

Somut Materyallerin ve Dinamik Geometri Yazılımı Kullanımının Öğretmen Adaylarının Geometri Başarılarına Etkisinin İncelenmesi

Investigating the Effect of the Use of Concrete Materials and Dynamic Geometry Software on Prospective Teachers' Geometry Achievement

Abbas Öz^{*1}, Ali Bozkurt², Yusuf Koç³

Öz

Bu araştırmada, somut materyaller ile dinamik geometri yazılımının ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının geometri başarılarına etkisi incelenmiştir. Çalışma, Türkiye'nin güneyindeki bir büyükşehirde yer alan bir üniversitenin eğitim fakültesinde öğrenim gören 156 öğretmen adayıyla yürütülmüştür. Katılımcılar SM1, SM2, GSP1 ve GSP2 olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Tüm gruplara uygulanan ön testin ardından sekiz haftalık paralel bir öğretim süreci gerçekleştirilmiş ve aynı test son test olarak yeniden uygulanmıştır. Elde edilen veriler betimsel ve yordamsal istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Bulgular, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir başarı farkı olmadığını; ancak tüm gruplarda öğretim sonrası anlamlı düzeyde başarı artışı olduğunu göstermiştir. Madde bazlı analizler, dinamik geometri yazılımı destekli grupların görsel temsiller ve simetriye dayalı sorularda, somut materyal destekli grupların ise üç boyutlu düşünme ve hacimle ilişkili sorularda görece daha başarılı performans sergilediklerine işaret etmektedir. Bu sonuçlar, farklı öğretim araçlarının farklı bilişsel süreçleri destekleme potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: geometri öğretimi, somut materyaller, dinamik geometri yazılımı, öğretmen adayları

Abstract

This study investigated the effects of using concrete materials and dynamic geometry software on the geometry achievement of prospective primary mathematics teachers. The research was conducted with 156 prospective teachers enrolled in a geometry course at the faculty of education of a university located in a metropolitan city in southern Turkey. Participants were assigned to four groups (SM1, SM2, GSP1, and GSP2). Following the administration of a pre-test, all groups participated in an eight-week parallel instructional process, after which the same test was administered as a post-test. The data were analyzed using descriptive and inferential statistical methods. The findings revealed no statistically significant differences in achievement between the groups; however, a significant improvement was observed within all groups after instruction. Item-level analyses suggested that groups supported by dynamic geometry software tended to perform relatively better on tasks involving visual representations and symmetry, whereas groups supported by concrete materials showed comparatively stronger performance on tasks requiring three-dimensional thinking and volume-related reasoning. These results indicate that different instructional tools may have the potential to support different cognitive processes and provide meaningful implications for pedagogical material choices in teacher education.

Keywords: geometry teaching, concrete material, dynamic geometry software, prospective teachers

Başvuru tarihi: 08/09/2025 | Kabul tarihi: 11/12/2025

Araştırma Makalesi / Research Article

Önerilen atıf: Öz, A., Bozkurt, A. & Koç, Y. (2025). Somut materyallerin ve dinamik geometri yazılımı kullanımının öğretmen adaylarının geometri başarılarına etkisinin incelenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(2), 683-711. <https://doi.org/10.52826/mcbuefd.1780372>

***Sorumlu yazar:** abbasoz88@gmail.com

Not: Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

^{*1}Sorumlu yazar:  Matematik Öğretmeni, Milli Eğitim Bakanlığı, Konya, Türkiye

²  Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye

³  Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

Somut Materyallerin ve Dinamik Geometri Yazılımı Kullanımının Öğretmen Adaylarının Geometri Başarılarına Etkisinin İncelenmesi

Giriş

Geometri, matematiğin görsel düşünmenin baskın olduğu alanlarından biri olarak, bireylerin çevreyle matematiksel bağ kurmalarını kolaylaştırmakta ve problem çözme becerilerini desteklemektedir (Atiyah, 2003; Baykul, 2005; Duatepe, 2000; Güven ve Karataş, 2005; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). Günlük yaşantıda karşılaşılan birçok problem ve nesne, temel geometrik bilgi ve becerilerle ilişkilidir (Altun, 2008). Bu nedenle matematik öğretiminde geometrik şekillerin tanınması, ilişkilerinin kavranması ve ölçümlerinin yapılması temel hedefler arasında yer alır (MEB, 2024; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). Baykul (2005), geometrinin yalnızca problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerine değil, aynı zamanda matematiğin diğer konularının öğretimine de katkı sunduğunu ifade etmektedir.

Geometrik düşünme, bireylerin geometrik şekiller, kavramlar ve prensipler arasında ilişkiler kurarak geometri problemlerini çözebilmelerine olanak sağlayan bir düşünme biçimidir (Driscoll vd., 2007). Geometrik düşünme becerileri; sanat, bilim ve teknoloji gibi birçok alanda kullanılmakta ve öğrencilerin çevrelerini daha anlamlı şekilde algılamalarına yardımcı olmaktadır (Gül ve Karataş, 2015). Bu da matematiğe yönelik olumlu tutum gelişimini desteklemektedir. National Council of Teachers of Mathematics (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000) standartları, da geometrinin öğrencilerin uzamsal düşünme, görselleştirme ve problem çözme becerilerinin gelişimine katkı sağladığını vurgulamaktadır. Geometrik düşünmenin gelişimini açıklamak amacıyla en yaygın biçimde kullanılan model, Van Hiele tarafından geliştirilmiştir. Bu model, bireylerin geometriye ilişkin düşünce yapılarını beş hiyerarşik düzeyde açıklar: görsel, analitik, yaşantıya bağlı çıkarım, formal tümdengelim ve ileri düzey (Altun, 2008; Pesen, 2008; van Hiele, 1999). Öğrencilerin bu düzeylerde ilerleyebilmeleri için öğretim sürecinde öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeyleri doğrultusunda etkinlikler yapılandırılmalıdır (Baki, 2006; Şahin, 2008). Bu nedenle geometri öğretimi planlanırken, öğrencilerin sahip olması gereken bilgi ve becerilerin yanı sıra, onların geometrik düşünme düzeyleri de dikkate alınmalı; öğretim süreci bu düzeylere uygun biçimde yapılandırılmalıdır (Han, 2007; Mistretta, 2000). Ancak geleneksel öğretim yöntemleri, öğrencilerin soyut kavramları anlamakta zorlanmalarına ve ilgi kaybı yaşamalarına neden olabilmektedir (Başer vd., 2002). Nitekim yapılan araştırmalar, öğretmen adaylarının geometri bilgilerinin cebir konularına göre daha zayıf olduğunu göstermektedir (Aslan-Tutak, 2011; Delice vd., 2009). Bu bağlamda Duatepe ve Ersoy (2001), geometri öğretiminde yeni yaklaşımların benimsenmesi gerektiğini savunmakta; öğretmen adaylarının kendi yeterliliklerini fark etmeleri ve farklı öğrenme deneyimleri kazanmalarının önemine dikkat çekmektedir. Etkili bir geometri öğretimi için öğretmenlerin, öğrenme ortamlarını öğrencilerin bilişsel süreçlerini destekleyecek şekilde planlamaları önerilmektedir (Şahin, 2008). Ayrıca, geometrinin diğer matematik alanlarıyla bütünleştirilerek erken yaşlardan itibaren ele alınması, çocukların geometrik düşünme gelişimini olumlu yönde etkileyecektir (Olkun ve Toluk Uçar, 2007). Bu doğrultuda geliştirilen somut materyaller ve dinamik geometri yazılımları, özellikle son yıllarda matematik öğretiminde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Literatürde bu tür araçların öğrencilerin geometri

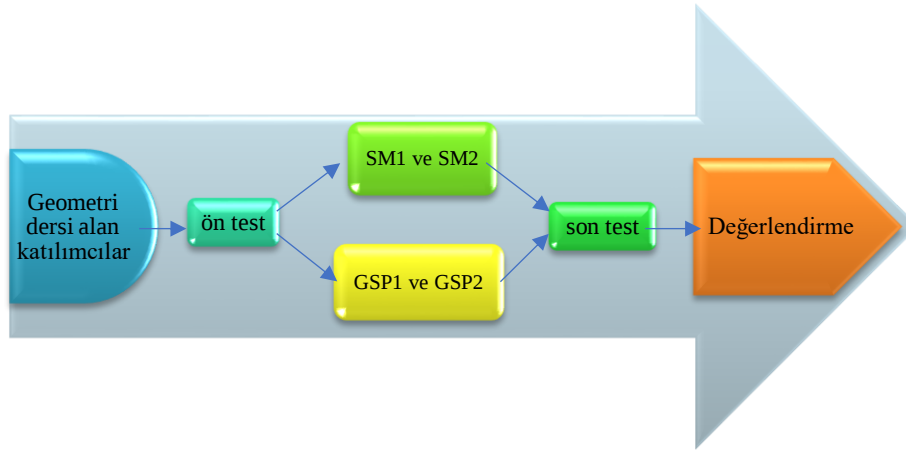
başarıları ve tutumları üzerindeki etkileri sıkça incelenmiş (Johnson, 2002; Olkun vd., 2002; Swafford vd., 1997; Tutak, 2008; Yılmaz vd., 2008), ancak bu araçların geometri başarılarına etkileri üzerine karşılaştırmalı araştırmaların da yapılması gerekir. Özellikle öğretmenlerin mesleki bilgi düzeyleri ve öğretim materyallerine yönelik yeterlikleri, doğrudan öğrenci başarısını etkileyen önemli değişkenlerdir (Ball vd., 2001; Bozkurt ve Polat, 2011; Hill vd., 2005; Yenilmez ve Duman, 2008). Bu nedenle geleceğin öğretmenleri olacak öğretmen adaylarının, farklı öğretim araçlarını tanımaları ve etkili şekilde kullanılmasının akademik başarı üzerindeki etkisinin karşılaştırılmasına dair çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda çalışma, geometri öğretiminde somut materyallerin ve dinamik geometri yazılımı kullanımının ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının geometri başarılarına etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu çerçevede çalışmanın problem cümlesi şu şekildedir:

- Somut materyallerin ve dinamik geometri yazılımının ilköğretim matematik öğretmenliği 1. sınıf öğrencilerinin geometri başarılarına etkisi nedir?

Öğretmen adaylarının yalnızca konu bilgilerini değil, aynı zamanda bu bilgileri nasıl aktaracaklarına hangi materyalleri kullanmalarının daha faydalı olabileceğine ilişkin pedagojik becerilerini de geliştirmeleri önem arz etmektedir. Yılmaz ve diğerleri (2008), öğretmenlerin geometri bilgilerine dair farkındalık geliştirmelerinin, öğrencilerin bilişsel süreçlerini daha etkin biçimde desteklemelerini sağlayacağını ifade etmektedir. bu çalışmanın somut materyaller ve dinamik geometri yazılımları kullanımının bu süreçleri destekleme düzeylerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi yönüyle literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Yöntem

Bu çalışmada yöntem olarak yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deneysel araştırmalar, değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri ortaya koymak amacıyla kullanılır (Çepni, 2001). Ancak uygulamada, grupların tamamen rastgele belirlenmesi her zaman mümkün olmayabilir. Özellikle belirli bir eğitim kurumunda veya sınıf düzeyinde çalışmalarda, etik durumlar ve idari kısıtlamalar rastgele atamayı zorlaştırmaktadır. Bu tür durumlarda yarı deneysel desenler, geçerli ve uygulanabilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Demircioğlu, 2003; Springer, 2010). Bu çalışmada, ilköğretim matematik öğretmeni adaylarından oluşan katılımcılar dört farklı gruba ayrılmıştır: SM1, SM2, GSP1 ve GSP2. SM grupları, somut materyal destekli öğretim sürecine tabi tutulmuş; GSP gruplarında ise dinamik geometri yazılımı kullanılmıştır. Bu yapıya dayalı araştırma modeli Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Araştırmanın modeli

Çalışmada, öğrencilerin geometriye yönelik akademik başarılarını değerlendirmek amacıyla literatüre dayalı olarak hazırlanmış geometri başarı testi hem ön test hem de son test olarak uygulanmıştır. Ön testlerin tamamlanmasının ardından her gruba, grubun öğretim yaklaşımına uygun şekilde tasarlanmış eğitimler verilmiştir. SM gruplarında fiziksel ve elle tutulur materyallerle etkinlikler gerçekleştirilirken, GSP gruplarında dijital ortamda dinamik geometri yazılımı kullanılarak etkinlikler yürütülmüştür. Sekiz haftalık eğitim süreci sonunda aynı başarı testi tüm gruplara yeniden uygulanmış ve elde edilen veriler analiz edilmiştir.

Çalışmanın Arka Planı

Bu çalışma, somut materyal ve teknoloji destekli öğretimlerin öğretmen adaylarının geometrik düşünme becerilerinin geliştirilmesine etkisini araştırarak geniş kapsamlı bir araştırma projesi kapsamında yürütülmüştür. Proje iki temel amaca odaklanmaktadır: ilköğretim matematik öğretmen adaylarının geometrik ve uzamsal düşünme yapılarını incelemek ve dinamik geometri yazılımlarının bu yapılar üzerindeki etkilerini değerlendirmek. Bu amaçla, öğrencilerle sekiz haftalık bir süre boyunca geometri dersi kapsamında somut materyaller veya bir dinamik geometri yazılımı kullanılarak iki farklı öğretim yöntemi kullanılmıştır.

Eğitimlerde matematiksel düşünme becerilerinin gelişimini desteklemek amacıyla "zihinsel alışkanlıklar" teorik çerçevesi kullanılmıştır. Cuoco ve diğerleri (1997), öğrencilerin örüntü oluşturma, varsayım yapma, genelleme, görselleştirme gibi alışkanlıklar edinmelerinin matematiksel düşünmeyi derinleştirdiğini belirtmişlerdir. Goldenberg (1999) ise bu tür alışkanlıkların özellikle dinamik geometri yazılımları aracılığıyla etkili biçimde geliştirilebileceğini savunmuştur. Bu doğrultuda, Driscoll ve diğerleri (2007) tarafından geliştirilen Zihnin Geometrik Alışkanlıkları (ZGA, Geometric Habits of Mind) yaklaşımı, öğrencilerin geometriyi yaparak, tartışarak ve anlam kurarak öğrenmelerini hedeflemektedir. Bu yaklaşım, öğretmenlerin öncelikle bu alışkanlıkları kendi öğrenme süreçlerinde geliştirmelerini, ardından da öğrencilerine kazandırmalarını amaçlamaktadır. Bu sayede öğrenciler, geometriyi ezberlemeden, neden-sonuç ilişkileri kurarak ve günlük yaşamla ilişkilendirerek öğrenebilmektedirler. Driscoll'un ZGA (Zihinsel Geometrik Alışkanlıklar) yaklaşımı, öğrencilerin geometrik düşüncelerini desteklemeye yönelik dört temel alışkanlık kategorisini içermektedir. Bu alışkanlıklar; ilişkiler kurarak muhakeme etme,

değişmeyenlerin incelenmesi, geometrik fikirlerin genelleştirilmesi ve keşfetme ile yansıtmının dengelenmesi şeklinde tanımlanmaktadır.

Bu araştırmada, söz konusu alışkanlıklar doğrultusunda tasarlanan etkinliklerle öğretim süreci yapılandırılmış ve öğrencilerin bu alışkanlıkları deneyimlemeleri desteklenmiştir. Geometrik düşünme düzeylerinin geliştirilmesinde etkili olduğu belirtilen iki temel araç, somut materyaller ve dinamik geometri yazılımlarıdır. Alan yazınında bu araçların öğrencilerin görsel-uzamsal düşüncelerine, kavramsal anlamalarına ve geometrik ilişkileri keşfetmelerine katkı sunduğu vurgulanmaktadır.

Araştırmaya kapsamında katılımcılar, uygulanan öğretim yöntemine ve dersi verecek öğretim elemanına göre dört gruba ayrılmıştır. Dersleri yürüten öğretim üyeleri, haftalık toplantılarla ders içeriklerini birlikte planlamış ve etkinliklerin paralel yürütülmesini sağlamıştır. Uygulanan etkinlikler, Driscoll ve diğerlerinin “Geometrik Düşünmeyi Destekleme Araç Seti” adlı çalışmasından (Driscoll vd., 2008) alınarak düzenlenmiş ve öğrencilerin matematiksel gerekçelendirme yapımları desteklenmiştir.

Somut Materyal (SM) Gruplarının Eğitim İçeriği

SM gruplarında yürütülen etkinlikler, etkinliğin niteliğine uygun somut materyaller (kâğıt, yağlı kâğıt, pergel, cetvel, makas vb.) eşliğinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar, üniversitenin derslik ortamında yürütülmüş, öğrenciler hazırlanan etkinlik kâğıtları doğrultusunda materyalleri kullanarak verilen soruları gerekçeleriyle birlikte yanıtlamışlardır. Derslerin sonunda öğretim üyesi sınıfça yanıtları tartışmaya açmış ve farklı çözüm yolları üzerinde düşünmeyi teşvik etmiştir. Öğrenciler bireysel çözümden grup tartışmasına ve sınıf düzeyinde akıl yürütmeye kadar çok katmanlı bir öğrenme süreci yaşamışlardır. Her etkinlikte kullanılan geometrik düşünme alışkanlıklarının öğrencilerde davranışa dönüşmesi hedeflenmiştir.

Dinamik Geometri Yazılımı Gruplarının Eğitim İçeriği

Geometer’s Sketchpad (GSP) gruplarında dinamik geometri yazılımı aracılığıyla aynı etkinlikler dijital ortamda yürütülmüştür. Eğitimler, üniversitenin bilgisayar laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve her öğrenciye bir bilgisayar tahsis edilmiştir. Katılımcıların temel bilgisayar becerilerine sahip oldukları varsayılmış ve dinamik geometri yazılımının kullanımı için üç ders saatlik bir ön hazırlık süreci uygulanmıştır. Öğrenciler, etkinlik kâğıtlarında belirtilen görevleri yazılım üzerinde gerçekleştirmiş; öğretim üyesi sürece rehberlik ederek gerektiğinde teknik destek sağlamıştır. Geometrik keşifler, yazılımın sunduğu dinamik ortamda etkileşimli biçimde yapılmış; şekillerin anlık değişimi üzerinden düşünme süreçleri geliştirilmiştir.

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, Türkiye’nin güneyindeki bir büyükşehirde yer alan bir devlet üniversitesinin ilköğretim matematik öğretmenliği lisans programına kayıtlı ve geometri dersi alan birinci sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Dersi toplamda 156 öğrenci almıştır. Bunların 80’i SM gruplarında, 76’sı ise GSP gruplarında yer almıştır. Araştırma süreci boyunca iki öğretim üyesi görev almıştır. Grup oluşturma sürecinde, SM1 ve GSP1 gruplarındaki öğrenciler kendi arasında SM2 ve GSP2 öğrencileri

kendi aralarında alfabetik olarak sıralanmış ve listeler ortadan ikiye bölünerek ilk yarı SM gruplarını, ikinci yarı ise GSP gruplarını oluşturmuştur. Grupların akademik düzeylerinin eşitliğini kontrol etmek amacıyla, öğrencilerin daha önce aldıkları Genel Matematik dersi başarı notları üzerinden t-testi uygulanmıştır. SM1 ve GSP1 grupları için yapılan analiz $t(91) = 0.315$; $p > .05$, SM2 ve GSP2 için ise $t(88) = 1.159$; $p > .05$ bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı kabul edilmiştir. Cinsiyet dağılımı incelendiğinde 156 öğrenciden 128'inin kadın, 28'inin erkek olduğu görülmüş; bu dengesizlik nedeniyle analizlerde cinsiyet değişkeni dikkate alınmamıştır.

Veri Toplama Aracı

Eğitime başlanmadan önce ve eğitimlerden sonra öğretmen adaylarının mevcut geometri başarı düzeylerini belirlemek amacıyla “Geometri Başarı Testi [GBT]” uygulanmıştır. Test soruları, literatüre dayalı olarak hazırlanmıştır (Tablo 1). GBT, başlangıçta öğretim sürecinde hedeflenen öğrenme çıktıları ile uyumlu olacak şekilde 10 açık uçlu sorudan oluşacak şekilde hazırlanmıştır. İçerik geçerliliği sağlanması amacıyla, test maddeleri alanında uzman üç öğretim üyesi (matematik eğitimi/ölçme-değerlendirme uzmanları) tarafından incelenmiş ve uzmanlardan madde uygunluğu, kapsam kapsama, dil ve görsel materyal uygunluğu konusunda yazılı dönüt alınmıştır. Pilot uygulama, ilköğretim matematik öğretmenliği üçüncü sınıf öğrencilerinden oluşan 65 kişilik bir grupla gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama yaklaşık 90 dakika sürmüş ve katılımcılardan hem açık uçlu yanıtlar hem de maddelerle ilgili algı ve dil sorunlarına dair yazılı dönüt toplanmıştır. Pilot uygulama analizleri sonucunda 7 sorunun madde güçlük indeksleri 0,38-0,72 aralığında bulunmuştur. Bu soruların ölçme aracının yeterli düzeyde ayırt edici özellik taşıdığını göstermiştir. Ancak, üç sorunun madde ayırt edicilik indeksleri ise 0,41-0,68 aralığında bulunmuştur. Geçerlik ve güvenirlik çalışmaları sonrasında düşük ayırt edicilik değerleri ve uzman görüşleri doğrultusunda bu sorular (3, 7 ve 9. Sorular) testten çıkarılmıştır. GBT’deki soruların içerikleri ve yararlanılan kaynaklar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Geometri Başarı Testi sorularının içerikleri ve yararlanıldığı kaynaklar

Soru	İçerik	Kaynakça
1	Dörtgenin alanı	Geometri öğretimlerini gerçekleştiren öğretim üyeleri tarafından hazırlanmıştır.
2	Maksimum hacme sahip üstü açık bir kutu	Cooney vd., 1999
4	Beşgenin alanını farklı yollarla hesaplama	Driscoll vd., 2007: 23
5	Düzlemdeki A ve B noktaları için A noktasından geçen farklı doğrular çizip B noktasının bu doğrulara göre simetrisinin alınması durumunda oluşacak noktalar kümesi	Driscoll vd., 2007: 41
6	Düzlemde iki köşesi ve alanı verilen üçgenin diğer köşesini bulma	Driscoll vd., 2007: 17
8	Önden, sağdan ve üstten görünimleri verilen 3 boyutlu şekli izometrik kâğıda çizme	Geometri öğretimlerini gerçekleştiren öğretim üyeleri tarafından hazırlanmıştır.
10	Birbirine eş dört tane ikizkenar olmayan dik üçgen kullanarak bir kare oluşturma	Driscoll vd., 2007: 73

Ön ve son test uygulamalarında görsel hatırlamayı azaltmak amacıyla maddeler farklı sıralarda sunulmuş; bu düzenlemenin test içeriğinin özünü değiştirmediği pilot dönütleri ve uzman görüşleriyle desteklenmiştir (Olkun vd., 2002).

Veri Toplama Süreci ve Veri Analizi

Katılımcılara eğitimlerden bir hafta önce ön test, sekiz haftalık eğitim sürecinin tamamlanmasından sonraki hafta ise son test uygulanmıştır. Ön test ve son test uygulamaları, tüm gruplarda aynı koşullarda, dersin yürütüldüğü sınıf ortamlarında gerçekleştirilmiştir.

Toplanan veriler, hem öğrenci yanıtlarının niteliğinin (nitel) hem de başarı düzeylerinin (nicel) incelenmesini sağlayacak biçimde iki yönlü olarak analiz edilmiştir. Nitel analizler bağlamında, öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar incelenmiştir. Katılımcı cevapları, araştırmacılar tarafından belirlenen kriterlere göre “doğru”, “kısmen doğru”, “anlamsız” ve “boş” kategorilerine ayrılmıştır. Ayrıca 10. soruya özgü olarak “çizilebilir” ve “çizilemez” şeklinde özel kategoriler oluşturulmuştur. Değerlendirme örnekleri bulgular kısmında verilmiştir. Nicel analiz süreci ise SPSS paket programı aracılığıyla yürütülmüştür. Öncelikle, her bir grup için ön test ve son test puanlarının dağılımları incelenmiş, verilerin parametrik analiz koşullarını karşılayıp karşılamadığını belirlemek amacıyla normallik testi yapılmıştır. Bu kapsamda Shapiro–Wilk testi kullanılarak normallik varsayımı sınanmış (Shapiro ve Wilk, 1965) ve sonuçlar $p > .05$ düzeyinde bulunduğundan verilerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Ayrıca, varyans homojenliğini değerlendirmek için Levene testi uygulanmış (Levene, 1960), varyansların homojen olduğu görülmüştür. Bu ön incelemelerin ardından, grup içi karşılaştırmalar için eşleştirilmiş örneklem t-testi, gruplar arası karşılaştırmalar için bağımsız örneklem t-testi ve çoklu grup karşılaştırmaları için tek yönlü ANOVA analizleri kullanılmıştır.

Geçerlik ve Güvenirlik

Geçerlik çalışmaları, kapsam ve görünüş geçerliği düzeyinde yürütülmüştür. Ölçme aracının kapsam geçerliğini sağlamak amacıyla, üç alan uzmanı ve bir ölçme-değerlendirme uzmanından görüş alınmıştır. Uzmanlardan, test maddelerinin hedeflenen öğrenme çıktılarıyla uyumunu, dil ve ifade açıklığını, görsel düzenini ve ölçülmek istenen beceriyi temsil etme düzeyini değerlendirmeleri istenmiştir. Uzman değerlendirmeleri sonucunda kapsam geçerlik oranı (KGO) Lawshe (1975) yöntemiyle hesaplanmış ve %80’in üzerinde bulunmuştur. Bu değer, ölçme aracının kapsam geçerliğinin yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir. Görünüş geçerliği (face validity) ise pilot uygulama sürecinde katılımcıların dönütleriyle değerlendirilmiştir. Katılımcıların, test maddelerinin anlaşılabilirliğine ve yönergelerin açıklığına ilişkin yorumları dikkate alınmış; dilsel düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler ölçme aracının uygulanabilirliğini ve öğrenci yanıtlarının tutarlılığını artırmıştır.

Betimsel analizde, kodlama süreci iki bağımsız araştırmacı tarafından yürütülmüş; kodlayıcılar arası uyum yüzdesi hesaplanarak betimsel analizlerin güvenilirliği test edilmiştir. Kodlayıcılar arası güvenilirlik, Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen formül [$\text{Güvenirlik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}}$] kullanılarak hesaplanmıştır. İlk aşamada 32, ikinci aşamada 24 cevap kâğıdı değerlendirilmiş; tüm sorular için ortalama %84 oranında görüş birliği sağlanmıştır. Bu oran, nitel veri analizinde güvenilirlik için kabul edilen %80 eşiğinin üzerinde olduğu için yeterli görülmüştür. Elde edilen bulguların daha ayrıntılı yorumlanabilmesi için her bir maddeye ilişkin doğru ve kısmen doğru yanıt oranları hesaplanmış; grafiklerle desteklenen betimsel istatistikler aracılığıyla gruplar arasındaki eğilimler görselleştirilmiştir.

İstatistiksel analizler SPSS 25.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiş; grup karşılaştırmalarında eşleştirilmiş örneklem t-testi, bağımsız örneklem t-testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) gibi yordamsal analizler tercih edilmiştir. Gruplar arası farklar, öğretim yöntemi (SM–GSP) ve grup düzeylerine göre karşılaştırılmıştır. Veri setinin analizlere uygunluğunu değerlendirmek için normallik ve varyans homojenliği testleri yapılmıştır. Shapiro-Wilk testi sonuçlarına göre tüm gruplarda $p > .05$ düzeyinde değerler elde edilmiş (Shapiro ve Wilk, 1965) ve verilerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Ayrıca Levene testi ile varyans homojenliği sınanmış (Levene, 1960), varyansların eşitliği varsayımı sağlanmıştır. Bu doğrultuda, parametrik testlerin uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Ölçme aracının iç tutarlılığı Cronbach's Alpha katsayısı ile değerlendirilmiştir. Ön test için $\alpha = .81$, son test için $\alpha = .84$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, ölçme aracının yüksek düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir (Nunnally ve Bernstein, 1994).

Bulgular ve Yorum

Araştırmanın bu bölümünde, geometri başarı testinden elde edilen verilerin genel analizinde yordamsal (istatistiksel) yöntemler; soru düzeyindeki analizlerde ise betimsel yöntemler kullanılmıştır. Analiz süreci üç başlık altında yapılandırılmıştır: "Grupların Başarılarının Analizi" başlığı altında SM ve GSP gruplarının ön test ve son test başarıları incelenmiş; "Grupların Başarılarının Karşılaştırılması" kısmında öğretim yöntemleri karşılaştırılmış; "Genel Gözlemler" başlığı altında ise öğrencilerin sorulara verdikleri yanıtlar bağlamında dikkat çeken durumlara yer verilmiştir.

Geometri Başarı Testinin Genel Bulguları

Araştırmaya katılan 156 öğrencinin ön test ve son test puanları karşılaştırıldığında, başarı düzeylerinde anlamlı bir artış olduğu görülmüştür. Yapılan eşleştirilmiş örneklem t-testi sonucunda bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($t(155) = 15,29$; $p < .01$). Ortalama başarı puanı ön testte 6,36 iken, son testte 9,24'e yükselmiştir (Tablo 2). Bu bulgu, uygulamaya dayalı öğretim sürecinin genel anlamda öğrencilerin geometri başarısını artırmada etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Geometri başarı testi ön test ve son test ortalama puanların t-testi sonuçları

Geometri Başarı Testi	N	$\bar{X}$	ss	sd	t	p
Ön test	156	6,36	2,16	155	15,29	,000
Son test	156	9,24	2,09			

Somut Materyal Gruplarının (SM1 ve SM2) GBT Başarı Testi Bulguları

Somut materyal destekli öğretim alan 80 öğrencinin test puanları karşılaştırıldığında, anlamlı bir başarı artışı gözlemlenmiştir. Ön test ortalaması 6,15 olan bu grubun son test ortalaması 9,08'e çıkmıştır. İlişkili örneklem t-testi sonucu $t(79) = 11,75$; $p < .01$ olup, bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Somut materyal (SM) destekli öğretim grubu katılımcıların ön test ve son test ortalama puanlarının ilişkilendirilmiş t-testi sonuçları

SM Geometri Başarı Testi	N	$\bar{X}$	Ss	sd	t	p
Ön test	80	6,15	2,27	79	11,75	,000
Son test	80	9,08	1,96			

GSP Gruplarının (GSP1 ve GSP2) GBT Başarı Testi Bulguları

Dinamik geometri yazılımı destekli öğretim alan 76 öğrencinin puanlarında da anlamlı bir artış gözlenmiştir. Ön test ortalaması 6,58 iken, son test ortalaması 9,41'e ulaşmıştır. t-testi sonucu $t(75) = 9,91$; $p < .01$ 'dir. Bu bulgu da, GSP destekli öğretimin başarıyı artırdığını göstermektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Dinamik geometri destekli öğretim grubu katılımcıların ön test ve son test ortalama puanlarının ilişkilendirilmiş t-testi sonuçları

GSP Geometri Başarı Testi	N	$\bar{X}$	Ss	sd	t	p
Ön test	76	6,58	2,02	75	9,91	,000
Son test	76	9,41	2,21			

Materyal Türüne göre Öğretimlerin Karşılaştırmalı GBT Başarı Testi Bulguları

SM ve GSP gruplarının başarı fark puanları karşılaştırıldığında (Tablo 5), istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($t(154) = 0,254$; $p > .01$). SM gruplarının ortalama fark puanı 2,92 iken, GSP gruplarının 2,82'dir. Her iki yöntem de başarı üzerinde benzer derecede etkili olmuştur.

Tablo 5. Geometri başarı testi fark puanlarının öğretim yöntemine göre bağımsız örneklem t-testi sonuçları

Geometri Başarı Testi	N	$\bar{X}$	Ss	Sd	t	p
SM	80	2,92	2,23	154	0,254	0,80
GSP	76	2,82	2,49			

Gruplararası Karşılaştırmalı GBT Başarı Bulguları

SM1 ve GSP1 ile SM2 ve GSP2 gruplarının başarı farkları karşılaştırıldığında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($t(154) = 2,91$; $p < .01$). SM1 ve GSP1 gruplarının ortalaması 3,40; SM2 ve GSP2 gruplarının 2,33'tür. Bu bulgu SM1 ve GSP1 öğrencilerinin başarıda daha fazla gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır (Tablo 6).

Tablo 6. Geometri başarı testi puanlarının gruplara göre bağımsız örneklem t-testi sonuçları

Geometri Başarı Testi	N	$\bar{X}$	ss	sd	t	p
SM1 ve GSP1	80	3,40	2,19	154	2,91	,004

SM2 ve GSP2 76 2,33 2,41

Dört grup arasında başarı fark puanlarının karşılaştırılması amacıyla yapılan tek yönlü ANOVA sonucunda, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($F(3, 152) = 5,32; p < .01$) (Tablo 7). Betimsel istatistiklere göre en yüksek ortalama başarı artışı GSP1 grubunda ($\bar{x} = 3,78$), en düşük artış ise GSP2 grubunda ($\bar{x} = 1,71$) gözlenmiştir (Tablo 8). Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre, yalnızca GSP1 ile GSP2 grubu arasında anlamlı fark bulunmaktadır. Diğer grup eşleşmeleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 7. Geometri başarı puanlarındaki değişimin ANOVA sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplar arası	81,397	3	27,132	5,319	,002	GSP1-GSP2
Gruplar içi	775,289	152	5,101			
Toplam	856,686	155				

Tablo 8. Geometri başarı puanlarındaki değişimin betimsel istatistikleri

Gruplar	N	$\bar{X}$	Ss
SM1	39	3,00	2,51
SM2	41	2,85	1,94
GSP1	41	3,78	1,77
GSP2	35	1,71	2,76

Bu bulgular, her iki öğretim yönteminin (somut materyal ve dinamik geometri yazılımı) öğrencilerin başarısını artırmada etkili olduğunu, ancak öğrenci gruplarının demografik yapısı bu başarı üzerinde ayırt edici bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle GSP yazılımının SM1 ve GSP1 gruplarında daha etkili olduğu; SM2 ve GSP2 gruplarında ise bu etkinin belirgin biçimde azaldığı dikkat çekmektedir.

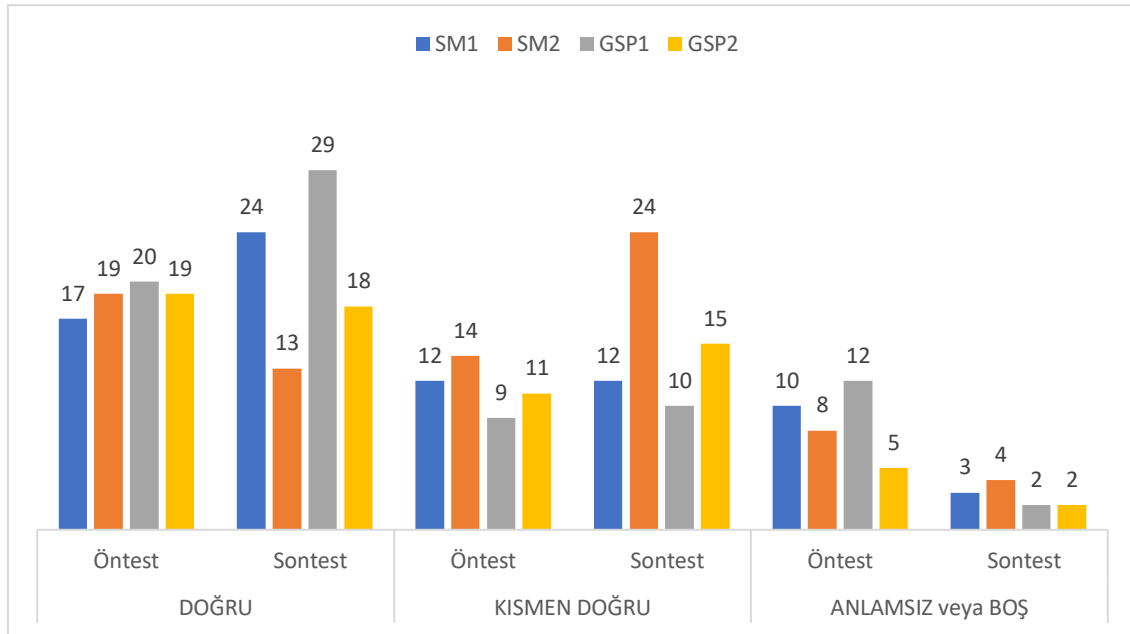
Geometri Başarı Testi Soru Bazlı Bulguları ve Genel Gözlemler

Geometri başarı testine ilişkin ön test ve son test bulguları, betimsel analiz teknikleri ile ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Bu bölümde, her bir soruya ilişkin öğrenci başarıları hem kullanılan öğretim yöntemi (somut materyal destekli / dinamik geometri yazılımı destekli) hem de gruplararası açılarından analiz edilmiş, gruplar arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca öğrencilerin kullandıkları çözüm stratejileri ve dikkat çeken durumlar da gözlemlenerek genel değerlendirmelere yer verilmiştir. Bulgular tablo ve grafikler üzerinden yüzde oranlarıyla sunulmuştur.

Birinci Sorunun Analizi

Birinci soru, öğrencilerin geometri öğrenme alanında benzerlik ve alan hesaplama konularındaki bilgi düzeylerini ölçmeye yöneliktir. Yanıtlar “doğru”, “kısmen doğru”, “anlamsız veya boş” olarak kategorize edilmiş ve bu doğrultuda grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Grafik 1’de birinci soruya

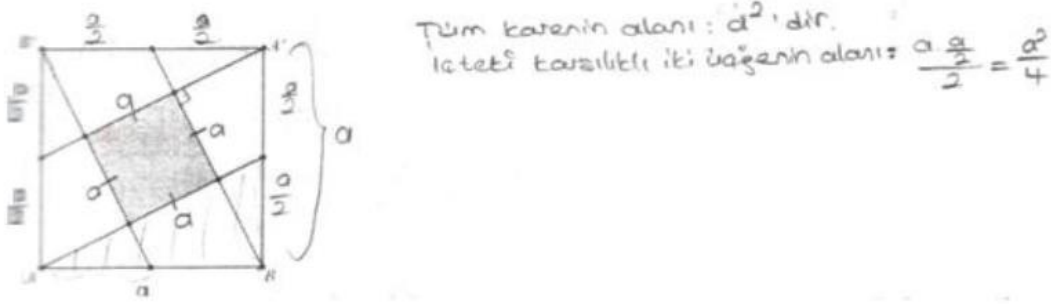
verilen cevapların öğretim yöntemine göre yüzde dağılımları sunulmuştur.



Grafik 1. Birinci soruya verilen cevapların öğretim yöntemi göre yüzde dağılımları

SM1 ve SM2 grupları birlikte değerlendirildiğinde, doğru cevap oranı %45'ten %46'ya hafif artarken; kısmen doğru cevaplarda %12'lik bir artış gözlenmiştir. SM1 grubunda doğru cevap oranı %44'ten %62'ye yükselmiş, SM2 grubunda ise %46'dan %32'ye düşmüştür. Bu bulgu, SM1 ve GSP1 grubu öğrencilerinin SM2 ve GSP2 grubu öğrencilerine göre daha başarılı olduğunu göstermektedir. GSP1 ve GSP2 grupları incelendiğinde, genel doğru cevap oranı %51'den %62'ye, kısmen doğru oranı ise %26'dan %33'e yükselmiştir. GSP1 grubunda doğru yanıt oranı %49'dan %71'e çıkarken, GSP2 grubunda bu oran %54'ten %51'e gerilemiştir. Bu farklılaşmanın, iki grubun ders işlenişindeki etkileşim düzeyi, öğretim üyesi faktörü ve öğrencilerin dinamik yazılım kullanımına yönelik hazırbulunuşluk düzeyleri ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde hem SM hem de GSP gruplarında doğru ve kısmen doğru cevap oranlarında artış, anlamsız ve boş cevap oranlarında ise azalma olduğu belirlenmiştir. Ancak bazı gruplarda anlamsız cevap oranlarının yükselmesi, öğrencilerin belirli soru türlerinde kavramsal anlamlandırma yerine işlemsel denemelere yönelme eğilimlerinin devam ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte, soru kökünde çözüm yollarının açıklanması istenmesine rağmen, ön testte katılımcıların %89'u ve son testte %76'sı yalnızca işlemsel çözümler sunmuş ve herhangi bir açıklama yapmamıştır. Bu bulgu, öğrencilerin süreç odaklı düşünme, gerekçelendirme ve matematiksel açıklama yapma becerilerinin yeterince gelişmediğini ve bu alanlarda daha sistematik öğretim düzenlemelerine ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

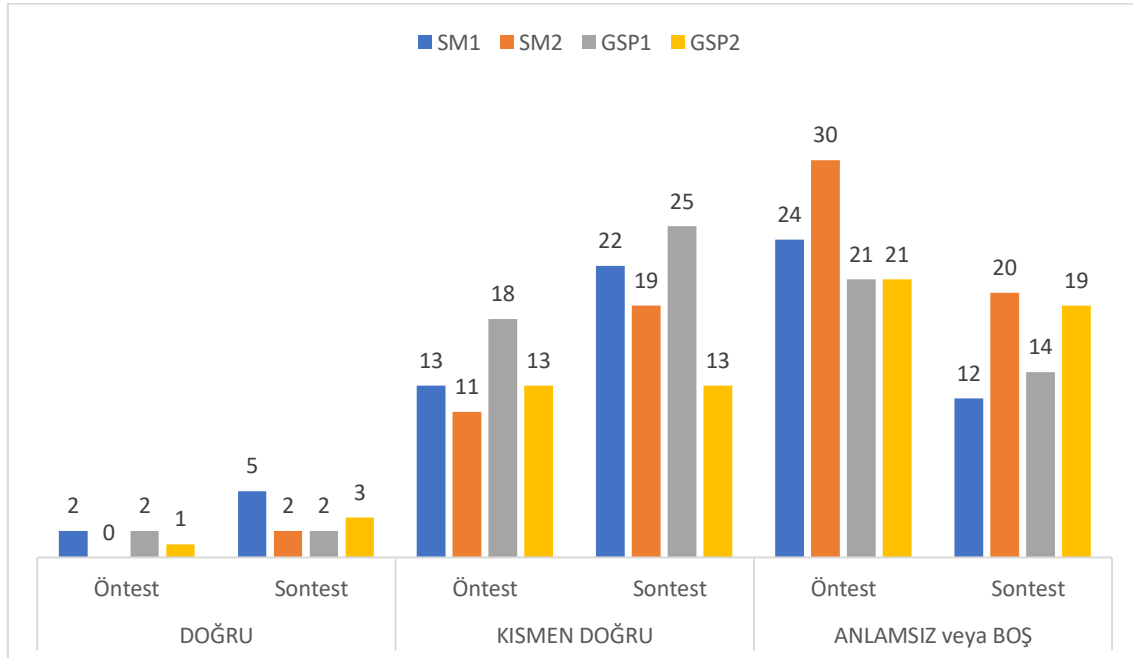


Şekil 3. Katılımcı 2'nin ön testte 1. soruya verdiği yanıt

Şekil 3'te görüldüğü gibi, katılımcıların büyük bir çoğunluğu soruda verilen dörtgenin kare olduğunu doğrudan varsayarak işlem yapmış; yalnızca %3'ü (ön test) ve %7'si (son test) dörtgenin kare olduğunu gerekçelendirmeye çalışmıştır. Bu durum, öğrencilerin varsayımları sorgulama ve kanıtlama becerilerinin zayıf olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, öğretim sürecinde sorgulama temelli etkinliklerin ve kanıta dayalı yaklaşımın daha fazla vurgulanması gerektiği söylenebilir.

İkinci Sorunun Analizi

İkinci soru, katılımcıların geometrik düşünme becerileri ile hacim hesaplama bilgilerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Öğrenci yanıtları “doğru”, “kısmen doğru”, “anlamsız veya boş” şeklinde sınıflandırılmış; bu sınıflandırmalar doğrultusunda öğretim yöntemi (SM/GSP) ve gruplararası karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Ayrıca öğrencilerin çözüm sürecinde benimsedikleri stratejiler ve dikkat çeken durumlar analiz edilmiştir.



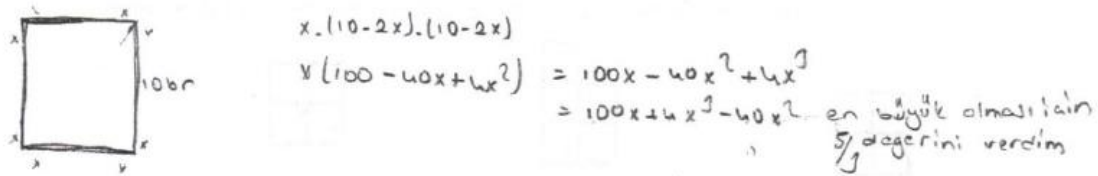
Grafik 2. İkinci soruya verilen cevapların öğretim yöntemine göre yüzde dağılımları

Grafik 2'ye göre, SM1 ve SM2 grupları birlikte değerlendirildiğinde, doğru cevap oranı %3'ten %9'a; kısmen doğru cevap oranı ise %30'dan %51'e yükselmiştir. Boş cevap oranı %43'ten %14'e düşerken, anlamsız cevap oranı %25'ten %26'ya hafifçe artmıştır. SM1 grubunda özellikle doğru ve kısmen

doğru yanıt oranlarındaki artış dikkat çekicidir. SM2 grubunda ise doğru cevap oranı düşük kalmış, ancak kısmen doğru cevaplarda artış, anlamsız cevaplarda ise küçük bir yükseliş görülmüştür. GSP1 ve GSP2 gruplarında ise doğru cevap oranı %4'ten %7'ye çıkmış, kısmen doğru cevap oranı %41'den %50'ye yükselmiştir. Anlamsız cevap oranı %24'ten %22'ye; boş cevap oranı ise %32'den %21'e düşmüştür. GSP1 grubunda doğru oran sabit kalırken, kısmen doğru oran artmıştır. GSP2 grubunda ise doğru cevap oranı artarken, kısmen doğru oran sabit kalmıştır.

Genel karşılaştırmada, her iki öğretim yönteminde de doğru ve kısmen doğru yanıt oranlarında artış gözlenmiştir. SM gruplarında bu artış daha belirgindir (%21'lik kısmen doğru artışı), GSP gruplarında ise daha sınırlı bir yükselme (%9) mevcuttur. Boş cevap oranlarındaki azalma her iki grupta da dikkat çekicidir (SM gruplarında %29, GSP gruplarında %11). Bu durum, son testte öğrencilerin daha fazla cevap üretmeye çalıştıklarını göstermektedir.

Soruda açık biçimde “türev kullanmayınız” uyarısı yapılmasına rağmen, ön testte 3, son testte ise 4 katılımcının bu ifadeye rağmen türev yöntemiyle çözüm yapmaya çalıştığı belirlenmiştir. Bu durum özellikle “anlamsız” kategorisinde yer alan bazı yanıtların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örnek olarak, #46 numaralı katılımcının çözümüne Şekil 4'te yer verilmiştir.



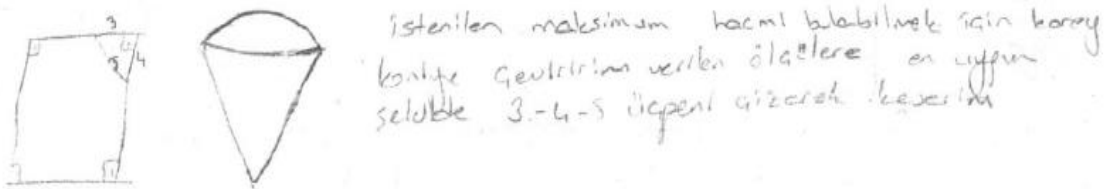
$$x \cdot (10 - 2x) \cdot (10 - 2x)$$

$$x(100 - 40x + 4x^2) = 100x - 40x^2 + 4x^3$$

$$= 100x - 40x^2 + 4x^3 \text{ en büyük olmasının } 5/9 \text{ değerini verdim}$$

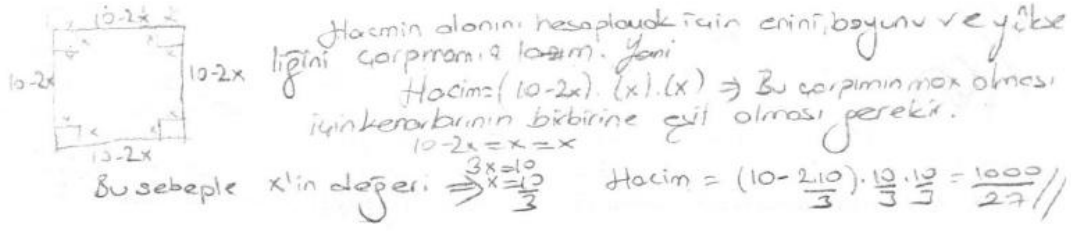
Şekil 4. 46 numaralı katılımcının ikinci soruya verdiği yanıt

Soruda, katılımcılardan üstü açık bir kutunun maksimum hacmini hesaplamaları istenmiş, ancak kutunun formuna ilişkin yönlendirici bir açıklama yapılmamıştır. Bu belirsizlik, bazı katılımcıların çizimlerinde zorluk yaşamasına neden olmuştur. Ön testte %6, son testte ise %10 oranındaki öğrenci kutu çizimini doğru şekilde oluşturamamıştır. Ayrıca %1 (ön test) ve %4 (son test) oranındaki katılımcı, verilen kâğıdı kutu yerine silindir veya koni gibi üç boyutlu başka cisimlere dönüştürerek çözüm üretmiştir. Bu duruma örnek olarak 18 numaralı katılımcının çözümüne Şekil 5'te yer verilmiştir.



Şekil 5. 18 numaralı katılımcının ikinci soruya verdiği yanıt

Bazı katılımcılar, soruda maksimum hacmi bulmak için gerekli olan en, boy ve yükseklik ilişkilerini doğru kurarak çözüm geliştirmiştir. Ön testte bu stratejiyi uygulayan öğrenci oranı %8 iken, son testte bu oran %13'e çıkmıştır. 1 numaralı katılımcının çözümüne Şekil 6'da yer verilmiştir.

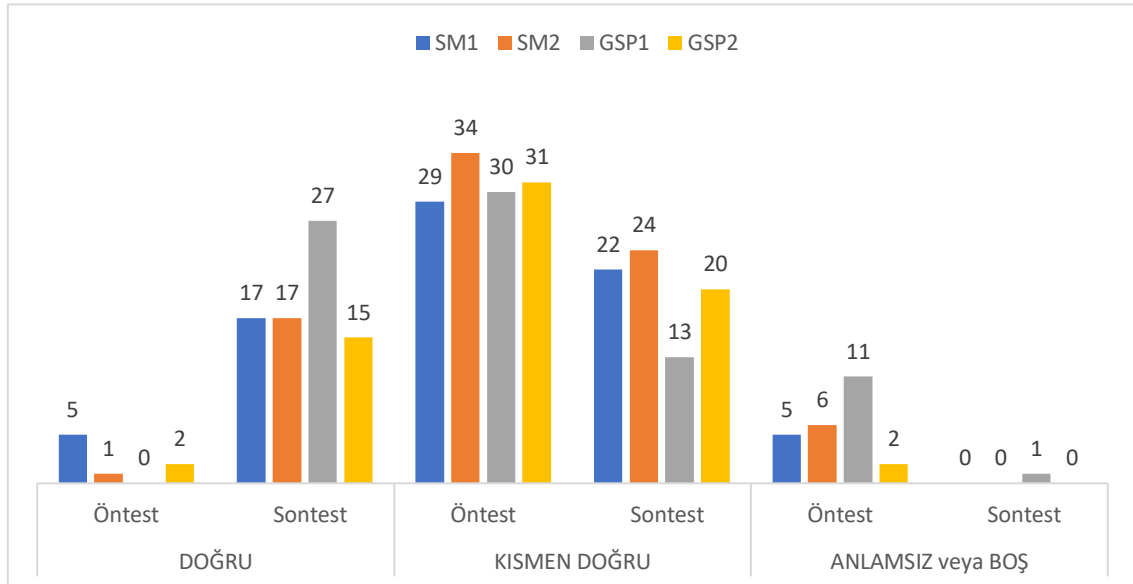


Şekil 6. 1 numaralı katılımcının ikinci soruya verdiği yanıt

Katılımcı #1, kutunun en, boy ve yüksekliğinin eşit olması gerektiğini ifade etmiştir. Bu çözüm yaklaşımı, “toplamları sabit olan iki sayının çarpımı maksimum olduğunda sayılar birbirine yakındır” önermesine dayanmaktadır. Ancak bu önerme, bu sorunun değişken yapısıyla örtüşmemektedir. Zira hacim, köşelerden kesilen kare parçaların boyutlarına göre değişmekte ve toplam uzunluk sabit kalmamaktadır. Örneğin, 1 cm kesimde toplam 19 cm, 2 cm kesimde ise toplam 14 cm elde edilmektedir. Bu bulgu, bazı öğrencilerin problem çözümünde matematiksel genellemeleri yanlış bağlamlarda kullandıklarını göstermektedir.

Dördüncü Sorunun Analizi

Dördüncü soru, katılımcıların birden fazla matematiksel yöntemi kullanarak bir beşgenin alanını hesaplama becerilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Katılımcılardan, şekli farklı stratejilerle çözümlemeleri ve elde ettikleri alanı hesaplamaları beklenmiştir. Yanıtlar “doğru”, “kısmen doğru”, “anlamsız veya boş” şeklinde sınıflandırılarak öğretim yöntemi (SM/GSP) ve gruplararası karşılaştırmaya göre yüzdelik olarak analiz edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin kullandıkları stratejilere ilişkin gözlemlere yer verilmiştir.



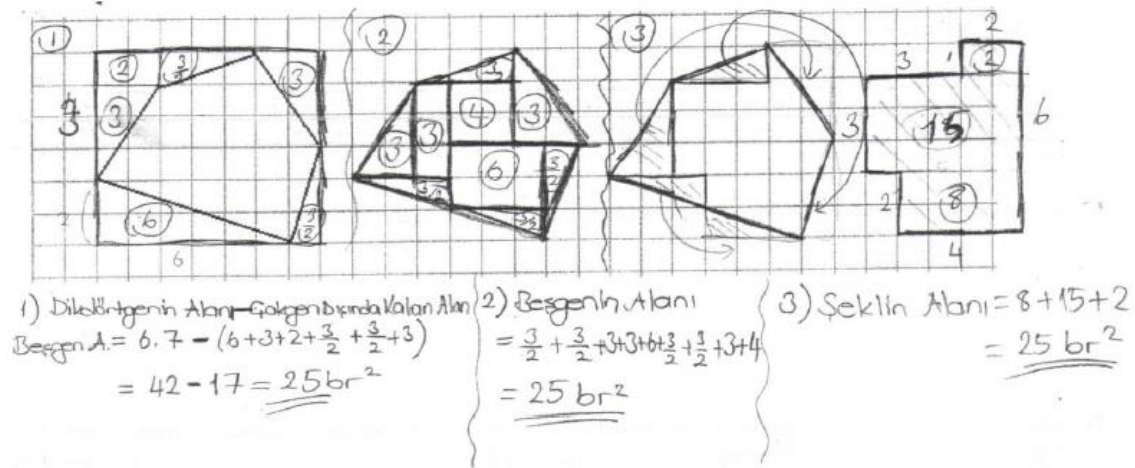
Grafik 3. Dördüncü soruya verilen cevapların öğretim yöntemine göre yüzde dağılımları

Grafik 3 incelendiğinde, SM1 ve SM2 gruplarının toplamında ön testte doğru cevap oranı %8 iken, son testte %43'e yükselmiştir. Kısmen doğru cevaplar %79'dan %58'e düşerken, anlamsız ve boş yanıtlar tamamen ortadan kalkmıştır. SM1 grubunda doğru cevap oranı %44'e ulaşırken, SM2 grubunda da anlamlı gelişmeler kaydedilmiştir. Her iki SM grubunda da öğrenciler son testte anlamlı ve tamamlanmış yanıtlar

vermiştir. GSP1 ve GSP2 gruplarında ön testte doğru cevap oranı %3 iken, son testte %55'e yükselmiştir. Kısmen doğru cevaplar %80'den %43'e düşmüş; anlamsız cevaplar ortadan kalkmış; boş cevaplar %13'ten %1'e gerilemiştir. GSP1 grubunda özellikle dikkat çekici bir gelişme yaşanmış; ön testte doğru cevap oranı %0 iken, son testte %66'ya çıkmıştır. GSP2 grubunda da doğru cevap oranı %43'e ulaşmıştır.

Toplam başarı karşılaştırmalarında, son testte her iki öğretim yönteminde de anlamlı başarı artışı görülmektedir. SM gruplarında doğru cevap oranı %35, GSP gruplarında ise %52 oranında artmıştır. Kısmen doğru yanıt oranı her iki yöntemde de azalmış; anlamsız ve boş cevap oranları neredeyse sıfırlanmıştır. Bu bulgular, öğrencilerin alan hesaplama becerilerinde önemli bir gelişim yaşadıklarını göstermektedir.

Katılımcıların çözüm stratejilerine dair genel gözlemler, öğrencilerin iki temel yöntemle yoğunlaştıklarını ortaya koymaktadır. Beşgenin alanını hesaplarken, şekli ya parçalara ayırmışlar ya da şeklin dışında bir dikdörtgen oluşturarak eksik alanı çıkartma yöntemiyle sonuca ulaşmışlardır. Ön testte bu stratejileri kullananların oranı %68 iken, son testte %92'ye yükselmiştir. Bu durum, öğrencilerin hem görsel hem işlemsel düşünme becerilerinin geliştiğini göstermektedir.



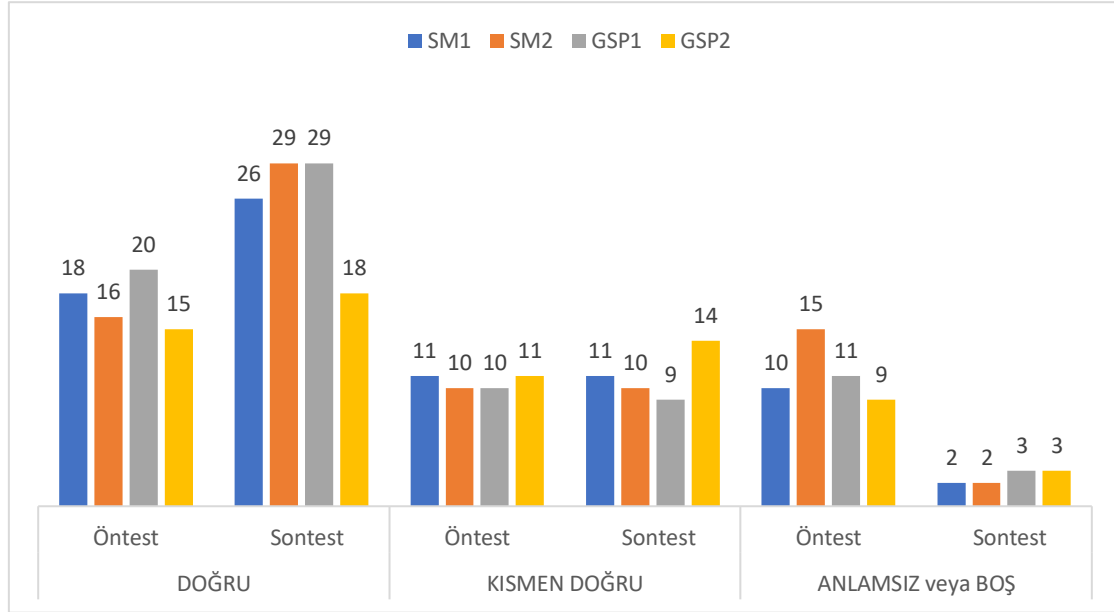
Şekil 7. 40 numaralı katılımcının dördüncü soru için kullandığı çözüm stratejileri

40 numaralı katılımcı, ilk çözüm yönteminde beşgeni bir dikdörtgen içine yerleştirmiş, ardından dışta kalan üçgen alanları hesaplayarak çıkartma yapmış ve doğru sonuca ulaşmıştır. İkinci yöntemde ise şekli üçgen ve dörtgenlere bölerek her bir parçanın alanını ayrı ayrı hesaplamış ve toplam alanı elde etmiştir. Bu iki çözüm yolu, öğrencinin birden fazla matematiksel stratejiyi etkili biçimde kullanabildiğini göstermektedir. Ayrıca, dördüncü soruya verilen yanıtlar incelendiğinde, ön testte öğrencilerin %15'inin, son testte ise %49'unun en az bir veya iki işlemsel çözüm yöntemi kullandığı; işlemsel çözüm sunamadıkları durumlarda ise düşüncelerini sözel açıklamalarla ifade etmeye çalıştıkları belirlenmiştir. Bu da, öğrencilerin süreç odaklı düşünme ve açıklama yapma yönünde gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Beşinci Sorunun Analizi

Beşinci soru, katılımcıların simetri kavramı çerçevesinde geometrik düşünme ve akıl yürütme becerilerini değerlendirmeyi hedeflemektedir. Yanıtlar "doğru", "kısmen doğru", "anlamsız veya boş" kategorilerine

ayrılarak öğretim yöntemi (SM/GSP) ve gruplararası bağlamında analiz edilmiştir. Öğrencilerin çözüm sürecindeki tutumları ve stratejileri de genel gözlemler başlığı altında değerlendirilmiştir.



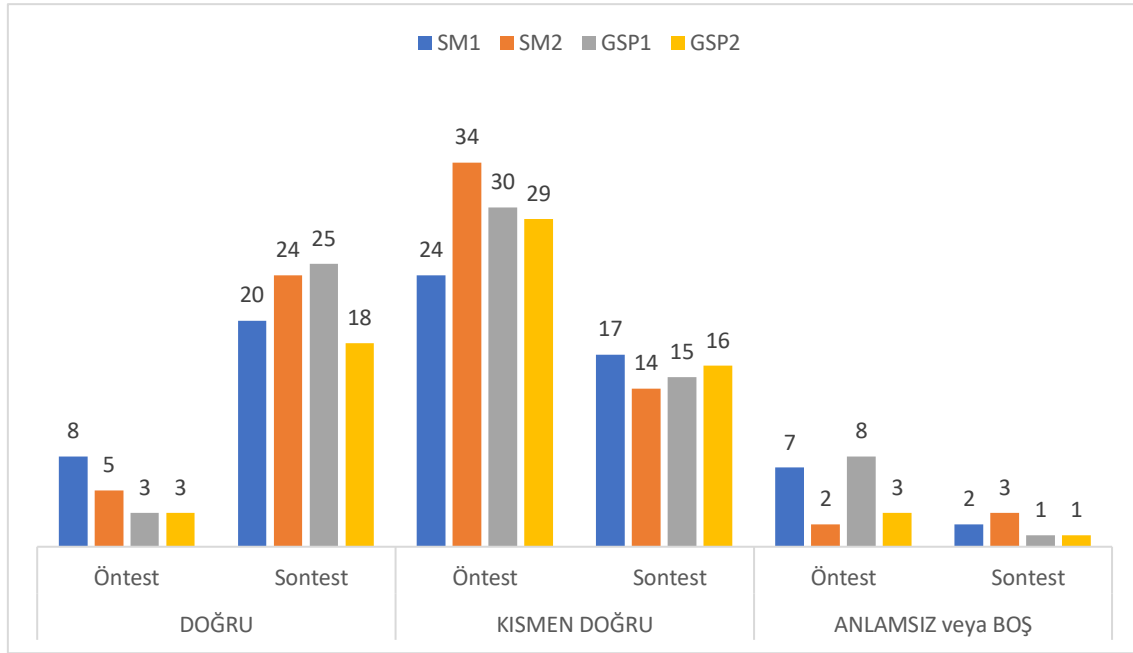
Grafik 4. Beşinci soruya verilen cevapların öğretim yöntemine göre yüzde dağılımları

SM1 ve SM2 gruplarının toplamında ön testte doğru cevap oranı %43, son testte ise %69'a yükselmiştir. Kısmen doğru oranı sabit kalmış; anlamsız ve boş cevaplar %3'e gerilemiştir. SM2 grubunun son testte %71 oranında doğru cevap vermesi dikkat çekicidir. Bu bulgular, SM gruplarının simetri sorusundaki başarılarında belirgin bir gelişme yaşadığını göstermektedir.

GSP1 ve GSP2 gruplarında doğru cevap oranı ön testte %46, son testte %62 olmuştur. Kısmen doğru cevap oranı %30'a çıkarken, anlamsız ve boş cevap oranlarında düşüş yaşanmıştır. GSP1 grubunda %71 doğru cevap oranıyla en yüksek başarı sağlanmıştır. SM gruplarında doğru cevap oranı %26 artarken, GSP gruplarında bu oran %16'dır. Bu da SM gruplarının daha yüksek gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Anlamsız ve boş cevap oranları tüm gruplarda azalmış, genel başarı düzeyinin arttığı görülmüştür.

Altıncı Sorunun Analizi

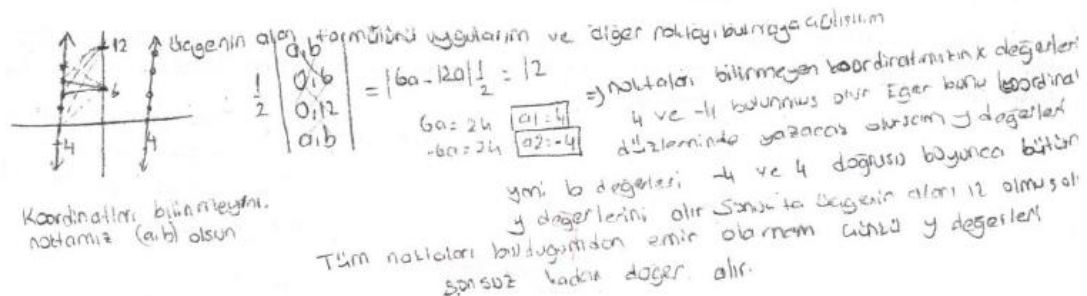
Altıncı soru, analitik geometri bağlamında koordinat düzleminde uygulama yapma ve alan hesaplama becerilerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Yanıtlar yine dört kategoriye ayrılarak her grup için yüzdeler olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca öğrencilerin çözüm stratejileri de genel gözlemler çerçevesinde analiz edilmiştir.



Grafik 5. Altıncı soruya verilen cevapların öğretim yöntemine göre yüzde dağılımları

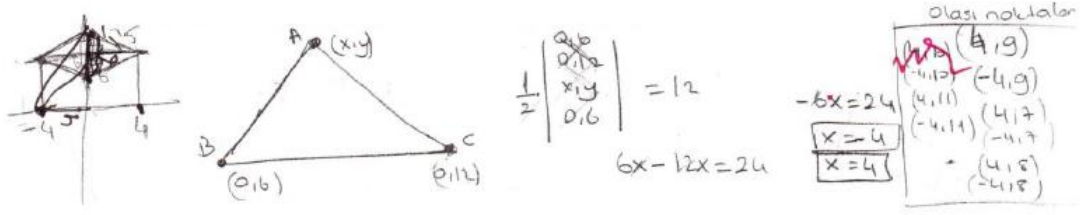
SM1 ve SM2 gruplarında ön testte %16 doğru, %73 kısmen doğru, %4 anlamsız, %8 boş cevap oranı gözlenmiştir. Son testte doğru oranı %55'e çıkarken, kısmen doğru %39'a gerilemiş; boş cevap %3'e inmiş, anlamsız cevap oranı sabit kalmıştır. SM2 grubunun doğru cevap oranının SM1'e göre daha yüksek olduğu görülmektedir. GSP1 ve GSP2 gruplarında ise doğru cevap oranı %8'den %57'ye yükselmiştir. Kısmen doğru %41, anlamsız %3, boş cevap %0'dır. GSP1 grubu %61 doğru cevap oranıyla öne çıkmıştır. GSP grupları, SM gruplarına kıyasla daha yüksek bir başarı artışı göstermiştir. Doğru cevap oranındaki artış, SM gruplarında %39, GSP gruplarında %49'dur. Kısmen doğru yanıtlarda SM'de %34, GSP'de %37 azalma gözlenmiştir. Anlamsız cevaplar SM'de sabit kalırken, GSP'de %6 azalmıştır. Bu bulgular, GSP grubunun göreceli olarak daha yüksek başarı gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Ön testte %47, son testte %21 oranında öğrenci matris determinant yöntemini kullanmıştır. Soruda açıkça "Tüm noktaları bulduğunuzdan nasıl emin olabiliyorsunuz?" ifadesi yer almasına rağmen, ön testte %98, son testte %81 oranında katılımcı bu açıklamayı yapmamıştır. Bu durum, öğrencilerin açıklama yapma ve gerekçelendirme becerilerinin gelişiminde eksiklik olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. 42 numaralı katılımcının altıncı soruya son testte verdiği yanıt

42 numaralı katılımcının son test çözümünde, koordinat düzleminde oluşturulan üçgenin alanını matris determinant yöntemiyle hesapladığı ve doğru sonuca ulaştığı görülmüştür.

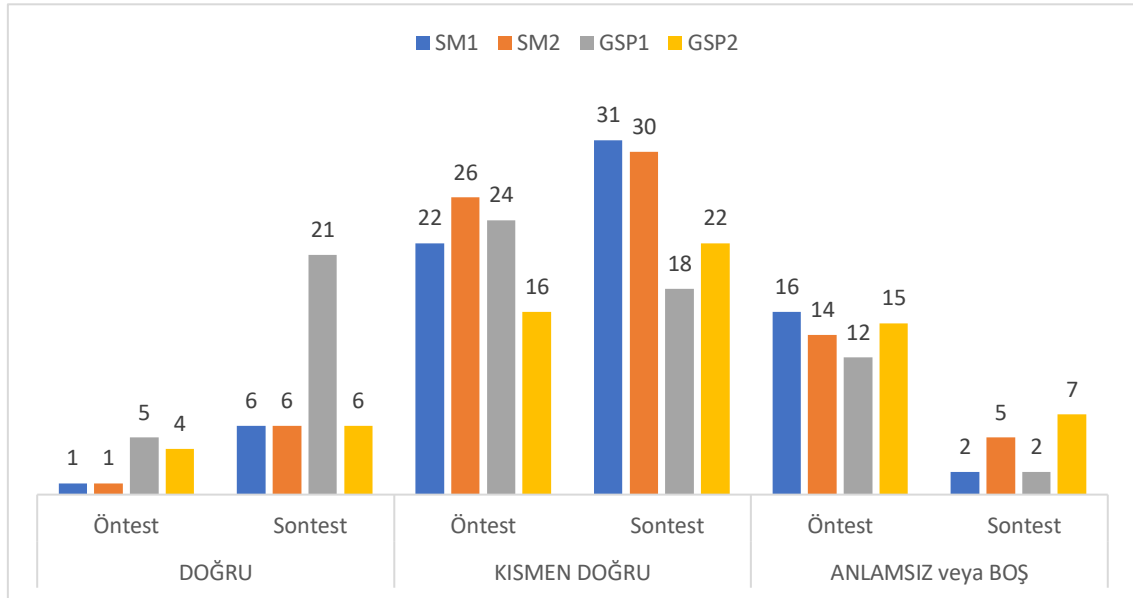


Şekil 9. 42 numaralı katılımcının ön testte altıncı soruya verdiği yanıt

Aynı katılımcının ön testteki çözümünde, olası tepe noktalarını (4,10), (-4,10), (4,11), (-4,11) gibi seçeneklerle sınırlı tutarak çözüm üretmeye çalıştığı ve nokta seçiminde deneysel bir yol izlediği gözlemlenmiştir. Bu durum, öğrencinin koordinat sisteminde çoklu olasılıkları değerlendirme çabası gösterdiğini ancak sistematik çözüme ulaşmakta zorlandığını ortaya koymaktadır.

Sekizinci Sorunun Analizi

Sekizinci soru, katılımcıların üç boyutlu düşünme becerileri ile izometrik kâğıt üzerinde şekil çizme yeterliliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Yanıtlar “doğru”, “kısmen doğru”, “anlamsız veya boş” olarak sınıflandırılarak öğretim yöntemi (SM/GSP) ve gruplararası karşılaştırma açısından yüzdeler oranlarla analiz edilmiştir. Ayrıca çözüm sürecinde benimsenen yöntemler ve dikkat çeken durumlar genel gözlemler kapsamında ele alınmıştır.

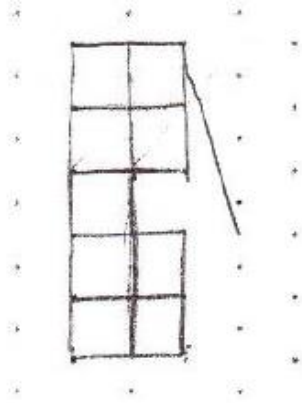


Grafik 6. Sekizinci soruya verilen cevapların öğretim yöntemine göre yüzde dağılımları

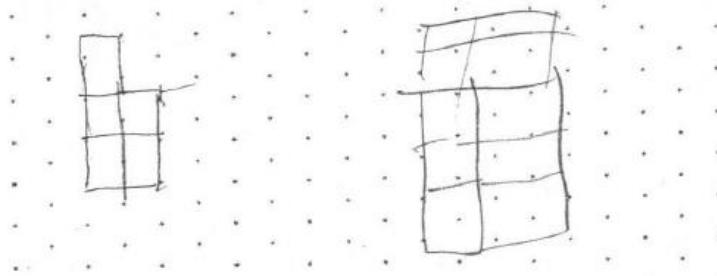
SM1 ve SM2 gruplarında ön testte %3 doğru, %60 kısmen doğru, %15 anlamsız, %23 boş cevap oranı belirlenmiştir. Son testte doğru cevap oranı %15'e, kısmen doğru %76'ya yükselmiştir. Anlamsız cevap oranı %5'e, boş cevap oranı ise %4'e gerilemiştir. Bu durum, SM gruplarında özellikle kısmen doğru ve doğru yanıtlarda artış; anlamsız ve boş yanıtlarda ise önemli düşüş olduğunu göstermektedir. GSP1 ve GSP2 gruplarında ön testte %12 doğru, %53 kısmen doğru, %11 anlamsız, %25 boş cevap görülmüştür. Son testte doğru cevap oranı %36'ya çıkmış, kısmen doğru oranı sabit kalmış; anlamsız %8'e, boş cevap %4'e düşmüştür. GSP1 grubundaki doğru cevap oranı %12'den %51'e yükselerek dikkate değer bir

gelişme göstermiştir. Buna karşılık GSP2 grubunda bu oran %11'den %17'ye çıkmıştır. Bu bulgular, GSP1 grubunun daha belirgin bir başarı artışı yaşadığını ortaya koymaktadır. Genel karşılaştırmada, doğru cevap oranı SM gruplarında %12; GSP gruplarında %24 artmıştır. Özellikle GSP1 grubunda bu artış %39 gibi yüksek bir düzeyde gerçekleşmiştir. Kısmen doğru oranında SM gruplarında %16 artış olurken, GSP gruplarında sabit kalmıştır. Her iki grupta da anlamsız ve boş cevap oranlarında belirgin azalma gözlenmiştir.

Katılımcıların üç boyutlu çizim becerilerinde gelişme olmakla birlikte, bazı katılımcılar bu beceriyi yeterince kazanamamıştır. Ön testte %18, son testte %10 oranında katılımcı üç boyutlu çizim oluşturmakta zorlanmıştır. Şekil 10 ve Şekil 11'de, 2 ve 13 numaralı katılımcıların iki boyutlu düşünmeye dayalı çizimleri örneklenmiştir.

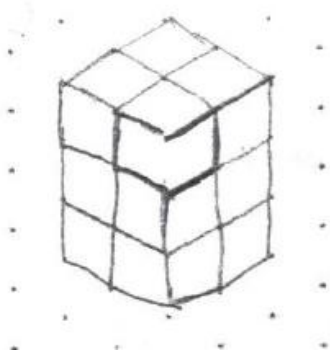


Şekil 10. 2 numaralı katılımcının sekizinci soru için oluşturduğu çizim



Şekil 11. 13 numaralı katılımcının sekizinci soru için oluşturduğu çizim

Katılımcıların izometrik kâğıdı iki boyutlu kareli kâğıt gibi kullandığı ve üç boyutlu perspektifi veremediği gözlemlenmiştir. Soru kökünde verilen “üstten görünüm 4 br²” ifadesi, %21 (ön test) ve %20 (son test) oranındaki katılımcı tarafından doğrudan şeklin üst kısmına iki boyutlu biçimde yansıtılmıştır. Şekil 12'de, 10 numaralı katılımcının bu yöndeki çözümü sunulmuştur.

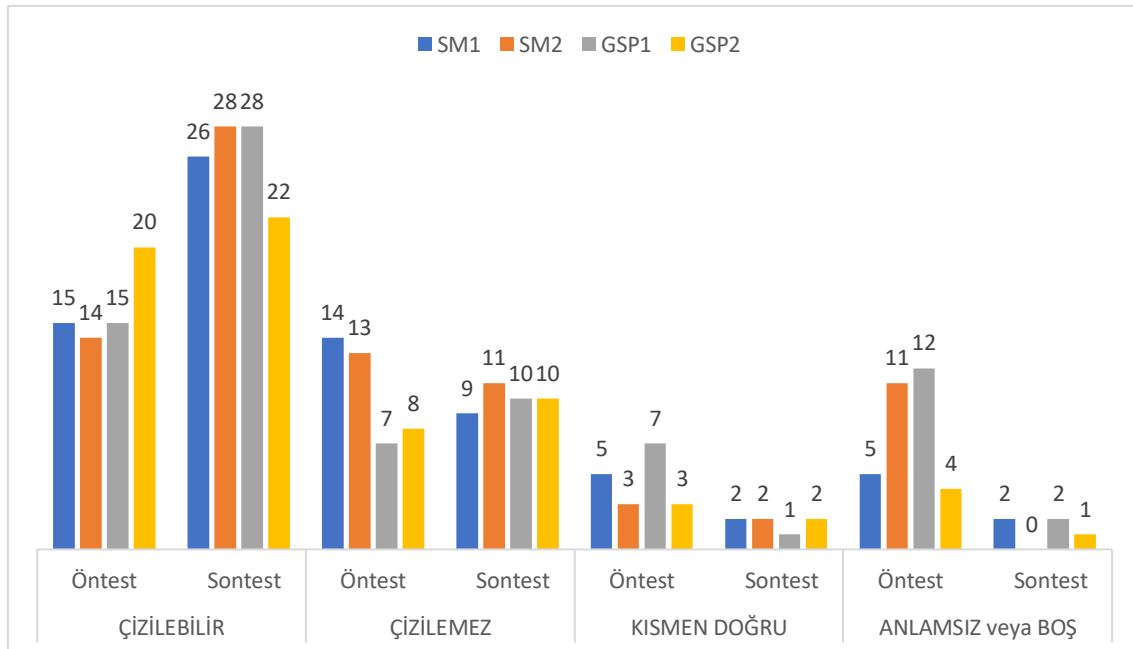


Şekil 12. 10 numaralı katılımcının sekizinci soru için oluşturduğu çizim

Ayrıca %20 civarında katılımcı, soruda verilen sağdan, soldan ve üstten görünümünü birleştirmekte zorluk yaşamış ve hatalı üç boyutlu şekiller çizmiştir. Bu durum, üç boyutlu nesne üretimi, perspektif oluşturma ve görünüm entegrasyonu konularında hâlâ gelişime ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

Onuncu Sorunun Analizi

Onuncu soru, katılımcıların geometrik düşünme ve akıl yürütme becerilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Yanıtlar “çizilebilir”, “çizilemez”, “kısmen doğru”, “anlamsız veya boş” şeklinde kategorilere ayrılarak, öğretim yöntemi (SM/GSP) ve gruplararası karşılaştırma açısından yüzde oranlarla analiz edilmiştir. Ayrıca çözüm sürecinde benimsenen yöntemler ve dikkat çeken çözüm yaklaşımları da genel gözlemler başlığı altında ele alınmıştır.

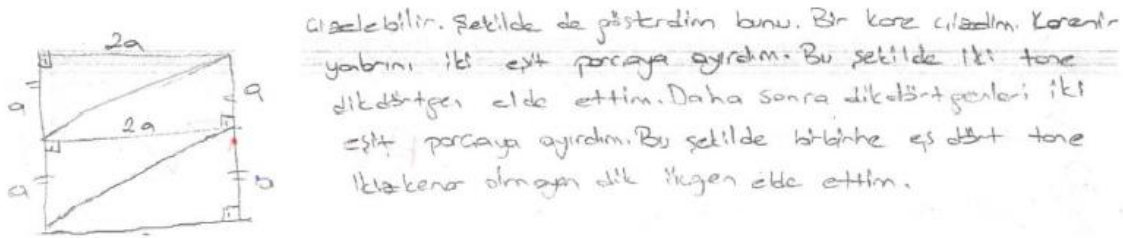


Grafik 7. Onuncu soruya verilen cevapların öğretim yöntemine göre yüzde dağılımları

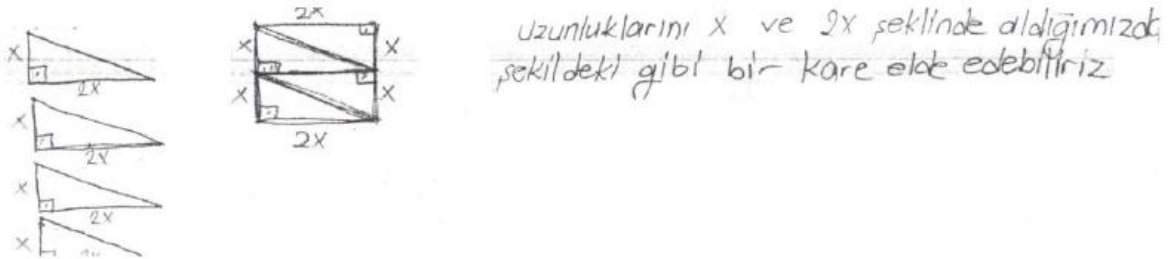
SM gruplarında “çizilebilir” cevap oranı ön testte %36 iken, son testte %68’e yükselmiştir. GSP gruplarında bu oran %46’dan %66’ya çıkmıştır. Artış oranı SM gruplarında %32 ile daha yüksektir. SM1 ve SM2 gruplarında çizilebilir cevap oranları benzer seviyelere ulaşmış; GSP1 grubunda ise daha belirgin

bir artış kaydedilmiştir. “Çizilemez” kategorisinde SM gruplarında %9 düşüş gözlenmişken, GSP gruplarında %6’lık bir artış meydana gelmiştir.

“Kısmen doğru” yanıtlar SM gruplarında %5, GSP gruplarında %9 oranında azalmıştır. Anlamsız ve boş cevap oranları her iki grupta da azalmıştır. Özellikle boş cevaplarda her iki öğretim yönteminde %15’lik azalma kaydedilmiştir. SM2 ve GSP1 gruplarında bu oran %22’ye ulaşmıştır, bu da katılımcıların son testte çözüm üretme konusunda daha istekli olduklarını göstermektedir.

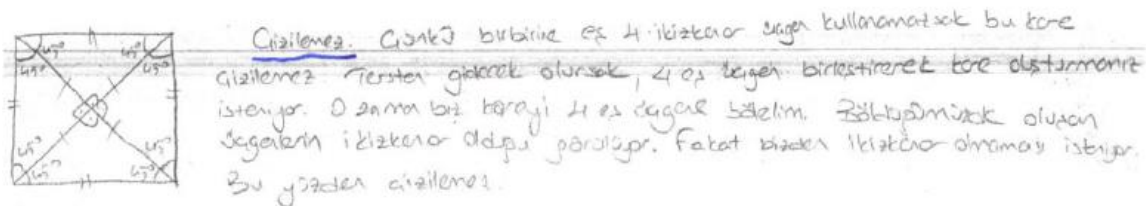


Şekil 13. 46 numaralı katılımcının onuncu soru için oluşturduğu çözüm



Şekil 14. 40 numaralı katılımcının onuncu soru için oluşturduğu çözüm

Katılımcı (#46), kare çizerek içerisine ikizkenar olmayan üçgenler yerleştirmiştir. Katılımcı (#40) ise dört adet ikizkenar olmayan üçgen çizmiş ve bunları birleştirerek bir kare oluşturmuştur. Buna karşılık, bazı katılımcılar yalnızca köşegen çizimleriyle sınırlı çözüm denemiştir.



Şekil 15. 14 numaralı katılımcının onuncu soru için oluşturduğu çözüm

Katılımcı (#14), kareyi dört eş üçgene bölerek ikizkenar olmayan üçgenlerle bir kare oluşturulamayacağı sonucuna varmıştır. Ancak alternatif strateji geliştirmemiştir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada, somut materyal ve dinamik geometri yazılımı destekli öğretim yöntemlerinin öğretmen adaylarının geometri başarıları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bulgular, her iki materyal türüne dayalı öğretim sonrası öğrenci başarılarında anlamlı gelişmeler olduğunu ortaya koymuştur. Doğru ve kısmen doğru yanıt oranlarının artması; anlamsız ve boş yanıt oranlarının azalması, bu gelişimi desteklemektedir. Bu durum, uygulamaya dayalı geometri öğretiminin öğrencilerin başarılarını artırmada etkili olduğunu

göstermektedir.

Araştırma bulguları, her dört grupta da öğretim sonrası anlamlı düzeyde başarı artışı olduğunu göstermiştir (tüm gruplarda $p < .01$). En yüksek gelişim GSP1 grubunda gerçekleşmiş ($\bar{x}_{\text{fark}} = 3.78$), en düşük gelişim ise GSP2 grubunda görülmüştür ($\bar{x}_{\text{fark}} = 1.71$). Öğretim yöntemine göre yapılan karşılaştırmada SM ve GSP grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamış olsa da ($p > .05$), gruplar arasında başarı artışlarının düzeyi farklılık göstermiştir. Ayrıca madde bazlı analizlerde, özellikle simetri, izometrik çizim ve alan hesaplama sorularında GSP gruplarının; hacim ve üç boyutlu düşünmeyi gerektiren sorularda ise SM gruplarının daha yüksek performans sergilediği belirlenmiştir.

Özellikle dinamik geometri yazılımı destekli gruplar; şekil analizi, çoklu çözüm yolları ve görsel temsillerin keşfedilmesini gerektiren sorularda daha başarılı performans sergilemişlerdir. Öte yandan somut materyal destekli gruplar, üç boyutlu düşünme, hacim hesaplama ve izometrik çizim gibi fiziksel-mekânsal ilişkilerin öne çıktığı alanlarda daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Bu durum, her iki yöntemin farklı bilişsel süreçleri desteklediğini göstermektedir (Gürbüz, 2007; Hazzan ve Goldenberg, 1997). Her iki öğretim yaklaşımı da öğrencilerin farklı düşünme biçimlerini deneyimlemelerine olanak sağlamış ve geometriye yönelik daha derin bir kavrayış geliştirmelerine katkı sunmuştur. Nitekim görsel temsillerin çeşitliliği, öğrencilerin zihinsel imgelem ve kavramsal düşünme becerilerini desteklemektedir (Hannafin vd., 2001; Gaulin, 1985). Ayrıca, çalışma gruplarının iki farklı öğretim elemanı tarafından yürütülmüş olması, gruplar arasında gözlenen küçük başarı farklılıklarında dolaylı bir etki oluşturmuş olabilir. Öğretim sürecindeki yönlendirme biçimi, sınıf içi etkileşim düzeyi ve öğretim üslubu gibi değişkenler, özellikle soru çözme stratejilerinin niteliğini etkileyebilmektedir.

Çalışma kapsamındaki öğretim etkinlikleri, Driscoll ve arkadaşlarının (2007) geliştirdiği Geometrik Düşünme Alışkanlıkları (Geometric Habits of Mind - GDA) yaklaşımına dayalı olarak yapılandırılmıştır. Bu yaklaşım; ilişki kurarak muhakeme etme, sabitleri inceleme, genelleme yapma ve dengeleme gibi zihinsel alışkanlıkların öğrencilere kazandırılmasını hedeflemektedir. Öğrencilerin bu alışkanlıkları fark etmeleri ve kullanmaları, geometriyi yaparak ve tartışarak öğrenmelerine katkı sağlamıştır. Bu yapı, yalnızca sonuca ulaşmayı değil, süreci anlamlandırmayı ve matematiksel gerekçelendirmeyi ön plana çıkarmaktadır (Driscoll vd., 2007). Ancak bulgular, katılımcıların çoğunlukla işlemsel çözümler sunduklarını ve çözüm stratejilerini açıklama konusunda yetersiz kaldıklarını göstermektedir. Bu durumun, sınav sisteminin açıklamaya dayalı düşünmeyi teşvik etmemesinden ve öğrencilerin açıklama yapma alışkanlıklarının gelişmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Etkili bir matematik öğretimi, kavramsal anlayışı da içermeli ve gerekçelendirme temelli düşünme becerilerini desteklemelidir (Hill vd., 2005).

İzometrik kâğıt kullanımında yaşanan zorluklar, öğrencilerin üç boyutlu düşünme becerilerinde gelişime ihtiyaç duyduklarını ortaya koymuştur. Ayrıca, matematiksel dili kullanma konusundaki yetersizlikler dikkat çekmiştir. Bu durumun aşılabilmesi için, erken yaşlardan itibaren yazılı ve sözel matematiksel ifade becerilerinin desteklenmesi gerekmektedir (MEB, 2024; Moschkovich, 2010). Dinamik geometri yazılımları, çoklu çözüm yollarını destekleyen yapıları sayesinde öğrencilerin matematiksel esnekliklerini ve keşfetme becerilerini geliştirmekte etkilidir (Güven ve Karataş, 2005). Ayrıca, bu yazılımların yalnızca başarıyı değil, matematiksel kavramlara yönelik tutumları da olumlu yönde etkileyebildiği bilinmektedir (Ersoy, 2003).

Araştırmaya katılan öğrencilerin birinci sınıf düzeyinde olması, yeni ve dikkat çekici materyallere karşı duyarlılığı artırmış olabilir. Ancak bu etkinin kalıcılığı ve uzun vadeli etkileri farklı sınıf düzeylerinde yeniden değerlendirilmelidir. Gelecek çalışmalarda kontrol gruplarının dahil edilmesi, öğretim yöntemlerinin karşılaştırılabilirliğini artıracaktır. Ayrıca hem somut materyallerin hem de dinamik geometri yazılımının bir arada kullanıldığı bütünleşik öğretim modelleri geliştirilerek bu iki yaklaşımın sinerjik etkileri araştırılabilir.

Bu çalışmada, somut materyaller ve dinamik geometri yazılımı destekli öğretim yöntemlerinin öğretmen adaylarının geometri başarılarına etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, her iki öğretim yaklaşımının da uygulama süreci sonrasında anlamlı başarı artışlarına yol açtığını göstermiştir. Doğru ve kısmen doğru yanıtların artması, anlamsız ve boş cevapların azalması; öğretim sürecinin öğrenci başarısına doğrudan katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, uygulamaya dayalı geometri öğretiminin geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili olduğunu ve öğrenmenin niteliğini artırdığını desteklemektedir.

Araştırma sürecinde, dinamik geometri yazılımı destekli gruplar, özellikle şekil analizi, çoklu çözüm yolları geliştirme ve görsel temsilleri dinamik biçimde inceleme gerektiren sorularda daha yüksek başarı göstermiştir. Buna karşılık, somut materyal destekli gruplar ise üç boyutlu düşünme, hacim hesaplama ve izometrik çizim gibi fiziksel ve mekânsal ilişkilerin öne çıktığı alanlarda daha iyi performans sergilemiştir. Bu bulgular, her iki öğretim yaklaşımının farklı bilişsel süreçleri desteklediğini ve öğrencilerin problem çözme stratejilerini çeşitlendirdiğini ortaya koymaktadır (Hazzan ve Goldenberg, 1997; Gürbüz, 2007). Özellikle şekle dayalı soyut düşünme ve görsel imgelem becerilerinin gelişiminde dinamik yazılımların; fiziksel modelleme, mekânsal ilişkilendirme ve manipülasyon süreçlerinde ise somut materyallerin etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmada kullanılan öğretim etkinlikleri, Driscoll ve arkadaşlarının (2007) geliştirdiği Geometrik Düşünme Alışkanlıkları (Geometric Habits of Mind - GDA) yaklaşımına dayalı olarak yapılandırılmıştır. Bu yaklaşım; ilişki kurarak muhakeme etme, sabitleri fark etme, genelleme yapma ve denge kurma gibi zihinsel alışkanlıkların kazandırılmasını hedeflemektedir. Öğrencilerin bu alışkanlıkları geliştirerek geometriyi tartışarak ve keşfederek öğrenmeleri desteklenmiştir. Ancak analizler, katılımcıların önemli bir kısmının çözüm sürecinde işlemsel yaklaşımları tercih ettiğini, sürece ilişkin açıklama yapmada ise yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu durum, mevcut sınav sisteminin açıklama ve gerekçelendirmeyi geri planda bırakmasıyla ilişkili olabilir. Oysa etkili matematik öğretimi, yalnızca doğru sonuca ulaşmayı değil, kavramların neden ve nasıl'ını anlamaya dönük düşünmeyi de kapsamalıdır (Hill, Rowan ve Ball, 2005).

Özellikle izometrik kâğıt kullanımına ilişkin gözlemler, öğrencilerin üç boyutlu düşünme becerilerinde gelişim alanları olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, matematiksel dili hem yazılı hem de sözlü biçimde kullanma konusunda gözlenen zayıflıklar, öğretmen adaylarının ifade ve gerekçelendirme becerilerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu tür becerilerin erken yaşlardan itibaren desteklenmesi gerektiği literatürde de vurgulanmaktadır (MEB, 2024; Moschkovich, 2010). Dolayısıyla, matematik öğretiminde yalnızca kavramları öğretmek değil, aynı zamanda bu kavramların matematiksel dil içinde ifade edilmesini sağlamak da temel bir hedef olmalıdır.

Bu araştırma, literatüre karşılaştırmalı somut materyal – dinamik yazılım çalışmalarına özgün bir katkı sunmaktadır. Çalışmanın dört grup üzerinde yürütülmesi, iki farklı öğretim yaklaşımının hem grup içi hem gruplararası etkilerinin çok boyutlu biçimde analiz edilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca madde

düzeyinde yapılan ayrıntılı performans analizleri, öğretmen adaylarının hangi tür geometrik düşünme bileşenlerinde zorlandıklarını somut biçimde ortaya koyarak, öğretmen yetiştirme programlarına dönük önemli ipuçları sağlamaktadır. Bu yönüyle araştırma, hem kuramsal olarak ZGA yaklaşımını desteklemekte hem de uygulama alanına veri temelli öğretim materyali tercihleri için yol gösterici öneriler sunmaktadır.

Dinamik geometri yazılımlarının en güçlü yönlerinden biri, çoklu çözüm yollarını görsel olarak keşfetmeye imkân sunmasıdır. Bu özellik, öğrencilerin matematiksel esneklik, görselleştirme ve problem çözme becerilerinin gelişimini desteklemektedir (Güven ve Karataş, 2005). Ayrıca, bu yazılımların yalnızca başarıya değil, öğrencilerin matematiksel kavramlara ve geometriye yönelik tutumlarına da olumlu katkılar sunduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Ersoy, 2003).

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının birinci sınıf düzeyinde olmaları, yeni ve dikkat çekici öğretim materyallerine karşı daha duyarlı ve açık olmalarını sağlamış olabilir. Ancak bu durumun öğrencilerde oluşturduğu öğrenme etkisinin kalıcı olup olmadığının belirlenmesi ve üst düzey geometri kazanımları üzerindeki uzun vadeli yansımalarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalarda daha kontrollü deneysel desenlerin tercih edilmesi, farklı sınıf düzeylerinde ve daha uzun süreli uygulamaların yapılması önem arz etmektedir. Ayrıca hem somut materyallerin hem de dinamik geometri yazılımlarının birlikte ve bütünsel şekilde kullanıldığı öğretim modellerinin geliştirilmesi, bu iki yaklaşımın birbirini tamamlayıcı etkilerini değerlendirmek açısından faydalı olacaktır.

Beyanlar

Etik beyan: Araştırma kapsamında etik beyan yapılmış ve Gaziantep Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'ndan 02/07/2025 tarihli ve EE-73628654-604.01-682096 sayılı kararı onay alınmıştır.

Çıkar çatışması: Yazarların çıkar çatışması yoktur.

Veri erişilebilirliği: Veriler, yazarlardan talep üzerine sağlanabilir.

Kaynaklar

- Altun, M. (2008). *İlköğretim ikinci kademe (6, 7 ve 8. sınıflarda) matematik öğretimi*. Alfa Aktüel.
- Aslan-Tutak, F. (2011). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının geometri bilgileri. *Eğitim ve Bilim*, 36(159), 236–252.
- Atiyah, M. (2003). Mathematics in the 20th century. *The American Mathematical Monthly*, 110(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/00029890.2003.11919942>
- Baki, A. (2006). *Kuramdan uygulamaya matematik eğitimi*. Harf Eğitim.
- Ball, D. L., Lubienski, S. T., ve Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics: The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 433–456). American Educational Research Association.
- Başer, N., Yıldırım, C., ve Yıldız, A. (2002). Matematik öğretiminde model kullanımı ve önemi. *Milli Eğitim Dergisi*, 154, 19–28.
- Baykul, Y. (2005). *Matematik öğretimi (İlköğretim 6–8. sınıflar için)*. PegemA.
- Bozkurt, G., ve Polat, S. (2011). Öğretmen adaylarının öğretim teknolojilerine yönelik tutumlarının incelenmesi. *Journal of Turkish Educational Sciences*, 9(3), 439–460.

- Cuoco, A., Goldenberg, E. P., ve Mark, J. (1997). Habits of mind: An organizing principle for mathematics curricula. *Journal of Mathematical Behavior*, 15(4), 375–402.
- Çepni, S. (2001). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (3. baskı). Üçel.
- Delice, A., Ertekin, E., Yazıcı, E., ve Aydın, E. (2009). Matematik öğretmen adaylarının cebir ve geometri konularındaki bilgi düzeylerinin karşılaştırılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 45–61.
- Demircioğlu, H. (2003). *Tarihsel bağlamda yapılandırmacı yaklaşımla kimya öğretimi ve bir uygulama örneği* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Driscoll, M., DiMatteo, R. W., Nikula, J., ve Egan, M. (2007). *Fostering geometric thinking: A guide for teachers, grades 6–10*. Heinemann.
- Driscoll, M., Nikula, J., ve DeRosa, C. (2008). *Geometrik düşünmeyi destekleme araç seti*. Heinemann.
- Duatepe, A. (2000). Geometri başarısının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 43–52.
- Duatepe, A., ve Ersoy, Y. (2001). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının geometri yeterliklerinin incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 29–40.
- Ersoy, Y. (2003). Bilgisayar destekli matematik öğretiminin başarıya etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 28(128), 41–50.
- Gaulin, M. (1985). Geometric knowledge and spatial representation. *Educational Studies in Mathematics*, 16(1), 61–80.
- Goldenberg, E. P. (1999). Habits of mind as organizing principles. *Journal of Education*, 181(1), 13–25.
- Gül, Ç. Y., ve Karataş, İ. (2015). 8. Sınıf öğrencilerinin dönüşüm geometrisi başarılarının uzamsal becerileri, geometri anlama düzeyleri ve matematiğe yönelik tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(1), 36–48.
- Gürbüz, R. (2007). Dinamik geometri yazılımı destekli geometri öğretiminin öğrenci başarıları ve kavram öğrenimine etkisi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(1), 111–125.
- Güven, B., ve Karataş, İ. (2005). Geometri öğretiminde dinamik geometri yazılımlarının kullanımı. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(3), 147–162.
- Han, S. (2007). Van Hiele's levels of geometric thought and instructional implications. *Mathematics Teacher*, 101(1), 48–54.
- Hannafin, M. J., Burruss, J. D., ve Little, C. (2001). Learning with dynamic geometry programs. *Journal of Educational Computing Research*, 25(2), 173–193.
- Hazzan, O., ve Goldenberg, E. P. (1997). Students' use and misuse of mathematical software. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 2(1), 3–20.
- Hill, H. C., Rowan, B., ve Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371–406.
- Johnson, M. (2002). Effective use of manipulatives in geometry instruction. *Teaching Children Mathematics*, 8(7), 409–413.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In I. Olkin (Ed.), *Contributions to probability and statistics* (pp. 278–292). Stanford University Press.
- Miles, M. B., ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Sage.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1–8. sınıflar)*. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Mistretta, R. M. (2000). Enhancing geometric reasoning. *Adolescence*, 35(138), 365–379.
- Moschkovich, J. (2010). Language and mathematics education. In C. S. Ball ve S. Lerman (Eds.), *International encyclopedia of education* (Vol. 6, pp. 57–63). Elsevier.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.
- Nunnally, J. C., ve Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Olkun, S., Toluk, Z., ve Durmuş, S. (2002). İlköğretim matematik öğretiminde somut materyallerin kullanımı. *Eğitim ve Bilim*, 27(123), 19–24.
- Olkun, S., ve Toluk Uçar, Z. (2007). *İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi*. Anı.

- Pesen, C. (2008). Van Hiele modeline göre geometrik düşünme düzeyleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(2), 503–510.
- Shapiro, S. S., ve Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3–4), 591–611.
- Springer, K. (2010). *Educational Research: A Contextual Approach*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Swafford, J. O., Jones, G. A., ve Thornton, C. A. (1997). Increased knowledge in geometry and instructional practice. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(4), 467–483.
- Şahin, Ö. (2008). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının geometri öğretimine yönelik görüşleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1–18.
- Tutak, T. (2008). *Dinamik geometri yazılımının geometri öğrenimine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Van Hiele, P. M. (1999). Developing geometric thinking through activities that begin with play. *Teaching Children Mathematics*, 5(6), 310–316.
- Yenilmez, K., ve Duman, T. (2008). Öğretmen adaylarının matematik öğretimi yeterliliklerinin değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 227–248.
- Yılmaz, G. K., Turgut, U., ve Alyeşil Kabakçı, A. (2008). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının bilgisayar destekli geometri öğretimine ilişkin görüşleri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(1), 145–162.

Extended Abstract

Introduction

Geometry is one of the key branches of mathematics where visual thinking plays a dominant role in developing problem-solving skills and establishing connections between abstract concepts and real-life contexts. Numerous scholars emphasize that geometry education not only enhances students' reasoning abilities but also strengthens their ability to recognize and model spatial relations in everyday life (Atiyah, 2003; Baykul, 2005; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). For instance, the *Principles and Standards for School Mathematics* published by the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000) highlight geometry as a foundation for spatial reasoning, visualization, and the ability to connect mathematics to real-world situations. Similarly, Van Hiele's model (1999) describes geometric thought as developing through hierarchical levels, requiring carefully designed teaching strategies and instructional tools for effective progression.

In recent decades, instructional approaches supported by concrete manipulatives and dynamic geometry software (DGS) have gained increasing attention. Concrete materials—such as geometric solids, measurement tools, or specially designed teaching aids—support hands-on experiences, making abstract mathematical ideas more tangible. Dynamic geometry environments, on the other hand, allow learners to explore geometric relationships interactively, construct figures, manipulate objects, and test conjectures in real time (Goldenberg, 1999; Hannafin et al., 2001). Both approaches provide opportunities for active engagement, discovery learning, and conceptual understanding.

Although several studies have addressed the effectiveness of manipulatives and DGS in improving students' geometry learning outcomes (Johnson, 2002; Olkun vd., 2002; Swafford et al., 1997; Tutak, 2008; Yılmaz et al., 2008) there is a relative scarcity of comparative research focusing specifically on preservice mathematics teachers. Yet, preservice teachers' competence in geometry is crucial since their professional knowledge, pedagogical content knowledge, and ability to integrate instructional tools directly influence students' achievement (Ball vd., 2001; Hill vd., 2005). Several studies indicate that teacher candidates often struggle more with geometry than with algebra, revealing a gap that necessitates targeted instructional interventions (Aslan-Tutak, 2011; Delice vd., 2009).

Building on this literature, the present study investigates the effect of using concrete materials and dynamic geometry software on the geometry achievement of preservice mathematics teachers. The study contributes to the literature by providing a comparative analysis of these two approaches in a Turkish context, with particular emphasis on preservice teachers' learning processes and performance outcomes.

Method

The study employed a quasi-experimental research design, which is particularly suitable for educational settings where fully randomized experimental conditions are not feasible due to institutional and ethical constraints (Çepni, 2001; Demircioğlu, 2003).

A total of 156 preservice middle school mathematics teachers enrolled in the faculty of education of a state university in southern Türkiye participated in the study. Participants were divided into four groups:

- SM1 and SM2, which received instruction supported by concrete materials (e.g., geometric solids, paper-folding tasks, measurement instruments).
- GSP1 and GSP2, which received instruction using the dynamic geometry software.

SM1 and GSP1 were instructed by one faculty member, whereas SM2 and GSP2 were taught by another. This dual-instructor setting provided an additional dimension for analyzing potential instructional differences.

The instructional intervention lasted eight weeks, with sessions conducted in parallel across the four groups. Before the intervention, all participants completed a geometry achievement pre-test. After the instructional period, the same test was administered as a post-test. The achievement test was designed based on national curriculum standards (MoNE, 2024) and validated by field experts. Its reliability was confirmed through pilot testing.

Data analysis included both descriptive statistics (means, standard deviations, gain scores) and inferential statistics (paired-sample t-tests to examine within-group improvements and ANOVA to compare between-group differences). Qualitative observations and field notes were also collected to enrich the interpretation of the quantitative findings.

Findings

Results revealed that all groups—regardless of the instructional method—demonstrated significant improvement in their geometry achievement from pre-test to post-test. This finding indicates that both concrete materials and dynamic geometry software are effective in supporting preservice teachers' geometry learning.

However, the ANOVA results showed no statistically significant differences between the four groups' post-test mean scores ($p > .05$). Despite the lack of significant group differences, further examination of descriptive statistics revealed noteworthy patterns: students in SM1 and GSP1 obtained higher post-test mean scores than those in SM2 and GSP2.

Qualitative observations highlighted differences in how students engaged with the learning environments. Students in the DGS groups (GSP1 and GSP2) actively manipulated geometric objects, tested conjectures, and refined their understanding through exploration. They frequently verbalized their reasoning and collaborated in problem-solving tasks. In contrast, students in the concrete material groups (SM1 and SM2) demonstrated stronger spatial reasoning when handling physical objects, such as constructing shapes, measuring, or folding paper. These students often relied on tactile strategies to understand abstract geometric properties.

Overall, the findings support the view that both instructional tools are valuable, but their effectiveness may vary depending on contextual factors such as instructor expertise, classroom culture, and students' prior experiences with technology or manipulatives.

Discussion, Conclusion and Suggestions

The findings of this study align with previous literature emphasizing that instructional tools-whether physical or digital-enhance students' engagement and understanding of geometry (Gürbüz, 2007; Hazzan ve Goldenberg, 1997; Olkun ve Toluk Uçar, 2007). However, the study also reveals that teacher knowledge and pedagogical strategies play a critical role in mediating the effectiveness of these tools. The superior performance of students in SM1 and GSP1 groups compared to SM2 and GSP2 underscores the importance of consistent instructional quality.

From a teacher education perspective, the results highlight the need for balanced exposure to both concrete and technology-based instructional environments. Preservice teachers should be provided with opportunities to explore and critically reflect on the strengths and limitations of various teaching tools. Developing such pedagogical flexibility can enhance their professional competence and prepare them to address diverse student needs in future classrooms.

Moreover, the study suggests that incorporating frameworks such as Van Hiele's levels of geometric thought and Driscoll's Geometric Habits of Mind into teacher education curricula can further support preservice teachers in developing deeper geometric understanding and more effective instructional strategies. Integrating dynamic tasks that require pattern recognition, generalization, and reasoning with manipulatives that foster hands-on spatial exploration may maximize learning outcomes.

Limitations of the study include the reliance on a single institution and the relatively short duration of the intervention. Additionally, the dual-instructor setting introduces variability that, while insightful, complicates the interpretation of group differences. Future studies should extend the duration of instructional interventions, include multiple institutions, and examine long-term retention effects.

In conclusion, this study demonstrates that both concrete materials and dynamic geometry software can effectively enhance preservice mathematics teachers' geometry achievement. While no significant differences were found between the groups, the role of instructor expertise and teaching practices emerged as a critical factor influencing learning outcomes. It is recommended that teacher education programs adopt blended instructional approaches, integrating both types of tools while simultaneously focusing on the development of preservice teachers' pedagogical and technological competencies.