasına test puanlarında anlamlı bir değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Etik Onayı

Bu çalışma, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Etik Kurulu'nun kararı ile Eğitim Bilimleri alanında araştırma etik ilkelerine uygun görülmüştür (Onay No: 50024, Tarih: 05.11.2020).

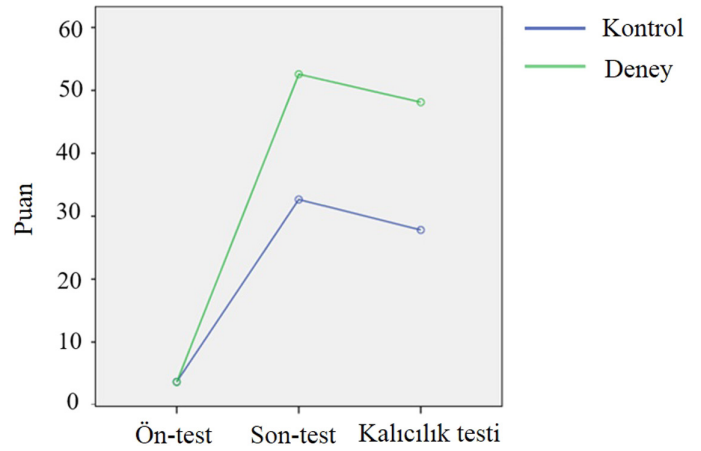
Bulgular

Öğrencilerin matematik başarı puanlarına ilişkin istatistikler ile ön-test, son-test ve kalıcılık testi puanlarına ilişkin betimsel istatistikler Tablo 6'da verilmektedir.

Grup	Test	N	$\bar{X}$	SS
Kontrol	Ön-test	33	3.70	2.13
	Son-test	33	32.66	11.15
	İzleme testi	33	27.81	10.94
Deney	Ön-test	33	3.64	1.69
	Son-test	33	52.57	15.12
	İzleme testi	33	48.12	13.94

Tablo 6'da görüldüğü gibi öğrencilerin ön-testten aldıkları matematik başarı puanları birbirine yakın düzeydedir ($\bar{X}_{\text{Kontrol}} = 3.70$, $\bar{X}_{\text{Deney}} = 3.64$). Kontrol ve deney grubu son-test puanları $\bar{X}_{\text{Kontrol}} = 32.66$ ve $\bar{X}_{\text{Deney}} = 52.57$ arasında ise yaklaşık 19.91 puanlık bir fark oluşmuştur. İzleme analizi sonucunda söz konusu puan farkı 20.31 olarak bulunmuştur ($\bar{X}_{\text{Kontrol}} = 27.81$, $\bar{X}_{\text{Deney}} = 48.12$). Matematik başarı puanlarındaki değişimi daha açık bir şekilde gösteren çizgi grafiği Şekil 7'de sunulmuştur.

Şekil 7'de görüldüğü gibi, uygulama süresince hem kontrol hem de deney grubu öğrencilerinin matematik başarı puanları artmıştır. Ancak Şekil 7'de deney grubu puanlarındaki artışın kontrol grubundaki artışa kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Uygulama sürecinden 3 ay sonra uygulanan kalıcılık testi puanlarının ise her iki grup için azaldığı gözlenmektedir. Söz konusu puan farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla karışık ölçümler için iki faktörlü ANOVA yapılmıştır. Bu testin sayıltılarına yönelik bulgular aşağıda verilmektedir.



Şekil 7.

Öğrencilerin Ön-Test, Son-Test ve İzleme Testi Puanlarına İlişkin Çizgi Grafiği.

İlk olarak, puanlarda görülen değişimin anlamlılığını bulmaya yönelik varyans analizinin uygunluğunu tespit etmek amacıyla, grupların kovaryans eşitliği test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 7'de verilmektedir.

İstatistik	Değer
Box's M	10.524
F	1.665
SD1	6
SD2	29676.679
p	.125

Tablo 7'de görüldüğü üzere kovaryansların homojen olduğu saptanmıştır ($F = 1.665$; $p = .125 > .05$). İkinci olarak, gruplara ait varyansların eşitliği varsayımını test etmek için Levene istatistiği sonuçlarına bakılmış ve analiz sonuçları Tablo 8'de paylaşılmıştır.

Uygulama	F	SD1	SD2	p
Ön-test	.748	1	64	.390
Son-test	2.542	1	64	.116
İzleme testi	1.295	1	64	.259

Tablo 8'de verilen Levene testi sonuçlarına göre, başarı testinin F değerleri ön-test, son-test ve kalıcılık testi için sırasıyla .748, 2.542 ve 1.295 olarak bulunmuş ve p değerlerinin sırasıyla .390, .116 ve .259 olduğu görülmüştür. F değerleri istatistiksel olarak anlamlı olmadığından başarı testinin tüm uygulamaları için bu varsayımın sağlandığı gözlenmiştir. Matematik başarı testinin karışık ölçümler için iki yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 9'da paylaşılmaktadır.

Tablo 9'dan anlaşılabileceği gibi, GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen öğretimin yapıldığı deney grubu ile geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grubunun matematik başarı puanlarının uygulama öncesinden sonrasına ve kalıcılık açısından anlamlı farklılık gösterdiği, yani farklı işlem gruplarında olmak ile tekrarlı ölçümler faktörlerinin matematik başarısı üzerindeki ortak etkilerinin anlamlı olduğu görülmüştür ($F = 37.808$; $p < .001$). Diğer yandan, katılımcıların uygulama öncesinden, uygulama sonrasına ve kalıcılık durumuna göre matematik

Tablo 9.

Matematik Başarı Testinin Karışık Ölçümler İçin İki Yönlü Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p	Etki büyüklüğü
Denekler arası	22886.207	65	352.095			
Grup	8866.793	1	8866.793	40.478	.000	.387
Hata	14019.414	64	219.053			
Denekler içi	71797.333	132	543.919			
Süreç	59747.404	2	29873.702	504.796	.000	.887
Süreç*grup	4474.919	2	2237.480	37.808	.000	.371
Hata	7575.010	128	59.180			
Toplam	94683.540	197	480.627			

başarı puanlarının ortalamaları arasında anlamlı fark olup olmadığını belirlemek amacıyla F değeri 40.478 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, .001 düzeyinde anlamlıdır. Bununla birlikte, deney grubu ile kontrol grubunda verilen eğitime bağlı olarak öğrencilerin ön-test, son-test ve kalıcılık testi puanlarından elde edilen toplam puanların ortalamaları arasında anlamlı farklılıklar vardır ($F=504.796$; $p < .001$).

Deney ile kontrol gruplarının ön-testten son-teste ve son-testten kalıcılık testine değişimleri incelenmiştir. Buna göre, her iki grup için de ön-testten son-teste matematik başarı puanlarında artış olduğu gözlenmektedir (Bkz. Şekil 6). Şekilde de görüldüğü üzere deney grubundaki artış miktarı kontrol grubuna göre daha fazladır. Fakat her iki grubun başarı puanlarında son-testten kalıcılık testine benzer bir azalmanın olduğu görülmektedir. Grupların ön-test puanlarının anlamlı farklılık göstermediği daha önce belirtilmiştir. Burada, son-test ve kalıcılık testi puanlarının gruplar bazında farklılaşıp farklılaşmadığına bakmak için iki ayrı ilişkisiz örneklem t-testi uygulanmıştır. Grupların matematik başarı son-test puanlarının analizi sonucunda, kontrol ($\bar{X}=32.66$, $SS=11.15$) ve deney ($\bar{X}=52.57$, $SS=15.12$) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($t(64)=6.086$, $p=.000 < .001$). Benzer şekilde grupların matematik başarı kalıcılık testi puanlarının analizi sonucunda, kontrol ($\bar{X}=27.81$, $SS=10.94$) ve deney ($\bar{X}=48.12$, $SS=13.94$) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($t(64)=6.579$, $p=.000 < .001$). Bu sonuçlar, GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen eğitimin matematik başarısını arttırmada ve söz konusu başarının kalıcılığı konusunda daha etkili olduğunu göstermektedir.

Öz-yeterlilik algısına yönelik bulgular ele alındığında, deney ve kontrol gruplarında uygulanan ön-test ve son-test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10.

Öz-yeterlilik Algısı Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

	Deney grubu			Kontrol grubu			Toplam		
Ölçümler	N	$\bar{X}$	SS	N	$\bar{X}$	SS	N	$\bar{X}$	SS
Ön-test	33	3.23	.47	33	3.16	.55	33	3.20	.51
Son-test	33	3.47	.50	33	3.20	.62	33	3.33	.57

Tablo 11.

Matematiksel Öz-yeterlilik Algı Puanlarının Karışık Ölçümler İçin İki Yönlü Varyans Analizi Sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p	Etki büyüklüğü
Denekler arası	34.965	65	.538			
Grup	.953	1	.953	1.793	.185	.027
Hata	34.012	64	.531			
Denekler içi	3.691	66	.056			
Süreç	.623	1	.623	14.447	.000	.184
Süreç*grup	.306	1	.306	7.095	.010	.100
Hata	2.762	64	.043			
Toplam	38.656	131	.295			

Tablo 10'da paylaşıldığı üzere, araştırma sürecinde uygulanan öz-yeterlilik algı puanlarının ön-test ve son-test ortalamaları incelendiğinde matematiksel olarak ön-testten sonra her iki grupta da bir artış olduğu belirlenmiştir. Deney grubunda ön-test puan ortalaması 3.23, son-test puan ortalaması ise 3.47 olarak hesaplanmış ve kontrol grubuna göre daha fazla bir artış elde edilmiştir. Bu ortalama puanlardaki artışların (a) grup, (b) zaman ve (c) grup ile zamanın ortak etkisine göre aralarında anlamlı farklılık olma durumunu ortaya çıkarmak amacıyla yapılan karışık ölçümler için iki yönlü varyans analizi testi uygulanmıştır.

GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen deney grubu ile geleneksel öğretim yönteminin kullanıldığı kontrol grubundaki öğrencilerin matematik öz-yeterlilik algısı ön-test ve son-test puanlarının istatistiksel olarak bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin gerçekleştirilen karışık ölçümler için iki yönlü ANOVA testi sonuçları Tablo 11'de verilmektedir.

Deney ve kontrol grubunun ön-test ve son-test puanlarının normal dağılım özelliği gösterme durumu Shapiro-Wilk (SW) testi ile analiz edilmiş ve dağılımların normal olduğu belirlenmiştir ($SW_{\text{Deney-ön-test}} = .941$; $p=.072 > .05$; $SW_{\text{Deney-son-test}} = .985$; $p=.926 > .05$; $SW_{\text{Kontrol-ön-test}} = .944$; $p=.089 > .05$; $SW_{\text{Kontrol-son-test}} = .968$; $p=.430 > .05$). Parametrik test kullanma koşulları açısından incelenen diğer bir işlem olan kovaryans eşitliği çözümülemesi sonucunda da grupların ikili kombinasyonlarının birlikte değişimlerinin arasında fark olmadığı belirlenmiş ve kovaryans eşitliği sağlanmıştır ($F=1.069$; $p=.361 > .05$). Levene testi ile test edilen varyansların homojenliği testi sonucunda da ön-test ve son-test puanlarının varyanslarının homojen olduğu belirlenmiştir ($F_{\text{ön-test}} = 1.764$, $p=.189 > .05$; $F_{\text{son-test}} = 1.818$, $p=.182 > .05$). Bu sonuçlara dayalı olarak parametrik test koşulları sağlandığı için karışık ölçümler için iki yönlü varyans analizi sonuçları esas alınmıştır.

Tablo 11'de görüldüğü gibi test ayrımı olmaksızın deney ile kontrol gruplarının puan ortalamaları arasında anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir ($F=1.793$, $p=.185 > .05$; $\eta^2 = .027$). Buna göre, deney grubu ($\bar{X}=4.11$) ile kontrol grubu ($\bar{X}=4.14$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Ayrıca sürecin etkisinin test edildiği başka bir deyişle gruplar dikkate alınmaksızın ön-test ve son-test puan ortalaması karşılaştırmasında anlamlı fark olduğu görülmektedir ($F=14.447$, $p=.000 < .05$; $\eta^2 = .184$). Ortalamalar incelendiğinde son-test puan ortalamasının ($\bar{X}=3.33$) ön-teste göre ($\bar{X}=3.20$) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre sürecin önemli bir değişken olduğu söylenebilir. Sürecin etki büyüklüğü ise .184 olduğu için sürecin yüksek düzeyde bir etkiye sahip olduğu söylenebilir (.184 > .140) (Cevahir, 2020).

Süreç ve grubun ortak etkisi dikkate alındığında ortalamalar arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($F=7.095$, $p=.010 < .05$; $\eta^2 = .100$). Bu duruma göre ön-test ve son-test puan ortalamalarındaki değişimin deney ve kontrol grubunda uygulanan yöntemle göre anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir deyişle, farklı öğretim yönteminin uygulandığı grupta bulunmak ile (grup etkisi) ön-test ve son-test uygulaması sürecinde (süreç etkisi) elde edilen değişimin öğrenci öz-yeterlik algı puanları üzerindeki ortak etkisinin anlamlı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen ortalama puanlar karşılaştırıldığında deney grubunda ön-test puan ortalaması ($\bar{X}=3.23$) iken son-test puan ortalaması ise ($\bar{X}=3.47$) olmuş ve kontrol grubuna göre daha fazla bir artış elde edilmiştir. Buna göre, GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen deney grubunda bulunmak ile geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubunda bulunmanın öğrenci öz-yeterlik algı puanları üzerinde farklı etkisi vardır. Bu etkinin orta ile yüksek düzey arasında bir etki büyüklüğü olduğu söylenebilir (.06 < $\eta^2 = .100 < .14$). Sonuç olarak, GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen öğretimin yapıldığı ortamda öğrenci öz-yeterlik algı puanları daha fazla artış gösterebilmektedir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Araştırmanın verilerinin analizi sonucunda öğrenci başarıları ile ilgili bulgular incelendiğinde GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen öğretimin yapıldığı deney grubu ile geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grubunun matematik başarı puanlarının uygulama öncesinden sonrasına deney grubu lehinde anlamlı farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu sonuç Acar'ın (2015) GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin üstel ve logaritmik fonksiyonların öğretiminde başarıyı geleneksel yöntemle daha fazla artırdığı yönündeki sonucuyla tutarlıdır. Acar (2015), araştırmasının sonucunda GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretim sayesinde öğrencilerin “Logaritma ve Üstel fonksiyonlar” konusunu daha iyi anladıkları şeklinde görüş bildirdiklerini belirtmiştir. Grup çalışması ve GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen eğitimin grup ile çalışma, bilgiyi keşfetme ve kendi kendine yapılandırma imkânı sunuyor olmasının öğrencilerin GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen eğitime olan ilgilerini artırdığını gözlemlemiştir. Benzer şekilde GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı sonucu bu konuda Alabdulaziz ve ark.'ın (2021) “kutupsal koordinat ve karmaşık sayılar,” Çam'ın (2019) “Geometrik Yer,” Dışbudak'ın (2017) “5. Sınıf Dörtgenler,” İçel'in (2011) “Üçgen ve Pisagor,” Kan'ın (2014) “Lineer Cebir” ve Öz'ün (2015) “Geometrik Cisimler” konusunda GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin öğrenci başarılarını artırdığı şeklinde bulguları sonuçlarla tutarlıdır.

Çalışmada, GeoGebra programında hazırlanan etkinliklerin öğrencilerin ilgisini çektiği düşünülmektedir. GeoGebra programının sunduğu ilgi çekici görsel içerik öğrencilerin derse olan ilgisini artırarak öğrencilerin derse aktif katılımını sağlamış olması öğrenci başarısının artmasında bir etken olmuş olabilir. Bu durum alanyazında GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretim sürecinde Acar'ın (2015) öğrencilerin öğrenirken eğlendikleri, Balcı Şeker (2014)'in öğrencilerin teknolojiye ilgi duymalarının derse olan ilgilerini artırdığı, Çam'ın (2019) ve Dışbudak'ın (2017) GeoGebra'nın görsel yapısının öğrencilerin ilgisini çektiği, Mercan'ın (2012) görselliğin dersi anlamalarını kolaylaştırdığı

ve bu durumun öğrenci başarısını artırmış olabileceği şeklindeki görüşleriyle örtüşmektedir. Alanyazında bu sonucu destekleyen görüşe rastlamak mümkündür. GeoGebra'nın sunduğu görsel ve cebirsel çalışma ortamı, ilgi çekici içeriğiyle geleneksel yöntemlerle kavranması zor olan matematiksel ilişkilerin görülmesini sağlamaktadır (Dankal 2017; Reis & Özdemir, 2010).

GeoGebra programının deneysel gözlem yaparak bilgiyi keşfederek yapılandırma imkânı sunması öğrenci başarısındaki etken olabilir. Bu çalışmada öğrenciler sürgü yardımıyla $y=ax$ ve $y=\log_a x$ ifadelerindeki a gerçel sayısının değişiminin bu fonksiyonlara ait grafiklere olan etkisini birçok açıdan gözlemleme fırsatı bulmuşlardır. Ayrıca bu iki grafik arasındaki ilişkiyi sürgü yardımıyla dinamik olarak gözlemlemişlerdir. Üstel fonksiyon ve logaritma fonksiyonun neden birbirinin tersi olduğu ve bu sonuçların getirilerine kendi çalışmalarlarıyla ulaşmışlardır. Mosese ve Ogbannaya'nın (2021) çalışmasında olduğu gibi GeoGebra'nın sürgü kullanımıyla sağladığı dinamik yapı keşif ortamları sunarak matematiksel çıkarımlar yapabilme imkânı sağladığından öğrencilerin başarılarını artırmış olabileceği söylenebilir. Bunun yanında cebirsel ifadeler ve geometrik temsilleri arasındaki ilişkiyi sürgü yardımıyla dinamik olarak gözlemleyebilir, benzer cebirsel denklem içeren ifadelerin görsel temsilleri ile ilgili genellemeler yapabilir ve matematiksel çıkarımlar yapabilme imkânı sağlaması da öğrencilerin başarılarını artıran etkenler olabilir. Bu durum Öz'ün (2015) sürgü aracılığıyla geometrik cisimlere ait değerlerin değiştirilmesiyle geometrik yapıdaki değişimi dinamik olarak gözlemleme imkânı sağlamasının GeoGebra'nın başarıyı artırma sebebi olabileceği yönündeki görüşünü desteklemektedir. Ayrıca bu durum GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin başarıdaki artış için Dışbudak (2017)'ın deneysel olarak kısa sürede genelleme yapma imkânı sağladığı, İçel'in (2011) sağladığı deneysel ortamın öğrencilerin keşif sürecini kolaylaştırdığı şeklinde öne sürdükleri sebeplerle örtüşmektedir. Nitekim alanyazın bu sonuçları desteklemektedir. GeoGebra'nın dinamik yapısı matematiksel ilişkilerin bulunması için deneysel çalışma ortamı sağlamaktadır (Diković, 2009). Öğrenciler GeoGebra programı sayesinde birtakım değişikliklere rağmen değişmeyen genel yapıyı ve bileşenlerden birinin değişimi sonucunda diğer bileşenin değişimini görsel ve deneysel olarak gözlemleyebilmektedir (Zengin & Akçakın, 2021). Özellikle tanımlılık ve grafik çizimi geleneksel yöntemlerle bir kurallar dizisi olarak öğrenilirken GeoGebra programı sayesinde grafiği oluşturan bileşenler ve tanımlılığı etkileyen faktörler deneyimlerle keşfedilerek bulunabilmektedir (Hall & Chamblee, 2013).

Bu çalışmada deney grubu öğrencileri tarafından logaritma ve üstel fonksiyonların grafiğindeki parametrelerdeki değişimin dinamik olarak grafikleri nasıl etkilediği gözlemlenmiştir. Tanımlılık, artan ya da azalanlık ve eksenleri kesen noktalar konusunda keşif yoluyla elde edilen deneyimler grafik çizimi noktasında öğrenci başarısına ve öğrenmelerin kalıcılığına olumlu şekilde katkı sağlamış olabilir. Logaritma ve üstel fonksiyonlar hem cebirsel hem de geometri penceresiyle çalışma fırsatı sağlayacak bir konudur. Ayrıca bu konunun inşa ve keşif yoluyla öğrenmeler sağlayacak bir konu oluşu GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin bu konunun yapısı açısından GeoGebra programına olan uyumundan ötürü başarının artmasında etkili olmuş olabilir. Nitekim benzer şekilde Dışbudak (2017) “Dörtgenler,” Çam (2019) “Geometrik Yer” ve Öz (2015) “Geometrik Cisimler” konularının öğretiminin GeoGebra etkinlikleriyle desteklenmesi sonucu öğrenci başarısının artmasını GeoGebra programının öğretim yapılan konuyla uyumlu olmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca logaritmanın özelliklerini grafikler ve bileşke fonksiyondan yola çıkarak bulmasını sağlayan etkinlikler öğrencilere matematikle ilgili geniş bakış açısı kazandırarak kavramsal öğrenmeler edinmelerini sağlamış olabilir. Bu durum Dışbudak (2017)'ın GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin öğrencilerin bakış açısını genişleterek başarıyı artırdığı şeklinde ulaştığı sonucuyla paralellik arz etmektedir.

Uygulanan kalıcılık testi puanlarının analizi sonucunda, kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu, yani farklı işlem gruplarında olmak ile tekrarlı ölçümler faktörlerinin matematik başarısı üzerindeki ortak etkilerinin anlamlı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen öğretimin matematik başarısını arttırmada ve söz konusu başarının kalıcılığı konusunda daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuç bu konuda araştırma yapan Mercan (2012), Sevgi (2020), Topuz (2017) ve Uzun (2018)'ün çalışmalarıyla elde ettikleri sonuçlarla uyumludur.

Bu çalışmada GeoGebra programının görselliği ve öğrencinin aktif rol alarak kendi deneyimleriyle gözlem ve keşif yaparak bilgiyi yapılandırmasının anlamlı ve kalıcı öğrenmelere zemin hazırladığı söylenebilir. Benzer şekilde, yamuk (örn. Martinovic ve Manizade, 2020), dönüşüm geometrisi (örn. Mercan, 2012) ve çember-daire (örn. Topuz, 2017) konularının öğretiminde GeoGebra'nın görsel yapısının öğrenmeyi kolaylaştırdığı ve kalıcı öğrenmelere zemin hazırladığı yönünde görüş bildirmiştir. GeoGebra programının cebirsel gösterim ile logaritma ve üstel fonksiyonların grafiğini aynı anda inceleme fırsatı sağlaması, cebirsel ifadedeki bağımsız değişkenlerin değişimi sonucu grafikteki bağımlı değişkenlerin değişiminin dinamik olarak gözlenebilme imkânı sağlaması grafik çizimi konusundaki kalıcı öğrenmelere zemin hazırlamış olabilir. Nitekim bu durum Sevgi (2020)'nin "Trigonometrik fonksiyonların grafikleri" ve Uzun (2018)'ün Doğrusal Denklemler ve Eğim" konularında GeoGebra destekli öğretimin öğrenmede kalıcılığa olumlu etkisinin olduğu şeklindeki sonucuyla örtüşmektedir. Bu durumu destekleyen görüşlere alanyazında da rastlanmaktadır. GeoGebra etkinlikleri öğrencilerin cebirsel denklemler ve bunların görsel temsilleri arasındaki ilişkiyi görece şekilde tasarlanırsa öğrenciler konuyla ilgili kavramsal öğrenmeler elde ederler (Dikovic, 2009). GeoGebra programı matematiksel kurallar ve grafiğin yapısı hakkında öğrenciye edinmesi gereken kuralı kendisinin keşfetmesini sağlayacak imkân sunduğundan öğrencilerde kavramsal öğrenmelerin oluşmasını sağlamaktadır (Zulnaidi ve Zamri, 2017). Öğrencilerin bilgiye kendi çabasıyla ulaştığı ve bu bilgiyi kendi düşünce yapısına uyarlayabildiği öğrenme biçimi daha etkili olup bu yolla edinilen öğrenmeler daha kalıcıdır (Güven, 2004; Shi, 2017). Deneyim yoluyla yaparak ve yaşayarak elde edilen bilgiler kişinin kendi bilgisi olacağından hem kalıcı hem de öğrenci için anlamlı olmaktadır (Karademir ve Akman, 2019; Kubat, 2018).

Öz-yeterlik algısı ile ilgili sonuçlar incelendiğinde ön-test ve son-test puan ortalamalarındaki değişimin deney ve kontrol grubunda uygulanan yöntemle göre anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir deyişle, farklı öğretim yönteminin uygulandığı grupta bulunmak ile (grup etkisi) ön-test ve son-test uygulaması sürecinde (süreç etkisi) elde edilen değişimin öğrenci öz-yeterlik algı puanları üzerindeki ortak etkisinin anlamlı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen ortalama puanlar karşılaştırıldığında deney grubunda son-test puan ortalamasının ilk-test puan ortalamasına göre artışın kontrol grubuna göre daha fazla olduğu görülmüştür. Buna göre, GeoGebra etkinlikleri ile desteklenen deney grubunda bulunmanın geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubunda bulunmaya göre öğrenci öz-yeterlik algı puanları üzerinde pozitif yönde etkisi olmuştur. Öğrencilerin derse aktif katılımı ve bu sayede bilgiyi yapılandırarak ezberden uzak anlamlı öğrenmeler edinmesi onların matematiğe karşı sahip oldukları olumsuz düşüncelerden sıyrılmasına katkı sağladığı düşünülmektedir. Araştırmada elde edilen GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin öğrencilerdeki öz-yeterlik algısına olumlu yönde katkı sağladığı sonucu Balcı Şeker (2014) ve Bedeloğlu (2016)'nın ulaştığı sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Nitekim Balcı Şeker (2014) öğrencilerin bilgisayara olan ilgileri sonucu ön yargılarından sıyrılarak derse etkin bir şekilde katılmalarının, Bedeloğlu (2016) ise GeoGebra'nın etkileşimli yapısının öğrencilerin öz-yeterliklerini olumlu yönde etkilemiş olabileceği şeklinde görüş bildirmiştir.

GeoGebra programının sağladığı avantajlar düşünüldüğünde logaritma ve üstel fonksiyonların öğretiminin GeoGebra etkinlikleriyle desteklenmesinin öğrenci başarısına, öğrenmelerin kalıcılığına ve öz-yeterlik algısına olumlu yönde etki sağladığı söylenebilir. Bu çalışmanın sonuçlarından yola çıkarak ileride yapılacak olan çalışmalar için araştırmacılara ve program geliştirme uzmanlarına şu öneriler verilebilir. Bu araştırma GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin öğrenci başarısına ve öz-yeterliğe olan etkisi ile sınırlı tutulmuştur. GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin üstel ve logaritmik fonksiyonlardaki kavram yanılgılarını gidermedeki etkisi üzerine çalışmalar yapılabilir. Araştırma konu itibarıyla üstel ve logaritmik fonksiyonların öğretiminde GeoGebra kullanımı ile sınırlı tutulmuştur. Matematiğin diğer konuları ile ilgili benzer çalışmalar yapılabilir. İleriki çalışmalarda öğrenci sayısı daha az gruplarla yapılarak öğrencilerin çalışmaları daha ayrıntılı gözlemlenebilir. Bu araştırmanın deney grubuna değişik gruplara ayrılmış eşit sayıda öğrenci topluluğu eklenerek grup çalışması ile desteklenmiş GeoGebra etkinlikleriyle öğretimin etkililiği araştırılabilir. Yapılacak araştırmalarda, öğrenci görüşmeleri ile desteklenerek bunlar kayıt altına alınabilir. Böylece öz-yeterlik algısındaki artışın nedenleri araştırılabilir. GeoGebra etkinlikleriyle desteklenen öğretimin bu konuyla ilgili ön bilgi gerektiren başka konulardaki öğrenmelere olan etkisini tespit edecek araştırmalar yapılabilir. MEB tarafından matematik öğretmenlerine yönelik olarak alanında uzman akademisyenler tarafından genelde matematik eğitiminde teknoloji kullanımı ve özelde GeoGebra kullanımı üzerine eğitim verilebilir. Bu içerikler değişik platformlarda öğretmenlerin istifadesine sunulabilir. MEB kitabında yer alan GeoGebra etkinlikleri zenginleştirilip bu etkinliklerin uygulanmasını gösterir videolar hazırlanabilir. Bu içerikler değişik platformlarda öğretmenlerin istifadesine sunulabilir. Okullarda akıllı tahtalara GeoGebra programının yüklenmesi teşvik edilebilir. Ayrıca sınıflarda öğrencilere bilgisayar kullanımı ile ilgili verilen derslerde GeoGebra kullanımı ile ilgili uygulamalı dersler verilip bu programın kullanımının öğrenciler tarafından öğrenilmesi sağlanabilir.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Etik Kurulundan etik komite onayı (Onay No: 50024, Tarih: 05.11.2020) alınmıştır.

Katılım Onamı: Bu çalışmaya katılan tüm katılımcılardan ve reşit olmayan katılımcıların ebeveynlerinden yazılı onam alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir – A.A.Y., S.G., O.K.; Tasarım – A.A.Y., S.G., O.K.; Denetleme – A.A.Y., S.G.; Kaynaklar – A.A.Y., S.G., O.K.; Malzemeler – A.A.Y., S.G., O.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – A.A.Y., O.K.; Analiz ve/veya Yorum – A.A.Y., S.G., O.K.; Literatür Taraması – A.A.Y., O.K.; Yazıyı Yazan – A.A.Y., S.G., O.K.; Eleştirel İnceleme – A.A.Y., S.G.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: Ethical committee approval was received from the Ethics Committee of Niğde Ömer Halisdemir University (Approval No: 50024, Date: 05.11.2020)

Informed Consent: Written informed consent was obtained from participants and the parents of the underage participants.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – A.A.Y., S.G., O.K.; Design – A.A.Y., S.G., O.K.; Supervision – A.A.Y., S.G.; Resource – A.A.Y., S.G., O.K.; Materials – A.A.Y., S.G., O.K.; Data Collection and/or Processing – A.A.Y., O.K.; Analysis and/or Interpretation – A.A.Y., S.G., O.K.; Literature Search – A.A.Y., O.K.; Writing – A.A.Y., S.G., O.K.; Critical Review – A.A.Y., S.G.

Declaration of Interests: The authors have no conflict of interest to declare.

Funding: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynakça

- Acar, H. (2015). *Üstel ve logaritmik fonksiyonlar konusunun dinamik geometri yazılımı GeoGebra ile öğretiminin öğrenci başarısına etkisi* (Yüksek Lisans Tezi, Tez No. 409116). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.
- Akhmedov, B. A. (2021). Innovative cluster model for improving the quality of education. *Academic Research in Educational Sciences*, 2(3), 528–534.
- Akkuş, M. (2004). *Logaritma konusunda 10. sınıf öğrencilerinin kavram yanlışlıkları nelerdir* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aktümen, M., & Kaçar, A. (2003). İlköğretim 8. sınıflarda harfli ifadelerle işlemlerin öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin rolü ve bilgisayar destekli öğretim üzerine öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 11(2), 339–358.
- Alabdulaziz, M. S., Aldossary, S. M., Alyahya, S. A., & Althubiti, H. M. (2021). The effectiveness of the GeoGebra Programme in the development of academic achievement and survival of the learning impact of the mathematics among secondary stage students. *Education and Information Technologies*, 26(3), 2685–2713. [CrossRef]
- Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers and Education*, 166, 104154. [CrossRef]
- Artigue, M., & Lagrange, J. B. (1997). Pupils learning algebra with DERIVE. *Zentralblatt für Didaktik Der Mathematik*, 29(4), 105–112. [CrossRef]
- Aydın, H. (2021). *Dinamik geometri ile inşa çalışmalarında 7. Sınıf öğrencilerinin kavramsal anlama düzeylerinin incelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Aziz, T. A., Pramudiani, P., & Purnomo, Y. W. (2017). How do college students solve logarithm questions? *International Journal on Emerging Mathematics Education*, 1(1), 25–40. [CrossRef]
- Baki, A. (1996). Matematik öğretiminde bilgisayar her şey midir? *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12, 135–143.
- Balcı Şeker, H. (2014). *GeoGebra yazılımı ile geometri öğretiminin geometri ders başarısına ve geometri öz-yeterliliğine etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Bedeloğlu, İ. B. (2016). *GeoGebra ve video ile zenginleştirilmiş web tabanlı matematik eğitiminin geometri başarısına ve öz-yeterliliğe etkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Tez No. 435222). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.
- Bilirdönmez, K., & Çevik, Ç. (2021). Öğretim stratejilerinde dijital bir proje önerisi: “Ayın Evreleri”. *Journal of Humanities and Tourism Research*, 11(11–3), 433–451. [CrossRef]
- Çam, A. (2019). *Matematik yazılımı GeoGebra'nın, lise öğrencilerinin matematik dersi geometrik yer konusundaki akademik başarısına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.
- Can, A. (2013). *Bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi*. Pegem Akademi.
- Canevi, K. (2019). *GeoGebra destekli öğretimin 10.sınıf matematik dersine ait bazı konularda öğrencilerin başarı ve tutumlarına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cevahir, E. (2020). *SPSS ile nicel veri analizi rehberi*. Kibe.
- Çoklar, A. N. (2008). *Öğretmen adaylarının eğitim teknolojisi standartları ile ilgili öz-yeterliliklerinin belirlenmesi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi) Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Dankal, B. (2017). *Eşitsizlikler konusunun öğretiminde dinamik matematik yazılımı GeoGebra kullanımının matematik tutumuna etkisi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Debbag, M., Cukurbasi, B., & Fidan, M. (2021). Use of digital mind maps in technology education: A pilot study with pre-service science teachers. *Informatics in Education*, 20(1), 47–68. [CrossRef]
- Demirci, Ö. (2019). *Matematik öğretmeni adaylarının olasılık konusunda problem kurma becerilerinin gelişiminin incelenmesi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Diković, L. (2009). Applications GeoGebra into teaching some topics of mathematics at the college level. *Computer Science and Information Systems*, 6(2), 191–203. [CrossRef]
- Dişbudak, Ö. (2017). *The effects of using concrete manipulative and GeoGebra on fifth grade students' achievement in quadrilaterals* (Unpublished Master's Thesis). Middle East Technical University.
- Gafoor, A. (2015). Learner and teacher perception on difficulties in learning and teaching mathematics: Some implications. National Conference on Mathematics Teaching- Approaches and Challenges, Mysuru, Karnataka, India.
- Gömlekçi, M., Çagan, N., & Kutluca, T. (2019). Bilgisayar destekli kavram haritalarının matematik öğretiminde kullanılması: Türev konusu örneği. 7th Eurasian Conference on Language and Social Sciences, Daugavpils, Latvia.
- Greefrath, G., Hertleif, C., & Siller, H. S. (2018). Mathematical modelling with digital tools—A quantitative study on mathematising with dynamic geometry software. *ZDM*, 50(1–2), 233–244. [CrossRef]
- Gülten, D. Ç., & Gülten, I. (2004). A study on the relationships between the learning styles and geometry grades of 10th grade students. *Eurasian Journal of Educational Research*, 16, 74–87.
- Güven, B., & Karataş, İ. (2009). The effect of dynamic geometry software (CABRI) on pre-service elementary mathematics teachers' achievement about locus problems. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 42(1), 1–31. [CrossRef]
- Güven, M. (2004). *Öğrenme stilleri ile öğrenme stratejileri arasındaki ilişki* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Hall, J., & Chamblee, G. (2013). Teaching algebra and geometry with GeoGebra: Preparing pre-service teachers for middle grades/secondary mathematics classrooms. *Computers in the Schools*, 30(1–2), 12–29. [CrossRef]
- Hamukwaya, S. T., & Haser, Ç. (2021). “It does not mean that they cannot do mathematics”: Beliefs about mathematics learning difficulties. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(1), 1–14. [CrossRef]
- Hohenwarter, M., & Fuchs, K. (2004). Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. In Computer algebra systems and dynamic geometry systems in mathematics teaching conference, Pecs, Hungary.
- İçel, R. (2011). *Bilgisayar destekli öğretimin matematik başarısına etkisi: GeoGebra örneği* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- İpek, S., & Akkuş İspir, O. (2010). Geometric and algebraic proofs with GeoGebra. In S. Gülseçen, Z. Ayvaz Reis & T. Kabaca (Eds.), *First Eurasia Meeting Of GeoGebra (EMG): Proceedings*, İstanbul kültür üniversitesi Yayınları, publication (No. 126).
- Jareš, J., & Pech, P. (2013). Exploring loci of points by DGS and CAS in teaching geometry. *Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 7(2), 143–154.
- Juandi, D., Kusumah, Y. S., Tamur, M., Perbowo, K. S., Siagian, M. D., Sulastri, R., & Negara, H. R. P. (2021). The effectiveness of dynamic geometry software applications in learning mathematics: A meta-analysis study. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(2), 18–37. [CrossRef]
- Kan, O. (2014). *GeoGebra destekli öğretimin lineer cebir dersine ait bazı konularda akademik başarı üzerine etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Karademir, A., & Akman, B. (2019). Effect of inquiry-based mathematics activities on preschoolers' math skills. *International Journal of Progressive Education*, 15(5), 198–215. [CrossRef]
- Korkmaz, E. (2021). Analysis of GeoGebra activities and opinions of primary mathematics teacher candidates. *Journal of Stem Teacher Institutes*, 1(1), 1–25.
- Kubat, U. (2018). Okul dışı öğrenme ortamları hakkında fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 48, 111–135.
- Laurens, T., Batlolona, F. A., Batlolona, J. R., & Leasa, M. (2017). How does realistic mathematics education (RME) improve students' mathematics cognitive achievement? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(2), 569–578. [CrossRef]

- Lee, M., Yun, J. J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., Park, H., Jeon, J., Park, K., Jung, K., Yan, M., Lee, S., & Zhao, X. (2018). How to respond to the fourth Industrial Revolution, or the second information technology revolution? Dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3), 21. [CrossRef]
- Martinovic, D., & Manizade, A. G. (2020). Teachers using GeoGebra to visualize and verify conjectures about trapezoids. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20(3), 485–503. [CrossRef]
- Mercan, M. (2012). *İlköğretim 7. Sınıf matematik dersine alt öğrenme alanının öğretiminde dinamik geometri yazılımı GeoGebra'nın kullanımının öğrenci başarısı ve kalıcılık üzerinde etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- MoNE (2013). *Ortaöğretim matematik dersi 9–12. sınıflar öğretim programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- MoNE (2018). *Ortaöğretim matematik dersi 9–12. sınıflar öğretim programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Mosese, N., & Ogbonnaya, U. I. (2021). GeoGebra and students' learning achievement in trigonometric functions graphs representations and interpretations. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(2), 827–846. [CrossRef]
- Obadovic, D., Mishra, L. N., & Mishra, V. N. (2021). Application of GeoGebra in mathematics teaching. *International Journal of Management, Sciences, Innovation, and Technology*, 2(1), 15–26.
- Oldknow, A. (1999). *Dynamic geometry software-a powerful tool for teaching mathematics, not just geometry*. https://www.researchgate.net/publication/12812249_Dynamic_Geometry_Software_-_a_powerful_tool_for_teaching_maths_not_just_geometry
- Öz, M. (2015). *Ortaokul 7. sınıf matematik dersi. geometrik cisimler alt öğrenme alanının öğretiminde dinamik matematik yazılımı GeoGebra 5.0 kullanımının öğrenci başarısına etkisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Özdamar, K. (2004). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Çok Değişkenli İstatistikler İçin (2. Cilt)*. Kaan Kitabevi.
- Özreçberoğlu, N., & Çağanağa, Ç. K. (2018). Making it count: Strategies for improving problem-solving skills in mathematics for students and teachers' classroom management. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1253–1261. [CrossRef]
- Pei, C., Weintrop, D., & Wilensky, U. (2018). Cultivating computational thinking practices and mathematical habits of mind in lattice land. *Mathematical Thinking and Learning*, 20(1), 75–89. [CrossRef]
- Pempe, U. (2019). *Düzlemlerin birbirlerine göre durumları konusu öğretiminde GeoGebra yazılımı kullanımının bağlam oluşumundaki rolü* (Yayımlanmamış yüksek lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Reis, Z. A., & Özdemir, S. (2010). Using GeoGebra as an information technology tool: Parabola teaching. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 9, 565–572. [CrossRef]
- Sever, D., Baldan, B., Hamzaj, Y. A., Tuğlu, B., & Kabaoğlu, K. (2018). The steps taken in the field of education in the globalization process: Turkey vs. successful countries in education. *Elementary Education Online*, 17(3), 1583–1603. [CrossRef]
- Sevgi, S. (2020). *Trigonometrik fonksiyonların grafiklerini yorumlama konusunun GeoGebra ile tasarlanmış etkinliklerle öğretiminin öğrencilerin akademik başarısına ve kalıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Shi, H. (2017). Learning strategies and classification in education. *Institute for Learning Styles Journal*, 1(1), 24–36.
- Straesser, R. (2001). Cabri-Geometre: Does dynamic geometry software (DGS) change geometry and its teaching and learning? *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 319–333. [CrossRef]
- Tamam, B., & Dasari, D. (2021). The use of GeoGebra software in teaching mathematics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1882, No. 1, p. 012042). IOP Publishing, Indonesia.
- Tataroğlu, B. (2009). *Matematik öğretiminde akıllı tahta kullanımının 10. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, matematik dersine karşı tutumları ve öz-yeterlik düzeylerine etkileri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Tekin, B., Konyalıoğlu, A. C., & Işık, A. (2009). Examining of secondary school students' abilities to drawing the function graphics. *Kastamonu Education Journal*, 17(3), 919–932.
- Toptaş, V., Olkun, S., Çekirdekci, S., & Sarı, M. H. (2020). *İlkokulda matematik öğretimi*. Vizetek.
- Topuz, F. (2017). *Çember ve daire konusunun öğretiminde dinamik geometri yazılımı GeoGebra kullanımının yedinci sınıf öğrencilerinin başarılarına, geometriye yönelik tutumlarına ve öğrenmedeki kalıcılık düzeylerine etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Umay, A. (2001). İlköğretim matematik öğretmenliği programının matematiğe karşı özyeterlik algısına etkisi. *Journal of Qafqaz University*, 8(1), 1–8.
- Uzun, K. (2018). *Doğrusal denklemler ve eğim konusunun dinamik geometri yazılımı GeoGebra ile öğretiminin 8.sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına ve kalıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans Tezi). Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zengin, A., & Akçakın, V. (2021). GeoGebra destekli matematik öğretiminin altıncı sınıf öğrencilerinin başarılarına etkisi: Alan ve hacim ölçme. *SDU International Journal of Educational Studies*, 8(1), 51–67. [CrossRef]
- Zengin, Y. (2011). *Dinamik matematik yazılımı Geogebra'nın öğrencilerin başarılarına ve tutumlarına etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zengin, Y., & Tatar, E. (2014). Using GeoGebra software in teaching applications of derivative. *Kastamonu Education Journal*, 22(3), 1209–1228.
- Zulnadi, H., & Zamri, S. N. A. S. (2017). The effectiveness of the GeoGebra software: The intermediary role of procedural knowledge on students' conceptual knowledge and their achievement in mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2155–2180. [CrossRef]