



## ÖĞRETMEN ADAYLARININ KÂĞIT-KALEM VE DİNAMİK GEOMETRİ YAZILIMI KULLANARAK GEOMETRİK YER PROBLEMLERİNİ ÇÖZÜM SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ\*

**Kübra AÇIKGÜL\*\***

**Recep ASLANER\*\***

### Öz

*Bu araştırmanın amacı, matematik öğretmen adaylarının geometrik yer problemlerinin çözüm süreçlerini incelemektir. Çalışma bir durum çalışması olarak tasarlanmıştır. Araştırmanın katılımcıları 36 son sınıf matematik öğretmen adaydır. Öğretmen adayları kâğıt-kalem ve bir dinamik geometri yazılımı kullanarak toplamda geometrik yer problemini içeren 6 etkinlik tamamlamışlardır. Bu çalışmada etkinliklerden 2 tanesi ele alınmıştır. Araştırmanın verileri, araştırmacı günlüğü notları, cevap kâğıtları, katılımcı raporları, bilgisayar ekran görüntüleri olmak üzere farklı kaynaklardan derlenmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre, öğretmen adaylarının problemleri kâğıt üzerinde çözerken sınırlı sayıda nokta üzerinde çalışma, yanlış genellemelerde/tahminlerde bulunma, düzgün şekil çizememe, yeterli matematiksel açıklama yapamama vb. sıkıntılar yaşadıkları belirlenmiştir. Bu iki süreç kıyaslandığında ise, adaylar yazılımla çözüm esnasında kâğıt ve kalemde farklı olarak hipotez kurma, kurdukları hipotezleri test etme, genelleme yapma gibi fırsatlar bulmuşlardır.*

**Anahtar Kelimeler:** Öğretmen adayı, matematik eğitimi, dinamik geometri yazılımı, geometrik yer.

\* Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasından hazırlanmıştır.

\*\* Arş. Grv., İnönü Üniversitesi, [kubra.acikgul@inonu.edu.tr](mailto:kubra.acikgul@inonu.edu.tr)

\*\* Prof. Dr., İnönü Üniversitesi, [recep.aslaner@inonu.edu.tr](mailto:recep.aslaner@inonu.edu.tr)

## AN INVESTIGATION OF PROSPECTIVE TEACHERS' PROBLEM SOLVING PROCESSES REGARDING LOCUS PROBLEMS IN PAPER-PENCIL AND DYNAMIC GEOMETRY ENVIRONMENTS

### Abstract

*The purpose of this study is to investigate prospective elementary mathematics teachers' problem-solving processes regarding locus problems. The research utilized case study method. The participants of the study were composed of 36 senior math prospective teachers. Prospective teachers completed six activities including locus problems by using dynamic geometry software and paper-pencil. In the study two of the six activities was considered. The data was collected through research diary notes, solution sheets, participant reports, and screen shots. As a result of the study it was determined that prospective teachers experienced challenging such as working on limited number points, drawing properly, , making enough mathematical statements and making generalization in paper-pencil application. Comparing these two processes, they had opportunities to make hypothesis, test their hypothesis and generalize etc. when they used software as a different from the paper-pencil.*

**Keywords:** *Prospective teachers, mathematics education, dynamic geometry software, locus.*

### 1. GİRİŞ

Teknolojinin inanılmaz bir hızla geliştiği günümüzde diğer alanlar gibi matematik eğitimi de bu değişimden olumlu bir şekilde etkilenmektedir. “Yirminci yüzyılın son yirmi yılına matematik eğitiminde kullanılan teknolojik aletlerdeki gelişmeler damgasını vurarak matematiği öğretme şeklinde radikal değişikliklere yol açmıştır” (Habr ve Grundmeier, 2007: 1). Matematik eğitiminde kullanılan teknolojiler arasında hesap makineleri ve bilgisayarlar matematiği öğretmek, öğrenmek ve matematik yapmak için ana teknolojiler olarak kabul edilmektedir (National Council of Teachers of Mathematics, 2000). Matematik eğitiminde kullanılan bilgisayar yazılımlarına gelindiğinde, Cabri, Cindirella gibi Dinamik Geometri Yazılımları (DGY) ve Maple, Derive gibi Bilgisayar Cebir Sistemleri

(BCS) karşımıza çıkmaktadır (Hohenwarter ve Fuchs, 2004; Karataş, 2011; Kokol-Voljc, 2007; Laborde, 2003). Literatür incelendiğinde bu yazılımlarının etkililiğini araştıran birçok çalışmaya rastlanmaktadır (Baki ve Güven, 2009; İpek, 2010; Karataş, 2011; Lavy ve Shriki, 2010; Tuluk ve Kaçar, 2007). Kokol-Voljc (2007), her ne kadar BCS'lerle ilgili çalışmalar yapılsa da asıl ilginin DGY'ler üzerinde olduğuna dikkat çekmiştir. Çünkü DGY'ler son dönem geliştirilen eğitsel yazılımların merkezinde yer almaktadır (Mariotti, 2001).

DGY'lerin kullanıldığı ortamlarda öğrencilerin yaşadıkları araştırma ve keşif deneyimleri geleneksel sınıflardaki geometri çalışmalarından oldukça farklıdır (Lee vd., 2004). Geleneksel ortamlarda kâğıt, kalem, pergel, cetvel, tahta, tebeşir vb. araçlar kullanılmakta olup, yapılan çizimler bazı silme işlemleri yapılmadan değiştirilememekte ve bu şekilde yalnızca özel şekiller oluşturulabileceği görülmektedir (Güven, 2002). Bu noktada DGY'ler geometriyi statik bir yapıya sahip olan kâğıt-kalem sürecinden kurtararak bilgisayar ekranında dinamik hale getirmektedir (Güven ve Karataş, 2003). Bu yazılımlar gerçekleştirilecek faaliyetlerin kapsamını genişletmekte ve yapılan keşifler aracılığıyla sezgisel ve derin düşünmeyi olanaklı kılmaktadır (Straesser, 2001).

Bahsedilen faydalar göz önüne alındığında bu teknolojilerden etkin bir şekilde yararlanmanın teknolojinin eğitim ortamlarında kullanımı ile mümkün olacağı düşünülmekte ve geleceğin öğretmenleri olacak öğretmen adaylarının eğitimi ön plana çıkmaktadır. Birçok araştırmacı öğretmen adaylarının eğitimlerini desteklemek, matematik ve uygulamaları ile ilgili kavramsal anlayışlarını geliştirmek amacıyla öğrenimleri esnasında teknolojinin kullanılması gerektiğini belirtmektedir (Baldin, 2002; Bell, 2001; Clarke, 2009; Habre ve Grundmeier, 2007; Karataş ve Güven, 2008; Karataş, 2011; Kokol-Voljc, 2007).

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar öğretmen adaylarının matematiğin geometri (Durmuş, Toluk ve Olkun, 2002; Jones, Mooney ve Harries, 2002;

Kaplan ve Hızarcı, 2005; Shaughnessy ve Burger, 1985; Tutak, 2011) alanında çeşitli zorluklar yaşadıklarını göstermektedir. Bu konulardan biri de geometrik yer kavramıdır (Açıkgül ve Aslaner, 2012a, 2012b; Güklük, 2008; Güven ve Karataş, 2009). Açıkgül ve Aslaner (2012a) ve Güklük (2008), çalışmalarında öğretmen adaylarının “geometrik yer” kavramını iyi yapılandırmadıklarını, bilgi eksikliklerine ve kavram yanılgılarına sahip olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca Güklük (2008) çalışmasında, öğretmen adaylarının geometrik yer probleminin sadece geometrik boyutunu dikkate alarak cebirsel boyutunu göz ardı ettikleri ve sorunun çözümünde doğrudan bir geometrik şekil çizmeye yöneldikleri sonucuna ulaşmıştır. Güven ve Karataş (2009) ve Pekdemir (2004) çalışmalarında kâğıt-kalem kullanılarak yapılan çözümlerde adayların verilen ifadeye uygun şekil çizme, tahmin ve genelleme yapma, yeterli matematiksel açıklama yapma noktalarında sıkıntılarla karşılaştıklarını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Açıkgül ve Aslaner (2012b) çalışma sonuçları öğretmen adaylarının verilen geometrik yer problemlerini anlamakta sıkıntı yaşadıklarını, problemin çözümü esnasında matematiksel bilgilerini kullanarak çözüm yoluna gidemediklerini, belirledikleri birkaç nokta üzerinden yanlış tahmin ve genellemelerde bulduklarını, uygun şekli çizemedikleri ve yeterli matematiksel açıklama yapamadıklarını göstermektedir.

Yaşanan sıkıntıların kâğıt, kalem, pergel, cetvel gibi araçların kullanıldığı geleneksel ortamlarda verilen eğitimden kaynaklandığı söylenebilir. Bu tür ortamlarda geometrik yer kavramının görselleştirilmesi oldukça güç olup çözüm esnasında sezgilerin ön plana çıkmakta ve neredeyse her bir soru için farklı bir şekil tasarlamak gerekmektedir (Güven ve Karataş, 2009). Bilgisayarların gelişimi ve matematik yazılımları sayesinde geometrik yer problemlerinin çözüm sürecinde yapılması mümkün olmayan bu etkinliklerin kolaylıkla yapılabileceği düşünülmektedir (Jares ve Pech, 2013). Bu bağlamda bir sonraki başlık altında

DGY'lerin bu konudaki potansiyeli geometrik yer problemlerinin çözümünü açısından ele alınmıştır.

### **1.1. Geometrik Yer Problemlerinin Çözümünde Dinamik Geometri Yazılımlarının Kullanılması**

“Geometrik yer, matematiksel olarak özel şartlar tarafından belirlenen ya da özel şartları sağlayan noktalar ya da doğrular kümesidir.” (Gómez- Chacón ve Escribano, 2011: 209; Gorghiu, Puana ve Gorghiu, 2009: 814). Verilen noktalar kümesinin geometrik yer oluşturması için verilen koşulu sağlayan tüm noktaların geometrik yere ait olması ve geometrik yere ait aşağıda verilen iki her noktanın verilen koşulu sağlaması gerekmektedir (Aydın ve Asma, 2004; Özkan, 1994; Pekdemir, 2004). Güven ve Karataş (2009) bu şartlara benzer şekilde geometrik yer problemlerinin geometrideki diğer problemler gibi iki aşamalı düşünme biçimini sağlaması gerektirdiğini ifade etmiştir. Bu aşamaları, verilen şarta uygun olarak geometrik yerin çizilmesi ve daha sonra niçin bu geometrik yerin elde edildiğine dair doğrulama etkinliklerinin yapılması olarak açıklamıştır.

Geometrik yer konusu, geometrik kavramların öğretiminde anahtar role sahiptir. Bu önemi, geometriden analitik geometriye kadar matematiğin birçok alanında kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin; geometri öğretiminde önemli bir yer teşkil eden ve düzlem geometrinin temel kavramları olan açıortay, üçgen, çember vb. ve analitik geometrinin temel kavramları olan elips, parabol, hiperbol kısaca konikler birer geometrik yer kavramıdır. Geometrik yer probleminin çözüm sürecine ilişkin yapılan açıklamalar incelendiğinde araştırmacıların genellikle kâğıt, kalem, pergel, cetvel gibi geleneksel araçların kullanıldığı ortamlara ilişkin çözüm süreçleri ileri sürdüğü görülmektedir. Gorghiu vd., (2009), geometrik yer problemlerinin çözümü sırasında kullanılabilecek genel bir yöntem olmadığını belirterek problemin dikkatle analiz

edilerek aranan geometrik yerin keşfedilmesini gerektiğini ifade etmiştir. Güllük (2008), geometrik yer problemlerinin çözümünde, istenilen şarta uygun en az üç tane olmak üzere özel noktalar bulunması, bu noktaları birleştirerek oluşturulan yörüngeyi sezgisel olarak tahmin edilmesi ve yapılan tahmini doğrulamak için matematiksel açıklamalar yapılması gerektiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Gorghiu vd., (2009) sonucu açıkça görülmeyen problemlerde bir şekil ortaya çıkana kadar koşulları sağlayan noktaların koyulması gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

Geometrik yer konusunun önemine karşın öğretiminde zorluklar yaşanmakta ve konunun öğretimine yeterince önem verilmemektedir (Botana ve Valcarce, 2003; Cha ve Noss, 2001; Güven ve Karataş, 2009; Jares ve Pech, 2013; Pech, 2012; Pekdemir, 2004). Bazı geometrik yer problemlerinin çözümü açıktır. Örneğin, bir doğru parçasının uç noktalarına eşit uzaklıktaki noktaların kümesi, sabit bir noktadan eşit uzaklıktaki noktaların kümesi gibi. Ancak, bazı geometrik yer problemlerinin çözümü doğrudan belirlenemeyebilir. Bu tür problemlerin çözümünde bağımsız değişkenlerin farklı konumları için bağımlı değişkenin yeni konumunun tahmin edilmesini sağlayan fonksiyonel bir düşünme biçimini kullanmak gerekmektedir (Güven ve Karataş, 2009). Cha ve Noss (2001), okullarda öğrencilere çember, açıortay, orta dikme gibi basit geometrik yer örneklerinin doğrudan verildiğine dikkat çekerek bu durumun öğrencilerde geometrik yer problemlerinin çözümünü bir geometrik şekil çizmek gibi yüzeysel bir düşüncenin oluşmasına neden olduğunu ifade etmiştir. Botana ve Valcarce (2003), çeşitli nesnelere farklı hareketlerle zihinsel görselleştirmede yaygın olarak karşılaşılan güçlükler nedeniyle doğru, çember gibi basit geometrik yer problemlerinin dışında birçok geometri testinde bu tür problemlerin bulundurulmasından kaçınıldığını belirtmiştir.

Birçok araştırmacı mevcut sıkıntılarını gidermede DGY'lerin geometrik yer problemlerinin çözümündeki faydalarından bahsederek geometrik yer özelliklerine dikkat çekmiştir (Gao, 1998; Güven, 2002; Güven, 2008; Güven ve Karataş, 2009; Gómez- Chacón ve Escribano, 2011; Kokol-Voljc, 2007; Jahn, 2002; Jares ve Pech, 2013; Pech, 2012; Real ve Leung, 2006).

DGY'ler geometrik yer problemlerinin çözüm sürecinde geometrik yerin tanımından hareketle verilen şartı sağlayan noktanın değişik pozisyonlarını ele almakta ve bunları birleştirerek geometrik yeri belirlemektedir (Botana, Aba' Nades ve Escribano, 2009). Botana ve Valcarce (2003) bu yazılımlar kullanarak yapılan çözüm sürecini ilki hareketli nokta diğeri geometrik yeri aranan nokta olmak üzere iki nokta seçilmesi ve ikinci noktanın ilk noktaya bağlı olarak hareket ettirilmesi şeklinde açıklamışlardır. Böyle bir çözüm yoluyla geleneksel ortamlarda ihmal edilen verilen şartları sağlayan keyfi bir noktayla başlayıp bu noktanın genellenmesini öngören nokta tabanlı düşünceyi geliştiği düşünülmektedir (Cha ve Noss, 2001).

Güven ve Karataş (2009) DGY'ler kullanılarak geometrik yer problemlerinin çözümünde gerekli olan ve geleneksel ortamlarda gerçekleştirilmesi çokta mümkün olmayan anlık gösterimlerin sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre öğrenciler bu yolla çeşitli varsayımlarda bulunabilmekte ve bu durumda onların hayal gücünü geliştirmektedir. Bu yazılımların sahip oldukları İz Bırakma ve Geometrik Yer gibi özellikler geometrik yer problemlerinin çalışılması için yeni olanaklar sunmaktadır (Cha ve Noss, 2001; Jahn, 2002). Bu araç çubukları kullanılarak mevcut müfredat tarafından reddedilen fonksiyonel düşünme biçimini desteklemektedir (Cha ve Noss, 2001; Falcade, Laborde ve Mariotti, 2007).

Araştırmacıların DGY'lerin geometrik yer konusunun öğretimindeki potansiyeline ilişkin açıklamalarına karşın alan yazın incelendiğinde geometrik

yer problemlerinin çözümünde DGY kullanımını farklı açılardan ele alan ve öğretim ortamındaki etkisini araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu konu üzerinde çalışan araştırmacıların birçoğu çalışmalarında ele aldıkları bir geometrik yer probleminin DGY kullanarak çözüm aşamasını sunmuşlardır (Antohe, 2009; Baki vd., 2009; Botana ve Valcarce, 2003; Botana vd., 2009; De Villiers, 2008). Güven (2008), çalışmasında DGY kullanarak yapılan geometrik yer probleminin çözüm sürecinden yararlanarak tündengelimli bir ispatın yapılışında DGY'nin potansiyelini ortaya koymuştur. Gorghiu vd. (2009) çalışmalarında geometrik yerin öğretimini ele alarak geometrik yer problemlerinin çözümünde Cabri yazılımının eğitsel özelliklerini vurgulamıştır. Köse, Uygan ve Özen (2012) çalışmalarında sürüklemenin tarihçesinden bahsederek dinamik geometri yazılımdan sürüklenme çeşitlerini bir geometrik yer problemi üzerinde tanıtmıştır. Ayrıca, geometrik yer problemlerinin çözümünde DGY ve BCS'leri birlikte kullanan çalışmalarda bulunmaktadır. Pech (2012) çalışmasında geometrik yer probleminin çözümünde dinamik geometri yazılımı ve bilgisayar cebir sistemini birlikte kullanmıştır. Araştırmacı, DGY'nin geometrik yeri belirlemede ve parametreler değiştirildiğinde verilen özelliklerin sabit kaldığını gözlemlene etkili olduğunu belirtmiştir. Ancak araştırmacı dinamik geometri yazılımıyla elde edilen sonuçların her zaman ispat yapmada yeterli olmayacağını dile getirmiş ve ispat aşamasında BCS'nin nasıl kullanılabileceğini bir geometrik yer problemi üzerinden örneklendirmiştir. Jares ve Pech (2013) çalışmasında DGY ve BCS kullanarak verilen özellikleri sağlayan noktaların geometrik yerini araştırmayı amaçlamışlardır. Araştırmacılar, DGY'nin geometrik yerin araştırılmasına olanak verdiği ve varsayımda bulunmayı sağladığını belirtirken geometrik yerin denklemini bulurken sembolik hesaplamalar yapan BCS kullanmışlardır. Silfverberg'in (2004) yürüttüğü çalışmada geometri dersini alan matematik öğretmen adaylarına geometrik yer eğrilerinin oluşturulmasında DGY ve BCS kullanmaları için fırsat verilmiştir. Bu



yolla öğretmen adayları bu iki yazılımın farklı ve benzer yönlerini karşılaştırma fırsatı sunmuşlardır. Öğrenciler geometrik yer eğrisini öncelikle dinamik geometrik yazılımı olan GEONExT oluşturmaları istenmiştir. Bu çalışmaların yanı sıra, DGY'lerin öğrencilerin geometrik yer konusunda ki başarıları üzerindeki etkisini araştıran çalışmalarda bulunmaktadır. Güven ve Karataş (2009) ve Pekdemir (2004) yürüttükleri deneysel çalışmalarda, kullanılan yazılımın öğretmen adaylarının geometrik yer konusundaki başarısını olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Gómez-Chacón ve Escribano (2011), öğretmen adaylarıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarını durum çalışması olarak desenlemişlerdir. Öğretmen adaylarının dinamik geometrik yazılımı üzerinde çalışırken görsel, analitik ve işlemsel (instrumental) düşünme biçimleri ve yaşadıkları zorluklar ele alınmıştır.

Bu çalışmada, öğretmen adaylarının geometrik yer konusunda yaşadıkları sıkıntılar ve bu konuda DGY'lerin sağladığı fırsatlar dikkate alınarak, onların geometrik yer problemlerinin çözüm sürecinde dinamik bir ortamda deneyim yaşamalarının önemli olduğu düşünülmüştür. Çalışma esnasında öğretmen adaylarına verilecek olan problemlerin kâğıt-kalem ve DGY kullanılarak çözümü sağlanmış, böylece öğretmen adaylarının çözüm yaparken zorlandıkları noktalar ve yazılımın sağladığı avantajlar belirlenmeye çalışılmıştır. Kâğıt-kalem kullanılarak yapılan çözümlerden elde edilen bulguların geleneksel ortamlarda bu problemlerin çözüm süreçleri ve bu süreçte yaşanan sıkıntılar noktasında literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu yazılımların kâğıt-kalem kullanılarak yapılan çözüm sürecine etkisi ve bahsedilen sıkıntıları gidermedeki rolünün belirlenmesi önemli bulunmuştur. Bu bağlamda bu çalışmada, geleneksel araçlar (kâğıt-kalem) ve dinamik geometri yazılımı kullanarak yaptıkları çözüm süreçlerini incelemek amaçlanmıştır. Araştırmanın bir diğer

amacı, öğretmen adaylarının geometrik yer probleminin çözümünde DGY kullanımı ile ilgili görüşlerini belirlemektir.

Araştırmanın problem cümlesi “Öğretmen adaylarının kâğıt-kalem ve Dinamik Geometri Yazılımı (DGY) kullanarak geometrik yer problemlerini çözme süreçleri ve dinamik geometri yazılımı kullanılarak yapılan çözüm sürecine ilişkin görüşleri nasıldır?” şeklinde olup alt problem aşağıda sunulmuştur:

- Öğretmen adaylarının kâğıt-kalem kullanarak geometrik yer problemlerini çözme süreçleri nasıldır?
- Öğretmen adaylarının dinamik bir geometri yazılımı kullanarak geometrik yer problemlerini çözme süreçleri nasıldır?
- Öğretmen adaylarının dinamik geometri yazılımı kullanarak yaptıkları çözüm sırasında kullandıkları ön bilgilere ilişkin görüşleri nasıldır?
- Öğretmen adaylarının dinamik geometri yazılımı kullanarak yaptıkları çözüm sırasında matematiksel bilgi konusunda yaşadıkları sıkıntılara ilişkin görüşleri nasıldır?
- Öğretmen adaylarının dinamik geometri yazılımı kullanarak yaptıkları çözüm sırasında yazılımın araç çubuklarını kullanma konusunda yaşadıkları sıkıntılara ilişkin görüşleri nasıldır?
- Öğretmen adaylarının problemin dinamik geometri yazılımı kullanarak çözümünün gerekliliğine ilişkin görüşleri nasıldır?

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışma, nitel araştırma yaklaşımlarından durum çalışması olarak desenlenmiştir. Bu çalışmalarda durum bir birey, sınıf, okul ya da program olabileceği gibi bir olay aktivite ya da devam eden bir süreçte olabilir (Fraenkel

ve Wallen, 2006: 438). Bu çalışmada öğretmen adaylarının geometrik yer problemini çözme süreçleri durum olarak ele alınmıştır.

## 2.2.Katılımcılar

Araştırma İlköğretim Matematik Öğretmenliği Programı'nın son sınıfında okuyan 36 (20=bayan, 16=erkek) öğretmen adayının katılımıyla gerçekleşmiştir. Katılımcılar seçmeli alan dersi olarak okutulan "Geometri Öğretimi" dersini alan adaylardan oluşmaktadır. Bu ders kapsamında öğretmen adayları dersin sorumlusu tarafından geometrinin tanımı, yapısı ve gerçek hayatta kullanımı, geometri öğretimi ve geometri öğretiminde kullanılan yöntem-teknikler ve geometri öğretiminde kullanılan DGY'ler hakkında bilgilendirilmektedirler. Ardından bilgisayar laboratuvarında gerçekleştirilen derslerde gösterip yaptırma yöntemi kullanılarak öğretmen adayları bir dinamik geometri yazılımı olan Cabri programının kullanımını öğrenmekte ve uygulamalar yapmaktadırlar. Çalışmada bir geometri konusu olan geometrik yer problemlerinin kâğıt-kalem ve yazılım kullanılarak çözüm süreçleri incelendiğinden, katılımcıların belirlenmesinde geometrik yer konusunda bilgi sahibi olan ve teknoloji derslerini alan öğretmen adaylarının yer alması önemli görülmüştür. Geometrik yer konusu hem "Geometri" hem de "Analitik Geometri" dersi kapsamında yer almakta olup öğretmen adayları Geometri dersini 1. Sınıfta, Analitik Geometri dersini ise 3. Sınıfta almışlardır. Bilgisayar kullanımını ile ilgili dersler 1. Sınıfta okutulmaktadır. Bu nedenle son sınıfta okuyan öğretmen adaylarıyla çalışılmıştır. Öğretmen adayları daha önce geometri öğretiminde kullanılan dinamik geometri yazılımlarının kullanımı hakkında herhangi bir eğitim almamıştır. Araştırmanın başında katılımcılara çalışmanın kapsamı anlatılmış, gönüllü olup olmadıkları sorulmuştur. Dersi alan öğretmen adaylarının hepsi Gönüllü Katılımcı formlarını imzalayarak çalışmaya katılmaya gönüllü olmuşlardır.

### 2.3. Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada veri çeşitlemesi yoluna gidilerek veriler araştırmacı günlüğü notları, cevap kâğıtları, katılımcı raporları, ekran görüntüleri aracılığıyla derlenmiştir.

**2.3.1. Araştırmacı Günlüğü Notları:** Araştırmacı iki grupta da dersi işledikten hemen sonra katılımcıların derse olan ilgilerine, katılımlarına, programla ve içerikle ilgili görüşlerine ve yaşadıkları sıkıntılara yönelik gözlemlerini bir deftere kaydetmiştir. Kayıt esnasında derslerde alınan küçük notlara dayanarak doğrudan alıntılara, öğrenci yorumlarına yer vermiş ve o ders ile ilgili kendi görüşlerini belirtmiştir.

**2.3.2. Cevap Kâğıtları:** Dersin başında öğretmen adaylarına o derste yapılacak etkinliğe ait geometrik yer probleminin yazılı olduğu kâğıtlar dağıtılmış ve onlardan bu problemi çözmeleri istenmiştir.

**2.3.3. Katılımcı Raporları:** Çalışmada öğretmen adayları yaptıkları her etkinlik için katılımcı formlarını doldurmuşlardır. Bu form İpek (2010) tarafından geliştirilen formdan faydalanılarak uzman görüşleri çerçevesinde araştırmacı tarafından geometrik yer problemlerinin çözüm süreçlerini kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. Bu veri toplama aracı ile öğretmen adaylarından Cabri programı kullanarak problemi çözüm süreçlerini yaptıkları hatalarla birlikte açıklamaları; kullandıkları ön bilgileri, matematiksel bilgi ve araç çubuğu bilgisi bağlamında yaşadıkları sorunları belirtmeleri; söz konusu etkinlik için dinamik geometri yazılımının gerekli olup olmadığını ifade etmeleri istenmiştir.

**2.3.4. Ekran Görüntüleri:** Öğretmen adayları Cabri programıyla çalışırken ekran kaydetme programı kullanılarak ekran görüntüleri kaydedilmiştir. Bu görüntüler katılımcı raporları ve araştırmacı günlüğü notlarındaki verileri desteklemek ve

öğretmen adaylarının yaptıkları ile söyledikleri arasındaki ilişkinin tutarlılığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

#### 2.4. Uygulama Süreci

Bu çalışmada bir dinamik geometri yazılımı olan Cabri programı kullanılmıştır. Dinamik geometri yazılımları içerisinde bu programın seçilme nedeni, araştırmacının programı kullanma konusunda deneyimli olmasıdır. Ayrıca yapılan çalışmalarda geometrik yer problemlerinin çözüm sürecinde Cabri programının etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Cha ve Noss, 2001; Güven, 2008; Güven ve Karataş, 2009; Jahn, 2002; Pekdemir, 2004) bu programın tercih edilme nedenlerinden biridir. Uygulama 9 hafta sürmüştür. İlk 5 haftalık süreçte araştırmacı tarafından öğretmen adaylarına yazılım tanıtılarak geometrik yer konusundan bahsedilmiştir. Yazılım kullanılarak geometrik yer problemlerinin nasıl çözüleceği adaya paralel iki doğruya eşit uzaklıktaki noktaların geometrik yeri, sabit bir doğru parçasını sabit açı altında gören noktaların geometrik yeri, bir doğruya 3 cm ve bu doğru üzerindeki bir noktaya 5 cm uzaklıktaki noktaların geometrik yeri vb. örneklerden oluşan 10 geometrik yer problemi üzerinden gösterilmiştir. Uygulamanın son 4 haftasında öğretmen adayları bireysel olarak verilen 6 geometrik yer problemini kâğıt-kalem ve yazılım kullanarak çözmüşlerdir. İlköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim düzeyinde geometrik yer konusu ile ilgili öğretim programlarının incelenmesinin ardından etkinliklerde düzlemde geometri konularını, analitik geometriden konikleri ve cebirsel ifadelerin grafiklerinin geometrik yer ile çözümünü kapsayan geometrik yer problemlerine yer verilmiştir. Her bir etkinlik için öğretmen adayları verilen problemi ilk önce kâğıt üzerinde çözmüştür. Ardından yazılım kullanılarak çözüm yapılmıştır. Kâğıt üzerinde öğretmen adaylarının problemi çözüm süreçleri ortalama 10-15 dakika iken program kullanılarak yapılan çözümler 30-35 dakika sürmüştür. Bu süreler arasındaki farklılığın,

öğretmen adaylarının kâğıt üzerinde çözüm yaparken tek bir çözüm yapıp farklı çözüm yolu denememeleri, program üzerinde çalışırken programın dönüt özelliğinden dolayı yaptıkları hataların farkına vararak farklı çözüm yolları denemelerinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Problemler araştırmanın amacına uygun olarak problemlerin kâğıt ve program üzerinde çözüm sürecini iyi bir şekilde yansıtabilecek şekilde uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında,6 geometrik yer problemi içerisinde 2 problemde elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu problemler 7. hafta çözülen üçgenin iç teğet ve bir dış teğet çemberinin merkezini geometrik yeriyle ilgilidir. Bu çalışma kapsamında yer alan 2 etkinlik ortak soru kökü nedeniyle öğretmen adaylarına tek bir kâğıtta verilmiştir. Ancak veriler analiz edilirken etkinlikler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Öğretmen adaylarına:

“Köşeleri bir çember üzerinde olan bir ABC üçgeninin A köşesi çember üzerinde bir tam tur attığında;

- Üçgenin iç teğet çemberinin merkezini geometrik yeri nedir?
- Üçgenin BC kenarına ait dış teğet çemberinin merkezini geometrik yeri nedir?” problemleri sorulmuştur.

## 2.5. Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen nitel veriler Miles ve Huberman (1994: 10) tarafından önerilen veri azaltma (data reduction), veri sunumu (data display) ve sonuç çıkarma/yorumlama (conclusion drawing/verification) aşamaları takip edilerek çözümlenmiştir. Veri analizi esnasında gizliliği sağlamak için öğretmen adayların isimleri yerine ÖA1 (Öğretmen Adayı 1), ÖA2 (Öğretmen adayı 2) şeklinde kodlar verilmiştir.

## 2.6. Cevap Kâğıtlarının Analizi

Veri analiz sürecinin ilk aşamasında, katılımcıların kâğıt-kalem kullanarak yaptıkları çözümler incelenerek kategoriler oluşturulmuştur. Yapılan incelemeler sonucu problemin a şıkkı için elips, çember, iki yay parçası, dörtgen, paralelkenar, daire ya da elips, çember ya da elips, değişmez ve cevap veremeyen olmak üzere 9 kategori oluşturulurken b şıkkı için elips, çember, yay, doğru, doğru parçası, değişmez, boş ve cevap veremeyen olmak üzere 8 kategori oluşturulmuştur. Problemin çözümü esnasında bir sonuca ulaşamayanlar cevap veremeyen kategorisinde ele alınmıştır. Her bir kategorinin görülme sıklığı (frekans) belirlenmiştir. Bulguların sunumu esnasında her bir kategori için örnek çözümler verilmiştir. Bahsedilen kategoriler altında yer alan cevaplar katılımcıların hata yaptıkları noktalar, çizilen şeklin doğruluğu, yapılan matematiksel açıklamanın niteliği ve kâğıt-kalem gibi geleneksel ortamlarda kullanılan araçların problemin çözümünde yarattığı sıkıntılar dikkate alınarak yorumlanmıştır. Ayrıca, araştırmacı günlüğünden elde edilen veriler uygulama sürecini yansıtmak amacıyla kullanılmış ve doğrudan alıntılarla öğretmen adaylarının ve araştırmacının görüşlerine yer verilmiştir.

## 2.7. Araştırmacı Günlüğü Notlarından Elde Edilen Verilerin Analizi

Araştırmacı uygulama sürecini gözlemleyerek bir deftere not etmiştir. Buradaki veriler süreci yansıtmak amacıyla kullanılmış olup araştırmacının ve öğretmen adaylarının ders esnasındaki görüşlerini aktarmak için doğrudan alıntılar olarak verilmiştir.

## 2.8. Katılımcı Raporlarından Elde Edilen Verilerin Analizi

Öğretmen adayları araştırmacının rehberliğinde 6 etkinlik yapmış olup her bir etkinliğe ait katılımcı raporunu doldurmuşlardır. Katılımcı raporları öğretmen

adaylarının programda çözüm sürecini, kullandıkları ön bilgileri, programı kullanırken matematiksel bilgi-araç çubuğu bilgisi konusunda zorlandıkları noktaları ve dinamik geometri yazılımının söz konusu etkinlik için gerekli olup olmadığını sorgulayan sorulardan oluşmuştur. Bu veri toplama aracından elde edilen verileri çözümlenirken kod listesi oluşturularak frekansları belirlenmiştir.

## 2.9. Ekran Görüntülerinden Elde Edilen Verilerin Analizi

Etkinliği tamamlayabilen öğretmen adayı sayısını belirlemek ve farklı çözüm yolları deneyen adayların çözüm yollarını incelemek amacıyla kayıt altına alınan ekran görüntüleri tekrar tekrar izlenmiştir.

## 2.10. İnandırıcılık

Araştırmada inandırıcılığı sağlamak amacıyla bahsedilen işlemler gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, öznel algısından kaynaklanabilecek etkiyi azaltmak ve topladığı verilerin inandırıcılığını artırmak amacıyla 9 haftalık bir uygulama yaparak öğretmen adaylarıyla uzun süreli etkileşimde bulunmuştur. Araştırmacı farklı veri toplama araçlarından elde ettiği sonuçları birbirleriyle karşılaştırarak yorumlamış böylece açıkça farkında olunmayan bazı ilişkileri ortaya çıkarmaya çalışmıştır. Araştırma sırasında farklı veri toplama araçları kullanılarak veri çeşitlemesi yoluna gidilmiştir. Farklı zamanlarda ve farklı türlerde toplanan bu veriler birbirlerini desteklemek amacıyla kullanılmıştır. Araştırmacı "Araştırmacı Günlüğü Notları" vasıtasıyla araştırma sürecini kayıt altına almıştır. Veri toplama araçlarının geliştirilmesinde ve veri analiz tekniklerinin belirlenmesinde uzman öğretim üyelerinin görüşleri alınmıştır. Analiz araştırmacılarından biri tarafından yapılmıştır. Tüm analizin yapılmasının ardından diğer araştırmacı yapılan analizi kontrol ederek araştırmacı teyidi alınmıştır. Araştırmanın yöntemi, çalışma grubu, çalışmanın yapıldığı ortam, araştırmacının özellikleri, veri toplama aracı, veri analiz teknikleri ve uygulama



süreci ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Verilerin sunulmasında doğrudan alıntılara ve öğrenci cevaplarına yer verilmiştir. Öğretmen adaylarının cümlelerinin seçimi sırasında en çok tekrar eden ve amacı en iyi ifade eden görüşler tercih edilmiştir. Bulguların sunumu esnasında oluşturulan başlıklar, cevap kâğıtlarının analizi sonucu öğretmen adaylarının kâğıt kalem kullanarak yaptıkları çözümleri ve katılımcı raporunda yer alan soruları içerecek şekilde belirlenmiştir. Diğer veri toplama kaynaklarından elde edilen bulgular bu başlıklar altındaki bulgularla birleştirilerek bütüncül bir şekilde sunulmaya çalışılmıştır.

### **3. BULGULAR VE YORUM**

Çalışmanın yapıldığı hafta ilk etkinliği problemin a şıkkı oluşturmuştur. Problemin a şıkkında öğretmen adaylarından çözüm esnasında “İç teğet çemberin merkezi üçgenin iç açıortaylarının kesişim noktasıdır.” bilgisini kullanmaları beklenmektedir. Bu problem, program üzerinde kolaylıkla çözülecek bir problem olmasına rağmen kâğıt üzerinde oluşacak şeklin tahmin edilmesinde zorlanılabilecek bir sorudur. Araştırmacı soruyu gruplardan birer kişiye okutarak adayların düşüncelerini almıştır. Öğretmen adaylarından bir kısmı sorunun zor ve karmaşık olduğunu ifade ederken, bir kısmı ise soruyu anlamadıklarını belirtmişlerdir. İki gruptan sadece bir öğretmen adayı sorunun kolay olduğunu söylemiştir. Ayrıca öğretmen adaylarından bazıları problemin programla daha kolay çözüleceğini, bu nedenle kâğıt üzerinde uğraşmalarına gerek olmadığını ifade etmişlerdir.

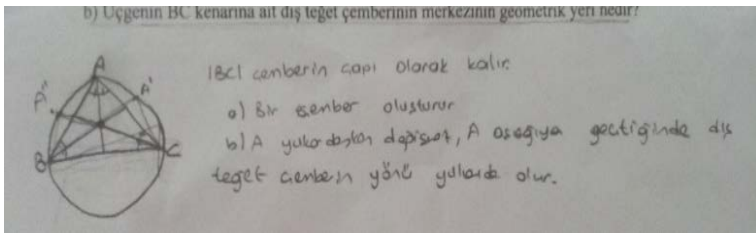
#### **3.1. Problemin Kâğıt-Kalem Kullanılarak Yapılan Çözümüne İlişkin Bulgular ve Yorumlar**

Problemin okunmasının ardından kâğıt üzerinde çözüme geçilmiştir. Adayların bu soruya verdikleri cevaplar Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1. Adayların Problemin a şıkkına Verdikleri Cevaplar**

Cevap Kategorileri	Frekans
Elips	10
Çember	9
İki yay parçası	1
Dörtgen	1
Paralelkenar	1
Daire ya da elips	1
Çember ya da elips	1
Değişmez	2
Cevap veremeyen	10

Tabloda görüldüğü gibi öğretmen adaylarından sadece bir tanesi soruya doğru cevap vermiştir. Öğretmen adaylarının cevapları genel olarak ele alındığında üçgenin iç teğet çemberinin merkezinin iç açıortayların kesişim noktası olduğuna dair herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır. Adaylardan sadece biri (ÖA26), şekil üzerinde aldığı doğruların açıortay olduğunu göstermiştir. ÖA26'nın cevabı Şekil 1'de sunulmuştur.

**Şekil 1. ÖA26'nın Çözümü**

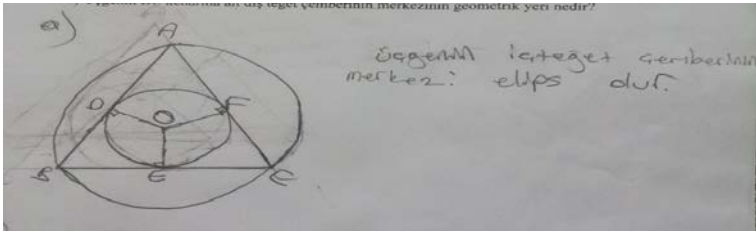
Öğretmen adaylarından ikisi A noktası hareket ettikçe iç teğet çemberin merkezinin değişmeyeceğini düşünmüştür. Elips cevabını veren 10 öğretmen adayı bulunmaktadır. Bu öğretmen adaylarının cevapları üç kategoride (K: kategori) ele alınmıştır:

K1. Şekil üzerinde oluşan geometrik yeri göstermeyip direkt elips yazarlar ( $n=4$ )

K2. Çizdikleri elips B ve C noktalarından geçmeyenler ( $n=3$ ).

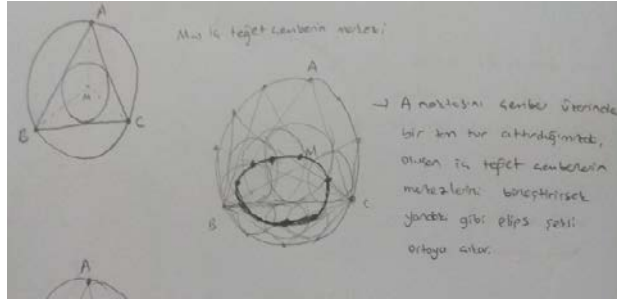
K3. Çizdikleri elips B ve C noktasından geçenler ( $n=3$ ).

K1 kategorisinde bulunan öğretmen adayları bahsettikleri geometrik yeri şekil üzerinde göstermemişlerdir. Sadece üçgenin iç teğet çemberini çizen adaylar A noktasına göre farklı konumları dikkate almamışlardır. Bu öğretmen adaylarının sonucu tahmin yoluyla yazdıkları düşünülmektedir. Şekil 2’de bu kategoride bulunan bir öğretmen adayının cevabı sunulmuştur.



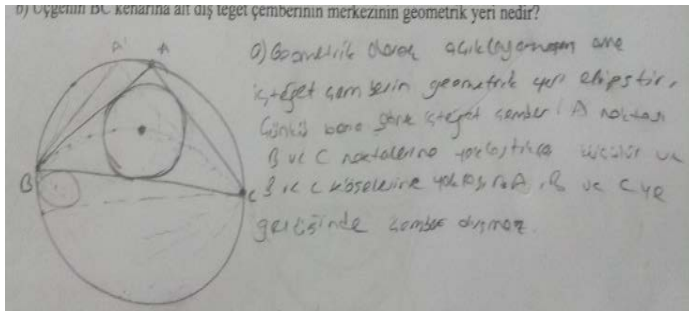
**Şekil 2.** ÖA29’un Çözümü

K2 kategorisindeki öğretmen adayları geometrik yerin elips olacağını ifade etmişlerdir. Şekiller incelendiğinde öğretmen adaylarının çizdikleri elipslerin B ve C noktalarından geçmediği görülmektedir. Öğretmen adayları birkaç tane durumu ele alarak yanlış sonuca ulaşmışlardır. Bu sonuç, kâğıt-kalem kullanılarak yapılan çözüm esnasında sınırlı durum üzerinde çalışılmasından dolayı öğrencilerin yanlış genellemeler yapmasına neden olduğu şeklinde yorumlanabilir. Şekil 3’te bu kategoride yer alan öğretmen adaylarından birinin (ÖA23) çözümü sunulmuştur.



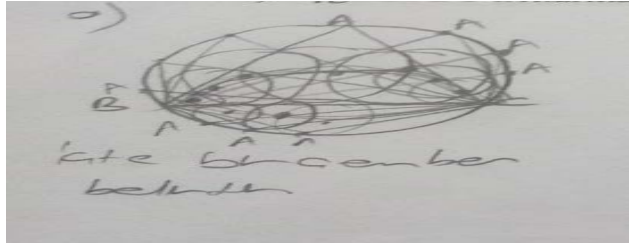
**Şekil 3.** ÖA23'ün Çözümü

K3 kategorisinde bulunan öğretmen adaylarının çizdiği şekiller incelendiğinde, soruyu doğru çözdükleri söylenebilir. Adayların şekli düzgün çizememeleri ya da BC kenarının çemberin merkezine yakın alınması oluşan geometrik yerin elipse benzetilme nedenlerinden olabilir. Bu durum göz yanılması olarak değerlendirilebilir. Şekil 4'te bu kategoride yer alan öğretmen adaylarından birinin (ÖA11) çözümü sunulmuştur.



**Şekil 4.** ÖA11'in Çözümü

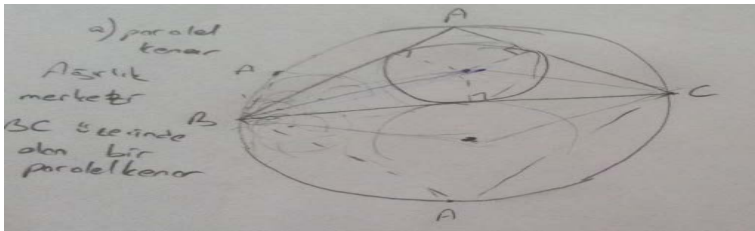
Öğretmen adaylarından 9 tanesi çember cevabını vermiştir. Bu cevabı veren adayların bir tanesi hariç (ÖA22) diğerlerinin A noktasının farklı durumlarını ele almadıkları direkt cevabı yazdıkları görülmektedir. Ö22'nin çözümü Şekil 5'te sunulmuştur:



**Şekil 5.** ÖA22'nin Çözümü

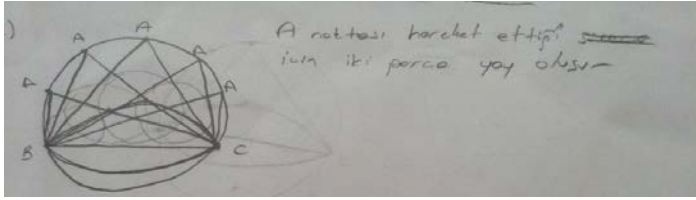
Çözüm incelendiğinde çizilen şeklin doğru olduğu söylenebilir. Ancak aday bunu çember olarak nitelendirmiştir.

Çember ya da elips ve daire ya da elips cevabını veren öğretmen adaylarının çözümleri incelendiğinde şekil üzerinde bir şey göstermedikleri sadece sonucu yazdıkları görülmektedir. Bu durum adayların cevabı tahmin yoluyla bulduklarını göstermektedir. Paralelkenar ve dörtgen cevabını veren öğretmen adayları ise, A noktası hareket ettikçe  $\hat{B}$  ve  $\hat{C}$  açılarının büyüyüp küçüleceğini dolayısıyla açıortayların değişeceğini dikkate almamışlardır. Böylece adaylar merkez noktalarının açıortay üzerinde kalacağını düşünmüşlerdir. Adaylardan birinin (ÖA16) çözümü Şekil 6'da sunulmuştur.



**Şekil 6.** ÖA16'nın Çözümü

İki yayın birleşimi cevabını veren yani doğru cevap veren bir öğretmen adayı (ÖA5) bulunmaktadır.



**Şekil 7.** ÖA5'in Çözümü

Şekil incelendiğinde adayın K3'te yer alan öğretmen adaylarına benzer çözüm yaptığı görülmektedir. Bu durum K3 kategorisinde bulunan öğretmen adaylarının yukarıda sayılan sebeplerden dolayı soruyu doğru çözmelerine rağmen yanlış sonuca ulaşmalarına neden olduğunu desteklemektedir.

Bazı öğretmen adayları ( $n=3$ ) çözüm kâğıtları üzerinde problemle ilgili görüşlerini yazmışlardır. Bu öğretmen adayları problemin zor olması nedeniyle sonuca ulaşamadıklarını dile getirmişlerdir. Öğretmen adaylarından birinin yorumu şu şekildedir:

“Kâğıt üzerinde yapılamayacak kadar zor ve soyut bir soru olduğu için tam ifade edemedim.” (ÖA31, Cevap Kağıdı I. Etkinlik)

Problemin b şıkkına gelindiğinde ise, öğretmen adaylarının “Dış teğet çemberin merkezi iki dış bir iç açıortayın kesişim noktasıdır.” bilgisini kullanmaları istenmektedir. Öğretmen adaylarının birçoğu dış teğet çemberin ne olduğunu bilmediklerini ve soruyu anlamadıklarını ifade etmişlerdir. Adaylardan biri yüksek sesle “Nasıl yani çevrel çember mi?” şeklinde bir soru yöneltmiştir. Öğretmen adaylarının bu konuda bilgi eksikliklerinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu noktada araştırmacı her üçgenin kenarlarına dıştan teğet olan 3 tane dış teğet çemberinin olduğunu söyleyerek kafalarında oluşan soru işaretini gidermeye çalışmıştır. Böylece araştırmacı bilgi eksikliğinden oluşacak hataları bu noktada

engelleyip öğretmen adaylarının problemi çözmelerine katkıda bulunmaya çalışmıştır.

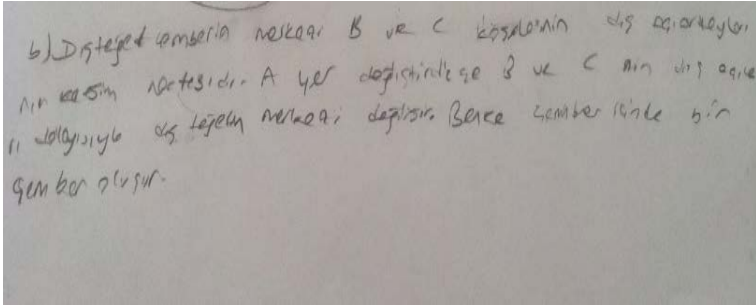
Sorunun çözümüne gelindiğinde ise,  $\triangle ABC$ 'nin A köşesi çember üzerinde bir tam tur attığında üçgenin BC kenarına ait dış teğet çemberinin merkezinin geometrik yeri ayrı iki yay parçası belirtmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde öğretmen adaylarının neredeyse yarısının cevap veremeyen kategorisinde bulunarak soruya cevap veremediği görülmektedir. Bu öğretmen adaylarının soruyla uğraştıkları ancak sonuca ulaşamadıkları görülmektedir.

**Tablo 2: Adayların Problemin b Şikkına Verdikleri Cevaplar**

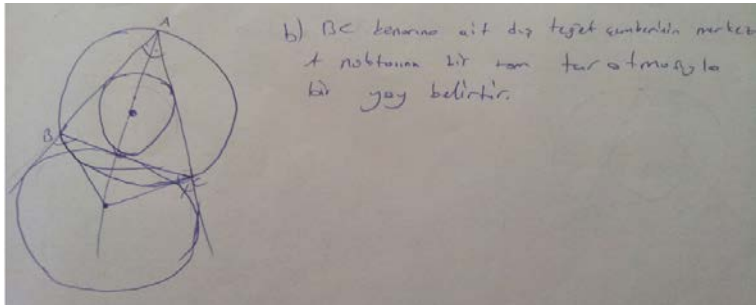
Cevap Kategorileri	Frekans
Elips	2
Çember	4
Yay	1
Doğru	1
Doğru parçası	1
Değişmez	3
Boş	8
Cevap veremeyen	16

Öğretmen adayları cevap kâğıtlarında “Bulamadım.”, “Düşünemedim.”, “Fikrim yok.” şeklinde ifadelerde bulunmuşlardır. Elips, doğru ve doğru parçası cevabını veren öğretmen adayları şekil üzerinde bir şey yapmayı yalnızca cevabı yazmışlardır. Çember cevabını veren adaylara gelindiğinde ise iki kişinin istenen bilgiye sahip olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (ÖA11) çözümü Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 8. ÖA11'in Çözümü

Değişmez cevabını veren öğretmen adayları A köşesi [BC]'nin üst tarafındayken [BC] değişmediğinden dolayı merkezin aynı yerde kalacağını, alt tarafa geçtiğinde ise merkez noktanın [BC]'nin üst tarafına çıkacağını düşünmektedirler. Yay belirteceğini düşünen öğretmen adayının cevabı ise doğru cevaba en yakındır. Öğretmen adayının çözümü incelendiğinde problemde istenen bilgiye sahip olduğu görülmektedir. Ancak öğretmen adayı oluşacağını söylediği yay parçasını şekil üzerinde göstermemiştir. Öğretmen adayının çözümü şu şekildedir:



Şekil 9. ÖA1'in Çözümü

### 3.2. Problemin Program Kullanılarak Yapılan Çözümüne İlişkin Bulgular ve Yorumlar



Öğretmen adaylarının kâğıt üzerinde çözümü yapmalarının ardından program üzerinde problemin çözümüne geçilmiştir. Programla yapılan çözüm esnasında doğru sonuca ulaşan öğretmen adayı sayısının kâğıt üzerindeki çözümlerdekine göre oldukça fazla olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak a şıkkı için 1 b şıkkı için 2 öğretmen adayı doğru sonuca ulaşamamıştır.

Öğretmen adaylarının kâğıt üzerinde yaptıkları çözümler yukarıda sunulmuştur. Bu çözümler incelendiğinde a şıkkında yer alan problemin çözümünde öğretmen adaylarının iç teğet çemberin merkezinin iç açıortayların kesişim noktası olduğuna dair hiçbir açıklama yapmadıkları görülmüştür. Benzer şekilde adayların birçoğu programda çalışırken bu bilgiyi kullanmayarak üçgene içten teğet gibi görünen çember çizmişlerdir. Öğretmen adaylarının iç teğet çemberin özelliklerini kullanmaması, onların kâğıt ve program üzerinde çözüm yaparken hata yapmalarına neden olmuştur. Kâğıt üzerinde çözüm yaparken herhangi dönüt almayan öğretmen adayları yaptıkları yanlışların farkına varamamıştır. Ancak adaylar program üzerinde çalışırken programın dönüt özelliği sayesinde yaptıkları yanlışların anında farkına vararak düzeltme yoluna gitmişlerdir. Bu konuda araştırmacı günlüğe aşağıdaki notu düşmüştür:

“İlk etkinliği yaparken başlangıçta öğretmen adaylarından neredeyse hiç biri iç teğet çemberi doğru çizemedi. Çünkü programın dinamik yapısını göz ardı edip teğet gibi görünen çemberler çiziyorlardı. A noktası hareket ettikçe çizdikleri çemberler hareket etmiyor teğetlik bozuluyordu.”  
(Araştırmacı günlüğü notları)

Gerekli bilgileri kullanmayan adaylar çemberin merkezini ve üçgene teğet olduğu noktaları belirlerken güçlük yaşamışlardır. İç teğet çemberin merkezinin iç açıortayların kesim noktası olduğunun farkına varan adaylar çözüme devam etmişlerdir. Öğretmen adayları problemin çözümünde kullanmaları gereken bilgiyi öğrendikten sonra etkinliği kolaylıkla tamamlayarak doğru sonuca

ulaşmışlardır. Etkinlik esnasında öğretmen adaylarının birçoğu programı rahatlıkla kullanmıştır. Araştırmacının bu konudaki görüşleri şu şekildedir:

“Öğretmen adayları kullanılacak bilgiyi öğrendikten sonra şekli kolayca çizdiler. Adaylar bu hafta programı kullanmakta sıkıntı yaşamıyorlardı. İki gruptan sadece bir iki öğrenci izi, animasyonu nereye vereceğiz diye sordu. Ama hem bilgi eksikleri vardı hem de bilgilerini nerede kullanacaklarını bilmiyorlardı.”(Araştırmacı günlüğü notları)

Etkinliğin sonunda aranan geometrik yer iki yayın birleşimi şeklinde çıkmıştır. Ancak birçok öğretmen adayı çıkan şekli elipse benzetmiştir. Öğretmen adayları burada da kâğıttaki gibi yanılığ içerisine düşmüşlerdir. BC kenarını merkezden uzaklaştırdıkları zaman alttaki yay parçası küçülmüş öğretmen adayları oluşan geometrik yerin iki yayın birleşimi olduğunu net olarak görmüşlerdir.

Ardından araştırmacı öğretmen adaylarından elde ettikleri bu yayları çembere tamamlamalarını ve bu çemberlerin merkezlerinin nerede olduğunu belirlemelerini istemiştir. Ayrıca öğretmen adaylarından ilk çizdikleri çemberlerin yarıçapı ile bu çemberlerin yarıçapları arasında ilişki olup olmadığını araştırmaları istenmiştir.

Öğretmen adayları bu aşamada merkez nokta ve yayın üzerinde bir noktadan geçen çemberler çizmeye çalışmışlardır. Ancak merkez noktasını keyfi bir yerde aldıklarından istedikleri çemberi çizememişlerdir. Bazıları ise, Yay araç çubuğunu kullanarak yayları çembere tamamlamaya çalışmışlardır. Ancak bu yolla da istenilen sonuca ulaşamamışlardır. Araştırmacının yönlendirmeleriyle öğretmen adayları yay üzerinde 3 nokta alacaklarını ve “Bir çemberde herhangi bir kirişin orta dikmesi çemberin merkezinden geçer.” bilgisini kullanacaklarının farkına varmışlardır. Öğretmen adaylarından bazıları bu bilgiyi kullanarak çemberleri çizmişlerdir. Adaylar bu çemberlerin merkezleri ilk çizilen çemberin üzerinde

olduğu ancak yarıçapları arasında bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. 7 öğretmen adayı yayları çembere tamamlayarak merkezlerini belirleyememiştir.

Problemin b şikkına geçildiğinde a şikkındaki etkinliğe benzemesinden dolayı öğretmen adaylarının çözüme daha güvenli bir şekilde başladıkları gözlemlenmiştir. Ancak öğretmen adaylarından bazıları ilk etkinlikte olduğu gibi programın dinamik yapısını göz ardı edip direkt BC kenarına dıştan teğet gibi görünen çemberler çizmişlerdir. Bunun dışında öğretmen adaylarının birkaçı ise dış teğet çemberin merkezini üçgenin kenarortaylarının kesişim noktası olduğunu düşünerek hipotezlerinin doğruluğunu programda test etmişlerdir. Ancak kenarortayların kesişim noktasının yani ağırlık merkezinin üçgenin iç bölgesinde olmasından dolayı çizdikleri BC kenarına dıştan teğet olmamıştır. Öğretmen adaylarını oldukça şaşırtan bu durumu içlerinden biri şu şekilde dile getirmiştir:

“O zaman bize şimdiye kadar yanlış öğretilmiş.” (Araştırmacı günlüğü notları)

Öğretmen adaylarının üçgenin özellikleri ile ilgili yanlış bilgilere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca yanlış olmasına rağmen adayların görüşlerinde ısrarcı olmalarının, mevcut yanlışların giderilmesini ve yeni bilgilerin öğrenilmesini engellediği düşünülmektedir. b şikkında 6 öğretmen adayı yayları çembere tamamlayarak çemberlerin merkez noktalarını belirleyememişlerdir.

### 3.3. Öğretmen Adaylarının Kullandıkları Ön Bilgiler

Öğretmen adaylarından tamamı etkinlikler esnasında ön bilgilerini kullandıklarını belirtmişlerdir. Öğretmen adaylarının kullandıklarını dile getirdikleri matematiksel bilgiler iç teğet ve dış teğet çemberin çiziminde açıortayın özellikleri ( $n=27$ ); kirisin orta dikmesinin merkezden geçmesi ( $n=5$ ); çember, üçgen gibi geometrik kavramlara ait bilgiler ve geometrik tanımlar

(n=2) şeklindedir. Öğretmen adaylarının programla ilgili kullandıklarını dile getirdikleri bilgiler; çember, açortay, kesişim noktası, iz, animasyon, geometrik yer gibi araç çubuklarıdır. Adaylardan birinin görüşleri şu şekildedir:

“Kullandım. Açortayların kesim noktası iç teğet çemberin merkezidir. Kirişlerin orta dikmelerinin kesim noktası çemberin merkezidir. Dış teğet çemberin merkezi iki dış bir iç açının kesim noktasıdır.”(ÖA20, Katılımcı Raporu)

“Kullandım. İz ve animasyon bilgilerimi kullandım. Geometrik yer bulma bilgilerimi kullandım.”(ÖA25, Katılımcı Raporu)

### **3.4. Öğretmen Adaylarının Matematiksel Bilgiyi Tahmin Etmede Yaşadıkları Sıkıntılar**

Öğretmen adaylarının matematiksel bilgi konusunda yaşadıkları sıkıntılar katılımcı raporlarından elde edilen veriler ışığında değerlendirilmiştir. İlk etkinlikte öğretmen adaylarından 9’u zorlanmadığını ifade etmiştir. Öğretmen adaylarının görüşleri şu şekildedir:

“Hayır. Çünkü lise bilgilerimden faydalandım.” (ÖA24, Katılımcı Raporu)

“Önceden verilen kâğıt üzerine problemi çözdüğümüz için çözüm sürecine ilişkin bilgileri zihnimde çözümlerim. Programa geçtiğimizde şekilleri daha kolay çizdim. Programı kullanmakta kolaylık yaşadım.” (ÖA2, Katılımcı Raporu)

ÖA2’nin görüşü dikkate alındığında kâğıt üzerinde yapılan çözümlerin öğretmen adaylarının problemin çözümü için bir plan yapmaları için fırsat sağladığına işaret etmektedir. Diğer öğretmen adayları yayları çembere tamamlama ve kullanılacak bilgiyi tahmin etme noktasında zorlandıklarını belirtmişlerdir.

Öğretmen adayları bu durumun nedeni olarak daha önce bu tür problemle karşılaşmama (n=2), üçgen, çember gibi geometrik şekillerin özelliklerini hatırlayamama (n=3), bilgi eksikliği (n=1), çözümü zihinde canlandıramama (n=1), problemin soyut olması (n=1) durumlarını göstermişlerdir. Öğretmen adaylarının görüşleri şu şekildedir:

“Zorlandım. Nedeni teorik bilgi eksikliğimden kaynaklanıyor. Geometrik bilgilerimin tam olmadığından kaynaklanıyor.” (ÖA25, Katılımcı Raporu)

“Evet, biraz zorlandım. Çünkü daha önceden benzeri bir problem durumu ile karşılaşmamıştım. Ve üçgen, çember gibi geometrik şekillerin özelliklerini uzun zamandır kullanmadığımız için unutmuşum. (ÖA31, Katılımcı Raporu)

İkinci etkinliğe gelindiğinde 6 öğretmen adayı zorlanmadığını ifade etmiştir. Bu öğretmen adaylarından ikisi bir önceki etkinliğe benzediğinden dolayı zorlanmadıklarını ifade etmişlerdir. Sıkıntı yaşadığını söyleyen öğretmen adaylarının birçoğu (n=15) dış teğet çemberin çizilmesi konusunda zorlandıklarını dile getirmişlerdir. Öğretmen adayları dış teğet çemberin özelliklerini bilmediklerini ya da hatırlayamamalarını gerekçe olarak göstermişlerdir. Öğretmen adaylarından biri ise sorunun kendisine zor geldiğini dile getirmiştir. Öğretmen adayının görüşleri şu şekildedir.

“...İkinci etkinlik baya zor geldi bana. Geçen haftaki etkinlik daha kolaydı. Ayrıca ikinci etkinliği hayal etmek baya zordu. Ön bilgilerim tam değildi. Ama programda çizince daha kolay göründü.” (ÖA2, Katılımcı Raporu)

### 3.5.Öğretmen Adaylarının Programın Araç Çubuklarını Kullanmada Yaşadıkları Sıkıntılar

Problemlerin Cabri programı kullanılarak çözümü esnasında öğretmen adaylarının programı kullanmada pek sıkıntı yaşamadıkları gözlemlenmiştir. Öğretmen adayları katılımcı raporlarında da bu durumu açıkça ifade etmişlerdir. Öğretmen adaylarının 19'u programı kullanırken hiçbir sıkıntı yaşamadığını belirtmiştir. 2 öğretmen adayı ara ara sıkıntı yaşadığını belirtirken diğerleri sıkıntı yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Bu öğretmen adayları programı kullanmayı öğrendiklerini, çözüm esnasında kullanılacak matematiksel bilgiyi bulduktan sonra programı kullanmada sıkıntı yaşamadıklarını belirtmişlerdir.

“Hayır, sıkıntı yaşamadım. Artık programda sıkıntı yaşamıyorum. Yeter ki ne yapacağımı bileyim programı istediğim gibi kullanabiliyorum.”(ÖA16, Katılımcı Raporu)

Sıkıntı yaşadıklarını belirten öğretmen adaylarının problemin çözüm aşaması ile ilgili katılımcı raporlarına yazdıkları ve ekran görüntüleri incelendiğinde öğretmen adaylarının programın araç çubuklarını kullanmaktan ziyade geometri bilgilerinin eksikliğinden kaynaklanan sıkıntılar yaşadığı görülmüştür. Öğretmen adayları iz ve animasyon verilecek noktaları belirleme (n=4), iç teğet/dış teğet çemberin çizimi (n=3), araç çubuklarını seçme ve nerede hangi araç çubuğunu kullanacağımı belirleme (n=2), açıortayların çizimi (n=1) durumlarında zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Adaylar gerekçe olarak programı tekrar etmedikleri için unutma (n=2), programın karışık olması (n=1), programın geometrik yer özelliğinin anlaşılması (n=1), yanlış ve eksik atılan adımlar nedeniyle işlemlerin baştan yapılması (n=1) durumlarını göstermişlerdir.

### 3.6. Problemin Çözümünde Programın Kullanılmasının Gerekliliğine İlişkin Öğretmen Adaylarının Görüşleri

Öğretmen adaylarına sorulan problemlerin çözümünde programın kullanılmasının gerekli olup olmadığı konusuna gelindiğinde ise, sadece iki öğretmen adayı (ÖA1 ve ÖA30) gerek olmadığını söylemiştir. Bu iki öğretmen adayının kâğıt üzerinde yaptıkları çözüm incelendiğinde ÖA1 problemin a şıkında doğru sonuca ulaşamazken b şıkında doğru cevaba en yakın cevap veren öğretmen adayıdır. ÖA30 ise, iki probleme de yanlış cevap vermiştir. Programla çözüme gelindiğinde ise, ekran görüntülerinden bu iki öğretmen adayının doğru sonuca ulaştıkları ama çözüm esnasında programın kullanımı ve gerekli bilgiyi kullanma noktasında zorluklar yaşadıkları belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının yaşadıkları zorlukların bu şekilde düşünmelerinde etkili olduğu söylenebilir. Bir öğretmen adayı ise bu konuda bir fikrinin olmadığını belirtmiştir. Öğretmen adaylarının görüşleri şu şekildedir:

“Bence yok. Çünkü üst düzey bir soyut düşünme becerisi gerektiriyor ve sözel olarak ifade edebilmek oldukça zor.”(ÖA1, Katılımcı Raporu)

“Yazılımı kullanarak daha rahat görebildim geometrik şekilleri. Fakat iz ve animasyon kullanmada zorluk yaşadım. Yazılımı kullanmadan daha rahat çözebilirdim.”(ÖA30, Katılımcı Raporu)

Geriye kalan öğretmen adayları gerekli olduğunu düşünmektedirler. Öğretmen adaylarının programın katkılarına ilişkin düşünceleri: zihinde canlandırma-somutlaştırma imkanı sağlaması (n=18); kâğıt üzerinde yapılan çözüme göre daha kolay olması (n=15); düzgün şekiller çizme ve istenilen şeklin tam olarak çıkması (n=11); kâğıt üzerinde sonucu tahmin etmenin zor olması (n=3); programı kullanmadan yapılan çözümün zahmetli olması (n=2); görsellik katması

(n=2); geometri bilgisini kullanma fırsatı sunması (n=1); dönüt özelliği (n=1); kapsamlı düşünebilme fırsatı (n=1) şeklindedir.

#### 4. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada öğretmen adaylarının geometrik yer problemlerini geleneksel araçlar (kâğıt-kalem) ve dinamik geometri yazılımı ile desteklenmiş bir öğrenme ortamında çözümleri incelenmiştir. Geometrik yer problemlerinin çözümüne ilgili genel bir yöntem olmamakla birlikte (Cha ve Noss, 2001; Gorghiu vd., 2009), geleneksel ortamlarda bu tür problemlerin çözümü, koşulu sağlayan noktaların belirlenmesi ve daha sonra bu noktaların dikkate alınarak geometrik yerin tahmin edilmesi yoluyla gerçekleşmektedir (Gülkılık, 2008; Gorghiu vd., 2009). Ancak bu tür bir çözüm yönteminde öğrenciler geometrik yeri belirlemeye çalışırken zorluklarla karşılaşmaktadırlar (Gorghiu vd., 2009; Botana vd., 2009). Araştırmada öğretmen adaylarının kâğıt üzerindeki çözümleri genel olarak ele alındığında adayların sınırlı sayıda nokta üzerinde çalışma, yanlış genellemelerde/tahminlerde bulunma, düzgün şekil çizememe, sorunun çözümü için gerekli olan matematiksel bilgiye sahip olmama, eksik/yanlış bilgiye sahip olma, yeterli matematiksel açıklama yapamama, elde ettikleri şekli yanlış adlandırma noktalarında sıkıntılar yaşadıkları belirlenmiştir. Yapılan çözümler öğretmen adaylarının matematiksel bilgilerini kullanarak mantıksal çıkarımlar yapmak yerine soruyu tahmin yoluyla çözüme yoluna gittiklerini göstermektedir. Bu bulgular literatürdeki öğretmen adaylarının geometrik yer problemlerini çözerken yaşadıkları sorunları ele alan çalışma sonuçlarını desteklemektedir (Açıkgül ve Aslaner, 2012b; Güven ve Karataş, 2009; Pekdemir, 2004). Güven ve Karataş (2009) çalışmalarında geleneksel ortamda öğrenim gören öğretmen adaylarının soruya uygun şekli çizememeleri nedeniyle yanlış tahminlerde buldukları, yeterli matematiksel açıklamayı yapamadıkları, genellikle sınırlı sayıda durum üzerinde çalıştıkları sonucuna ulaşmışlardır.



Geometrik yer konusunun geleneksel ortamlarda öğretilmesinde karşılaşılan güçlükler bu konunun ihmal edilmesine neden olmakta (Botana ve Valcarce, 2003; Cha ve Noss, 2001; Pekdemir, 2004) ve kitaplarda basit geometrik yer problemlerine yer verilmektedir (Botana ve Valcarce, 2003). Bu bilgiyi destekler nitelikte öğretmen adaylarından bazıları daha önce bu tür problemler karşılaşmadıklarını ifade etmişlerdir. Bu durum öğretmen adaylarının problemi çözerken yaşadıkları zorlukların nedenlerinden biri olabilir. Benzer şekilde, Güllük'ün (2008) ortaöğretim matematik öğretmen adaylarıyla yürüttüğü çalışmasında adayların daha önceki öğrenimleri sırasında görmüş oldukları basit geometrik yer kavramlarına kısmen doğru cevaplar verebilirken ilk kez görmüş oldukları geometrik yer örneklerine ikna edici cevaplar veremedikleri belirlenmiştir.

Cabri programının sahip olduğu teorik yapı, kullanım esnasında araç çubuğu bilgisi yanında matematiksel bilginin kullanımını da gerektirmektedir. Bu nedenle Cabri'de çalışırken kullanıcının matematik bilgisi kritik bir öneme sahiptir (Laborde, 2003). Bu çalışmanın sonucunda programla çözüm esnasında, adayların en çok zorlandıkları noktanın çözümde kullanılacak iç teğet ve dış teğet çemberin özellikleri ile ilgili bilgiyi tahmin etme ve programa aktarma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kâğıt-kalem ve programla yapılan çözüm süreçleri birlikte ele alındığında öğretmen adaylarının eğitimlerinin sonuna gelmelerine rağmen alan bilgilerinin eksik olduğu ve sahip oldukları bilgileri kullanamadıkları görülmüştür. Bu iki süreç kıyaslandığında ise, adaylar yazılımla çözüm esnasında kâğıt ve kalemde farklı olarak hipotez kurma, kurdukları hipotezleri test etme, genelleme yapma fırsatı bulmuşlardır.

Bu çalışma kapsamında ele alınan problemde çember üzerinde hareket eden nokta bağımsız nokta olup geometrik yeri aranan çemberin merkezi bağımlı noktayı oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarından değişkenler arasındaki ilişkiyi

belirleyerek geometrik yeri belirlemeleri beklenmektedir. Adaylar kâğıt üzerinde çözüm esnasında değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemekten ziyade birkaç nokta üzerinden sonucu belirlemeye çalışmışlardır. Programda çözüm esnasında ise, İz ve Animasyon araç çubukları fonksiyonel bağımlılık kavramını destekleyerek adayların bağımlı-bağımsız değişkenler arasında ilişkiyi gözlemlemesine ve aradıkları geometrik yeri belirlemelerine olanak vermiştir. Ayrıca, bu özellikler sayesinde adaylar yaptıkları yanlışların farkına vararak düzeltme imkânı bulmuşlardır. Bu sonuç Falcade vd. (2007) Cabri'nin İz özelliğinin fonksiyonel bağımlılık kavramını sağladığı yönündeki görüşünü destekler niteliktedir. Araştırmada programla çözüm sürecinde somutlaştırma, düzgün şekil elde edilmesi, kâğıt- kalemle kıyasla daha kolay çözüm yapılması gibi avantajlarından bahseden adayların yazılım kullanımının verilen geometrik yer problemlerinin çözümünde gerekli olduğunu düşündüklerini ortaya çıkarmıştır.

Araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda uygulamacılara ve araştırmacılara bazı öneriler sunulabilir. Bu çalışma kapsamında öğretmen adaylarına bir dinamik geometri yazılımının kullanımı öğretilerek geometrik yer problemlerinin çözümü yapılmıştır. Çalışma esnasında öğretmen adaylarının yaşadıkları en büyük sıkıntının matematiksel bilgiyi hatırlama ve kullanma konusu olduğu görülmüştür. Bu durum öğretmenlerin bu tür yazılımları derslerinde kullanmak istememelerinde önemli sebeplerden biri olabilir. Farklı çalışma grupları ve farklı konular üzerinde bu durum araştırılabilir. Sınırlı sayıda öğretmen adayı üzerinde yapılan bu çalışmada öğretmen adaylarının geometrik yer problemlerini çözme konusunda DGY'nin faydalı olduğunu düşündükleri belirlenmiştir. Dolayısıyla lisans eğitimi boyunca öğretmen adaylarına bu tür yazılımların kullanıldığı bilgisayar destekli öğrenme ortamları sunulmasının onların öğrenmeleri üzerinde olumlu etkiler yaratacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda öğretim elemanlarının derslerinde DGY'leri kullanması önerilebilir.

Bu çalışmada kâğıt-kalem kullanılarak yapılan çözüme ilişkin bulgular yalnızca cevap kâğıtlarından elde edilmiş olup öğretmen adaylarının bu süreçle ilgili görüşleri alınmamıştır. Bu durum kâğıt kalem kullanılarak yapılan çözüm süreci ile ilgili yorumları sınırlamaktadır. Ayrıca, öğretmen adayları problemlerin çözümünü esnasında önce kâğıt kalem daha sonra bilgisayar ortamında çalışmışlardır. Programla çözüm esnasında daha çok öğretmen adayının sonuca ulaştığı görülmektedir. Bu sonuç dinamik geometri programlarının geometrik yer probleminin çözümündeki potansiyelinden kaynaklanabileceği gibi ilk olarak kâğıt üzerinde çalışılmasının olumlu ve olumsuz etkileri olmuş olabilir. Öğretmen adaylarının ilk olarak kâğıt üzerinde çalışmış olmalarının, programda problemin çözümü için gerekli olan bilgiyi hatırlamalarında ve programda üzerinde çalışırken kullanacaklarını çözüm planını tasarlamada etkisi olmuş olabilir. Ayrıca, öğretmen adayları kâğıt üzerinde yaptıkları çözüm esnasında problemi anlamaya çalışmışlar ve çözüm yolu için düşünme fırsatı bulmuşlardır. Bu durum öğretmen adaylarının programda çözüm esnasında problem üzerinde çok fazla düşünmeden farklı yolları denemelerini sağlamış olabilir. Ancak öğretmen adaylarının programda çözüm esnasında kâğıt üzerinde yaptıkları çözüm yoluna benzer bir çözüm yolunu denemeleri, problemin çözümü için gerekli olan bilgiyi kullanmamaları öğretmen adaylarının geleneksel çözüm yolunu programda uygulamaya çalıştıklarını göstermektedir. Bu çalışmada kâğıt kullanarak yapılan çözümün programla yapılan çözüme katkısının ya da olumsuz yanlarının belirlenmemesi sınırlılık olarak görülmektedir.

#### **KAYNAKÇA**

Açıkgül, K. ve Aslaner, R. (2012a). "Matematik Öğretmen Adaylarının Geometrik Yer Kavramına İlişkin Algıları ve Sahip Oldukları Kavram Yanılgıları", X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 27-30 Haziran, Niğde.

- Açıkgül, K. ve Aslaner, R. (2012b). "Matematik Öğretmen Adaylarının Geometrik Yer Problemlerini Çözüm Sürecinde Karşılaştıkları Güçlükler ve Bilgisayar Destekli Çözüm Önerileri", X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 27-30 Haziran, Niğde.
- Aydın, N. ve Asma, N. (2004). *Lise geometri 2 dersi kitabı*. Ankara: Aydın Yayınları.
- Baki, A., Çekmez E. ve Kösa, T. (2009). "Solving Geometrical Locus Problems in Geogebra", Geogebra Conference, 14-15 July RISC in Hagenberg.
- Baki, A. ve Güven, B. (2009). "Khayyam with Cabri: Experiences of Pre-service Mathematics Teachers with Khayyam's Solution of Cubic Equations in Dynamic Geometry Environment." *Teaching Mathematics and Its Applications*, 28(1): 1-9.
- Baldin, Y. Y. (2002). "Some Considerations about the Preparation of Teachers to Use Dynamic Geometry Software as Didactical Tool in Spatial Geometry", 2nd. International Conference on the teaching of Mathematics at the Undergraduate Level, 1-6 July, Greece.
- Bell, L. (Ed.) (2001). "Preparing Tomorrow's Teachers to Use Technology: Perspectives of The Leaders of Twelve National Education Associations." *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 1(4): 517-534.
- Botana, F. & Valcarce, J. L. (2003). "A Software Tool for The Investigation of Plane Loci." *Mathematics and Computers in Simulation*, 61: 139-152.
- Botana, F., Aba' Nades, M. A. & Escribano J. (2009). "Exact Internet Accessible Computation of Paths of Points in Planar Linkages and Diagrams." *Computer Applications in Engineering Education*, 19 (4): 1-8.
- Cha, S. & Noss, R. (2001). "Investigating Students' Understanding of Locus with Dynamic Geometry." *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, Southampton meeting, November, 21(3):

- 84-89, <http://www.bsrlm.org.uk/IPs/ip21-3/BSRLM-IP-21-3-16.pdf> adresinden 10 Kasım 2011 tarihinde alınmıştır.
- Clarke, P. J. (2009). "A Caribbean Pre-Service Mathematics Teacher's Impetus to Integrate Computer Technology in His Practice." *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 16(4): 145-155.
- Durmuş, S., Toluk, Z. ve Olkun, S. (2002). "Matematik Öğretmenliği 1. Sınıf Öğrencilerinin Geometri Alan Bilgi Düzeylerinin Tespiti, Düzeylerin Geliştirilmesi İçin Yapılan Araştırma ve Sonuçları", V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 28-30 Eylül Ankara.
- Falcade, R., Laborde C. & Mariotti, M.A. (2007). "Approaching Functions: Cabri Tools as Instruments of Semiotic Mediation." *Educational Studies in Mathematics*. 66(3): 317 333.
- Fraenkel, J. R. & Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw- Hill International Edition.
- Gao, X.S. (1998). "Automated Geometry Diagram Construction and Engineering Geometry." *MM Research ,Preprints*, 17: 21–45.
- Gorghiu, G. Puana, N. & Gorghiu L. M. (2009). Solving Geometrical Locus Problems Using Dynamic Interactive Geometry Applications. <http://www.formatex.org/micte2009/book/814818.pdf> adresinden 20 Ekim 2010 tarihinde alınmıştır.
- Gómez-Chacón, I. M<sup>a</sup> & Escribano, J. (2011). "Teaching Geometric Locus Using Geogebra. An Experience with Pre-Service Teachers." *GeoGebra International Journal of Romania (GGIJRO)*, *GeoGebra The New Language For The Third Millennium*, 2(1): 209-224.
- Gülkılık, H. (2008). *Öğretmen Adaylarının Bazı Geometrik Kavramlarla İlgili Sahip Oldukları Kavram İmajlarının ve İmaj Gelişiminin İncelenmesi Üzerine Fenomenografik Bir Çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Güven, B. (2002). *Dinamik Geometri Yazılımı Cabri ile Keşfederek Geometri Öğrenme*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güven, B. ve Karataş İ. (2003). "Dinamik Geometri Yazılımı Cabri ile Geometri Öğrenme: Öğrenci Görüşleri." *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(2): 67-78.
- Güven, B. (2008). "Using Dynamic Geometry Software to Gain Insight Into A Proof." *International Journal Computer Mathematics Learning*, 13: 251-262.
- Güven, B. ve Karataş, İ. (2009). "Dinamik Geometri Yazılımı Cabri'nin İlköğretim Matematik Öğretmen Adaylarının Geometrik Yer Problemlerdeki Başarılarına Etkisi." *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 42(1): 1-31.
- Habre, S. & Grundmeier T. A. (2007). "Prospective Mathematics Teachers' Views on The Role of Technology in Mathematics Education." *The Journal*, 3: 1-10.
- Hohenwarter, M. & Fuchs, K. (2005). "Combination of Dynamic Geometry, Algebra and Calculus in The Software System GeoGebra." In: *Computer Algebra Systems and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Teaching Conference 2004*, Pecs, Hungary.
- İpek, S. (2010). *İlköğretim Matematik Öğretim Adaylarının Dinamik Geometri Yazılımları Kullanarak Gerçekleştirdikleri Geometrik ve Cebirsel İspat Süreçlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Jahn, A. P. (2002). "Locus" and "Trace" in Cabri-geometre: Relationship Between Geometric and Functional Aspects in A Study of Transformations." *ZDM-Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(3): 78-84.

- Jares, J. & Pech, P (2013). "Exploring Loci of Points by DGS and CAS in Teaching Geometry." *The Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 7(2): 143-154.
- Jones, K., Mooney, C. & Harries, T. (2002). "Trainee Primary Teachers' Knowledge of Geometry for Teaching." *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 22(2): 95-100.
- Kaplan, A. ve Hızarcı, S. (2005). "Matematik Öğretmen Adaylarının Üçgen Kavramı ile İlgili Bilgi Düzeyleri." *Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11: 472-478.
- Karataş, İ. & Güven, B. (2008). "Bilgisayar Donanımlı Ortamlarda Matematik Öğrenme: Öğretmen Adaylarının Kazanımları", VIII. International Educational Technology Conference, 6-9 May, Eskişehir.
- Karataş, İ. (2011). Experiences of Student Mathematics-Teachers in Computer Based Mathematics Learning Environment. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*. <http://www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/karatas.pdf> adresinden 1 Ekim 2010 tarihinde alınmıştır.
- Kokol- Voljc, V. (2007). "Use of Mathematical Software in Pre-Service Teacher Training: The Case of DGS." In D. Küchemann (Eds.) *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 27(3): 55-60.
- Köse, N.Y., Uygan, C ve Özen, D. (2012). "Dinamik Geometri Yazılımlarındaki Sürüklenme ve Çeşitlerinin Geometri Öğretimindeki Rolü." *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 3(1): 35-52.
- Laborde, C. (2003). "Technology Used As A Tool for Mediating Knowledge in The Teaching of Mathematics: The Case of Cabri-geometry." *Proceedings of 8th. ACTM, Chung Hua University, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.*
- Lavy, I. & Shriki, A. (2010). "Engaging in Problem Posing Activities in A Dynamic Geometry Setting and The Development of Prospective Teachers'

- Mathematical Knowledge.” *Journal of Mathematical Behavior*, 29: 11–24.
- Lee, A.M.S., Wong, K.L. & Tang, K.C. (2004). “Exploring The Use of Dynamic Geometry Manipulative Tasks for Assessment.” In Yang W. C, Sung C. C., Alwis, T., and Ang, K.C. (Eds.). *Proceedings of the Ninth Asian Technology Conference in Mathematics* (pp. 252-261). National Institute of Education, Singapore.
- Mariotti, M. A. (2001). “Justifying and Proving in The Cabri Environment.” *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6: 257–281.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. <http://www.nctm.org/standards.htm> adresinden 10 Mayıs 2010 tarihinde alınmıştır.
- Özkan, F. (1994). *Liseler için geometri ders kitabı*. Ankara: Sanem Matbaası.
- Pech, P. (2012). “How Integration of DGS and CAS Helps to Solve Problems in Geometry”, 17th Asian Technology Conference in Mathematics, 16-20 December, Thailand.
- Pekdemir, Ü. (2004). *Dinamik Geometri Yazılımı Cabri'nin Geometrik Yer Konusunda Öğrenci Başarısı Üzerindeki Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Real, F.L. & Leung, A. (2006). “Dragging As A Conceptual Tool in Dynamic Geometry Environments.” *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37(6): 665-679.
- Shaughnessy, J.M. & Burger, W.F. (1985). “Spadework Prior to Deduction in Geometry.” *Mathematics Teacher*, 78(6): 419-428.



- Silfverberg, H. (2004). "DGS and CAS As Tools Supplementing Each Other in An Inquiry Task "Locus Curves"." In J., Boehm (Ed.) Proceedings TIME-2004, 14-17 July 2004, Montreal, Canada.
- Straesser, R. (2001). "Cabri-géomètre: Does Dynamic Geometry Software (DGS) Change Geometry and Its Teaching And Learning?" International Journal of Computers for Mathematical Learning, 6: 319–333.
- Tuluk G. ve Kaçar, A. (2007). "Bilgisayar Cebiri Sistemleri'nin (BCS) Fonksiyon Kavramının Öğretiminde Etkisi." Kastamonu Eğitim Dergisi, 15(2): 661-674.
- Tutak, A. F. (2011). "Öğretmen Adaylarının Geometrik Kavram Yanılgıları: Simetri ve Eşlik", 1. Matematik Öğretimine Çağdaş Yaklaşımlar Sempozyumu, 6-9 Temmuz, Denizli.

## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

Today new technologies are emerging rapidly and mathematics education is also affected by this change like other areas. "The last two decades of the twentieth century were marked by the advancement of technological aids in mathematics education" (Habre and Grundmeier, 2007: 1). National Council of Teachers of Mathematics Standards (2000) states that calculators and computers as technologies used in mathematics education are main technologies to teach, learn and do math. When it comes to computer software used in mathematics education, most remarkable ones include Dynamic Geometry Softwares (DGS) such as Cabri, Cinderella and Computer Algebra System (CAS), Maple, Derive (Hohenwarter and Fuchs, 2004; Karatas, 2011; Kokol- Voljc, 2007; Laborde, 2003). There is a good literature investigating the effectiveness of these softwares (Baki and Guven, 2009; Camargo et al., 2007; Ipek, 2010; Karatas, 2011; Lavy and Shriki, 2010; Tuluk and Kacar, 2007). Kokol-

Voljc (2007) points out the main interest on the DGS although there are studies done about the CAS. In environments where such software is used, students explore and discover quite differently from geometry worked in traditional classroom (Lee, Wong and Tang, 2004). This software expand the scope of activities to be carried and make possible to think deeply and intuitive through the explorations (Straesser, 2001). Given the mentioned benefits, it is thought that benefit from this technology effectively would be possible through the use of technology in educational environments and training of prospective teachers. Many researchers indicate that technology should be used in the training of prospective mathematics teachers (Baldin, 2002; Bell, 2001; Clarke, 2009; Habre and Grundmeier, 2007; Karatas and Guven, 2008; Karatas, 2011; Kokol- Voljc, 2007).

The results obtained from the studies show that prospective mathematics teachers have difficulty in field of geometry (Durmus et all, 2002; Jones, Mooney and Harries, 2002; Kaplan and Hizarci, 2005; Shaughnessy and Burger, 1985; Tutak, 2011). One of geometry topics which prospective teachers have difficulty is locus (Acikgul and Aslaner, 2012a; Acikgul and Aslaner, 2012b; Güllük, 2008; Guven and Karatas, 2009). Here in it is thought that Dynamic Geometry Softwares has the potential to solve locus problems. Baki et all, 2009; Cha and Noss, 2001; Guven, 2002; Guven 2008; Guven and Karataş, 2009; Jahn, 2002; Real and Leung, 2006). Thus the main purpose of this study is to investigate problem solving processes of prospective elementary mathematics teachers. Another objective of the study is to evaluate prospective teachers solutions made using pencil and paper and reveal differences with solution process made using the DGS.

## **Method**

The research was conducted using a case study method. The participants of the study comprised 36 senior prospective math teachers. At the beginning, scope of the study was described to prospective teachers and prospective teachers were asked whether they were willing to participate as a volunteer or not. Since locus problems are the subject of geometry and used a computer software in the study, taking courses on geometry (Geometry and Analytic Geometry) and computer applications is a criterion for selecting the prospective teachers. In Elementary Mathematics Education Program, Computer and Geometry courses are taught in first grade and Analytic Geometry course is taught at third grade. Therefore Selective Geometry Teaching course taught in fourth grade considered to be the most appropriate course for purpose of the study. Prospective teachers completed six activities including locus problems by using dynamic geometry software and paper-pencil. In the study two of the six activities were considered. The data was collected through research diary notes, solution sheets, participant reports, and screen shots. The qualitative data were analysed by following the stages suggested by the Miles and Huberman (1994: 10): data reduction, data display and conclusion drawing/verification.

### **Findings**

In this study, the "When a vertex of a triangle ABC with vertexes on a circle tour around circle fully,

- What is the locus excircle of triangle?
- What is the locus excentre of triangle side BC?" research questions was analysed.

The first question was answered correctly only by one teacher candidate. On the other hand, no one could give the correct answer to the second question. Findings showed that prospective teachers experienced challenging such as

working on limited number points, drawing properly, making enough mathematical statements and making generalization in paper-pencil application. Contrary to paper pencil application process in the process of the softwares solution, most of prospective teachers reached the correct result and they expressed their opinions in favour of the necessity use the program to solve the problem.

### **Conclusion and Discussion**

In this study aimed to investigate solution process problem solving processes of prospective elementary mathematics teachers on locus problems by using traditional tools (paper-pencil) and Dynamic Geometry Software (DGS). Even there are not established general methods of solving locus problem, the solution of such problems in traditional environments occurs through determining points that satisfy conditions and then prediction of locus taken into consideration these points. However, in this solution method, students have difficulties when trying to determine the locus. In this study it was determined that prospective teachers experienced challenging on difficulties making prediction and generalization, drawing shapes properly, having the information needed for problem solving, making adequate mathematical explanations, naming shapes, understanding the question, guessing the answer, and making generalization in paper-pencil application. Findings showed that prospective teachers try to solve given problems via estimation instead of making logical deductions using their mathematical knowledge. These findings support the results from previous studies in the literature (Açıkgül ve Aslaner, 2012b; Güven ve Karataş, 2009; Pekdemir, 2004). In their study Guven and Karatas (2009) concluded that prospective teachers studying in a traditional environment worked on usually a limited

number of cases made wrong predictions, inadequate mathematical explanation because of not drawing the appropriate shape.