

Matematik Öğretmeni Adaylarının Oluşturduğu GeoGebra Etkinliklerinin Matematiksel Derinlik Seviyeleri ve Teknolojik Eylemler Bakımından İncelenmesi*

ARAŞTIRMA MAKALESİ

İsmail Batuhan TURUŞ¹, Fadime ULUSOY²

1 Bilim Uzmanı, Taşköprü Sevim Tokatlı Mesleki Teknik ve Anadolu Lisesi, batuhanturus@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5969-1710.

2 Doç. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, fadimebayik@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3393-8778.

Gönderilme Tarihi: 15.02.2023 Kabul Tarihi: 13.07.2023 DOI: 10.37669/milliegitim.1250883

Atıf: "Turuş, İ. B., ve Ulusoy, F. (2024). Matematik öğretmeni adaylarının oluşturduğu geogebra etkinliklerinin matematiksel derinlik seviyeleri ve teknolojik eylemler bakımından incelenmesi. *Milli Eğitim*, 53(243), 1329-1356. DOI: 10.37669/milliegitim.1250883"

Öz

Bu çalışma, ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının açılar ile ilgili geliştirdikleri GeoGebra etkinliklerinin matematiksel ve teknolojik özelliklerini ve bu özellikleri arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamıştır. Karma desene sahip olan bu çalışmaya 50 ilköğretim matematik öğretmeni adayı katılmıştır. Çalışmada öğretmen adaylarının ürettikleri GeoGebra etkinlikleri Trocki ve Hollebrands'ın (2018) dinamik geometri etkinliklerinin kalitesini belirlemek üzere geliştirdikleri teorik çerçeveye göre matematiksel derinlik seviyeleri ve teknolojik eylemler bakımından incelenmiştir. Verilerin analizinde hem tanılayıcı hem de çıkarımsal istatistiki yöntemler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar; öğretmen adaylarının açılar konusuyla ilgili toplam 85 GeoGebra içerikli etkinlik hazırladığını göstermiştir. Bu etkinliklerin çok büyük bir kısmı içeriğindeki yönergelerin öğrencilerden düşük bilişsel çaba sergilemeyi talep etmesi nedeniyle matematiksel derinlik olarak düşük seviyelerde bulunmuştur. Ayrıca öğretmen adaylarının etkinliklerindeki teknolojik eylemler incelendiğinde, sıklıkla yazılımın sürükleme, ölçme ve çizim eylemlerine yer verdikleri görülmüştür. Geliştirilen etkinliklerinin matematiksel derinlik ve teknolojik eylem türleri arasındaki ilişkiler ile ilgili çıkarımsal istatistiki sonuçlar; yüksek matematiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerindeki teknolojik eylem sayısının düşük matema-tiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerindeki teknolojik eylem sayısından fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tanısal istatistik sonuçları ise matematiksel derinlik seviyesi yüksek olan etkinliklerde teknolojik eylem sayısının fazla olmasının sık bir durum olduğunu fakat bir gereklilik arz etmediğini gösteren kanıtlar sunmuştur.

Anahtar Kelimeler: GeoGebra, dinamik geometri yazılımı, matematiksel derinlik, teknolojik eylem, matematik öğretmeni adayı

* Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden oluşturulmuştur.

Investigation of Prospective Mathematics Teachers' GeoGebra Tasks in terms of Mathematical Depth Levels and Technological Actions

Abstract

This study aimed to investigate prospective mathematics teachers' GeoGebra tasks about angles according to mathematical and technological characteristics and the relationship between these characteristics. Fifty prospective middle school mathematics teachers participated in this mixed design study. In the study, the quality of prospective mathematics teachers' GeoGebra tasks were examined in terms of mathematical depth levels and technological actions according to the theoretical framework developed by Trocki and Hollebrands (2018). Both diagnostic and inferential statistical methods were used in the analysis of the data. The results showed that prospective teachers prepared a total of 85 GeoGebra-related tasks about the concept of angles. The majority of these tasks were found at lower mathematical depth levels because the prompts in these tasks demanded low cognitive effort from the students. In addition, the tasks often included the technological actions of dragging, measuring, and drawing. Inferential statistical results regarding the relationships between mathematical depth and the technological actions of the tasks revealed that the number of technological actions in the tasks at the higher mathematical depth levels was higher than the number of technological actions in the tasks at the lower mathematical depth levels. On the other hand, the results of the diagnostic statistics presented evidence that it is a frequent situation, but it is not necessary to have a high number of technological actions in tasks with a higher level of mathematical depth, or vice versa.

Keywords: *GeoGebra, dynamic geometry software, mathematical depth, technological action, prospective mathematics teacher*

Giriş

Birçok ülkenin ulusal müfredatları ve standartları, matematik eğitimi öğrenme ve öğretme süreçlerinde dijital teknolojilerin kullanımına vurgu yapmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2018; Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi [NCTM], 2000). Bu doğrultuda, birçok çalışma dijital teknolojilerin matematik öğrenimi ve öğretimine entegrasyonuna odaklanmıştır (örn., Clark-Wilson, Robutti ve Sinclair, 2014; Drijvers, 2012; Hollenbeck, Wray ve Fey, 2010). Bu çalışmalara göre, dijital teknolojilerin matematik öğretimine dâhil edilmesi, öğrencilerin matematiksel düşünme ve anlamalarının yanı sıra matematiğe yönelik motivasyonlarını ve isteklerini de olumlu yönde etkilemektedir.

Günümüzde matematik eğitim ile ilgili erişilebilir birçok teknoloji mevcuttur. Matematik eğitiminde son yıllarda bu teknolojiler arasında en dikkat çekenleri Ge-

oGebra, Cabri ve Sketchpad gibi dinamik geometri yazılımları olmuştur. Dinamik geometri yazılımları (DGY) öğrencilere ve öğretmenlere geometrik özelliklerin ve teoremlerin ele alınmasında çizim, ölçme ve özellikle sürüklenme gibi birçok özelliğin kullanılması bakımından fırsatlar sunabilmektedir. Bu nedenle, DGY içeriklerinin dikkatli ve amaçlı kullanılmasının öğrencilerin matematiksel anlamalarını desteklemede kritik bir role sahip olduğunu söylenebilir. Geleneksel matematik öğretiminde genellikle kâğıt-kalem etkinliklerinin sıklıkla kullanıldığı düşünüldüğünde, DGY etkinlikleri kâğıt-kalem etkinliklerine göre geometrik nesnelerin oluşturulmasında ve özelliklerinin incelenmesinde daha pratik ve zaman kazandırıcı özelliklere sahiptir. Fakat matematik öğretiminde DGY kullanımı kâğıt-kalem aracılığıyla basitçe bir şekli çizmenin ötesinde avantajlar sunabilir. Örneğin, birçok çalışmada etkili DGY içeriklerinin öğrencilere sürgü ve sürüklenme özellikleri aracılığıyla geometrik şekillerle ilgili değişmez özellikleri inceleme ve önemli sonuçlara ve çıkarımlara varma imkanı sunduğu dile getirilmektedir (ör., Arzarello, Olivero, Paola ve Robutti, 2002; Baccaglini-Frank ve Mariotti, 2010; Christou, Mousoulides, Pistalis ve Pitta-Pantazi, 2004; Hollebrands, 2007; Laborde, 2001). DGY etkinliklerinde öğrenciler geometrik şekillerle ilgili değişmez özellikleri analiz ederek geometrik ilişkilerle ilgili keşfetme ve doğrulama süreçlerine girebilmektedir. Bu sayede, öğrenciler geometri konularında muhakeme ve ispat becerilerini geliştirme şansı bulmaktadır (Trocki ve Hollebrands, 2018).

Türkiye’de matematik öğretim programları (MEB, 2018a, 2018b) birçok konunun öğretiminde DGY etkinliklerinden yararlanılması konusunda açık ifadeler içermektedir (ör., açılar, çokgenler ve cisimler konularının öğretimi ile ilgili kazanımlar ve açıklamaları). Bu konuda, matematik ders kitapları da sadece geometri ve ölçme alanında bile birçok DGY içeriğine ve özellikle de GeoGebra destekli etkinliklere yer vermektedir (Ulusoy ve Turuş, 2022). Öğrencilerin matematiksel kavramları öğrenmelerini desteklemede DGY etkinliklerini etkili bir biçimde kullanmak için öğretmenlere ciddi sorumluluklar düşmektedir. Bu durum, öğretmenlerin DGY içerikli etkinlikleri öğrencilerin matematiksel düşüncesini desteklemek için derslerinde ne zaman ve nasıl entegre edecekleri konusunda bilgili ve deneyimli olmalarını gerektirmektedir (de Villiers, 1998; Mariotti, 2012). Fakat derslerde DGY içerikli etkinliklerin kullanımı problem çözme ve diğer birçok konuya göre daha yeni ve karmaşık olduğundan öğretmenler için süre ve çaba gerektiren bir eylemdir. Bunun sonucu olarak, birçok matematik öğretmeni DGY içeriklerini oluşturma, planlama ve kullanma konularında zorluklar yaşamaktadır (Cayton, 2012; Sherman, 2014). Öğretmenlerin bu zorlukların üstesinden gelmesinde öğretim kaynaklarında sunulan DGY içerikleri onlara yol gösterici olabilir. Fakat yapılan çalışmalara göre özellikle ortaokul matematik ders kitapları, çoğunlukla öğrencileri matematiksel muhakemeye sevk etmeyen

ve DGY'nin önemli teknolojik özelliklerini (ör., sürgü ve sürüklenme gibi) içermeyen düşük kalitede DGY etkinlikleri içermektedir (Ayyıldız, Salihoğlu ve Güven, 2019; Ulusoy ve Turuş, 2022). Bu nedenle, öğretmenlere keşfetme, varsayımda bulunma, doğrulama ve ulaştıkları sonuçları gerekçelendirerek tartışma fırsatı sunan DGY içeriklerini tasarlama ve kullanma becerileri mesleki yaşantılarına aktif olarak başlamadan önce kazandırılmalıdır. Connor vd. (2007) oldukça başarılı öğrencilerin bile DGY'de bir iddianın doğruluğunu keşfetmek için stratejiler geliştirmeye ve özellikle bir ifadenin geçerliliğini test etmek için deneyler tasarlamaya nasıl dâhil edileceğine dair bir eğitim olması gerekebileceğini belirtmektedir. Dolayısıyla, öğrencileri belirlenen düşünsel süreçlere yönlendirebilecek etkinlikleri tasarlayacak, planlayacak ve kullanacak öğretmenler de aynı eğitim ihtiyacına sahiptir.

Öğretmen eğitim programları, öğretmen adaylarının DGY içerikleri hazırlamaları için birçok fırsat içermektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada ilköğretim matematik öğretmen adaylarının hazırladığı ders planlarındaki GeoGebra içerikli etkinliklerin matematiksel ve teknolojik özellikleri ve bu özellikler arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Diğer bir deyişle, bu çalışmada öğretmen adaylarının hazırladığı ders planlarındaki GeoGebra etkinliklerinin kalitesi, bu etkinliklerin matematiksel ve teknolojik özellikleri incelenerek ele alınmıştır. Birçok araştırmacı, öğretmen adaylarının teknoloji kullanarak geliştirdiği ders planlarının onların matematik öğretim süreçlerinde teknolojiyi nasıl ele alacağını anlamının pratik bir yolu olduğunu ve bu nedenle öğretmen yetiştirme süreçlerinde onlara bu gibi fırsatların verilmesi gerektiğini belirtmektedir (ör., Hollebrands, McCulloch ve Lee, 2016; Hur, Cullen ve Brush, 2010; Ozgun-Koca, Meagher ve Edwards, 2010). Bu nedenle, bu çalışmada öğretmen adaylarının hazırladığı ders planlarındaki GeoGebra etkinliklerinin kalitesinin belirlenmesi hem onların matematikte teknolojiyi kullanma becerilerini anlama hem de gelecek tasarımlarla bu becerileri güçlendirme bakımından önemlidir. Araştırmada öğretmen adaylarından açılar kavramını içeren kazanımlarla alakalı GeoGebra içerikli ders planları tasarlamaları istenmiştir. Etkinliklerdeki konu ve DGY içeriği belli gerekçelere dayanarak belirlenmiştir. Açılar diğer geometrik konular için temel teşkil eden ve DGY kullanımının öğretim programında açıkça önerildiği bir kavramdır. Ek olarak, yapılan çalışmalara göre ortaokul öğrencileri açı kavramının statik anlamına ve görsel özelliklerine odaklanarak birçok kavramsal zorluk ve yanlış yaşamaktadır (ör., Bozkurt ve Koç, 2019; Bütüner ve Filiz, 2017; Devichi ve Munier, 2013; Ünal ve Ürün, 2021). Bunun yanında, öğretmen adayları da açının statik anlamına odaklanmakta ve öğrencilerin açı kavramı ile ilgili yanlışlarını belirlemede zorluk çekmektedir (ör., Bütüner ve Filiz, 2018). Bu çalışmada, öğretmen adaylarının açılarla ilgili kazanımları GeoGebra içerikleriyle ders planlarında ele almalarının onların açı kavramını dinamik olarak incelemelerine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Diğer

tarafından, etkinliklerin oluşturulmasında hem Türkçe ara yüzü olan hem de ücretsiz olarak kullanılabilen GeoGebra tercih edilmiştir. Bu çalışmada, çalışmanın amacı doğrultusunda özel olarak şu araştırma sorularına cevap aranmıştır:

1. İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının açılarla ilgili geliştirdiği GeoGebra içerikli etkinliklerin matematiksel derinlik seviyeleri nasıldır?
2. İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının açılarla ilgili geliştirdiği GeoGebra içerikli etkinliklerin içerdiği teknolojik eylem türleri ve sıklığı nedir?
3. İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının geliştirdiği GeoGebra içerikli etkinliklerin matematiksel derinlik seviyeleri ile içerdiği teknolojik eylem sayıları arasında nasıl bir ilişki vardır?
4. Düşük matematiksel derinlik seviyesindeki GeoGebra etkinliklerinin içerdiği teknolojik eylem sayıları ortalaması ile yüksek matematiksel derinlik seviyesindeki GeoGebra etkinliklerinin içerdiği teknolojik eylem sayıları ortalaması arasında farklılık var mıdır?

Dinamik Geometri Etkinlik Analiz Çerçevesi

İlgili alan yazında, teknoloji destekli etkinliklerin analizi için geliştirilmiş çeşitli teorik çerçeveler vardır (Leung, 2011; McLain, 2016; Sherman, Cayton, Walkington ve Funsch, 2020; Trocki ve Hollebrands, 2018). Örneğin, Sherman vd. (2020) ders kitaplarındaki DGY destekli etkinlikleri (a) kullanılan teknoloji türü, (b) teknoloji kullanımının detaylı veya yüzeysel oluşu ve (c) teknoloji kullanımının yükselteç (amplifier) veya yeniden düzenleyici (reorganizer) rolde oluşu bakımından ele almıştır. Araştırmacılara göre *yükselteç* roldeki bir DGY etkinliği kullanıcıyı işlem yaptırmaya ya da hızlıca temsiller üretmeye yönlendirir. *Yeniden düzenleyici* roldeki bir DGY etkinliği ise hesaplamalar ve yeni bir temsil aracılığıyla bir tür dinamik manipülasyona izin verir ve böylece öğrencilerin bilişsel odaklarındaki değişimi destekler (Sherman vd., 2020). Ayrıca araştırmacılar teknolojinin *detaylı* veya *yüzeysel* oluşuna odaklanmıştır. Teknolojinin yükselteç veya yeniden düzenleyici rolde olduğu etkinlikleri teknoloji kullanımı *detaylı* olarak isimlendirmişlerdir. Yüzeysel teknoloji kullanımını ise kağıt-kalem yapılan bir işlemin teknolojik ortamda basit biçimde işi koşulması veya doğrulanması gibi basit eylemlere atfetmişlerdir.

Diğer taraftan, Trocki ve Hollebrands (2018), geometri öğrenme alanı ile ilgili etkinliklerin teknolojik ve matematiksel kalitesini ortaya koymak için ampirik bir çalışma üzerine inşa ettiği detaylı bir teorik çerçeve geliştirmiştir. Bu çerçevede *matematiksel derinlik seviyeleri* ve *teknolojik eylemler* olarak isimlendirdiği iki temel bileşene yer vermiştir. Trocki ve Hollebrands (2018) bu teorik çerçevenin amacını,

hem öğretim kaynaklarındaki DGY etkinliklerin hem de öğretmen adayları ve öğretmenlerin kullandığı ya da oluşturduğu DGY etkinliklerinin kalitesini belirlemeye rehberlik etmek olarak açıklamıştır. Teorik çerçevenin bileşenleri ve alt bileşenleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1

DGY Etkinlik Analizi Teorik Çerçevesi (Trocki ve Hollenbrands, 2018, s.123)

Matematiksel Derinlik Seviyesi	
N/A	İstem matematiğe odaklanmayan bir teknoloji görev gerektirir.
0	Çizim, istemlere yanıt vermek için gereken matematiksel doğruluğa sahip değildir.
1	İstem, öğrencinin herhangi bir matematiksel gerçeği, kuralı, formülü veya tanımı hatırlamasını gerektirir.
2	İstem, öğrencinin çizimdeki bilgileri yazılı veya sözlü olarak ifade etmesini gerektirir. Öğrencinin açıklama yapması beklenmez.
3	İstem, öğrencinin mevcut çizimdeki matematiksel kavramları, süreçleri veya ilişkileri dikkate almasını gerektirir.
4	İstem, öğrencinin mevcut çizimdeki matematiksel kavramları, süreçleri veya ilişkileri açıklamasını gerektirir.
5	İstem, öğrencinin mevcut inşanın ötesine geçmesini ve matematiksel kavramları, süreçleri veya ilişkileri genelleştirmesini gerektirir.
Teknolojik Eylem Türü	
N/A	İstem, görevde kullanılacak taslağın (çizimin) çizilmesini, inşasını, ölçümünü veya manipülasyonunu gerektirmez.
A	İstem, mevcut çizim içinde çizim yapılmasını gerektirir.
B	İstem, mevcut çizim içinde ölçüm yapılmasını gerektirir.
C	İstem, mevcut çizim içinde inşa yapılmasını gerektirir.
D	İstem, çizimin sürüklenmesini veya diğer dinamik yönlerinin kullanılmasını gerektirir.
E	İstem, çizimin, geometrik nesne(ler) arasında veya içinde ortaya çıkan değişmez ilişki(ler) veya desen(ler)in fark edilmesine izin veren manipülasyonunu gerektirir.
F	İstem, çizimin, temsil edilen ilişkileri keşfederek kişiyi şaşırtabilecek veya ekstrem durumları test etmeye dayalı olabilecek sürpriz içindeki temalara dayalı olarak düşünmeyi iyileştirmeye neden olabilecek manipülasyonunu gerektirir (Sinclair, 2003, s. 312’den uyarlanmıştır).

Teorik çerçevedeki *matematiksel derinlik* bileşeni, Smith ve Stein’in (1998) bir etkinliği bilişsel düzeyini belirlemek amacıyla geliştirdiği teorik çerçeve ve bazı çalışmalar göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur (Baccaglioni-Frank ve Mariotti, 2010; Christou vd., 2004; Laborde, 2001; Sinclair, 2003; Stylianides 2008; Zbiek,

Heid, Blume ve Dick, 2007). Matematiksel derinlik bileşeninde araştırmacılar bir DGY etkinliğinde öğrencinin sergilemesi beklenen bilişsel çabaya atıfta bulunmuştur. Bu doğrultuda öğrencinin sergileyeceği eylemleri yedi kategoriye ayırarak tanımlamışlardır. Araştırmacılar bir DGY etkinliğinin gerektirdiği matematiksel çabanın analizinden önce *matematiksel doğruluk* (mathematical fidelity) özelliğine odaklanarak matematiksel derinlik seviyelerinin kodlanmasına sıfır ile isimlendirilen bir seviye eklemiştir. Zbiek vd. (2007) bu önemli özelliği *matematiksel doğruluk* olarak adlandırmıştır ve “aracın matematiksel özellikleri, kuralları ve davranışları (matematik camiası tarafından anlaşılacağı veya bekleneceği gibi) yansıtmadaki sadakati” olarak tanımlamışlardır (s. 1174). Teorik çerçeveye göre birinci ve ikinci matematiksel derinlik seviyesindeki etkinlikler düşük matematiksel çaba sergilemeyi gerektirmektedir. Örneğin, birinci derinlik seviyesindeki bir etkinlikte öğrencinin basit bir matematiksel işlemi yapması beklenebilir. Matematiksel derinlik seviyesi üç ve daha fazla olan DGY etkinliklerinde öğrencilerden çeşitli matematiksel yargılara varmaları, bunları test etmeleri, matematiksel genellemelere varmaları ve matematiksel ilişkileri keşfetmeleri beklenir (ör., Baccaglioni-Frank ve Mariotti, 2010; Christou vd., 2004; Laborde, 2001; Sinclair, 2003; Stylianides, 2008).

Teknolojik eylemler bir etkinlikteki dinamik geometri uygulamasının teknolojik özelliklerinin kullanımını ifade eder. Trocki ve Hollebrands (2018) yapılan çalışmalarını temel alarak teknolojik eylem türlerini yedi grupta sunmuştur (Arzarello vd., Robutti, 2002; Baccaglioni-Frank ve Mariotti, 2010; Hollebrands, 2007; Hölzl, 2001). Örneğin Eylem A (çizim), Eylem B (ölçme) ve Eylem C (inşa) kağıt-kalem kullanılmasıyla da yapılabilecek hareketleri temsil eder. Diğer taraftan, Eylem D (sürgü/sürüklenme) öğrencilerin DGY’de bir şekil/nesne ile etkileşiminde o şekli/nesneyi sürüklenmesini ifade eder (Arzarello vd., 2002; Hollebrands, 2007; Hölzl, 2001). Eylem E ve Eylem F (örüntülerin ve ilişkilerin fark edilmesi) ise bir DGY etkinliğinin öğrencilerin geometrik şekillerle ilgili değişmez özellikleri keşfetme potansiyeline sahip olmasını ifade eder (Arzarello vd., 2002; Baccaglioni-Frank & Mariotti, 2010; Christou vd., 2004; Hollebrands, 2007). Bir DGY etkinliği, öğrencilerden birden fazla teknolojik eylem gerçekleştirmesini içeren istemlere sahip olabilir. Yapılan çalışmalar yüksek kalitedeki DGY etkinliklerinin çoğunda teknolojik eylemlerin bir kombinasyonunun mevcut olduğunu belirtmektedir (Trocki ve Hollebrands, 2018; Ulusoy ve Turuş, 2022).

Bu çalışmada öğretmen adaylarının geliştirdiği DGY etkinliklerinin kalite unsurlarının ortaya çıkarılması için Trocki ve Hollebrands (2018) tarafından geliştirilen teorik çerçeve kullanılmıştır. Bunun nedenlerin biri, bu teorik çerçevenin teknoloji entegrasyonundan (ör., hesap makinesi) ziyade özellikle DGY (ör., GeoGebra) entegre edilmiş etkinliklerin analizi için geliştirilmiş olmasıdır. Diğer önemli bir nedeni de

teorik çerçevenin geometrik kavramlarla ilgili etkinliklerinin kalitesi değerlendirmek üzere sunulmuş olmasıdır. Bu çalışmada da öğretmen adaylarının açılar konularında geliştirdiği DGY etkinlikleri ele alındığı için Trocki ve Hollebrands'ın (2018) teorik çerçevesi uygun görülmüştür. Son olarak, bu çerçevenin matematiksel derinlik seviyeleri ve teknolojik eylem bileşenleri DGY etkinliklerinde bu bileşenler arasındaki ilişkileri analiz etme şansı vermektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar Trocki ve Hollebrands'ın (2018) dinamik geometri etkinlik analiz çerçevesinin hem bir araştırma hem de bir öğretim aracı olarak faydalı olduğunu belirtmektedir (Bozkurt ve Yiğit-Koyunkaya, 2020, 2022). Bu nedenle, bu çerçevenin veri analizi için kullanılması ile elde edilecek bulguların alana önemli katkılar sunacağı düşünülmüştür.

Öğretmen Adaylarının Geliştirdiği DGY Etkinlikleri İle İlgili Çalışmalar

Teknolojinin gelişimiyle birlikte teknolojinin eğitim-öğretim ortamlarına dâhil edilmesi önem kazanmıştır. Bu doğrultuda birçok araştırmacı öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının teknoloji entegrasyonu konusundaki düşüncelerine odaklanan çalışmalar gerçekleştirmiştir (ör., Bozkurt ve Cilavdaroglu, 2011; Tatar, Akkaya ve Kağızmanlı, 2011; Kağızmanlı, Tatar ve Zengin, 2013). Son yıllarda yapılan çalışmalar ise DGY'nin matematiksel kavramların öğrenilmesini desteklemedeki rolü nedeniyle öğretmenlerin ya da öğretmen adaylarının hazırladıkları DGY içerikli etkinliklerin özelliklerini incelemeye ve geliştirmeye odaklanmıştır (Bozkurt ve Yiğit-Koyunkaya, 2020, 2022; Fahlgren, Szabo ve Vinerean, 2022; Gulkilik, 2023; Yiğit-Koyunkaya ve Bozkurt, 2019). Örneğin, Tatar, Akkaya ve Kağızmanlı (2011) çalışmalarında ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının GeoGebra yazılımı ile oluşturdukları materyallerin niteliğini belirlemek ve DGY kullanarak yapılan matematik öğretimine bakış açılarını ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Araştırma sonuçları, öğretmen adaylarının matematik, geometri ve analitik geometri dersler ile ilgili çeşitli konularda materyal hazırladıklarını ve bu materyallerin geometri konuları üzerinde yoğunlaştığını göstermiştir. Öğretmen adaylarının GeoGebra'da en fazla sürgü aracını kullandıkları belirlenmiştir.

Yiğit-Koyunkaya ve Bozkurt (2019) ise nitel bir çalışma kapsamında 20 ortaöğretim matematik öğretmeni adayının teknoloji temelli bir ders kapsamında GeoGebra kullanarak geliştirmiş oldukları etkinlikleri incelemiştir. Etkinliklerin analizinde Trocki ve Hollebrands'ın (2018) geliştirdiği DGY etkinlik analiz çerçevesi kullanılmışlardır. Araştırmanın sonucuna göre öğretmen adaylarının hazırladığı etkinliklerde matematiksel derinlik seviyelerinin başlangıç seviyesinde kaldığı sadece bir öğretmenin matematik derinlik seviyesi yüksek (seviye 4 ve 5) etkinlik hazırlayabildiğini ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda çalışmada etkinliklerdeki teknolojik eylem türlerine bakıldığında neredeyse bütün öğretmen adaylarının DGY'nin dinamiklik özelliği olan

sürüklenme ve sürgü özelliğinden faydalandığı sonucuna varmışlardır. Fakat etkinliklerde kullanılan sürgü özelliğinde amacın kavramın değişmez özelliklerini incelemekten ziyade tahtada çizmekte zorlanılacak şekillerin daha net çizilmesi olduğu dikkat çekmiştir. Diğer taraftan, Bozkurt ve Yiğit-Koyunkaya (2020, 2022) dört ortaöğretim matematik öğretmen adayının tasarladıkları teknoloji destekli etkinliklerin matematiksel derinliklerindeki ve teknolojik eylemlerindeki gelişimi ve değişimi öğretmenlik uygulaması dersinde gerçekleştirdikleri mikro öğretim ve sınıfta gerçekleştirilen öğretim faaliyetleri kapsamında incelemiştir. Araştırmacılar, mikro öğretimden uygulamaya geçişte öğretmen adaylarının etkinliklerinin matematiksel derinlik seviyelerini arttırdıklarını ve daha etkili teknolojik eylemlere yer verdiklerini ortaya çıkarmıştır. Benzer şekilde, Fahlgren vd. (2022) geometri dersi kapsamında gruplara ayrılan öğretmen adaylarının geliştirdiği dijital içerikli etkinliklerin kalitesini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada çok kısa süreli bir öğretim uygulamasının bile geliştirilen etkinliklerin kalitesinde ciddi iyileşmelere neden olduğu sonucuna varmıştır. Benzer başka bir çalışmada, Gulkilik (2023) öğretmen adaylarının tasarladığı DGY etkinliklerini incelemiştir. Bu çalışmada, araştırmacı etkinliklerin öğrencinin matematiksel bilgileri kazanmada (ör., keşfetme, yeniden inşa etme ve açıklama) ne derece etkili olabildiklerine odaklanmıştır. Bozkurt ve Yiğit-Koyunkaya'nın (2020, 2022) çalışmasındakine benzer şekilde Gulkilik (2023) da öğretmen adaylarından tasarladıkları DGY etkinliklerini mikro öğretim uygulamaları kapsamında uygulamalarını istemiştir. Sonuçlar öğretmen adaylarının hazır oluşturulmuş şekil içerikleri yerine kendi tasarımlarını adım adım nasıl yapılacağı bilgisi ile ortaya koyma eğilimi sergilediklerini göstermiştir. Bu çizimlerde, öğretmen adayları sürgü ve sürüklenme ile şeklin değişmez özelliklerine odaklanmışlardır. Fakat Gulkilik (2023) öğretmen adaylarının etkinliklerinde öğrencileri işin içine katarak keşfetme, yeniden yapılandırma, tahmin etme ve ispatlama gibi süreçlere itecek girdilere genelde yer vermediklerini belirtmiştir. Sonuç olarak, ilgili alan yazında daha derin bir anlayışa erişmek için teknolojinin potansiyelinden yararlanmak üzere DGY ile yapılan etkinlik tasarımları hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulanmaktadır (Sincliar vd., 2016). Bu bakımdan, bu çalışma kapsamında öğretmen adaylarının oluşturduğu GeoGebra etkinliklerinin kalitesinin incelenmesi hedeflenmiştir.

Yöntem

Bu çalışmada, hem nitel hem de nicel yaklaşım ve yöntemler kullanılarak çıkarımlarda bulunulduğundan çalışmanın yöntemi karma yöntemdir. Özel olarak, bu çalışmada Creswell'in (2003) öne sürdüğü karma yöntem tasarımlarından *sıralı-araştırıcı tasarım* tercih edilmiştir. Bu doğrultuda çalışmada öğretmen adaylarının geliştirdiği GeoGebra etkinliklerinin kalitesi Trocki ve Hollebrands'ın (2018) geliş-

tirdiği DGY etkinlik analiz çerçevesine göre nitel olarak ele alınmıştır. Ayrıca yapılan kodlamalar sonrasında matematiksel derinlik ve teknolojik eylemler arasındaki ilişkiler tanılayıcı ve çıkarımsal istatistikî yöntemler ile nicel olarak incelenmiştir. Nicel veriler, elde edilen nitel verileri desteklemek amacıyla kullanılmıştır. Böylece etkinliklerin kalite unsurları nitel ve nicel verilerin birleştirilerek yorumlanması ile ortaya koyulmuştur. Bu sayede veriler teoriyi test etme ve özel bir kitleye genellenebilir bir yorum elde etme şansı vermiştir.

Katılımcılar

Bu çalışma, Karadeniz bölgesinde yer alan bir devlet üniversitesinin İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü'nde güz döneminde okutulan Geometri ve Ölçme dersi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar İlköğretim Matematik Öğretmenliği programının üçüncü sınıfında öğrenim gören 12'si erkek, 38'i kadın olmak üzere 50 öğretmen adayından oluşmuştur. Araştırmanın katılımcıları araştırmacıya yakın olması ve erişilmesi kolay olması gibi özellikleri nedeniyle kolay ulaşılabilir örneklem tekniği ile belirlenmiştir. Katılımcılar çalışma öncesinde birçok matematik alan dersini (ör., Analiz I-II-III, Analitik Geometri, Matematiğin Temelleri, Lineer Cebir), genel eğitim derslerini (ör., Eğitim Psikolojisi, Öğretim Teknolojileri) ve alan eğitimi derslerini (ör., Matematik Öğrenme ve Öğretme Yaklaşımları, Ortaokul Matematik Öğretim Programları) almışlardır. Çalışmaya başlamadan önce, araştırmanın amacı ve süreci hakkında öğretmen adaylarına araştırmacı ve dersi yürüten öğretim görevlisi tarafından bilgilendirme yapılmıştır. Dersi alan tüm öğrenciler çalışmaya gönüllü olarak katılmışlardır. Katılımcılardan alınan verilerin analizinde onların gerçek isimleri yerine ÖA1, ÖA2 gibi kodlar kullanılmıştır.

Öğretmen adaylarının GeoGebra ve diğer DGY içerikleriyle ilgili önbilgilerinin varlığını anlamak için onlara Tablo 2'deki sorular sorulmuştur. Öğrenciler bu sorulara yazılı olarak cevaplar sunmuştur. Katılımcılar GeoGebra'yı Öğretim Teknolojileri dersinden temel özellikleri bakımından yüzeysel de olsa bildiklerini ve kullanma deneyimine sahip olduklarını belirtmişlerdir. Özellikle geometrik cisimlerin açılımlarını GeoGebra'da ders hocasıyla birlikte oluşturarak incelediklerini yazmışlardır. Verilen cevaplara yapılan inceleme, katılımcıların GeoGebra'yı Öğretim Teknolojileri dersinde deneyimlediklerini fakat birçoğunun kendilerini bir etkinlik hazırlama ve GeoGebra'nın özelliklerini kullanmada yeterli görmediklerini ortaya çıkarmıştır.

Tablo 2*Katılımcı Tanıma Kağıdı*

-
- (1) Dinamik geometri yazılımları (Geogebra, Cabri, Sketchpad vb.) ile daha önce hiç karşılaştınız mı? Deneyimlerinizi örnekler vererek açıklayınız.
 - (2) Sizce DGY matematik ile ilgili eğitim-öğretim faaliyetlerine entegre edilmeli midir? Edilmemeliyse neden? Edilmeliyse neden ve hangi amaçlarla? Gerekçelendirerek açıklayınız.
 - (3) DGY'nin eğitim-öğretim faaliyetlerine entegre edilmesi gerektiğini düşünüyorsanız ne sıklıkla entegre edilmesini uygun buluyorsunuz? Neden?
 - (4) Sizce DGY geometri ve ölçme dersi kapsamında eğitim-öğretim faaliyetlerine NASIL entegre edilebilir? (ör. Hangi konulara ne gibi özellikler kullanılarak vb.)
 - (5) Kendinizi DGY'yi etkinliklerinize entegre etme konusunda puanlansınız 0-10 arasında kaç puan verirdiniz? Neden?
-

Etik Kurul İzni: Araştırmanın yürütülebilmesi için gerekli olan izin Kastamonu Üniversitesi Rektörlüğü Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan 12.10.2021 tarih 5 No'lu toplantı ve 17 No'lu karar sayısı ile alınmıştır. ve Bartın Üniversitesi Etik Kurulu Başkanlığı'ndan onay alınmıştır (12.10.2021 / 5 (17)).

Verilerin Toplanması

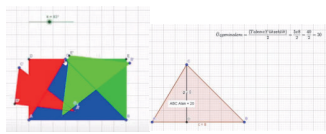
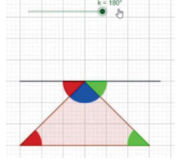
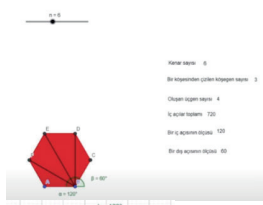
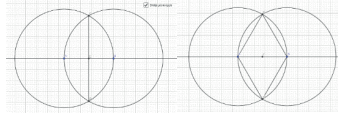
Veriler, İlköğretim Matematik öğretmenliği Lisans Programı'nın üçüncü sınıfında okutulan Geometri ve Ölçme dersi kapsamında elde edilmiştir. Katılımcılar sayıca fazla olduğu için iki şubeye ayrılmıştır. Katılımcılar derslere bilgisayar laboratuvarında katılmışlardır. Geometri ve Ölçme dersi kapsamında konular (ör., geometrik düşünme süreçleri, temel geometrik kavramlar ve diğer geometri kavramlarının ve ölçme kavramlarının öğretimi, öğrenci yanılgıları, nedenleri ve çözüm yolları) haftada 3 ders saati (50dk + 50dk + 50dk) şeklinde işlenmiştir. Her hafta dersin iki saati konu ile ilgili konu alan bilgisi, pedagojik alan bilgisi ve müfredat bilgisi bileşenlerine hizmet edecek şekilde katılımcılarla tartışmalar yaparak ele alınmıştır. Örneğin, temel geometrik kavramlar, tanımları, bu kavramlarla ilgili öğrenci yanılgıları ve etkinlik örnekleri şeklinde iki ders saati konu işlenmiştir. Ardından son bir ders saatinde GeoGebra içeriklerine geçilmiştir. Katılımcıların her biri bilgisayar laboratuvarında bireysel olarak internet bağlantısı olan bir bilgisayar kullanmıştır. Yedi hafta boyunca GeoGebra'nın önemli özellikleri katılımcılarla birlikte etkinlikler kapsamında keşfedilmiştir. Haftalık olarak neler yapıldığı Tablo 3'te örneklerle özetlenmiştir. Tablo 3'te görüldüğü üzere katılımcılar GeoGebra ile ilgili temel bilgilere sahip olduktan ve belli bir deneyim kazandıktan sonra onlardan ilköğretim matematik öğretim programında yer alan açılar ile ilgili kazanımları inceleyerek bir ders planı geliştirmeleri istenmiştir. Bu ders planlarında mutlaka kazanımın öğretim sürecinde dinamik geometri yazılımı olan GeoGebra kullanımına yer vermeleri istenmiştir. GeoGebra içerikli et-

kinlik sayısı için herhangi bir kısıt koyulmamıştır. Bu konuda öğretmen adaylarına şu bilgilendirme yapılmıştır: “*Bu ders planı, açıların öğretimini hedefleyen kazanımlara odaklanmalıdır. Ders planında istediğiniz sayıda ve çeşitlilikte teknoloji (GeoGebra) entegrasyonu kullanabilirsiniz. Fakat mutlaka en az bir tane DGY içeren etkinliğe yer vermeniz beklenmektedir.*”

Tablo 3

Haftalara Göre GeoGebra'nın Ele Alınışı İle İlgili Özet Bilgiler

Haftalar	GeoGebra kapsamında ele alınan içerikler
Hafta 1	GeoGebra'nın tarihçesi, kim tarafından oluşturulduğu, nasıl indirileceği ve web tarayıcı üzerinden nasıl kullanılacağı açıklanmıştır. GeoGebra'nın ara yüzündeki bölümlerden olan cebir penceresi ve grafik penceresi bölümlerinin tanıtımı yapılmıştır ve farklarından bahsedilmiştir. Herkes bilgisayarına GeoGebra'yı indirmiştir.
Hafta 2	Diğer bir pencere olan araç çubuğu bölümünü ve bölümde yer alan bazı araçların tanıtımı yapılmıştır (ör., taşı, nokta, nesne üzerinde nokta, kesiştir, orta nokta veya merkez, doğru, doğru parçası, ışın). Bu kavramları GeoGebra'da ders esnasında nasıl ele alabilecekleri tartışılmıştır.
Hafta 3	GeoGebra'nın en önemli özelliklerinden biri olan dinamikliğini sağlayan araçlardan biri de sürgü/sürükleme özelliğidir. GeoGebra'da sürgü aracı, bir nesneyi hareket ettirmek, döndürmek, boyutunu büyültmek/küçültmek için kullanılan bir araçtır. Sürgü aracının bir sayısal değeri açılacak üzere iki türdür. Sayısal sürgü genellikle uzaklık, alan ve hacim için kullanılırken açılacak sürgü ise nesneyi döndürmek için kullanılmaktadır. Sürgü aracı yardımıyla GeoGebra programında verilen uzunlukta doğru parçası, yarıçapı verilen çember, düzgün çokgen, verilen ölçüde açı araçları dinamiklik kazandırılarak uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulama yapılırken grafik penceresinde uzaklık, alan ve ölçü araçları kullanılarak var olan nesnelerin uzaklıkları alanı ve açı ölçüleri bulunmuştur.
Hafta 4	GeoGebra araçlarından yararlanılarak oluşturulan çemberlerden kesişim noktası ve kesişim açıları dikkate alınarak dörtgen çeşitleri gösterilmiştir. Daha sonra işaret kutusu aracı kullanılmıştır. İşaret aracı GeoGebra'da oluşturulan nesnelerin istenilen kısmının işaretlenerek gösterilmesini sağlayan bir araçtır.
Hafta 5	GeoGebra'da sürgüye bağlanan düzgün çokgen kenar sayısının değişimi ile çokgen kurallarının değişimi gösterilmiştir. Bu çalışmada GeoGebra araçlarından metin kutusu da kullanılmıştır. Metin kutusu grafik penceresinde yazı yazmaya olanak sağlayan araçtır. Bu araca değişkenlerin var olan değerleri de yazılmakta ve değişimin sonrasında metin kutusunda da değişim gözlemlenebilmektedir.
Hafta 6	GeoGebra'da sürgü aracı ile üçgenin kenarları arasında oluşan açı bölgeleri döndürülerek taşınmıştır. Bu taşınma ile üçgenin iç açılarının toplamının doğru açı olduğu gösterilmiştir.
Hafta 7	GeoGebra'da oluşturulan üçgenin parçalarının döndürülmesi ile bir dörtgenin alanının yarısının üçgenin alanını verdiği birlikte keşfedilmiştir. Üçgen parçalarının gösterimi GeoGebra'da yer alan boyama özelliği kullanılarak yapılmıştır. Taban ve yükseklik ile alan bağıntısı arasındaki ilişki GeoGebra'nın dinamiklik özelliği ile ele alınmıştır.



Öğretmen adayları ders planlarını araştırmacılar tarafından sunulan bir taslak ders planına göre iki haftalık süre içinde bireysel olarak hazırlamıştır ve mail olarak atmıştır. Taslak planda, sınıf seviyesi, kazanım, öğretim tekniği, öğretme süreçleri, giriş, gelişme ve değerlendirme ve kullanılan kaynaklar bölümü yer almıştır. Öğretmen adayları ders planlarında özel olarak GeoGebra ekledikleri kısımları ve ekleme gerekçelerini belirtmişlerdir. Bazı öğretmen adayları yazılı ifadelere ek olarak etkinliklerinin oluşturulması ile ilgili bilgileri ders planına linkini ekledikleri bir video kaydı ile de sunmuştur. Ayrıca öğrencilerin etkinlik tasarım sürecinde araştırmacıya sorduğu sorular, diyaloglar ve mailler de veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Verilerin Analizi

Verilerin analizinde öncelikle tüm ders planları A şubesindeki katılımcılar için ÖA1, ÖA2,... şeklinde B şubesindeki katılımcılar için de ÖB1, ÖB2, ... şeklinde isimlendirilmiştir. Ardından her bir öğretmen adayının ders planında kaç adet GeoGebra içerikli etkinlik olduğu belirlenmiştir. GeoGebra içerikli etkinlikler iki yolla belirlenmiştir: (1) etkinliğin doğrudan GeoGebra kullanımına atıfta bulunması (Pea, 1987) ve (2) GeoGebra kullanımı için bir ekran görüntüsü veya link/yönlendirme içermesi (Sherman vd., 2020). Bu yolla toplam 85 adet GeoGebra içerikli etkinlik tespit edilmiştir. Bu etkinlikler E1, E2, ..., E85 olarak isimlendirilmiştir. Daha sonra, bu etkinlikler matematiksel derinlik seviyelerini ve teknolojik eylem çeşitlerini ve sayılarını belirlemek üzere Tablo 4'teki gibi bir Excel dokümanında kodlanmıştır. Bu kodlamada, Tablo 1'de sunulan Trocki ve Hollebrands'ın (2018) DGY etkinlik analizi çerçevesi kullanılmıştır. Kodlamalar iki matematik eğitimi tarafından bağımsız şekilde gerçekleştirilmiştir. Kodlayıcılar tüm etkinliklerin kodlanmasını tamamladıktan sonra matematiksel derinlik ve teknolojik eylemler bakımından elde edilen ortak yüzdeler belirlenmiştir. Kodlamada ortaklık, matematiksel derinlik için %87 çıkarken teknolojik eylemler için %89 çıkmıştır. Kodlayıcılar uzlaşma olmayan kodlar için bir araya gelerek tekrar bir inceleme yapmışlardır ve tüm kodlamalar için %100 fikir birliğine erişmişlerdir.

Tablo 4

Excel'de Etkinlik Kodlama Örneği

Kod	Adı	Soyadı	Matematiksel derinlik							Teknolojik Eylem Türü						
			N/A	0	1	2	3	4	5	N/A	A	B	C	D	E	F
E1																
E2																
E3																
E4																

Kodlamalar tamamlandıktan sonra, etkinliklerdeki matematik derinlik seviyeleri ile ilgili olan birinci araştırma sorusuna cevap vermek için veriler tanılayıcı istatistikî yöntemlerle incelenmiştir. Bu doğrultuda, öncelikle etkinliklerin her bir matematiksel derinlik seviyeye düşen etkinlik sayısı belirlenmiştir ve bunların yüzdeleri hesaplanmıştır. Etkinliklerin içerdiği teknolojik eylem sayıları ve türleri ile ilgili olan ikinci araştırma sorusuna cevap sunmak için etkinliklerdeki teknolojik eylem sayıları hesaplanarak her bir eylem türünün ne sıklıkta olduğu belirlenmiştir. Ayrıca etkinlikler içerdiği eylem sayısına göre de incelenmiştir. Bu anlamda bir etkinlik hiçbir teknolojik eylem içermiyorsa *eylem yok* olarak kodlanmıştır. Etkinlik teknolojik eylemlerden sadece birini içeriyorsa *tek eylemli* olarak kodlanmıştır. Etkinlik iki teknolojik eylemi aynı anda barındırıyorsa *çift eylemli* olarak kodlanmıştır. Son olarak, bir etkinlik üç veya daha fazla sayıda farklı eylemi içeriyorsa *çok eylemli* olarak kodlanmıştır.

Üçüncü ve dördüncü araştırma sorusunda belirtilen etkinliklerin matematiksel derinlik seviyeleri ile içerdiği teknolojik eylem sayıları arasında bir farklılık olup olmadığı hem nitel hem de nicel analizler ile ele alınmıştır. Nicel veri analizi için SPSS paket programında bağımsız gruplar t-testi kullanılmıştır. Analiz yapılmadan önce t-testi ile ilgili temel varsayımlar kontrol edilmiştir. Analizde, sürekli bağımlı değişken olarak her bir GeoGebra görevindeki teknolojik eylem sayısı kullanılmıştır. Bu nedenle, bir GeoGebra etkinliğinin teknolojik eylem puanı minimum 0 ve maksimum 5 olmuştur. Bağımsız kategorik değişken olarak ise etkinliklerin matematiksel derinlik seviyesi Trocki ve Hollebrand'ın (2018) temel aldığı üç kategoride gruplandırılmıştır: (i) *derinliği olmayanlar* (N/A), (ii) *düşük matematiksel derinliğe sahip olanlar* (Seviye 0–1–2) ve (iii) *yüksek matematiksel derinliğe sahip olanlar* (Seviye 3–4–5). Parametrik testlerin uygulanabilmesi için her bir grupta bağımlı değişken normal dağılım göstermelidir. Bunu test etmek için bu çalışmada çarpıklık ve basıklık değerlerine bakılmıştır. Çarpıklık ve basıklık değerleri düşük matematiksel derinlik seviyesindeki etkinlikler için 0.024 ve -1.311, yüksek matematiksel derinlik seviyesindeki etkinlikler için -0,68 ve -1.309 bulunmuştur. Bu değerler +1.5 ve -1.5 arasında olduğu için normallik varsayımı sağlanmıştır (Tabachnick ve Fidell, 2013). Varyansın homojenliğinin sağlanıp sağlanmadığını belirlemek için Levene Eşitlik Testi incelenmiştir. Sonuçlar, her popülasyondaki varyansın eşit olarak dağıldığını ve varyansın homojenliği varsayımının karşılandığını ortaya çıkarmıştır. Daha sonra matematiksel derinlik düzeyi düşük görevler ve matematiksel derinlik düzeyi yüksek görevler için teknolojik eylem puanları ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı t-test ile incelenmiştir. Matematiksel derinlik seviyeleri ile teknolojik eylem sayıları arasındaki ilişki nitel olarak da incelenmiştir. Bu doğrultuda, teknolojik eylem sayıları dört grupta ele alınmıştır: (i) eylem yok, (ii) tek eylemli, (iii) çift eylemli ve (iv) çok eylemli. Satırları derinlik grupları (derinlik yok, düşük derinlik,

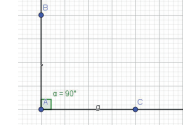


yüksek derinlik) ve sütunları teknolojik eylem sayı gruplaması olan bir matris üzerinde etkinliklerin frekansları bulunmuştur. Ayrıca etkinliklerin kodlanma örnekleri bir sonraki başlık altında detaylı olarak sunulmuştur.

Etkinlik kodlama örnekleri

Bu kısımda öğretmen adaylarının GeoGebra etkinliklerinin matematiksel derinlik ve teknolojik eylemler bakımından nasıl kodlandığına yer verilmiştir. Örneğin, ÖB2, yedinci sınıfta yer alan “bir açıyı iki eş açıya ayırarak açıortayı belirler” kazanımı doğrultusunda E43 numaralı GeoGebra etkinliğini hazırlamıştır (Tablo 5). ÖB2 GeoGebra’da dar, dik ve geniş açı olan üç statik açı görüntüsünü kullanmıştır. Etkinlikte öğrencilerden verilen bu üç açının da açıortayını çizmelerini istemiştir. Bu yönüyle, E43 sadece çizim (Eylem A) eylemini kullanma istemi içermektedir. Ayrıca ÖB2 etkinliği ders planının son kısmında konuyu tekrar etme/pekiştirme amacıyla kullanmak istediğini belirtmiştir. Bu etkinlik öğrencileri açıortay kavramı ile değişmez geometrik özellikleri incelemeye ve matematiksel düşünmeye itecek yönergeler içermediğinden Seviye 1 olarak kodlanmıştır.

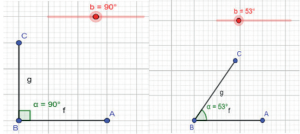
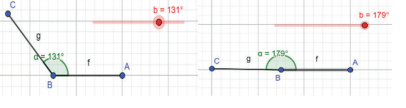
Tablo 5

E43 Kodlu Etkinliğin Matematiksel Derinlik ve Teknolojik Eylem Türüne Göre Analizi

Etkinlik kodu: E43	Öğretmen adayı: ÖB2
Aşağıdaki açıların açıortaylarını çiziniz.	
	
	
Matematiksel derinlik: Seviye 1	Teknolojik eylemler: Eylem A

ÖA4, ders planında beşinci sınıfta yer alan “90°’lik bir açıyı referans alarak dar, dik ve geniş açıları oluşturur; oluşturulmuş bir açının dar, dik ya da geniş olduğunu belirler” kazanımını ele almıştır. Bu doğrultuda, E7 kodlu etkinlikte (Tablo 6) öncelikle öğrencilerle birlikte bir dik açının çizimini gerçekleştirmeyi içeren yönergeler yer vermiştir. Ardından sürgü oluşturma ile ilgili yönergelere yer verilmiştir. Ayrıca etkinlikte sürgü değerleri 91° ile 179° değişen yeni bir açı çizme yönergesi yer almıştır. Yönergelerde ÖA4 öğrencilerden sürgüyü değiştirerek açı değerlerini ölçümlerini kontrol etmesini istemiştir. Bu yönüyle E7, A (çizim), B (ölçme) ve D (sürgü) teknolojik eylemlerine sahip çok eylemli bir etkinliktir. Etkinliğin içerdiği istemler öğrencilerden şekilde gördükleri açı çeşitlerini inceleyerek tanımlarını not etmelerini gerektirmektedir. Etkinlikteki istemde öğrencilerden bir açıklama ya da keşif yapmaları beklenmemektedir. Bu nedenle, E7’nin matematiksel derinlik seviyesi 2’dir.

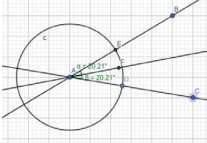
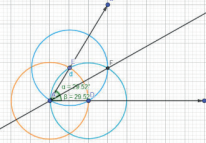
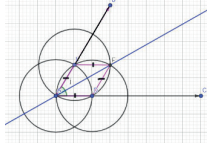
Tablo 6*E7 Kodlu Etkinliğin Matematiksel Derinlik ve Teknolojik Eylem Türüne Göre Analizi*

Etkinlik kodu: E7	Öğretmen adayı: ÖA4
<p>90° referans alınarak dik açı üzerinden açı çeşitleri anlatılmaya başlanır. Öğrencilerle birlikte dik açı çizilir. Sonra sürgü oluşturularak dar ve dik açı aşağıdaki şekilde [sürgü ile] incelenir. Öğrenciler dar açıyı anlamaya başlar. İncelendikten sonra dar ve dik açıyı öğrenciler defterine not eder.</p> 	<p>Geniş açıyı öğretirken yine 90° derece referans alınarak geniş açının tanımı yapılır ve sürgüye bağlı olan açı hareket ettirilir. Öğrenciler açı ölçümlerini inceler ve geniş açının 90° ile 180° arasındaki herhangi bir sayı olduğunu defterine not eder.</p> 
Matematiksel derinlik: Seviye 2	Teknolojik eylemler: Eylem A, B ve D

Tablo 7’de sunulan GeoGebra etkinliği (E76) diğer etkinliklere göre matematiksel derinlik bakımından yüksek ve çok eylemli bir yapıdadır. Bu etkinlikte öğretmen adayı (ÖB24) açıortayın nasıl oluşturacağını GeoGebra’da yararlanarak anlatmış ve öğrencilerine açıortayın değişmeyen özelliğinin ne olduğunu sorgulamak istemiştir. Etkinlikte GeoGebra üzerinde çizim, ölçüm yapılmış ve noktaların hareketi ile dinamizm özelliği kullanılmıştır. Bu sebeple, etkinlikte teknolojik eylem türlerinden Eylem A, Eylem B ve Eylem D kullanılmıştır. Aynı zamanda açıortayı oluştururken çember özelliğinden yararlanarak matematiksel inşaa yapılmıştır. Bu sebeple etkinlikte Eylem C de kullanılmıştır. Etkinlikteki yönergede öğrencilere açıortayın açığı nasıl ayırdığı sorulmuştur. Etkinlikteki istemde öğrencilerden basit bir cevap vermeleri yerine açıortayın anlamını keşfetmeleri beklenmiştir. Bu sebeple etkinlikte Eylem E de kullanılmıştır. Öğretmen adayı etkinliğinde açıortayın değişmeyen özelliğine vurgu yaptığı ve bu değişmeyen özelliği öğrencilere keşfettirmeye çalıştığı için etkinliğin matematiksel derinlik seviyesi 4 olarak belirlenmiştir. Sayıca az olsa da matematiksel derinliği yüksek etkinliklerde öğretmen adaylarının etkinliklerini Tablo 7’deki E76 gibi daha detaylı kurguladıkları ve öğrenci katılımını ön planda tuttıkları görülmektedir.

Tablo 7

E76 Kodlu Etkinliğin Matematiksel Derinlik Ve Teknolojik Eylem Türüne Göre Analizi

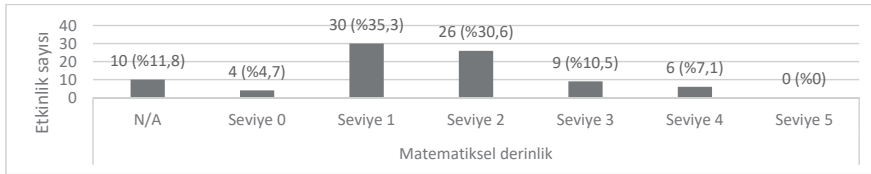
Etkinlik Kodu: E76	Öğretmen adayı: ÖB24	
<i>(Geogebra ile açortay çizmeyi deneyelim. https://www.geogebra.org/classic/zyhxapx)</i>		
-Öncelikle AB ve AC olmak üzere iki doğru oluşturalım (Şekil-a).		
-AC üzerinde bir nokta belirleyelim. D noktası. A noktası merkez ve D noktası da çember üzerinde bir nokta olacak şekilde bir çember çizelim. Sonra çember ile AB üzerinde kesişen nokta olan E noktasını belirleyelim. E ve D noktalarının orta noktasını belirleyelim. Bu nokta da F noktası. Daha sonra A ve F noktasından geçen bir doğru çizelim. İki tane açı oluştuğunu gördük. EAF ve FAD açıları. Son olarak bu açıları ölçelim.		
<i>Açıların ölçüleri ilgili ne söyleyebiliriz?</i> Burada A, B, D ve C noktalarını GeoGebra üzerinden hareket ettirsek de açılar ne olur? Bu etkinlikte şekli hareket ettirirken öğrencilerden nelerin değişmediği hakkında bilgi alınır. Böylelikle öğrenciler AF doğrusunun, BAC açısının açortayı olduğunu anlar.		
		
Şekil-a	Şekil-b	Şekil-c
<i>Şimdi de sadece pergel ve cetvel kullanarak açortayı nasıl belirleyebildiğimize bakalım.</i>		
Sadece GeoGebra'da pergel ve cetvel özelliklerini kullanarak açortayı nasıl çizeriz? (Şekil-b ve Şekil-c)		
Bu soruyu sorduğumda muhtemelen öğrencilerin aklına bir şey gelmeyecek. İlk aşamayı verdikten sonra diğer aşamayı buldurmaya çalışarak ilerleyebilirim. Öncelikle herhangi bir A noktası alalım. (kareli kâğıt olması görmemiz ve çizim açısından daha iyi olacaktır). Daha sonra bu A noktasını başlangıç kabul eden [AC ve [AB ışınlarını çizelim (Şekil-b). Sonra [AC üzerinde herhangi bir nokta belirleyelim. Bu nokta D noktası olsun. D noktası merkez kabul eden bir çember çizelim. Çemberin bir noktası [AB üzerinde olsun. Aynı işlemi [AB üzerindeki çemberin kesiştiği noktayı merkez alarak yapalım. Yani merkezi E olsun ve çember D noktasından geçsin. Sonuçta bu iki çemberin bir noktada kesiştiğini görüyoruz. O nokta da F noktası. O halde [AF], BAC açısının açortayı olmuş olur.		
<i>Peki, bu açortay nereden geliyor?</i>		
<i>Öğrenciden beklenen cevap:</i> [DF] ve [DA], D merkezli çemberin yarıçapı olduğundan eşit. Şekil-c'de [EA] ve [EF] de B merkezli çemberin yarıçapı olduğu için eşit. Aynı tabanı gören iki üçgen oluşmuş oldu. O yüzden eş üçgenlerdir deriz ve bu yüzden açıları da eşittir diyebiliriz. Açıları eşit olduğundan da AF doğrusu açortaydır.		
<i>Matematiksel Derinlik:</i>	4	<i>Teknolojik Eylem(ler):</i> A, B, C, D ve E

Bulgular

Bulgular, araştırma sorularına göre üç alt başlıkta ele alınmıştır. Birinci ve ikinci başlıkta sırayla öğretmen adaylarının hazırladığı GeoGebra etkinliklerinin matematiksel derinlik seviyeleri ve içerdiği teknolojik eylem türleri ile ilgili bulgular sunulmuştur. Üçüncü başlıkta ise etkinliklerdeki matematiksel derinlik seviyeleri ve teknolojik eylem sayıları arasındaki ilişki ile ilgili nitel ve nicel bulgulara yer verilmiştir.

Öğretmen Adaylarının Oluşturduğu Geogebra Etkinliklerinin Matematiksel Derinlik Seviyeleri

Öğretmen adaylarının açılar konusu ile ilgili oluşturduğu ders planlarında GeoGebra kullanımını içeren toplam 85 etkinlik tespit edilmiştir. Ders planlarında, öğretmen adaylarının % 44'ü tek GeoGebra etkinliğine, %46'sı iki GeoGebra etkinliğine ve %10'u ise üç veya daha fazla sayıda GeoGebra etkinliğine yer vermiştir. Etkinliklerin matematiksel derinlik seviyelerine göre dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1*Öğretmen Adaylarının Açılar Konusu İle İlgili Oluşturdukları Geogebra Etkinliklerinin Matematiksel Derinlik Türüne Göre Dağılımı*

Şekil 1'e göre matematiksel derinlik seviyesi 3 ve üzerinde olan etkinlik sayısı daha düşük seviyelerdeki etkinlik sayısına göre oldukça az sayıdadır. GeoGebra içerikli etkinliklerin matematik derinlik seviyeleri bakımından Seviye 1'de (%35,3) ve Seviye 2'de (%30,6) yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle, öğretmen adaylarının ders planlarındaki GeoGebra etkinliklerinin çoğunda öğrencilerin sadece matematiksel bir kuralı, formülü veya tanımı hatırlaması ya da sunulan çizim ile ilgili temel düzeyde bir anlama sergilemesi beklenmiştir. Daha önce bahsedildiği üzere bu kapsamda bir etkinlik örneği Tablo 5'te sunulmuştur. Bu tip etkinliklerde öğretmen adaylarının yönergelerini çok kısa olduğu dikkat çekmiştir. Bu etkinliklerde öğretmen adayları hem yönergelerin kısa hazırlamaları hem de yönergelerde öğrenciye bilişsel çaba göstermesini gerektiren ifadeler yer vermedikleri için etkinliklerin matematiksel derinlik seviyeleri düşük olmuştur. Ayrıca düşük matematiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerin çoğunda öğretmen adaylarının ders planlarındaki yazılı açıklamaları onların bu etkinlikleri öğrenilen bilgileri teknoloji ile pekiştirme amacı güttüğünü göstermiştir. Ayrıca yapılan analizlerde etkinliklerin yaklaşık %12'sinin odağında bir kavram ya da kazanım olmadığı ve daha çok temel düzeyde bilgi vermenin amaçlandığı N/A derinlik seviyesine rastlanmıştır.

Öğretmen Adaylarının Oluşturduğu DGY İçerikli Etkinliklerdeki Teknolojik Eylemler

Analiz edilen 85 GeoGebra içerikli etkinliğin 18 tanesinde (%21) hiçbir teknolojik eyleme rastlanmamıştır. Yani bu etkinlikler GeoGebra içermesine rağmen öğrencilere GeoGebra'nın teknolojik özelliklerini kullanırmaya yönelik istem içermektedir. Teknolojik eylem içeren 67 etkinlikte ise toplam 141 adet teknolojik eylem tespit edilmiştir. Bu sayı oluşturulan etkinliklerde birden fazla teknolojik eylem türü kullanıldığını göstermiştir. Bu nedenle etkinliklerdeki eylem sayıları da tek, çift ve çok eylemli olarak üç grupta incelenmiştir. Tablo 8 incelendiğinde etkinliklerde öğrencilerden en fazla talep edilen teknolojik eylemler sırasıyla sürgü/sürüklenme (TE-D) (%32), ölçme (TE-B) (%27) ve çizim (TE-A) (%23) olmuştur. Diğer taraftan, ma-

tematiksel inşa yapılmasını (TE-C) ve matematiksel ilişkiler oluşturularak geometri-deki değişmez durumların incelenmesini (TE-E) içeren teknolojik eylemler az sayıda kullanılmıştır. TE-F (manipülasyonlar yaparak etkinliği kullanan kişiyi şaşırtması ve olağan dışı durumları tespit etmesi) ise öğretmen adayları tarafından hiçbir etkinlikte kullanılmamıştır.

Tablo 8'e göre, içeriğinde teknolojik eylem barındıran 67 etkinliğin yaklaşık yarısı (%46'sı) tek eylem içerirken %46'sı çok eylemli grupta bulunmuştur. Geriye kalan etkinliklerde (%16) ise aynı anda çift teknolojik eylemin kullanıldığı tespit edilmiştir. Tek eylemin kullanıldığı etkinliklerde öğretmen adaylarının sıklıkla TE-D'ye yani sürgü ve sürükleme özelliğine yer verdiği görülmüştür. Çift eylemli etkinliklerde ise öğretmen adaylarının sürgü/sürükleme özelliğinden ziyade çizim (TE-A) ve ölçme (TE-B) eylemlerine yer verdikleri dikkat çekmektedir. Son olarak, çok eylemli etkinliklerde ise sıklıkla çizim (TE-A), ölçme (TE-B) ve sürgü (TE-D) olduğu görülmüştür. Fakat çok eylemli etkinliklerde diğerlerinden farklı olarak inşa (TE-C) ve geometri-deki değişmez durumların incelenmesini (TE-E) içeren eylemler de bulunmuştur. Bu bulgulara göre, öğretmen adayları etkinliklerinde eylem sayısı az da olsa çok da olsa en çok sürgü ve sürükleme teknolojik eylemine yer vermişlerdir.

Tablo 8

Etkinlikler Kullanılan Teknolojik Eylemlerin Sayısı ve Türü

Teknolojik eylem sayısı	Etkinlik sayısı	Teknolojik eylem türleri						Toplam (%)
		TE-A	TE-B	TE-C	TE-D	TE-E	TE-F	
Tek eylemli	28 (42)	2	4	0	22	0	0	28 (20)
Çift eylemli	11 (16)	8	10	0	4	0	0	22 (16)
Çok eylemli	28 (42)	27	28	7	24	5	0	91 (64)
Toplam (%)	67 (100)	37 (23)	42 (27)	7 (5)	50 (32)	5 (3)	0	141 (100)

Not. TE kısaltması "teknolojik eylemi" simgeler. Örneğin, "TE-A", A teknolojik eylemi yani "çizim" anlamına gelir.

Öğretmen adaylarının GeoGebra Etkinliklerinin Matematiksel Derinlik ve Teknolojik Eylem Türleri Arasındaki İlişkiler

Öğretmen adaylarının açılar ile ilgili oluşturdukları DGY etkinliklerinin matematiksel derinlik seviyelerine göre (düşük ya da yüksek olması) kullanılan teknolojik eylem sayısında bir farklılaşmanın olup olmadığı bağımsız gruplar t-testi ile incelenmiştir (Tablo 9). İstatistiksel sonuçlara göre, düşük matematiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerin teknolojik eylem sayıları ortalaması ($M=1.63$, $SS=1.07$) ve yüksek matematiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerin teknolojik eylem sayıları

ortalaması ($M=2.8$, $SS=1.47$) arasında anlamlı bir fark bulunmuştur [$t(73)=-3.482$ ve $p=0.001<0.05$]. Bu fark, yüksek matematiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerin lehine olmuştur. Bu sonuçlar yüksek matematiksel derinlik seviyesindeki GeoGebra etkinliklerindeki teknolojik eylem sayısının düşük matematiksel derinlik seviyesindeki GeoGebra etkinliklerindeki teknolojik eylem sayısından fazla olduğunu göstermiştir.

Tablo 9

Matematiksel Derinlik Alt Gruplarının Teknolojik Eylem Sayısı Ortalamaları T-Test Sonuçları

Matematiksel derinlik grupları	n	M	SS	df	t	p
Düşük matematiksel derinlik seviyesi	60	1,63	1,07	73	-3,482	0,001
Yüksek matematiksel derinlik seviyesi	15	2,8	1,47			

Öğretmen adaylarının açılarla ilgili hazırladığı GeoGebra etkinliklerinin matematiksel derinlik seviyeleri ve teknolojik eylem sayıları arasındaki ilişkiler tanılayıcı istatistik yollarıyla da ele alınmıştır (Tablo 10). Buna göre, matematiksel derinlik seviyesi olmayan gruptaki etkinliklerde ya hiç teknolojik eylem kullanılmamıştır ya da sadece tek eylem kullanılmıştır. Matematiksel derinliği düşük olan etkinliklerde öğretmen adayları çoğunlukla tek teknolojik eyleme ve sıklıkla da sürgü özelliğine yer vermişlerdir. Yüksek matematiksel derinlik seviyesine sahip etkinliklerde ise çoğunlukla çok eylemli içeriğe rastlanmıştır. Diğer bir deyişle, matematiksel derinliği yüksek etkinliklerin sıklıkla ikiden fazla teknolojik eylem içerdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, çıkarımsal istatistik ile elde edilen ve matematiksel derinlik ile teknolojik eylem sayıları arasında bir ilişki olduğunu gösteren sonuçları desteklemiştir.

Tablo 10

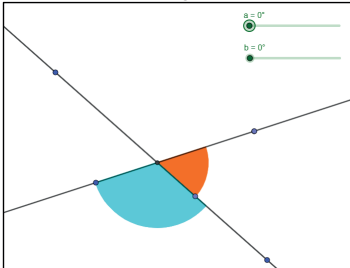
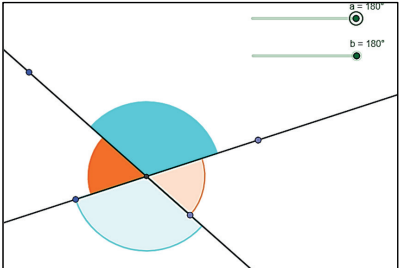
Öğretmen Adaylarının Açılar Konusu İle İlgili Oluşturduğu Etkinliklerin Teknolojik Eylem Türü Gruplarının Matematiksel Derinlik Gruplarına Göre Dağılımı

Matematiksel derinlik seviyeleri	Teknolojik eylem sayısı				Toplam (%)
	Eylem yok	Tek eylemli	Çift eylemli	Çok eylemli	
Matematiksel derinliği yok	9	1	0	0	10 (11)
Düşük matematiksel derinlik	9	22	11	18	60 (71)
Yüksek matematiksel derinlik	0	5	0	10	15 (18)
Toplam (%)	18 (21)	28 (33)	11 (13)	28 (33)	85 (100)

Tanılayıcı ve çıkarımsal istatistik sonuçları birlikte yorumlandığında çıkarımsal istatistik sonuçları matematiksel derinliği yüksek olan etkinliklerde teknolojik eylem sayısının fazla olduğuna işaret etmektedir. Fakat tanılayıcı istatistik sonuçları (Tablo 10), bazı etkinliklerin düşük matematiksel derinlik seviyesine sahip olmasına rağmen çoklu eylem içeriğine bazılarının ise yüksek matematiksel derinlik seviyesine rağmen tek eylem içeriğine rastlandığını göstermiştir. Başka bir deyişle, bir GeoGebra etkinliğinin matematiksel derinlik seviyesinin yüksek olması eylem sayının da fazla olmasını gerektirmemektir. Örneğin, Tablo 11’deki etkinlikte öğretmen adayı (ÖA15) öğrencilerin ters açılarının özelliklerini keşfetmesini amaçladığı bir etkinlik (E27) tasarlamıştır.

Tablo 11

Tek Eylem İçerikli Etkinlik Örneği

Etkinlik kodu: E27	Öğretmen adayı: ÖA15
<p>Geogebra’da önceden aşağıdaki ilk çizimi hazırlarım (https://www.geogebra.org/m/prgz7qqb). Ekleğim sürgüler ile öğrencilerin ters açılarının eş olduğunu keşfetmesini istiyorum. Öğrencilere gördükleri şekildeki açılarının özelliklerini sorarım. Ters açının ne olduğu ile ilgili konuşuruz. Öğrenciler ters açının hangileri olduğunu anladıktan sonra a ve b sürgülerini oynatmalarını isterim (verilen şekildeki gibi). Doğrular üstündeki noktaları hareket ettirerek sürgü ile yeniden ters açılarını kontrol etmelerini ve gözlemediklerini açıklamalarını isterim. Bu etkinlikte öğrenciler a ve b sürgülerini oynatarak birbirleriyle kesişen iki doğruya ters açılarının birbirlerine eşit ölçüde olduğunu keşfeder.</p>	
	
Matematiksel derinlik: Seviye 4	Teknolojik eylemler: Eylem D

ÖA15 bu etkinlikte önceden hazırladığı bir çizimi derste kullanmayı planlamıştır. E27’de ders öncesinde hazırlanan bir çizim kullanıldığından öğrencilerden sadece sürgü aracını kullanması beklenmektedir. Bu nedenle, E27 sadece Eylem D’yi içermektedir. Fakat etkinlikte öğrencilerin doğruların üzerindeki noktaları hareket ettirerek ters açılarının durumunu anlaması ve sürgüyü hareket ettirerek de ters açılarının eşliğini fark etmesi beklenmektedir. Bu etkinlikte sürgü/sürükleme özellikleri ve etkinlikteki yönergeler sayesinde öğrenciler ters açılarının eşliğinin iki doğrunun kesişimindeki biçimsel farklılıktan etkilenmediğini keşfedebilir. Bu nedenle, E27 tek teknolojik eylem içerirse de matematiksel derinlik olarak seviye 4’tedir. Çünkü etkinlikte matematiksel derinlik ve teknolojik eylem bileşenleri uygun istemlerle iyi koordine edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının açılar ile ilgili oluşturduğu GeoGebra içerikli etkinliklerin matematiksel derinlik seviyelerinin ve teknolojik eylem türlerinin neler olduğu ve bunlar arasındaki ilişkiler Trocki ve Hollebrands'ın (2018) dinamik geometri etkinlik analiz çerçevesine göre incelenmiştir. Çalışma sonuçları, öğretmen adaylarının ders planlarındaki DGY etkinliklerinin çok büyük bir kısmının matematiksel derinlik bakımından düşük seviyelerde olduğunu göstermiştir. Öğrencileri matematiksel çıkarımlar, ispatlar ve akıl yürütme yapmaya teşvik edecek yönergeleri içeren etkinliklerin oldukça az sayıda olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuç, son yıllarda yapılan ve aynı kavramsal çerçeveyi (Trocki ve Hollebrands, 2018) kullanan bazı çalışmalarla paralellik göstermiştir (ör., Yiğit-Koyunkaya ve Bozkurt, 2019). DGY etkinliklerdeki matematiksel derinlik seviyesinin düşük olmasının birçok nedeni olabilir. Örneğin, düşük matematiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerin çoğunda öğretmen adaylarının yönergeleri/istemleri detaylı yazamadığı dikkat çekmiştir. Bu etkinliklerde öğrenciye ne yapacağı ile ilgili herhangi bir yönerge bile sunulmamıştır. Bu öğretmen adayları, genel olarak etkinliklerini kağıt-kalem ile göstermesi zor olan şekilleri çizmek ve şekiller üzerinde ölçümler yapabilmek için GeoGebra tercih etmişlerdir. Ayrıca düşük matematiksel derinlik seviyesindeki etkinliklerde öğretmen adayları öğrencilerin konuyu pekiştirmesi, tekrar etmesi ve alıştırma yapması gibi amaçlar gütmüşlerdir. Bu etkinliklerde teknoloji yer almasa da ders planında konu öğretimi içeriği yer aldığından bir anlamda McLain'in (2016) belirttiği gibi GeoGebra aksesuar olarak kullanılmıştır. Çalışmada incelenen etkinliklerde matematiksel derinlik seviyesi yüksek olan—öğrencilerin matematiksel argümanlar üretme potansiyelinin olduğu—etkinliklerde öğretmen adaylarının sunduğu yönergelerin de detaylı olduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında öğretmen adaylarının yönergeleri açıklık-kalite bakımından değerlendirilmemiştir. Fakat gelecek çalışmalarda etkinliklerdeki yönergelerin açıklığının etkinliklerdeki potansiyel matematiksel derinlik seviyeleri üzerindeki rolü araştırılabilir. Bu doğrultuda yapılandırılacak bir çalışmanın sonuçları, Trocki ve Hollebrands'ın (2018) sunduğu analiz çerçevesinin yönergelerin açıklık seviyesi (explicitness level of prompts) bileşeni ile genişletilmesine olanak sağlayabilir (Hollebrands ve Lee, 2016).

Etkinlikleri teknolojik eylem sayıları ve türleri incelendiğinde, sonuçlar öğretmen adaylarının etkinliklerinde sıklıkla sürgü/sürükleme eylemine yer verdiklerini göstermiştir. Etkinliklerde kağıt-kalem ya da herhangi bir somut materyal kullanılarak da yapılabilecek çizim ve ölçüm gibi eylemlere de oldukça sık rastlanmıştır. Ek olarak, sadece tek teknolojik eylem içeren GeoGebra etkinliklerinde bile en sık sürgü/sürükleme özelliğine rastlanmıştır. Sürgü ve sürükleme geometrik şekillerle ilgili değişmez özelliklerin keşfinde ve matematiksel bilginin gelişiminde dinamik geometri

yazılımlarının taşıdığı en önemli özelliklerinden biridir (Christou vd., 2004; Laborde 2001; Mariotti 2012). Bu sonuçlar, öğretmen adaylarının ve öğrencilerin statik algıladığı ve birçok kavram yanılığısına sahip olduğu açı kavramına dinamik bir bakış açısıyla yaklaşıklarını göstermektedir. Fakat sürgü/sürüklenme özelliği birçok amaçla kullanılabilir (ör., bir şekli test etmek, bir sonucu doğrulamak vb.) (Arzarello vd., 2002; Baccaglioni-Frank ve Mariotti, 2010; Mariotti, 2012). Bu çalışmada etkinliklerdeki sürgü/sürüklenme türlerini ve amaçlarını belirlemekten ziyade tüm teknolojik eylem türlerini, sıklığını ve bunların birbirleriyle olan etkileşimlerini belirlemek amaçlanmıştır. Fakat en sık kullanılan eylem olması nedeniyle sürgü/sürüklenme eylemi ile ilgili detaylar gelecek çalışmalar tarafından incelenebilir. Bu inceleme, sürgü/sürüklenme eylemine etkinliklerde daha iyi nasıl yer verilebileceği konusunda öğretmen adaylarına, öğretmenlere, araştırmacılara ve kitap yazarlarına kapsamlı fikirler sunabilir.

Bu çalışmada, öğretmen adayları etkinliklerinde çoğunlukla ya tek teknolojik eyleme ya da çok sayıda teknolojik eyleme yer vermişlerdir. Diğer taraftan, sayıca az olsa da teknolojik eylem sayısı iki tane olan etkinliklerde çizim-ölçüm veya ölçüm-sürgü özelliklerine birlikte rastlanmıştır. Benzer sonuçlar, Sketchpad (Hollebrands, 2007; Trocki ve Hollebrands, 2018) ve Cabri (Hoyles ve Jones, 1998) üzerinde tasarlanan DGY etkinlikleriyle ilgili çalışmalarda da elde edilmiştir. İnşa (Eylem C) ise az sayıda etkinlikte kullanılmıştır. İlginç şekilde, inşa eylemini içeren etkinliklerin tümü çok eylemli içerikte tespit edilmiştir. Örneğin, açıortayın çemberler kullanılarak inşa edilmesini içeren etkinlikler çizimlerin, ölçümlerin yapılmasını ve açıortayın ayırdığı açılarının eşliğinin tespiti için sürüklenme eyleminin kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Bu sonuçlar, etkinliklerde teknolojik eylem kullanımının konu veya etkinliğin amacına bağlı olarak farklılıklar veya ortaklıklar gösterebileceğine işaret etmektedir.

Etkinliklerin matematiksel derinlik seviyeleri ile teknolojik eylem türleri ve sayıları arasındaki ilişkiler ile ilgili sonuçlar hem tanılayıcı hem de çıkarımsal istatistiki yollarla incelenmiştir. Çıkarımsal istatistiki sonuçlar, yüksek matematiksel derinlik seviyesindeki GeoGebra etkinliklerindeki teknolojik eylem sayısının düşük matematiksel derinlik seviyesindeki GeoGebra etkinliklerindeki teknolojik eylem sayısından fazla olduğunu göstermiştir. Benzer sonuçlar, Türkiye’de okutulan ortaokul ve lise matematik ders kitaplarındaki DGY etkinlikleri ile ilgili erişilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir (Ulusoy ve Turuş, 2022). Fakat bu çalışmada tanılayıcı istatistik sonuçlarında erişilen frekans değerleri yüksek matematiksel derinlik seviyesinde bir etkinlik için fazla sayıda teknolojik eylem içeriğinin ya da tam tersinin bir gereklilik ya da zorunluluk olmadığını göstermiştir. Bu noktada, yüksek kalitedeki etkinliklerde matematiksel derinlik ve teknolojik eylem bileşenlerinin amaçlı ve iyi bir şekilde koordine edildiği tespit edilmiştir.

Sınırlılıklar ve Öneriler

Bu çalışma ileriki çalışmalara yön verebilme potansiyeline sahip bazı sınırlılıklar içermektedir. Bu çalışmada, öğretmen adayları GeoGebra'yı içerik olarak tanıyan ve bazı etkinlikler deneyimleyen kişilerden oluşmuştur. Yine de çalışma kapsamında öğretmen adaylarına GeoGebra kullanmada akıcılıklarını arttırmaları için yedi haftalık aktif öğrenme süreçleri gerçekleştirilmiştir. Fakat öğretmen adaylarına bu zaman dilimi daha kaliteli DGY içeriği üretme bakımında yeterli gelmemiş olabilir. Bu nedenle, benzer çalışmalar tasarlanırken GeoGebra ile tanışıklık süresi daha uzun tutulabilir. Çalışmada diğer bir sınırlılık öğretmen adaylarının sadece açılar kavramını içeren kazanımlara yönelik etkinlik tasarımlarıdır. Odakta sadece tek konu olsa bile sonuçlar alan yazında az deneyimli öğretmen adaylarının tasarladığı farklı konulardaki DGY etkinlik kaliteleri bakımından benzerlik göstermiştir (ör., Yiğit-Koyunkaya ve Bozkurt, 2019). Fakat ileriki çalışmalar konulara veya kazanımlara göre tasarlanan DGY etkinliklerinin matematiksel derinlik seviyelerine ve içerdiği teknolojik eylem türlerine odaklanabilir. Böylece etkinliklerdeki teknolojik eylemlerin ve derinlik seviyelerinin değişiminin konu veya kavramlarla ilişkisi bulunabilir. Bu çalışmadaki bir diğer sınırlık ise öğretmen adaylarının etkinliklerinin kalitesindeki gelişiminden ziyade ürettikleri etkinliklerin genel durumunu ortaya koymaktır. Bu çalışmanın bulguları DGY ile ilgili çalışmaların sayıca ve çeşit bakımından az olması ve Trocki ve Hollebrands'ın (2018) ortaya koyduğu analiz çerçevesinin bir kavram bazında ampirik olarak deneyimlenmesi bakımından faydalıdır. Fakat birçok çalışma öğretmen adaylarının mikro öğretimler (Bozkurt ve Yiğit-Koyunkaya, 2022), argümantasyon süreçleri (Trocki ve Hollebrands, 2018) ve farklı kalitede DGY etkinliklerinin analizi (Fahlgren vd., 2022) gibi süreçler ile etkinlik kalitelerinin kısa zamanda geliştiğini göstermektedir. Bu nedenle, gelecek çalışmalarda öğretmen adaylarının DGY içeriklerinin karakteristik özelliklerini belirlemeye ek olarak onların teknoloji entegrasyonu kalitesini geliştirmek de hedeflenmelidir. Son olarak, bu çalışmanın kapsamı dışında olsa da yapılan analizler öğretmen adaylarının teknolojik eylemleri koordine ederken etkinliklerine matematiksel olarak akıl yürütmeyi sağlayacak yönergeler/istemler yazmada sıkıntılar yaşadığını göstermiştir. Bu durum, öğretmen adaylarının etkinliklerini ders planlarına gömerken bazı yerlerde daha kısa açıklama veya yönerge yazmaya eğilim göstermeleri ile ilgili olabilir. Ders planlarına entegre edilen GeoGebra etkinlikleri öğretmen adaylarının teknolojiye konunun hangi aşamasında ve ne amaçla yer verdiğini görmek adına ciddi bir gösterge olmuştur. Fakat gelecek çalışmalarda öğretmen adaylarından bir ders planı yerine doğrudan DGY etkinliğini detaylı yönergelerle hazırlamaları da istenebilir. Alternatif olarak, öğretmen adaylarıyla detaylı görüşmeler yapılarak veriler elde edilebilir ya da onlardan etkinlik sürecini ve amacını anlattıkları video kayıtları istenebilir. Bu şekilde sadece yazılı değil aynı zamanda sözel yönergelere de erişilerek DGY etkinliklerinin kalitesi hakkında çıkarımlar yapılabilir.

Kaynakça

- Ayyıldız, H., Salihoglu, S., ve Güven, B. (2019). Ortaokul ve lise matematik ders kitaplarında bulunan dinamik matematik yazılımı destekli etkinliklerin incelenmesi. *4th International Symposium of Turkish Computer and Mathematics Education*, 26-28 September 2019, İzmir.
- Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., and Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34, 66–72.
- Baccaglioni-Frank, A., and Mariotti, M. A. (2010). Generating conjectures in dynamic geometry: The maintaining dragging model. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15, 225-253.
- Bozkurt, A., ve Cilavdaroglu, A. K. (2011). Matematik ve sınıf öğretmenlerinin teknolojiyi kullanma ve derslerine teknolojiyi entegre etme algıları, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 19(3), 859–870.
- Bozkurt, A., & Koç, Y., ve Cilavdaroglu, A. K. (2019). Ortaokul matematik öğretmen adaylarının açı kavramına dair bilgilerinin incelenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27(3), 949–958.
- Bozkurt, G., and Koyunkaya, M. Y. (2020). From micro-teaching to classroom teaching: An examination of prospective mathematics teachers' technology-based tasks. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCO-MAT)*, 11(3), 668–705.
- Bozkurt, G., and Koyunkaya, M. Y. (2022). Supporting prospective mathematics teachers' planning and teaching technology-based tasks in the context of a practicum course. *Teaching and Teacher Education*, 119, 103830.
- Bütüner, S. Ö., and Filiz, M. (2017). Exploring high-achieving sixth grade students' erroneous answers and misconceptions on the angle concept. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(4), 533–554.
- Bütüner, S. Ö., ve Filiz, M. (2018). İlköğretim matematik öğretmenlerinin açılar konusundaki öğrenci kavram yanılgılarının farkındalıklarının belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (35), 123–144.
- Cayton, C. (2012). Examining the cognitive demand of tasks in three technology intensive high school Algebra 1 classrooms. In L. R. Van Zoest, J.-J. Lo, ve J. L. Kratky (Eds.), *Proceedings of the thirtyfourth annual meeting of the north american chapter of the international group for the psychology of mathematics education* (pp. 865–868), Western Michigan University.

- Christou, C., Mousoulides, N., Pittalis, M., and Pitta-Pantazi, D. (2004). Proofs through exploration in dynamic geometry environments. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 339–352.
- Clark-Wilson, A., Robutti, O., and Sinclair, N. (2014). *The mathematics teacher in the digital era*. Springer.
- Connor, J., Moss, L., and Grover, B. (2007). Student evaluation of mathematical statements using dynamic geometry software. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 38(1), 55–63.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 2nd ed. Sage.
- de Villiers, M. (1998). An alternative approach to proof in dynamic geometry. In R. Lehrer ve D. Chazan (Eds.), *New directions in teaching and learning geometry* (pp. 369–393). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Devichi, C., ve Munier, V. (2013). About the concept of angle in elementary school: Misconceptions and teaching sequences. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(1), 1–19.
- Drijvers, P., Tacoma, S., Besamusca, A., Doorman, M., and Boon, P. (2013). Digital resources inviting changes in mid-adopting teachers' practices and orchestrations. *ZDM Mathematics Education*, 45(7), 987–1001.
- Fahlgren, M., Szabo, A., and Vinerean, M. (2022). Prospective teachers designing tasks for dynamic geometry environments. In Hodgen, J., Geraniou, E., Bolondi, G., ve Ferretti, F. (Eds.) *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)* (pp. 2526–2533). Free University of Bozen-Bolzano and ERME.
- Gulkilik, H. (2023). Analyzing preservice secondary mathematics teachers' prompts in dynamic geometry environment tasks. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 22–37.
- Hollebrands, K. F. (2007). The role of a dynamic software program for geometry in the strategies high school mathematics students employ. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 164–192.
- Hollebrands, K. F., and Lee, H. S. (2016). Characterizing questions and their focus when pre-service teachers implement dynamic geometry tasks. *The Journal of Mathematical Behavior*, 43, 148–164.
- Hollebrands, K. F., McCulloch, A. W., and Lee, H. S. (2016). Prospective teachers' incorporation of technology in mathematics lesson plans. In M. Niess, S. Driskell, and K. Hollebrands (Eds.). *Handbook of research on transforming mathematics teacher education in the digital age* (pp. 272–292). IGI Global.

- Hollenbeck, R. M., Wray, J. A., and Fey, J. T. (2010). Technology and the teaching of mathematics. In B. J. Reys, R. E. Reys, and R. Rubenstein (Eds.), *Mathematics curriculum: Issues, trends, and future directions* (pp. 265–276). NCTM.
- Hölzl, R. (2001). Using dynamic geometry software to add contrast to geometric situations: A case study. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(1), 63–86.
- Hoyles, C., and Jones, K. (1998). Proof in dynamic geometry contexts. In C. Mamma, and V. Villani (Eds.), *Perspectives on the teaching of geometry for the 21st century* (pp. 121–128). Kluwer Academic Publishers.
- Hur, J. W., Cullen, T., and Brush, T. (2010). Teaching for application: A model for assisting pre-service teachers with technology integration. *Journal of Technology and Teacher Education*, 18(1), 161–182.
- Kağızmanlı, T. B., Tatar, E., ve Zengin, Y. (2013). Öğretmen adaylarının matematik öğretiminde teknoloji kullanımına ilişkin algılarının incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 349–370.
- Laborde, C. (2001). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283–317.
- Leung, A. (2011). An epistemic model of task design in dynamic geometry environment. *ZDM*, 43(3), 325–336. <https://doi.org/10.1007/s11858-011-0329-2>
- Mariotti, M. (2012). Proof and proving in the classroom: Dynamic geometry systems as tools of semiotic mediation. *Research in Mathematics Education*, 14(2), 163–185.
- McLain, C. J. (2016). *Supporting teachers' selection of dynamic mathematics environment tasks*. North Carolina State University, PhD thesis.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Ortaöğretim matematik dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) öğretim programı*. MEB Yayınları.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Author.
- Ozgun-Koca, S. A., Meagher, M., and Edwards, M. T. (2010). Preservice teachers' emerging TPACK in a technology-rich methods class. *Mathematics Educator*, 19(2), 10–20.
- Pea, R. D. (1985). Beyond amplification: Using the computer to reorganize mental functioning. *Educational Psychologist*, 20(4), 167–182.

- Sherman, M. F., Cayton, C., Walkington, C., and Funsch, A. (2020). An analysis of secondary mathematics textbooks with regard to technology integration. *Journal for Research in Mathematics Education*, 51(3), 361–374.
- Sinclair, M. (2003). Some implications of the results of a case study for the design of pre-constructed, dynamic geometry sketches and accompanying materials. *Educational Studies in Mathematics*, 52(3), 289–317.
- Sinclair, N., Bartolini Bussi, M. G., de Villiers, M., Jones, K., Kortenkamp, U., Leung, A., and Owens, K. (2016). Recent research on geometry education: An ICME-13 survey team report. *ZDM*, 48, 691–719.
- Smith, M. S., and Stein, M. K. (1998). Reflections on practice: Selecting and creating mathematical tasks: From research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(5), 344–350.
- Stylianides, G. (2008). An analytic framework of reasoning-and-proving. *For the Learning of Mathematics*, 28(1), 9–16.
- Tatar, E., Akkaya, A., ve Kağızmanlı, T. (2011). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının Geogebra ile oluşturdukları materyallerin ve dinamik matematik yazılımı hakkındaki görüşlerinin analizi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 2(3), 181–197.
- Tabachnick, B. G., and Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics (Sixth Edition)*. Pearson Education Limited.
- Trocki, A., and Hollebrands, K. (2018). The development of a framework for assessing dynamic geometry task quality. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 4(2), 110–138.
- Ünal, D. Ö., and Ürün, Ö. (2021). Sixth grade students' some difficulties and misconceptions on angle concept. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 27, 125–154.
- Ulusoy, F., and Turuş, İ. B. (2022). The mathematical and technological nature of tasks containing the use of dynamic geometry software in middle and secondary school mathematics textbooks. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11089-11113.
- Yiğit-Koyunkaya, M., ve Bozkurt, G. (2019). Matematik öğretmen adaylarının tasarladığı geogebra etkinliklerinin matematiksel derinlik ve teknolojik eylem açısından incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 13(2), 515–544.
- Zbiek, R. M., Heid, M. K., Blume, G. W., and Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education: A perspective of constructs. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 1169–1207). Information Age.