



İlkokul 4. Sınıfta Dienes İlkelerine Göre Yapılandırılmış Geometri Etkinliklerinin Öğrenci Başarısına ve Kalıcılığa Etkisi *

Mehmet Hayri Sarı ¹, Neşe Tertemiz ²

Öz

Bu çalışmada; Dienes'in ilkelerine (*yapılandırmacılık, dinamiklik, matematiksel değişkenlik ve algısal değişkenlik*) göre yapılandırılmış öğretimin 4.sınıf öğrencilerin geometri başarısı ve kalıcılığa etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, ön-test son-test kontrol gruplu yarı-deneysel desene göre tasarlanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, Nevşehir ili merkez ilkokullarındaki üç farklı okulun birer şubelerinde öğrenim görmekte olan ve "Geometri Düzey Belirleme Testi" sonucunda birbirine denk dördüncü sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Çalışma iki deney grubu ve bir kontrol grubu ile yürütülmüştür. Çalışma 39 ders saati sürmüştür. Deney gruplarında Dienes ilkelerine göre öğretim yapılırken, kontrol grubunda öğretim sürecine araştırmacı tarafından müdahale edilmemiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak "Geometri Düzey Belirleme Testi" kullanılmıştır. Araştırma sürecinden elde edilen ön-test, son-test ve kalıcılık testi puanlarına ait ortalamaların karşılaştırılmasında Kovaryans (ANCOVA) ve ilişkili örneklem t-testi (paired-sample t-test) analizi kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında; deney gruplarında Dienes ilkelerine göre yürütülen öğrenme etkinliklerinin geometri başarısına etkisi araştırmacı tarafından öğretime müdahale edilmeyen kontrol grubunun başarısından yüksek çıkmıştır. Deney 1 ve Deney 2 gruplarının "Geometri Düzey Belirleme Testi" son-test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken, deney grupları ile kontrol grubu arasında anlamlı farklılık çıkmıştır. Uygulama bitiminden üç hafta sonra uygulanan kalıcılık testi sonuçlarına bakıldığında ise, tüm gruplarda öğrenilen bilgilerin bir kısmının hatırlanmadığı ya da unutulduğu görülmüştür. Grupların kalıcılık testi puanları son-test puanlarına göre 5-7 puan arası azalmıştır. Her ne kadar kalıcılık puanları açısından gruplar arası anlamlı bir fark görülme de, grupların kalıcılık puanları son test puanları açısından karşılaştırıldığında kontrol grubundaki düşüşün önemli olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler

Dienes ilkeleri
Geometri
İlkokul matematik
Matematik öğretimi

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 03.12.2015
Kabul Tarihi: 09.02.2017
Elektronik Yayın Tarihi: 27.03.2017

DOI: 10.15390/EB.2017.6161

* Bu çalışma " İlkokul 4. sınıfta Dienes ilkelerine göre yapılandırılmış geometri etkinliklerinin öğrenci başarısına, kalıcılığa ve akademik benlik algısına etkisi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

¹ Nevşehir HBV Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Türkiye, mhsari@nevsehir.edu.tr

² Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Türkiye, tertemiz@gazi.edu.tr

Giriş

Geometri, temeli okul öncesi döneminde atılan ve okul müfredatında önemli bir yer tutan matematiğin önemli alt dallarından biridir. Buna karşın matematiğin ve doğal olarak geometrinin doğasında var olan soyutluluk çocuğun geometriyi anlamlandırmasını zorlaştırmaktadır. Çocuk için bu soyutluluğun anlamlandırılması ona verilecek olan doğru bir eğitim ve öğrenme-öğretme ortamında geçireceği zengin yaşantılar ile doğru orantılıdır. Zengin yaşantılardan yoksun bir geometri öğrenimi ve öğretimi çocuğun bu konulara yönelik anlayışının kısıtlı olmasına neden olmaktadır (Clements, 1998; Faggiano, 2012).

Türkiye'de geometri öğretimi konusunda başarının matematiğin diğer alanlarına kıyasla görece daha düşük olduğu söylenebilir. Çünkü uluslararası yapılan birçok sınavda Türk çocukların en düşük performans sergilediği alanlardan birisi de geometridir (bk. Programme for International Student Assessment [PISA], 2003, 2006; Trends in International Mathematics and Science Study [TIMSS], 1999, 2011). Benzer şekilde, Türkiye'de ulusal düzeyde yapılan sınavlarda öğrenciler geometri konularında düşük performans sergilemektedir. 2012 yılında yapılan Yüksek Öğretime Geçiş Sınavında (YGS), 30 geometri sorusundan öğrenciler ortalama 6.73 net ve 2013 yılında ise ortalama 4.15 net yapmıştır. 2015 yılında ise durum; 757.768 adayın geometri ortalaması 3.78 olarak hesaplanmıştır (Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi [ÖSYM], 2012, 2013, 2015).

Gerek ulusal, gerek uluslararası alanyazında öğrencilerin geometri konusunda yaşadıkları sorunlardan yola çıkarak araştırmacılar öğrencilerin geometriye yönelik kavrayışının geliştirilmesine nasıl yardım edileceği üzerine odaklanmaya yönelmiştir. Bu çerçevede geometrinin öğrenilmesinde ve öğretilmesinde farklı yöntem, teknik ve stratejilerin kullanımı araştırmalara taşınmıştır. Bu bağlamda mevcut araştırmada matematiğin öğrenilmesinde alternatif bir yaklaşım sunan Dienes ilkelerinin öğrencilerin geometri başarısı üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Dienes ilkelerini açıklamadan önce geometri öğrenme ve öğretme sürecinden bahsedilmesinde yarar olacağı düşünülmektedir.

Geometri Öğrenme ve Öğretme Süreci

Geometri, sadece teorik düşüncenin inşa edildiği bir disiplin değil; aynı zamanda yaşamımızın pek çok boyutunda hayati önem taşıyan kültürel deneyimlerimizin ayrılmaz bir parçasıdır (Faggiano, 2012). Geometri ayrıca matematiğin tüm alanlarındaki, diğer okul derslerindeki ve günlük uygulamalardaki problemleri temsil etme ve çözüme güçlü araçlar sunmaktadır (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2001, s. 1-2). Bu nedenle geometri kavrayışı, eğitim-öğretim kademesinin her aşamasında önemli bir matematiksel beceri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Araştırmacılar tarafından geometrinin her kademedeki öğrenciler için önemli olduğu vurgulansa da (Clements ve Battista, 1992; Clements, 1998), bu önemi ile çelişen bir şekilde öğrencilerin geometri performansının yeterli seviyede olmadığı görülmektedir (Burns, 2007; Clements ve Battista, 1992). Özellikle yapılan ulusal (YGS, Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş [TEOG]) ve uluslararası sınavlarda (TIMSS, PISA) öğrencilerin alt yeterlilik düzeyinde olduğu alan geometri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum "Niçin bu kadar çok zorlukla karşılaşılıyor?" sorusunu akıllara getirmektedir. Geometride karşılaşılan zorlukların nedenleri araştırmacılar tarafından şu şekilde ortaya konulmaktadır:

- Geometride seçilen öğretim yolu,
- Öğretmenlerin tipik müfredat malzemelerinin ötesine geçememesi,
- Öğretmenlerin geometri konusundaki alan bilgilerinin yeterli olmaması,
- Matematik ders kitaplarında geometri kavramlarına ilişkin örneklerin yeterince sunulmaması,
- Öğrencilerin geometri sorularını çözerken konuya hâkim olmadan ezbere çözmeleri,
- Öğrencilerin geometrik düşünme düzeylerinin istenilen düzeyde olmaması (Fidan ve Türnüklü, 2010; Gökbulut, 2010; Gökbulut ve Ubuz, 2013; İnan ve Doğan Temur, 2010; Olkun, 2005; Olkun ve Aydoğdu, 2003; Toptaş, 2007; Yenilmez ve Yaşa, 2008).

Uluslararası alanyazında öğrencilerin geometri konusunda zorluk yaşamalarının en büyük nedeni ise; geometrik becerilerin geliştirilmesine çok az vurgu yapılması, geometrik kavramların öğretiminde kavramları anlamak yerine genel prosedürlerin (örneğin, alan kavramında iki kenarın çarpımının alanı vereceği, bir üçgenin iç açısının toplamının 180° olması gibi) ezberlenmesine odaklanma, yetersiz eğitim, öğretmenlerin aritmetik ve ölçme gibi matematiğin farklı öğrenme alanlarına önem vermesi, çocukların fikirlerini açıklamadaki dil yetersizlikleri, çizim becerisindeki gelişimsel yetersizlikler, matematiksel fikirlerin uzamsal sunumu, bazı kelimelerin günlük hayatta kullanım anlamı ile matematikte kullanım anlamının farklı olması (Burns, 2007; Dickson, Brown ve Gibson, 1984; Driskell, 2004; Heddens ve Speer, 1995; Miller ve Mercer, 1997) olarak ifade edilmektedir.

Gerek ulusal, gerek uluslararası alanyazında öğrencilerin geometri konusunda yaşadıkları sorunların daha çok öğrenme-öğretme sürecinde benimsenen yaklaşımlardan kaynakladığı ifade edilebilir. Hâlbuki araştırmalar, çocukların geometrik düşünceyi öğreniş şekillerini yapısal bir konuma yerleştirmektedir. Çocuklarda geometrik kavramlar, algısal düzlemden kavramsal düzleme doğru aşamalı olarak inşa edilmektedir (Clements ve Battista, 1992). Geometrik kavramların öğrenciler tarafından öğrenilmesi, bireyin gelişimi ve düşünme düzeyiyle doğrudan ilişkilidir (Toptaş, 2010). Bireylerin geometrideki kavramlara ilişkin bilişsel yapının tümünü kazanabilmesinde o kavramlara ilişkin gerekli zengin yaşantıların sağlandığı ortamların önemi büyüktür. Bu tür ortamlar sağlanmadığı takdirde geometrik kavram bireyler tarafından anlamlandırılmamış olur ve öğrenmeler ezber bilgiden öteye geçmemektedir (Duatepe Paksu, İymen ve Pakmak, 2013, s. 164).

Geometrik şekillerin öğrenciler tarafından anlaşılması için bu şekillerin parçalarını ve özelliklerini keşfetmeleri gerekmektedir. Geometrik şekillere ilişkin yalnızca resimleri görmek ve onları isimlendirmek geometrik kavramların yapılandırılmasında yeterli değildir (Burns, 2007; Clements, 1998). Geometrik kavramları öğretmek için derslere keşfedici örneklerin, ilişkili-ilişkisiz örneklerin, ters örneklerin, en iyi örneklerin ve farklı temsillerin dâhil edilmesi gerekir (Clements, 1998; Cross, Woods ve Schweingruber, 2009). Aynı zamanda geometri öğretim sürecinde, tipik öğretim malzemelerinin (ders kitabı, çalışma kitabı vb.) ötesine geçerek çocukların öğrenmeleri zenginleştirilmelidir. Çocukların kendi tecrübelerini betimleyen farklı içerikteki uygulamalar sağlanmalıdır. Özellikle ilköğretim düzeyindeki çocuklar için derslerde somut öğrenme araçları olarak geometrik şekiller ve malzemeler kullanılmalıdır (Clements, 1998). Bahsedilen bu hususlar NCTM'nin ve MEB'in matematikte önemli beceriler olarak tanımladığı problem çözme, iletişim, akıl yürütme gibi alanlarda çocukların gelişim göstermelerini de sağlar. Aynı zamanda uygulamalar aracılığıyla görerek, dokunarak, hareket ettirerek yaşanan deneyimler geometrik kavramlara ilişkin fikirlerin ve sezgilerin geliştirilmesinde önemli fırsatlar sunar. Çocuğun kendi matematiksel kavramlarını oluşturduğu ortamların geometrik düşüncenin gelişimi için katkı sağladığı bilinen bir gerçektir.

Dienes Teorisi ve İlkeleri

Dienes, matematik kavramının öğrenilmesinin soyutlamayı, genellemeyi ve aktarımı kapsayan bir süreç olduğunu düşünür (Dienes, 1960, s. 18). Dienes, genel olarak Jean Piaget'in görüşlerini kabullenme ile birlikte, matematik öğrenmenin bilişsel psikolojik görüşlerine belirgin bir biçimde kendine ait katkıları olmuştur (Olkun ve Toluk Uçar, 2012; Post ve Reys, 1979). Dienes'in temel ilgisini matematiksel kavramların erken öğrenilmesi oluşturmuştur. O, bu kavramların öğretiminde manipülatif malzemelerin ve oyunun daha yaygın kullanılması gerektiğini ifade etmektedir (Wisthoff'dan aktaran Gningue, 2006, s. 41). Dienes, kendi matematik eğitimi teorisinde, keşif türü aktivitelerin ve öğrenci merkezli manipülatif materyallerin kullanımına odaklanmıştır (Fossa, 2003). Merkezinde yapılandırılmış bir grup malzemeyle deney yapmış ve bu araçların kullanımı için bir dizi ilkeyi ortaya atmıştır (Dienes, 1960; Dienes ve Golding, 1971). Bu ilkeler, kendi adıyla bilinen "Dienes ilkeleri"dir. Bunlar; "yapılandırıcılık, dinamiklik, algısal değişkenlik ve matematiksel değişkenlik"¹ olmak üzere 4 ana ilkedir (Dienes, 1960). Dienes matematiksel yapıyı, geliştirmiş olduğu bu ilkeler ile bütünleştirmiştir. Somutlaştırmanın (embodiment) temeline dayanan dört ilke aşağıda açıklanmıştır:

1- *Yapılandırıcılık İlkesi (Constructivity Principle)*: Çocukların kavramları; kendi tecrübelerinden yola çıkarak geniş açıdan sezgisel bir anlamda geliştirmelerine olanak tanınması gerektiği ifadesi ile

¹ Bu sıralama, Dienes'in (1960) Building up Mathematics kitabına göre yapılmıştır.

benzerlikler taşıır (Cathcart, Pothier, Vance ve Bezuk, 2003; Olkun ve Toluk Uçar, 2012; Post, 1981). Öğrenmenin yapılandırıcı bir ilkeye sahip ortamda gerçekleşmesi için somut malzemelerin kullanımının önemine dikkat çekilmektedir. İnşa edilicilik (yapılandırıcılık) ilkesi, tamamen yapılandırmacı yaklaşıma dayalıdır. Yapılandırmacı yaklaşıma dayalı yapılan çalışmalar; öğrencilerin matematik başarılarının artmasına, üst düzey düşünme becerilerinin gelişimine, matematik dersine yönelik ilgi ve tutumlarının olumlu yönde etkilenmesine neden olduğunu göstermektedir (bk. Arseven, 2010; Ayaz ve Şekerci, 2015; Çağlar, 2010; Duatepe Paksu ve Ubuz, 2009; Işık ve Çağdaşer, 2009).

2- *Dinamiklik İlkesi (Dynamic Principle)*: Dienes, tüm soyutlamanın ve dolayısıyla tüm matematiğin tecrübeden geldiğini ve kavram oluşumunun bir psiko-dinamik sürece göre ilerlediğini ifade eder. Genelde tecrübeler ve öğrenim durumlarının ardışık devirler halinde devam eden bir sürece uyuşacak şekilde plânlanması gerektiğini belirtir (Dienes, 1960). Bu süreç, Dienes tarafından "dinamiklik ilkesi" olarak ifade edilmiştir (Dienes, 1960; Dienes ve Golding, 1971). Dienes, dinamiklik ilkesinde yeni bir kavramın gerçek anlamda anlaşılmasını; öğrenciyi geçici olarak sıralanmış üç aşamaya dâhil eden evrimsel bir süreç olarak görmektedir. Bu üç aşama; ön, yapılandırılmış ve alıştırma/yansıtıcı türdeki oyunlardan oluşmaktadır (Olkun ve Toluk-Uçar, 2012). Her aşama türündeki oyun, uygun zamanda öğretildiği sürece matematiksel kavramların zamanla bu oyunlardan inşa edilebileceği vurgulanır (Dienes, 1960). Dinamiklik ilkesi, oyun temelli öğretimi içermektedir. Oyun temelli ya da oyun destekli matematik öğretimine yönelik çalışmalarda ortaya çıkan oyunun öğrencilerin başarılarını, ilgileri, tutumlarını vb. etkilediği görülmektedir (Altunay, 2004; Yiğit, 2007; Yücel Yumuşak, 2014).

3- *Matematiksel Değişkenlik İlkesi (Mathematical Variability Principle)*: Bir kavramdaki ilgili değişkenlerin sabit tutularak, ilgisiz değişkenlerin sistematik olarak değiştirilmesi kavramın farklı durumlar altında algılanmasını sağlar ve matematiksel kavramın genelleştirilmesi pekiştirilir (Olkun ve Toluk Uçar, 2012; Post, 1981). Matematiksel değişkenlik ilkesi sürecinde; değişkenler içeren kavramlar, olası en büyük değişken sayısını içeren tecrübelerle öğrenilmelidir. Matematiksel değişkenlik ilkesi van Hiele geometrik düşüncenin geliştirilmesinde dikkate alınması gereken ilkeleridir (Hoffer, 1983).

4- *Algısal Değişkenlik İlkesi (Perceptual Variability Principle)*: Kavram oluşumundaki özgün değişkenlerin etki alanının mümkün olduğunca geniş olmasını ve çocukların, soyutlamanın matematiksel özünü anlamalarını sağlamak için aynı kavramsal yapının algısal denklemlerinin mümkün olduğunca öğrenme ortamında sunulmasını içerir (Dienes, 1960, 1964; Olkun ve Toluk Uçar, 2012). Benzer şekilde algısal değişkenlik ilkesi de van Hiele geometrik düşüncenin geliştirilmesinde katkı sağlayan bir ilkedir (Hoffer, 1983).

Yukarıda açıklanan bu dört ilkenin (*yapılandırmacılık, dinamiklik, matematiksel değişkenlik ve algısal değişkenlik*) birleştirici özelliği şüphesiz ki, matematik öğreniminin önemini, çevre ile doğrudan iletişim bağlamında göstermesidir. Dienes, sürekli olarak matematik öğreniminin seyirlik bir şey olmadığını, öğrencinin fiziksel ve zihinsel olarak aktif katılımını gerektirdiğini ifade etmektedir (Olkun ve Toluk Uçar, 2012; Post ve Reys, 1979; Post, 1981). Dienes, öğrencilerde matematiksel kavramların oluşumunun bir psiko-dinamik sürece göre ilerlediğini ve öğrencinin öğrenme deneyimlerini sırasıyla bu ilkelere ve seviyelere göre plânlanması gerektiğini belirtmektedir (Dienes, 1960).

Değişkenlere (Geometri ve Dienes İlkeleri) Yönelik Yapılan Çalışmalara Genel Bir Bakış

Mevcut araştırmada ulaşılan literatüre bağlı olarak daha önce hem ulusal hem de uluslararası alanda geometri konularının öğretimine ve Dienes ilkelerinin öğrenme-öğretme sürecinde kullanımına yönelik araştırma çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Öncelikle geometrinin öğretimi konusunda yapılan çalışmalara bakıldığında; ilkökul düzeyindeki birçok araştırmada geometri öğretimine ilişkin çeşitli yaklaşımlar denenmiştir (Efendioğlu, 2006; Olkun, 2003; Olkun, Altun ve Smith, 2005; Olkun ve Sinoplu, 2008; Terzi, 2010; Tutak, 2008; Tutak, Türkdöğün ve Birgin, 2009). Bu çerçevede geometrinin öğrenilmesinde ve öğretilmesinde farklı yöntem, teknik ve stratejilerin kullanımı araştırmalara taşınmıştır. Bazı araştırmacılar çalışmalarını (Siew, Chong ve Abdullah, 2013; Siew ve Chong, 2014) van Hiele'nin geometrik düşüncenin belirli düzeylerden geçerek oluştuğuna ilişkin teorisi (van Hiele, 1959) çerçevesinde ele almışlardır. Bu çerçevede van Hiele'nin geometrik düşünme düzeyleri ve öğretim

aşamaları temel alınarak ilkokulda (1-4. sınıflar) geometri öğrenimi ve öğretimi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda van Hiele düzeylerine ve öğretim aşamalarına göre tasarlanan öğretim uygulamalarının öğrencilerin başarıları üzerinde önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür (bk. Siew vd., 2013; Siew ve Chong, 2014).

Benzer şekilde birçok araştırmacı (Gecu ve Satici, 2012; Meng ve Sam, 2013; Özçakır Sümen, 2013; Zaranis, 2014) matematik eğitiminde teknoloji kullanımının öğrencilerin öğrenmeleri için önemli fırsatlar verdiği (Albaladejo, Garcia ve Codina, 2015; Battista, 2002; Olkun ve Altun, 2003) fikrinden yola çıkarak çalışmalarında teknoloji kullanımının geometri başarısı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda; ilkokulda teknoloji destekli geometri öğretiminin öğrenci başarısını arttırdığı görülmektedir (bk. Efendioğlu, 2006; Gecu ve Satici, 2012; Meng ve Sam, 2013; Olkun ve Sinoplu, 2008; Özçakır Sümen, 2013; Tutak, 2008; Tutak vd., 2009; Zaranis, 2014).

Bazı araştırmacılar ise (Faggiano, 2012; Sarı ve Bulut, 2013; Tutak, 2008) öğrenme ve öğretme ortamlarında somut materyal kullanımı fikri ışığında (Dienes, 1960) çalışmalarda somut materyal kullanımının geometri başarısı üzerindeki etkisini incelemiştirlerdir. İlkokul 1-4. sınıflarda yapılan çalışmalarda somut materyal kullanımının öğrencilerin geometri başarısını etkilediği belirtilmiştir (bk. Faggiano, 2012; Martin, Lukong ve Reaves, 2007; Sarı ve Bulut, 2013; Tutak, 2008).

Doğrudan Dienes ilkeleri ile ilgili yapılan araştırmalara bakıldığında ise (Gningue, 2000, 2006; Sriraman ve English, 2005; Velo, 2001; Zhang, 2012); bu ilkelerin matematiksel fikirlerin özünü oluşturan soyutlamalar ve genellemelerin öğrenciler tarafından oluşturulmasına fırsat verdiği görülmektedir. Yapılan farklı eğitim kademelerindeki alanyazın araştırmalarında (Gningue, 2000, 2006; Sriraman ve English, 2005; Velo, 2001; Zhang, 2012) Dienes ilkelerinin öğrencinin matematik başarısına katkı sağladığı, matematiksel fikirlerin özünü oluşturan soyutlamalar ve genellemelerin öğrenciler tarafından oluşturulmasına fırsatlar verdiği, bununla birlikte kavram oluşumunda öğrencilere farklı türden deneyimler sağladığı ve öğrenme-öğretme sürecinin bir oyun olarak görülmesi matematiğin doğasında var olan soyutluluğun anlamlandırılmasında fırsatlar tanıdığı ifade edilmektedir.

Gerek ulusal gerek uluslararası alanyazında geometri ve Dienes ilkeleri temelli öğrenme-öğretme sürecine yönelik yapılan çalışmalara bakıldığında bir takım sınırlılıkların olduğu görülmektedir. Öncelikle Türkiye özelinde ilkokul düzeyinde geometriye yönelik yapılan çalışmalar (teknoloji kullanımı, öğrenme öğretme yaklaşımı kullanımı vb.) genel olarak değerlendirildiğinde uygulamaların öğrencilerin öğrenmelerine fırsat verdiği ancak yine de uluslararası birçok sınavda (TIMSS, PISA) Türk öğrencilerin alt yeterlilik düzeyinde olduğu alanın geometri olarak karşımıza çıkması (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2014, s. 25) denel durumların süreklilik göstermediği ve genel uygulamalara yansıtılmadığı düşüncesini akla getirmekte ve doğrudan müdahale alanı olarak ilgiyi öğrenme-öğretme sürecine çekmektedir.

Benzer şekilde Dienes ilkelerinin ele alındığı araştırmalar değerlendirildiğinde ise; daha çok üst sınıf seviyelerinde (ortaokul ve üstü) gerçekleştirildiği ve öğrenme üzerine olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Aynı zamanda Dienes'e ait tüm ilkelerin (yapılandırıcılık, algısal değişkenlik, matematiksel değişkenlik ve dinamiklik) araştırmalarda bir bütün olarak ele alınmadığı ve çalışmaların yurt dışı kaynaklı olduğu dikkatleri çekmektedir. Ülkemizde ise; matematik eğitimi üzerine yapılan çalışmalarda daha çok genel öğretim yöntemlerinin ele alındığı (buluş yoluyla öğretim, probleme dayalı öğrenme, drama temelli öğrenme vb.) (Çilingir, 2015; Duatepe Paksu ve Ubuz, 2009; Öksüz ve Uça, 2011; Yücel, 2009), Dienes'in ve ilkelerinin fazla tanınmıyor olmadığı ve özel öğretim alanı olarak matematik öğretimine özgü geliştirilen ilkelerin yer aldığı çalışmaların olmaması bu çalışmanın ele alınmasına gerekçe oluşturmuştur. Ayrıca, Dienes'in matematik öğrenme sürecine ilişkin belirlediği aşamaların pek çok çalışmada tek tek ele alındığı açıktır (Arseven, 2010; Ayaz ve Şekerçi, 2015; Çağlar, 2010; Çilingir, 2015; Işık ve Çağdaşer, 2009; Öksüz ve Uça, 2011; Yücel, 2009). Aynı zamanda, kendisi de bir matematikçi olan ve doğrudan matematiği öğrenme üzerine çalışmalar yapan, öğrenme sürecinde yapılandırıcı yaklaşımı temele alan, aktif öğrenci katılımını savunan Dienes'in (Olkun ve Toluk Uçar, 2012), bu alandaki sorunlara ve önerilere ışık tutacağı düşünülen ilkelerinin bir bütün halinde ele alınmasının geometri öğrenmeye ne derece katkı sağlayacağı dikkate değer bulunmuştur.

Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran diğer bir fark ise, matematik eğitimi üzerine yapılan öğretim çalışmalarında tek başına ele alınan strateji ve yöntemlerin (oyunla öğretim, buluş yoluyla öğrenme, van Hiele düşünme düzeyleri vb.) denel süreçte belli ilkeler ışığında yapılandırmacı yaklaşıma dayalı olarak topluca ele alınmasıdır. Çalışma için geliştirilen 4. sınıf geometri ve ölçme öğrenme alanlarına ilişkin ders planları 2015 İlkokul Matematik Dersi Öğretim Programlarında yer bulan yapılandırmacı yaklaşıma dayalı eğitim durumlarının düzenlenmesine örnek oluşturması yönüyle sınıf öğretmeni ve öğretmen adaylarına kaynak oluşturacağı ve alan yazına katkı yapacağı düşünülmektedir. Mevcut araştırmada, ilkök 4.sınıf geometri öğretimine yönelik Dienes ilkelerine göre yapılandırılmış öğrenme-öğretme ortamlarının öğrencilerin öğrenmeleri üzerinde etkileri ve bu öğrenmelerin kalıcılığa etkisini incelemeye odaklanılmıştır. Bu amaç çerçevesinde aşağıda yer alan problem ve alt problemlere yanıt aranmıştır:

Problem: İlkokul 4. sınıfta Deney 1 ve Deney 2 gruplarında Dienes ilkelerine dayalı olarak gerçekleştirilen öğretimin ve araştırmacı tarafından öğretime müdahale edilmeyen Kontrol grubunda gerçekleştirilen öğretimin öğrencilerin geometri başarılarına ve kalıcılık düzeylerine etkisi nedir?

Alt problemler:

1) Deney1, Deney2 ve Kontrol gruplarının;

- a) kendi aralarında "Geometri Düzey Belirleme Testi" ön-test puanlarına göre düzeltilmiş son-test puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
- b) kendi içerisinde "Geometri Düzey Belirleme Testi" (öntest-son-test) puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

2) Deney1, Deney2 ve Kontrol gruplarının;

- a) kendi aralarında "Geometri Düzey Belirleme Testi" son-test puanlarına göre düzeltilmiş kalıcılık testi puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
- b) kendi içerisinde "Geometri Düzey Belirleme Testi" (son-test-kalıcılık testi) puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

Araştırma; 2014-2015 öğretim yılı ve çalışmanın yapıldığı yılda yürürlükte olan İlköğretim Matematik Programında (2009) belirtilen 4.sınıf geometri ve ölçme (alan ve çevre) öğrenme alanlarındaki kazanımlarla sınırlıdır.

Yöntem

Araştırma Deseni

Bu araştırma, ön-test—son-test kontrol gruplu yarı-deneysel desene göre tasarlanmıştır (Büyüköztürk, 2014). Yarı-deneysel modeller, gerçek deneysel modellerin gerektirdiği kontrollerin sağlanmadığı veya yeterli olmadığı durumlarda tercih edilir (Karasar, 2012, s. 99). Bu desende katılımcılar, kendiliğinden oluşmuş gruplar arasından eşleştirilmeye çalışılır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2009, s. 206). Bu çerçevede araştırmada; katılımcıların deney ve kontrol gruplarına rastgele atama şansının olmamasından dolayı yarı-deneysel desenin kullanılmıştır. Ön-test—son-test kontrol gruplu desen güçlü bir araştırma modeli olmakla birlikte araştırmada kullanılan ölçme araçlarının gruplara iki kez verilmesinden dolayı deneklerin duyarlılığında azalma tehlikesi gibi bir dizi zayıflıkları da içinde barındırmaktadır. Bu nedenle deneysel uygulamanın bitiminden belli bir süre sonra izleme çalışmasının yapılması önerisi getirilmektedir (Heppner, Kivlighan ve Wampold, 1999). Bu kapsamda araştırmada deneysel uygulamanın bitiminden üç hafta sonra kalıcılık testi uygulanarak öğretimin etkisinin devam edip etmediğine bakılmıştır.

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, Nevşehir ili merkezinde yer alan orta sosyo-ekonomik düzeyde üç farklı devlet ilkökünden belirlenen 4.sınıflardaki öğrenciler oluşturmaktadır. Araştırmanın çalışma grubunu belirlemede grup eşleştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, ilgili değişkenlere ait ortalamalar bakımından birbirine denk ve/veya yakın gruplar belirlenmesi şeklinde olmaktadır (Eckhardt ve Ermann'den aktaran Büyüköztürk, 2014, s. 22). Bu çerçevede grup eşleştirmesi yapılabilmesi için farklı ilkökullarda yer alan dördüncü sınıf öğrencilerine "Geometri Düzey Belirleme

Testi" uygulanmıştır. Grupların ön-test olarak uygulanan ölçme araçlarından elde ettikleri puanlara ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney 1, Deney 2 ve Kontrol Gruplarının Geometri Düzey Belirleme Testinden Aldıkları Ön-test Puanlara İlişkin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Düzey Belirleme Testi*	N	\bar{x}	Ss
Gruplar	31	28.55	14.23
Deney 1	29	33.31	13.35
Deney 2	25	31.72	13.46

* Testten alınabilecek en yüksek puan 76'dır.

Tablo 1'de görüldüğü üzere Deney 1 grubunun geometri düzey belirleme testine ilişkin ortalaması $\bar{x} = 28.55$, Deney 2 grubunun ortalaması $\bar{x} = 33.31$ ve Kontrol grubunun ortalaması ise $\bar{x} = 31.72$ 'dir. Gruplardan elde edilen puan ortalamalarının karşılaştırılmasında *Tek Yönlü Varyans* (ANOVA) analizi kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2010, s. 48-54; Can, 2014, s. 147-158). ANOVA sonuçları araştırmanın bulgular ve yorumlar bölümünde paylaşılmıştır.

Çalışmada iki deney grubunun seçilmesindeki amaç; sınıf öğretmeni ya da araştırmacı tarafından uygulanan Dienes ilkelerinin doğasında öğretmen farklılığının bir fark oluşturup oluşturmayacağına merak edilmesidir. Bir başka açıdan ise; çalışmada öğrenme-öğretme sürecinin yürütülmesinde sınıf öğretmeni ya da araştırmacı etkisinin varsa ortaya konması amaçlanmıştır. Bu nedenle; deneysel çalışmayı etkileyecek bir değişken olarak öğretmen ve araştırmacı etkisinin olup olmayacağı ve kişilere dayalı araştırma sonucunun değişip değişmeyeceği önem arz ettiği düşünülmektedir.

Araştırmada çalışma grubu olarak ilkokul 4.sınıfın seçilmesindeki amaç; matematiğin ön koşul ilişkilerinin güçlü olduğu bir alan olması nedeniyle öğrencilerin ilkokulu bitirirken ki durumlarını ortaya koymaktır. Çünkü hem ilkokul son sınıf başarısının ileri sınıflardaki başarıları yordama gücünün daha yüksek olması (Bloom, 2012, s. 38-43) hem de ilkokuldaki diğer sınıf düzeylerine göre 4.sınıfta geometri öğrenme alanına ait kazanımların ön öğrenmeleri de kapsayacak şekilde ele alınmış olması bu sınıf düzeyinin seçilme nedenlerini oluşturmaktadır. Bunun yanında öğrencilerin temel eğitimin ilk kademesinden mezun oluyor olmaları ve mezun olurken geometrideki kazanımlara ilişkin durumlarının merak edilmesi önemli bir etkidir. Ayrıca çalışmada ele alınan kazanımlar daha çok bu sınıftaki öğrencilerin ilk kez karşılaştıkları kazanımlardır.

Okulların orta sosyo-ekonomik düzeyden seçilmelerinin nedeni ise; uygulamayı etkileyebilecek çok olumsuz veya olumlu faktörleri (en azından kaynak faktörleri açısından) kapsayan uç örneklerin araştırma dışında bırakılmasıdır. İkinci gerekçe ise; verileri sıradan/ortalama okullar açısından incelemek ve yorumlamaktır.

Veri Toplama Araçları

Mevcut araştırmada verilerin toplanması aşamasında; deney ve kontrol gruplarında yer alan katılımcılara ön-test, son-test ve kalıcılık testleri olarak araştırmacı tarafından geliştirilen 76 soruluk "Geometri Düzey Belirleme Testi" uygulanmıştır. 4.sınıfa yönelik hazırlanan düzey belirleme testinin geliştirilmesinde "İlköğretim 1-5 Matematik Dersi Öğretim Programı"nda yer alan "Geometri (Açı ve Açı Ölçüsü, Üçgen, Kare ve Dikdörtgen, Örüntü ve Süsleme, Simetri ve Geometrik Cisimler Alt Öğrenme Alanları) ve geometriyle ilişkili olan Ölçme (Çevre ve Alan Alt Öğrenme Alanları) Öğrenme Alanlarındaki kazanımlar temel alınmıştır (MEB, 2009). Öğrenme alanlarına ait kazanımlar belirlendikten sonra her bir kazanımı ölçen çoktan seçmeli 3 ila 5 arası maddeden oluşan test soruları hazırlanmıştır. Soruların bir kısmı kaynaklardan uyarlanmış (Morpakampus.com; Mutlu Yayıncılık, 2014; Okulistik.com), bir kısmı da araştırmacı tarafından yazılmıştır.

Sorular hazırlanırken kapsam geçerliliği sağlamak adına belirtke tablosu hazırlanmıştır. Belirtke tablosunda araştırmada ele alınan "Geometri (Açı ve Açı Ölçüsü, Üçgen, Kare ve Dikdörtgen, Örüntü ve Süsleme, Simetri ve Geometrik Cisimler Alt Öğrenme Alanları) ve Ölçme (Çevre ve Alan Alt Öğrenme Alanları) Öğrenme Alanları ve Alt Öğrenme Alanlarındaki" toplam 24 kazanım için çoktan seçmeli sorular hazırlanmıştır. Toplam soru sayısı 103'tür. Hazırlanan soruların kapsam geçerliliği sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek adına yapılan bir diğer işlem; dördüncü sınıfı okutmuş ve okutmakta olan sınıf öğretmenlerine (3 kişi), matematik eğitimcisine (1 prof.dr, 1 yrd. doç. dr, 1 araştırma görevlisi), program geliştirme uzmanına (1 doç. dr.), ölçme ve değerlendirme uzmanına (1 yrd. doç. dr) değerlendirmeleri için gönderilmesidir. Değerlendirme için Tablo 2'de yer alan ölçütler kullanılmıştır. Ayrıca hazırlanan soruların anlaşılabilirliğini ve yapılabirliğini test etmek amacıyla iki tane beşinci sınıf öğrencisine ön-deneme uygulaması yapılmıştır.

Tablo 2. Ön Deneme Çalışmasında Hazırlanan Soruların Değerlendirme Ölçütü

Ön Deneme Çalışmasında Hazırlanan Bir Sorudan Örnek:

Öğrenme Alanı: Geometri

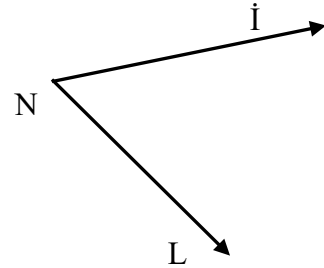
Alt Öğrenme Alanı: Açı ve Açı Ölçüsü

Kazanım: Açığı isimlendirir ve sembolle gösterir.



Emel matematik dersinde bir açı çizip, açığı isimlendirmiştir. Daha sonra isimlendirdiği açığı değişik şekillerde sembolle göstermiştir. Emel'in açığı sembolle gösterimlerinden hangisi **yanlıştır**?

A) $\angle NIL$ B) $\angle N$ C) $\angle INL$ D) $\angle LNI$



Geçerli Soru	Geçersiz Soru	Düzeltilmeli	Öneriniz

Uzmanlardan gelen öneriler doğrultusunda düzenlenen düzey belirleme testine ait sorulara madde analizi yapmak için bilmeyen grup (4.sınıflar) ve bilen grup (5.sınıflar) olmak üzere iki eğitim kademesindeki toplam 261 öğrenciye uygulanmıştır. Uygulama sonuçlarından elde edilen puanlar üzerinden madde güçlük indeksi (p), madde ayırt edicilik indeksi (r_{tx}) ve güvenilirlik kat sayısı (KR-20) hesaplamaları yapılmıştır. Madde güçlük derecesi .40 – .70 dışında olan maddeler testten çıkarılmış (Turgut, 1990, s. 267) ve ayırt edicilik indeksi .30 ve üzeri olan maddeler test kapsamına alınmıştır (Tekin, 1991, s. 249). Testin genel güçlük değeri (p) = .55 ve güvenilirlik kat sayısı KR-20 ise .912 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, ilkökul düzeyindeki öğrencilere uygulanmak üzere 76 soruluk düzey belirleme testi elde edilmiştir. Bu test, tek oturumda uygulanmasının zor olacağı düşüncesiyle alt öğrenme alanlarına (açı ve açı ölçüsü, kare ve dikdörtgen, alan ve çevre) göre oluşturularak üç oturumda (25, 26 ve 25 soruluk test) uygulanmıştır. Öğrencilere her bir testi cevaplamaları için bir ders saati süre verilmiştir.

Öğrenme-Öğretme Süreci

Hem deney grupları hem de kontrol grubu için asıl uygulama toplam 39 ders saati (yaklaşık 10 hafta) olarak gerçekleşmiştir. Her üç grupta uygulamalar 10. haftanın içerisinde tamamlanmıştır. Üç haftalık aranın ardından gruplara kalıcılık testi uygulanmıştır. Deney ve kontrol gruplarında matematik dersleri haftada dört saat olarak yürütülmüştür. Araştırmada yer alan gruplardan hangisinin deney ya da kontrol grupları olacağına karar verilirken çalışmanın rahat yürütülebilmesi ve öğretmenle rahat diyalog kurulabilmesi durumuna göre seçim yapılmıştır. Deney ve kontrol gruplarında gerçekleştirilen işlem sürecine ait bilgiler "Deney Gruplarında Yapılan Çalışmalar" ve "Kontrol Grubundaki Çalışmalar" başlıkları altında açıklanmıştır.

Deney Gruplarında Yapılan Çalışmalar

Dienes ilkelerine dayalı öğretim süreci Deney 1 ve Deney 2 gruplarıncı yürütülmüştür. Deney 1 grubunda, Dienes ilkelerine yönelik hazırlanan öğrenme-öğretme etkinlikleri sınıfın öğretmenini tarafından uygulanmıştır. Uygulamaya başlanılmadan önce sınıf öğretmenine araştırmacı tarafından gerçekleştirilecek olan süreçler hakkında bilgi verilmiştir. Öncelikli olarak öğretmene Dienes ilkelerinden bahsedilmiştir. İlkelerde yer alan süreçler uygulamalı olarak anlatılmıştır. Ders plânında yer alan araç-gereçler üzerinden öğretmene örnek ders anlatımları yapılmıştır. Deney 1 grubundaki öğretmenin eğitimi haftada 2 saat olmak üzere üç hafta olarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ders plânlarında yer alan araç-gereçler ve materyaller öğretmene araştırmacı tarafından sağlanmıştır. Derslerde kullanılacak araç-gereç ve materyaller uygun zaman dilimlerinde sınıf öğretmenine teslim edilerek bunlar hakkında bilgi verilmiştir.

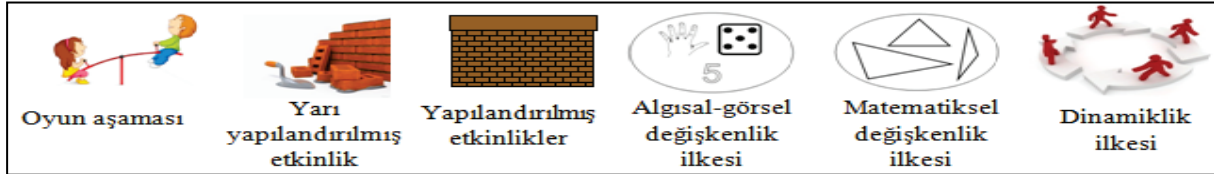
Deney 2 grubundaki Dienes ilkelerine yönelik hazırlanan öğrenme-öğretme süreci ise; araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Araştırmada asıl uygulamaya geçmeden önce öğrencilerin araştırmacıyı yakından tanıyabilmeleri için dört ders saati araştırmacıyla birlikte vakit geçirmeleri sağlanmıştır.

Deney 1 ve Deney 2 grubunda araştırmacı tarafından Dienes ilkelerine yönelik geliştirilen ders plânları kullanılmıştır. Ders planları hazırlanırken Dienes ilkeleri üzerine yazılmış teoriler, makaleler ve tezler (Dienes, 1960; Dienes ve Golding, 1971; Olkun ve Toluk Uçar, 2012; Post, 1981; Sriraman, 2008; Sriraman ve English, 2005) incelenmiştir. Daha sonra alanda çalışan uzmanların da görüşlerine başvurularak (1 prof. dr., 1. doç. dr., 1. yrd. doç. dr.) öğrenme-öğretme sürecinde kullanılacak ders plânlarının etkili tasarlanmasını sağlamak amacıyla araştırmacı tarafından "Dienes İlkeleri Ölçütler Takımı" geliştirilmiştir. Bu ölçütler takımı, Dienes ilkelerini (dinamiklik ilkesi, algısal değişkenlik ilkesi, matematiksel değişkenlik ilkesi ve yapılandırıcılık ilkesi) kapsamaktadır. Hazırlanan ölçütler takımı Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Dienes İlkeleri Ölçütler Takımı

Dinamiklik İlkesine Yönelik Kritik Davranışlar:	Algısal Değişkenlik İlkesine Yönelik Kritik Davranışlar:	Matematiksel Değişkenlik İlkesine Yönelik Kritik Davranışlar:	Yapılandırıcılık (İnşaat) İlkesine Yönelik Kritik Davranışlar:
<p>A- Oyun etkinlikleri ile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çocuk derse hazırlanır. • Çocuğun ilgisi çekilir. • Çocuğun gerçek yaşamla ilişkilendirmesi sağlanır. <p>B- Yarı yapılandırılmış etkinlikler ile;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çocuğun önceki bilgileri kullanması sağlanır. • İlişkileri görür. • Örüntülere ulaşır. <p>C- Yapılandırılmış etkinlikler ile;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çocuk kavrama ulaşır. • Kural bulur. • Formüle ulaşır. • Tanım yapar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bir kavram/şekil farklı yön ve konumlarda olsa da özelliğinin değişmediğini kavrar. • Aynı kavrama ilişkin algısal denklemlerini (farklı somut materyaller ile kavramı temsil etme) fark eder. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bir kavramla/şekille ilgili değişkenlerin sabit tutularak, ilgisiz değişkenlerin sistematik olarak değiştirilmesiyle şeklin/kavramın özelliklerinin değişmeyeceğini kavrar. • Bir kavramı en büyük değişken sayısını içeren tecrübeyle kavrar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bilgiyi inşa etme sonucu kavrama/kurala/formüle/analiz etmeye kendisi ulaşır. • Öğrendiği bilgiyi yeni durumlara transfer eder.

Belirlenen ölçütler takımı (Tablo 3) çerçevesinde araştırma kapsamında ele alınan MEB (2009) matematik programdaki ilgili 24 kazanıma yönelik ders plânları hazırlanmıştır. Ders plânları hazırlanırken birbiriyle ilişkili kazanımlar *geçiş etkinlikleriyle* birbirine bağlanmıştır. Deney 1 ve Deney 2 gruplarında öğretim faaliyetini yürüten sınıf öğretmeni ve araştırmacı için hatırlatıcı olması açısından Dienes ilkelerinin tümünü içeren semboller geliştirilmiştir. Semboller, ders plânlarında ilgili yerlere konulmuştur. İlkelerle yönelik geliştirilen semboller Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Dienes İlkeleri İçin Geliştirilen Semboller

Hazırlanan ölçütler takımından (Tablo 3) yola çıkılarak mevcut araştırmada deney gruplarında kullanılmak üzere aşağıdaki gibi örnek bir ders planı süreci ortaya çıkmıştır:

Dinamik ilkesinin üç aşamasının ilki olan serbest oyun aşamasında; çevre alt öğrenme alanıyla ilgili kazanımlar çerçevesinde öğrencilere internet üzerinden tetris oyunu oynatılmıştır. Her grupta yer alan üyeden birinin bu oyunu oynamasına imkân tanınmıştır. Daha sonra öğrencilere oyunda oynadıkları tetris parçalarını kendilerinin de yapabilecekleri söylenilmiştir. Her bir çocuğa 4'lü (tetromino) tetris parçaları oluşturabilmeleri için birim kareler dağıtılmıştır. Çocukların dağıtılan birim kareleri kullanarak farklı şekillerde tetrominolar oluşturmaları sağlanmıştır.

Dinamiklik ilkesinin diğer bir boyutu olan yarı yapılandırılmış etkinlikler aşaması kapsamında; çocuklar serbest oyunda oluşturdukları 4'lü (tetromino) tetris parçalarını kullanarak çeşitli hayvan figürleri, ev vb. şekiller yapmışlardır. Daha sonra 4'lü tetris parçalarıyla bildikleri düzlemsel şekilleri oluşturmaları istenmiştir. Oluşturdukları bu şekillerin çevre uzunluğuna sahip olup/olmadığı sorulmuştur. Çocukların bu konudaki fikirleri alınmıştır. Ardından düzlemsel şekillerin çevre uzunluklarını hesaplamaya ne dersiniz? denilmiş ve 4'lü tetris parçaları gibi 5'li (pentomino) tetris parçalarında olduğu söylenip öğretmen tarafından hazırlanan 5'li tetris parçaları çocuklara dağıtılmıştır. Çocuklardan bu parçaları kullanarak bildikleri düzlemsel şekilleri oluşturmaları istenmiştir.

Dinamiklik ilkesinin son boyutu olan kavrama ulaşma aşamasında çocuklara dağıtılan 5'li (pentomino) tetris parçalarıyla oluşturdukları düzlemsel şekiller, kareli kâğıtlara çizdirilmiştir. Çocuklara, çevre uzunluklarını nasıl hesaplayacakları sorulmuştur. Ardından çizdikleri parçaların çevrelerinin kaç birim kenar oldukları buldurulmuştur. Bu süreçte, yapılan yönlendirmelerle çevre uzunluğunun şekillere ait kenar uzunluklarının toplamından oluştuğu fikrine (kavrama) ulaşmaları sağlanmıştır.

Matematiksel değişkenlik ilkesi kapsamında ise; öğrencilerin farklı malzemelerle (geometri tahtası, tetris parçası vb.) aynı çevre uzunluğuna sahip farklı düzlemsel şekiller ve farklı çevre uzunluklarına sahip düzlemsel şekiller oluşturmaları sağlandıktan sonra şekillerin konum ve yönlerini değiştirmeleri istenmiştir. Oluşan yeni konum ve yönde çevre hesaplamaları tekrar yaptırılmıştır. Şeklin konumunun ve yönünün değişmesi çevre uzunluğunu değiştirmeyeceği fikrini elde etmeleri sağlanmıştır.

Algısal değişkenlik ilkesi kapsamında çocuklara düzlemsel şekiller oluşturabilmeleri için 5'li tetris parçaları, geometri tahtası, kürdanlar, kibrit çöpleri dağıtılmıştır. Çocuklardan bu malzemeleri kullanarak farklı düzlemsel şekiller oluşturmaları sağlanmıştır. Yapılan etkinliklerle, çocukların aynı kavramsal yapının (düzlemsel şekil) algısal denklemlerini (farklı malzemelerle) görerek matematiksel kavrama ulaşmaları sağlanmıştır.

Dienes ölçütler takımında yer alan kritik davranışlar ve aynı zamanda yapılandırmacı öğrenme ortamlarına ilişkin ilkeler dikkate alınarak hazırlanan çalışma yapılarında; 1) konuya ilginin çekilmesi, 2) konuya yönelik etkinliklerin yapılması, 3) öğrencilerin düşüncelerini sorgulaması ve değiştirmesi ve 4) yeni öğrenilenlerin başka durumlara uygulanması süreçlerini (Demircioğlu ve Atasoy, 2006, s. 19) içermesine dikkat edilmiştir.

Örneğin, *konuya ilginin çekilmesi boyutunda*; çalışma yapılarına ilginç başlıklar yazılmış, karikatür, resim, kenar süsleme, bulmaca, bilmece gibi durumlar kullanılmıştır. *Konuya yönelik etkinliklerin yapılması aşamasında*; öğrenme-öğretme sürecinde işlenen konulara yönelik çalışma yapıları hazırlanmıştır. Öğrencilere etkinliklere yönelik yönergeler verilmiştir. Öğrencilerin öğrendikleri bilgileri transfer edebileceği grafik ve tablolar kullanılmıştır. *Öğrencilerin düşüncelerini sorgulaması ve değiştirmesi kısmında*; aşamalı yönergelerle önceki öğrendikleri bilgiler ile yeni öğrendikleri bilgiler arasında ilişki kurabilecekleri uygulamalara yer verilmiştir. Son olarak *yeni öğrenilenlerin başka durumlara uygulanması* süreçlerinde ise; öğrenilen bilgilerin yeni durumlara transferleri sağlanmıştır. Bunu gerçekleştirmek için öğrendikleri kavramlara yönelik problem çözme, şiir yazma, geometri sözlüğü hazırlama gibi durumlar kullanılmıştır.

Kontrol Grubundaki Çalışmalar:

Kontrol grubunda, ön test uygulaması öncesinde çalışmanın amacı ve çalışma boyunca neler yapılacağı (öntest, sontest ve kalıcılık testi) sınıf öğretmenine açıklanmıştır. Kendisine öğretimi nasıl planlayacağı konusunda müdahalede bulunulmayacağı ancak belirlenen saatlerde araştırmada ele alınan kazanımları işleminin önemi üzerinde durulmuştur. Çalışmanın amacında öğrenme-öğretme sürecinin etkililiği araştırıldığından, kontrol grubunda yalnızca kazanımlara dayalı öğretim yapılmasının gereği üzerinde durulmuştur. Çalışma boyunca sınıfın öğretmeniyle diyalog sürdürülmüştür.

Kontrol grubunda yer alan sınıf öğretmeni, öğrenme-öğretme sürecinde MEB'in önerdiği kılavuz kitaplarında yer alan öğrenme etkinliklerini kullanarak dersini işlemiştir. Ders süresince ve sonrasında öğrenci çalışma kitaplarında yer alan etkinliklerin öğrenciler tarafından yapılmasını sağlamıştır. Öğretmen matematik derslerinde etkili bir şekilde öğrenme araç-gereç ve materyaller kullanmamıştır.

Sınıfın öğretmeni öğretim sürecini gerçekleştirirken araştırmacı tarafından 10 hafta boyunca gözlemlenmiştir. Gözlem sırasında kontrol grubunda yer alan öğretmenin 10 hafta boyunca araştırmada ele alınan 24 kazanıma ve MEB'ce onaylanan dördüncü sınıf matematik dersi öğretmen kılavuz, öğrenci ders ve çalışma kitaplarına bağlı kaldığı gözlenmiştir.

Verilerin Analizi

Araştırmada deneysel desenin ön-test, son-test ve kalıcılık testi aşamalarında "Geometri Düzey Belirleme Testi"nden elde edilen puanların yorumlanabilmesi için ilişkili örneklem t-testi (paired-sample t-test) ve "*Tek Yönlü Kovaryans*" (One-way ANCOVA) analizi kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2010; Can, 2014). Analizler, SPSS 15.00 paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın bağımsız değişkenini Dienes ilkelerine dayalı öğretim uygulaması; bağımlı değişkenini ise geometriye yönelik öğrenci başarı oluşturmaktadır.

Araştırmada ilişkili örneklem t-testi analizini kullanmadaki amaç; aynı veri kaynağı üzerinden (ölçme araçları) art arda yapılan iki ölçüm sonucuna (ön-test—son-test; son-test—kalıcılık) ait veri değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemektir (Can, 2014, s. 136).

Deneysel araştırmalarda, grupların kendiliğinden ve rastgele oluşmadığı durumlarda kovaryans analizinin (ANCOVA) kullanılması gerekmektedir. ANCOVA'yı kullanmadaki amaç; bağımlı değişkenlerle ilişkisi olan ortak değişkenlerin ortadan kaldırılmasıdır. Bağımlı değişken ile ortak değişkenler (covariates) arasında güçlü ilişki varsa ve bu ilişki analizden çıkarılırsa ANCOVA'nun ANOVA'ya göre daha doğru sonuçlar vereceği belirtilmektedir. Bu durum, ölçümlerin birbirleriyle olan korelasyonlarını arttırmaktadır (Tabachnick ve Fidell, 2012, s. 19-20; 197). Deneysel bir çalışmada araştırmacı, uygulanan işlemin etkili olup olmadığına odaklanmışsa en uygun istatistikî işlemin kovaryans analizi olduğu ifade edilmektedir (Büyüköztürk, 2010, s.112). Bu araştırmada Kovaryans analizi karşılaştırmalarda tercih edilen düzeltme seçeneği olarak Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır. Bonferroni düzeltmesini kullanmadaki amaç Sidak'a göre daha hassas olmasıdır (Can, 2014).

Bulgular ve Yorum

Deney ve Kontrol Gruplarının Geometrik Başarıları Arasındaki Ön-test ve Son-test Puanları Farkına İlişkin Bulgular ve Yorum

Araştırmanın ilk alt probleminden elde edilen bulgulara geçmeden önce deney ve kontrol gruplarında yer alan öğrencilerin geometri düzey belirleme testinden aldıkları ön-test puanlarına ait ANOVA sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Deney 1, Deney 2 ve Kontrol Gruplarının Geometri Düzey Belirleme Testine İlişkin Ön-test Puanları ANOVA Sonuçları

Gruplar	N	sd	Kareler Ortalaması	F	p*
Gruplar arası	353.123	2	176.561	.939	.395
Gruplar içi	15422.924	82	188.084		
Toplam	15776.047	84			

* $p < .05$ olarak alınmıştır.

Araştırmada yer alan grupların geometri düzey belirleme testinde ön-test puanları açısından ortalamaları arasında anlamlı fark olup olmadığını belirlemek için yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçlarına göre (Tablo 4), gruplar arasında anlamlı farklılık çıkmamıştır [$F_{[2-82]} = .939, p > .05$]. Gruplar, geometri düzey belirleme testinde ön-test puanları açısından birbirine denktir.

Araştırmanın ilk alt problemi, deney ve kontrol gruplarında yer alan öğrencilerin ön-test ve son-test olarak uygulanan "Geometri Düzey Belirleme Testi"nden aldıkları puanlara ait ortalamalar grup içi ve gruplar arası karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olup olmadığına yöneliktir. Bu amaç çerçevesinde öncelikli olarak grupların testten aldıkları puanlara ait ortalamaları kendi aralarında karşılaştırmak için kovaryans analizi (ANCOVA) yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler Tablo 5 ve Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 5. Grupların Gerçek Son-test Puanları ve Ön-test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Son-test Puanları

Gruplar	N	Son-test*		Düzeltilmiş Son-test	
		\bar{x}	s.hata	\bar{x}	s.hata
Deney 1	31	55.84	2.370	57.75	1.587
Deney 2	29	61.07	2.293	59.43	1.637
Kontrol	25	41.44	2.398	40.98	1.756

*Geometri düzey belirleme testinden alınabilecek en yüksek puan 76'dır.

Grupların "Geometri Düzey Belirleme Testi"nden aldıkları gerçek son-test puanlarına ait ortalamaları Deney 1 grubunda 55.84, Deney 2 grubunda 61.07 ve Kontrol grubunda 41.44 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5). Düzeltilmiş ortalama puanlara göre gruplar arasında gözlenen farkın anlamlı olup olmadığını test etmek için yapılan ANCOVA analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Grupların Ön-test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Geometri Düzey Belirleme Testi Son-test Puanlarına Ait ANCOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p*	η^2
Ön-test (Regresyon)	8564.762	1	8564.762	111.151	.000	
Gruplar (Son-test)	5491.778	2	2745.889	35.635	.000	.468
Hata	6241.454	81	77.055			
Toplam (Düzeltilmiş)	262548.000	84				

* $p < .05$ olarak alınmıştır.

ANCOVA sonucuna göre (Tablo 6), araştırmanın çalışma grubunda yer alan öğrencilerin geometri düzey belirleme testi ön-test puanlarına göre düzeltilmiş son-test ortalama puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu bulunmuştur, $F_{(2-81)} = 35.635$, $p < .05$. Bir başka ifadeyle, gruplarda kullanılan yöntem öğrenci başarısı üzerinde etkili olmuştur. Farka ilişkin etki büyüklüğü değerine (η^2) bakıldığında ise; .468 olarak hesaplanmıştır. Etki büyüklüğü değerine bakıldığında bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde büyük etkiye sahip olduğu görülmektedir (Cohen, 1977). Diğer bir ifadeyle, Dienes ilkelerine dayalı öğretim uygulamasının Deney gruplarında geometri başarısı üzerinde büyük etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Grupların düzeltilmiş son-test puanları arasında farkın hangi gruplar lehine olduğunu belirlemek için Bonferroni çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Yapılan Bonferroni testine ilişkin sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Grupların Düzeltilmiş Geometri Düzey Belirleme Testi Son-test Puanlarına Ait Bonferroni Testi Sonuçları

Gruplar	Gruplar	Ortalamalar Arası Fark	s.hata	p	Farkın Kaynağı
Deney 1	Deney 2	-1.682	2.239	1.000	Deney 1>Kontrol Deney 2>Kontrol
	Kontrol	16.762*	2.370	.000*	
Deney 2	Deney 1	1.682	2.239	1.000	
	Kontrol	18.444*	2.398	.000*	
Kontrol	Deney 1	-16.762*	2.370	.000*	
	Deney 2	-18.444*	2.239	.000*	

* $p < .05$ olarak alınmıştır.

Grupların düzeltilmiş geometri düzey belirleme testi son-test puanları arasındaki farkları ortaya koymak amacıyla yapılan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Tablo 7), Deney 1 ve Deney 2 gruplarında gerçekleştirilen öğrenme-öğretme sürecinin sağladığı başarı ($\bar{x}_{Deney1} = 57.75$ ve $\bar{x}_{Deney2} = 59.75$), Kontrol grubunda gerçekleştirilen öğrenme-öğretme sürecinin sağladığı başarıdan ($\bar{x}_{Kontrol} = 40.98$) anlamlı derecede yüksektir. Deney 1 ve Deney 2 grubunun başarıları arasında ise anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Elde edilen bu bulgular, deney gruplarında uygulanan Dienes ilkelerine göre öğrenme etkinliklerinin sınıf öğretmeni ve araştırmacı tarafından yürütülen gruplarda geometri ve ölçme (alan ve çevre) öğrenme alanlarındaki kazanımlara ulaşmada kontrol grubunda gerçekleştirilen öğrenme-öğretme sürecine oranla daha etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Araştırmanın birinci alt probleminin bir diğer aşamasında, deneysel uygulama sürecinin öncesinde (ön-test) ve sonrasında (son-test) uygulanan "Geometri Düzey Belirleme Testi"nden alınan puanlara ait ortalamalar arasında grupların kendi içerisinde anlamlı bir farkın olup olmadığını belirlemeye yönelik olarak ilişkili örneklem için t testi (paired samples t-test) analizi yapılmıştır. Yapılan analize ait sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Grupların Geometri Düzey Belirleme Testi Ön-test ve Son-test Ortalama Puanların t-Testi Sonuçları

Gruplar	Ölçüm	N	\bar{x}	Ss	Sd	t	p*
Deney 1	Ön-test	31	28.55	14.22	30	-20.778	.000
	Son-test	31	55.84	13.92			
Deney 2	Ön-test	29	33.31	13.36	28	-21.630	.000
	Son-test	29	61.07	15.02			
Kontrol	Ön-test	25	31.72	13.47	24	-3.630	.001
	Son-test	25	41.44	10.56			

* $p < .05$ olarak alınmıştır.

Tablo 8 incelendiğinde Deney 1 grubunda, deneysel işlem öncesi (ön-test) ve sonrası (son-test) uygulanan geometri düzey belirleme testi puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t_{(30)} = -20.778$, $p < .05$]. Deney 2 grubunda; deneysel işlem öncesi (ön-test) ve sonrası (son-test) uygulanan geometri düzey belirleme testi puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t_{(28)} = -21.630$, $p < .05$]. Kontrol grubunda ise, deneysel işlem öncesi (ön-test) ve sonrası (son-test) uygulanan geometri düzey belirleme testi puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t_{(24)} = -3.630$, $p < .05$]. Tüm gruplara ait ortalamalara bakıldığında gözlenen bu farkın son-test puan ortalamaları lehine olduğu gözlenmektedir.

Her üç grubun öğrenme-öğretme süreci sonunda ön-test puan ortalamalarına göre son-test puan ortalamalarında bir artış olduğu görülmektedir. Bu artışın Deney 1 grubunda 27 puan, Deney 2 grubunda yaklaşık 28 puan ve Kontrol grubunda ise yaklaşık 10 puan olduğu gözlenmektedir. Bu çerçevede deney gruplarında gerçekleştirilen öğrenme-öğretme sürecinin kontrol gruplarında gerçekleştirilen öğrenme-öğretme sürecine göre daha etkili olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle; Dienes ilkelerine göre hazırlanmış eğitim durumlarının öğrencilerin öğrenmelerinde etkili olduğu ifade edilebilir.

Deney ve Kontrol Gruplarının Geometrik Başarıları Arasındaki Son-test ve Kalıcılık-testi Puanları Farkına İlişkin Bulgular ve Yorum

Araştırmanın ikinci alt problemi, deney ve kontrol gruplarında yer alan öğrencilerin son-test ve kalıcılık-testi olarak uygulanan "Geometri Düzey Belirleme Testi"nden aldıkları puanlara ait ortalamalar arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını belirlemeye yöneliktir. Bu amaç çerçevesinde öncelikli olarak grupların testten aldıkları puanlara ait ortalamaları kendi aralarında karşılaştırmak için kovaryans analizi (ANCOVA) yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. Grupların Gerçek Kalıcılık Testi Puanları ve Son-test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Kalıcılık Testi Puanları

Gruplar	Kalıcılık Testi			Düzeltilmiş Kalıcılık Testi	
	N	\bar{x}	s.hata	\bar{x}	s.hata
Deney 1	31	48.77	2.345	46.34	1.443
Deney 2	29	55.03	2.091	47.41	1.566
Kontrol	25	34.80	2.531	46.66	1.779

Grupların "Geometri Düzey Belirleme Testi"nden aldıkları gerçek kalıcılık-testi puanlarına ait ortalamaları Deney 1 grubunda 48.77, Deney 2 grubunda 55.03 ve Kontrol grubunda 34.80 olarak hesaplanmıştır (Tablo 9). Düzeltilmiş ortalama puanlara göre gruplar arasında gözlenen farkın anlamlı olup olmadığını test etmek için ANCOVA analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucuna ilişkin elde edilen veriler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Grupların Son-test Puanlarına Göre Düzeltilmiş Geometri Düzey Belirleme Testi Kalıcılık Testi Puanlarına Ait ANCOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p*	η^2
Son-test (Regresyon)	14578.669	1	14578.669	228.775	.000	
Gruplar (Kalıcılık)	16.866	2	8.433	.132	.876*	.003
Hata	5161.715	81	63.725			
Toplam (Düzeltilmiş)	211598.000	84				

* $p < .05$ olarak alınmıştır.

ANCOVA sonucuna göre (Tablo 10), araştırmanın çalışma grubunda yer alan öğrencilerin geometri düzey belirleme testi son-test puanlarına göre düzeltilmiş kalıcılık-testi ortalama puanları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır, $F_{(2;81)} = .132$, $p > .05$. Farka ilişkin etki büyüklüğü değerine (η^2) bakıldığında ise; .003 olarak hesaplanmıştır. Etki büyüklüğü katsayısına bakıldığında küçük etki büyüklüğü olduğu görülmektedir (Cohen, 1977). Tüm gruplarda kalıcılık testi puan ortalamaları arasında fark olmaması öğrencilerin öğrenilenleri unutmaları ya da miktarları arasında bir fark olmadığını göstermektedir. Başka bir deyişle; üç grupta son-test puan ortalamalarına göre aradan geçen süre sonunda (üç hafta) öğrenilenlerin bilgilerin unutulma ya da hatırlanamama miktarı arasında anlamlı bir fark yoktur denilebilir.

Araştırmanın ikinci alt probleminin bir diğer aşamasında, deneysel uygulama sürecinin sonunda (son-test) ve uygulama bitiminden sonraki üç hafta sonunda (kalıcılık-testi) uygulanan "Geometri Düzey Belirleme Testi"nden alınan puanlara ait ortalamalar arasında grupların kendi içerisinde anlamlı bir farkın olup olmadığını belirlemeye yönelik olarak ilişkili örneklem için t testi (paired samples t-test) analizi yapılmıştır. Yapılan analize ait sonuçlar Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Grupların Geometri Düzey Belirleme Testi Son-test ve Kalıcılık Testi Ortalama Puanların t-Testi Sonuçları

Gruplar	Ölçüm	N	\bar{x}	Ss	Sd	t	p*
Deney 1	Son-test	31	55.84	13.92	30	7.280	.000
	Kalıcılık	31	48.77	15.92			
Deney 2	Son-test	29	61.07	15.02	28	5.994	.000
	Kalıcılık	29	55.03	18.45			
Kontrol	Son-test	25	41.44	10.55	24	2.764	.011
	Kalıcılık	25	34.80	10.40			

* $p < .05$ olarak alınmıştır.

Tablo 11 incelendiğinde Deney 1 grubunda, deneysel işlem sonrası (son-test) ve uygulama bitiminden sonraki üç hafta sonunda (kalıcılık testi) uygulanan geometri düzey belirleme testi puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t_{(30)} = 7.280$, $p < .05$]. Deney 2 grubunda ise, benzer şekilde Dienes ilkelerine yönelik hazırlanan öğrenme etkinliklerinin öğrenci başarısı üzerindeki etkisi araştırılmış ve deneysel işlem sonrası (son-test) ve uygulama bitiminden sonraki üç hafta sonunda (kalıcılık testi) uygulanan geometri düzey belirleme testi puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t_{(28)} = 5.994$, $p < .05$]. Kontrol grubunda ise, MEB tarafından onaylanan kılavuz kaynak kitapta yer alan öğrenme etkinliklerinin öğrenci başarısı üzerindeki etkisi araştırılmış deneysel işlem sonrası (son-test) ve uygulama bitiminden sonraki üç hafta sonunda (kalıcılık testi) uygulanan geometri düzey belirleme testi puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t_{(24)} = 2.764$, $p < .05$].

Her üç grupta öğrenme-öğretme sürecinin ardından geçen üç haftalık süre içerisinde öğrencilerin son-test puan ortalamalarına göre öğrenilenlerin bir kısmını unuttukları ya da hatırlayamadıkları görülmektedir. Deney 1 grubunda son-testteki 17 puanlık artışın 7 puanını kalıcılık testinde unuttukları ya da hatırlayamadıkları görülmektedir. Deney 2 grubunda son-testteki 18 puanlık artışın 6 puanını unuttukları ya da hatırlayamadıkları gözlenmektedir. Kontrol grubunda ise, son-testteki 9 puanlık artışın yaklaşık 7 puanını unuttukları ya da hatırlayamadıkları görülmektedir. Her ne kadar tüm gruplarda öğrenilenlerin bir kısmı hatırlanamamış olsa da deney gruplarında öğrenilenlerin bilgilerin çoğu kalıcı olmuş ve hatırlanmaktadır. Kontrol grubunda ise; öğrencilerin uygulamadan üç hafta sonra neredeyse ön-test puan ortalamalarına yaklaştıkları hatta öğrendikleri bilgilerin tamamına yakını unuttukları ya da hatırlayamadıkları söylenebilir. Özetle, tüm gruplarda son-test puan ortalamalarına göre kalıcılık testi puan ortalamalarında 5-7 puan arası bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Bu durum, öğrenme-öğretme sürecinin sürdürülmemesi halinde öğrenilenlerin kalıcılığının devam etmesi konusunda bir kuşku olabilir düşüncesini de akla getirmektedir.

Araştırmanın tüm alt problemlerinden elde edilen bulgular bir arada değerlendirildiğinde; Dienes ilkelerine göre hazırlanan öğrenme etkinliklerinin öğrenci başarısı üzerinde olumlu bir etkiye neden olduğu söylenebilir. Kontrol grubundaki öğrencilere sunulan öğrenme yaşantısı deney grubundaki öğrencilere sunulan öğrenme yaşantısı kadar etkili olmadığı ifade edilebilir. Kalıcılık testinden elde edilen bulgulara bakıldığında ise; her üç grubun kendi aralarındaki puan ortalamalarında anlamlı bir farklılık çıkmasa da, deney gruplarında öğrenilen bilgilerin kontrol grubunda öğrenilen bilgilere oranla daha kalıcı olduğu söylenebilir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Mevcut araştırmada, Dienes ilkelerine göre yapılandırılmış geometri etkinliklerinin öğrencilerin başarısına ve kalıcılığa etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu çerçevede araştırma bulguları; Dienes ilkelerine göre tasarlanan öğrenme ortamlarının; kılavuz, ders ve çalışma kitaplarına göre tasarlanan öğrenme ortamına göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, deney gruplarındaki öğrencilerin geometri konularına yönelik akademik başarı puanlarındaki değişim, kontrol grubundaki öğrencilerin akademik başarı puanlarındaki değişimden deney grubu lehine farklılık yaratacak düzeyde anlamlı bulunmuştur.

Araştırmada, Dienes ilkelerine göre hazırlanan öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarılarına anlamlı düzeyde etki etmesine iki gerekçe gösterilebilir. Birincisi, Dienes ilkelerinin çok çeşitli ve farklı deneyimler üzerinden çocuklara matematiksel kavramları öğrenmeleri konusunda fırsatlar verdiği düşünülmektedir. Çünkü Dienes'in öğrenme ortamında; matematiksel sürece oyunla başlanması, manipülatif malzemelerin kullanılması, öğrencinin fiziksel ve zihinsel olarak aktif katılımı, kavram gelişimi konusunda maksimum tecrübenin sağlanması (algısal değişkenlik ilkesi) ve kavrama ilişkin ilgili/ilgisiz özelliklerin ortaya konulması (matematiksel değişkenlik ilkesi) gibi birçok süreç öğrenciler tarafından tecrübe edilmektedir. Dienes ilkelerinin matematiksel kavramların etkili öğrenilmesi konusunda önemli fırsat verdiği dair kanıtlar alanyazın bulgularıyla paralellik göstermektedir (Gningue, 2000, 2006; Sriraman ve English, 2005; Velo, 2001; Zhang, 2012). Örneğin Gningue (2000) tarafından ortaokul öğrencileri üzerine yapılan araştırmada, Dienes'in değişkenlik ilkeleri ile yapılan öğretimin öğrencilerin cebirsel işlemlerle ilgili başarıya ulaşmalarında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı araştırmacı tarafından yapılan başka bir çalışmada denklem kavramları ve süreçlerini öğretmek için Dienes'in algısal ve matematiksel değişkenlik ilkeleri her iki grupta (6. ve 7.sınıflar) başarıyla sonuçlanmıştır. Sınıflardaki öğrenme, %80'den daha fazla bir başarıya ulaşmıştır (Gningue, 2006).

Benzer şekilde Zhang (2012) tarafından yapılan çalışmada, çocukların birim kesire ait öğretim öncesi sahip oldukları kavram imajlarının Dienes ilkesine göre hazırlanan etkinliklerden sonra olumlu yönde değiştiği görülmüştür. Dienes ilkelerine göre hazırlanan öğrenme ortamı, çocukların testlerdeki performanslarının artmasına, birim kesire ait kavram imajlarının zenginleşmesine, kavramsal anlayışlarının gelişmesine neden olmuştur. Sriraman ve English (2005) ve Velo (2001) tarafından yapılan araştırmalarda da Dienes ilkelerinin öğrencilerin başarıları üzerinde önemli bir etki yaratması yönüyle elde edilen bulguları destekler niteliktedir.

Deney gruplarındaki öğrencilerin başarılarının artmasındaki ikinci gerekçe olarak; Dienes ilkelerinin temelini oluşturan yapılandırmacılık yaklaşımının olduğu düşünülmektedir. Dienes'e ait ilkelerin bir sürecini de oluşturan "inşa edicilik" ilkesiyle; öğrenciler matematiksel kavramları inşa ederken çevre öğretmen tarafından hazırlanmakta ve matematiksel bilgiyi öğrenciler oluşturmaktadırlar. Öğrenme süreci sonunda bir ilkeye, kurala ve formüle öğrencilerin kendileri ulaşmış olmaktadır. Mevcut araştırmada olduğu gibi yapılandırmacı anlayışa dayalı olarak oluşturulan öğrenme ortamlarının öğrencilerin matematik başarılarını arttırdığı, üst düzey düşünme becerilerini geliştirdiği, matematik dersine yönelik ilgi ve tutumlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır (Arseven, 2010; Ayaz ve Şekerci, 2015; Çağlar, 2010; Çilingir, 2015; Işık ve Çağdaşer, 2009).

Kontrol grubundaki öğrencilerin, deney gruplarındaki öğrenciler kadar başarı gösterememesinin nedeni ise; Dienes ilkelerine ait süreçlerde değinildiği gibi sınıf ortamında bu ilkelere yeterince yer verilmemesi olarak düşünülebilir. Başka bir ifadeyle; Kontrol grubundaki öğretmenle yapılan görüşme ve gözlemlerden yola çıkarak; bu gruptaki öğrencilerin matematiksel fikirleri soyutlamaları için öğretimde oyunlara yer verilmemesi, manipülatif malzemelerin yeterince kullanılmaması, yeteri düzeyde fiziksel ve zihinsel olarak aktif katılımın sağlanamaması, kavram gelişimi konusunda maksimum tecrübenin sağlanamaması, kavrama ilişkin ilgili/ilgisiz özelliklerin ortaya konulamaması ve bilginin öğrenciler tarafından yapılandırılması için yeterli tecrübe verilmemesi gibi birçok süreçten yoksun olmaları deney gruplarındaki öğrenciler kadar başarı sağlayamamalarına neden olmuş olabilir. Çünkü Toptaş'ın (2008) çalışmasında ortaya çıkan durum incelendiğinde; ilkokul birinci sınıfta bile geometri öğrenme-öğretme sürecinde öğretmenin çok az somut materyaller kullandığı, etkinliklerin öğrenciler tarafından yapılmasına fırsat vermediği, öğrencilerin yaparak yaşayarak öğrenmelerine fırsat tanımadığı yönündeki bulgular bu konudaki yargıyı destekler niteliktedir. Ayrıca Toptaş (2008), sürekli olarak matematik dersi kılavuz kitabı, ders ve öğrenci çalışma kitaplarındaki etkinliklerin öğretmen tarafından kontrollü ve anlatılarak işlenmesinin, öğrencilerin kendilerini açığa çıkarma fırsatını ortadan kaldırdığını savunmaktadır. Dolayısıyla Toptaş'ın yapılan etkinliklerin amaca hizmet etmediğini, öğrencilerin öğrenme etkinliklerini yalnızca kendilerinden istenenler doğrultusunda yaptıklarını, hatta öğrenme kazanımlarının dışına çıkarak öğrencilerin geometrik şekiller üzerindeki çalışmalarının bir boyama çalışmasına dönüştüğünü vurgulaması düşündürücüdür (Toptaş, 2008).

İlkokulda yapılan geometri öğretiminin öğrencilerin ileriki yıllarında alacağı eğitimi etkileyeceğinden kontrol grubundaki öğrencilerin geometri konusunda zorluklar yaşayabilecekleri söylenebilir. Başka bir deyişle; ilkokul yıllarındaki başarı, özellikle üçüncü sınıftan başlayarak birbirini izleyen yıllardaki (sınıflardaki) başarı arasında yüksek bir korelasyonun olması (Bloom, 2012) ulusal ve uluslararası sınavlardaki başarısızlıkların kaynağının ilkokul yıllarına dayandığı sonucunu çıkarmaktadır. Oysa yapılacak nitelikli öğretimler, öğrencilerin geometri dersini anlamasına ve geometri kavramlarını zihinlerinde sağlam olarak inşa etmelerine katkı sağlayacaktır. Bu sebeple araştırmadaki öğrenme-öğretme sürecindeki çalışmalar yapılandırıcı yaklaşım çerçevesinde ele alınmış, matematik derslerine serbest oyunla başlanmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmış etkinliklerle devam edilmiştir. Dienes'in de vurguladığı inşa edici deneyimler araştırmadaki öğrenme-öğretme sürecinde deney gruplarındaki başarının temel taşı oluşturduğu söylenebilir. Çünkü kavram gelişimi konusunda maksimum tecrübe sunan Dienes ilkeleri, matematiksel fikirlerin yapılandırılması bakımından önemlidir. Özellikle geometri gibi konularda modellerin farklı konum ve boyutlarda sunulması geometrik kavramların öğrenciler tarafından zengin bir şekilde yapılandırılmasını sağlamaktadır (Toptaş, 2010).

Benzer şekilde, Dickson ve diğerleri (1984) geometri öğretiminde başarısızlık nedenleri arasında yetersiz eğitimi vurgularken, çocuklara aynı şeklin değişik pozisyonlarında verilmesinin onların şekillerin değiştiği inancının oluşmasına sebep olduğunu belirtmektedirler. Bunun nedenini şekillerin her zamanki gibi alışılmış durumda sunulması olduğunu ve çocukların nadiren standart olmayan durumlarla karşılaştıklarında ise bu kavramları genellemede zorlandıklarını belirtmektedirler. Oysa Dienes ilkelerinde yer alan algısal değişkenlik ve matematik değişkenlik ilkelerinde çocuklara şekillerin değişmeyen özellikleri korunarak prototip gösterimler dışında şekillerin farklı yön, konum, büyüklük, küçüklük vb. sunulması bu olumsuzlukları ortadan kaldırmış olabilir.

Araştırmanın diğer bir alt probleminden elde edilen sonuçlar kalıcılık testi ile ilgilidir. Öğrenme-öğretme sürecinin tamamlanmasından üç hafta sonra hem deney gruplarına hem de kontrol grubuna uygulanan kalıcılık testine ait ortalamalara göre gruplar öğrenilenlerin bir kısmını anlamlı düzeyde unutmışlar ya da hatırlayamamışlardır. Tüm gruplarda kalıcılık testi puan ortalamaları, son-test puan ortalamalarına göre 5-7 puan arası düşmüştür. Kalıcılık testine ilişkin grupların kendi aralarındaki puanları arasında anlamlı bir farklılık çıkmasa da, deney gruplarında öğrenilen bilgilerin kontrol grubuna göre daha kalıcı olduğu ifade edilebilir. Çünkü deney gruplarında son-test puanları açısından 18-19 puanlık artışın 6-7 puanı unutulurken ya da hatırlanamazken, kontrol grubunda son-test puanları açısından 9 puanlık artışın yaklaşık 7 puanı unutulmuş ya da hatırlanamamıştır. Özetle, kontrol grubundaki öğrencilerin öğrendikleri bilgilerin tamamına yakını unuttuğu ya da hatırlayamadığı söylenebilir.

İlkokulda matematik öğretimi üzerine yapılan deneysel araştırmalara bakıldığında uygulanan öğretim yöntemlerinin çocukların kalıcılık puanları üzerinde etkisinin olduğu araştırmalar olduğu gibi (Altunay, 2004; Kurt, 2015; Yücel Yumuşak, 2014), kalıcılık puanları üzerinde etkisinin olmadığı araştırmalarda mevcuttur (Yiğit, 2007). Mevcut araştırmada deney gruplarında öğrenme-öğretme sürecinde oyunlara, manipülatif malzemelerin kullanımına yer verilmesine ve kontrol grubuna göre deney gruplarındaki öğrenme ortamının daha yapılandırmacı süreç içermesine karşın kalıcılık testi puanlarının düşmesi ve düşüşün anlamlı olmasının birçok nedeni olabilir:

İlk olarak, deney gruplarında uygulamaların tamamlanmasından sonra geriye kalan dört haftada öğrenciler Dienes ilkelerinden uzak öğrenme yaşantısı geçirmişlerdir. Başka bir deyişle; öğrenme-öğretme sürecinde yürütölen deneysel süreç ortadan kalkmıştır. Öğretmenlerin daha sonra derslerde izledikleri öğrenme-öğretme yaklaşımları, deneysel süreçten sonra matematikte başka bir öğrenme alanına geçilmesi ve öğrenme alanları arasında ilişkilendirme yapıp yapılmadığının bilinmemesi öğrenilenlerin bir kısmının unutulmasına neden olmuş olabilir. İkinci olarak, çalışma bitiminin eğitim-öğretim yılı sonuna doğru olması, dönem sonu yorgunluğu ve yılsonu çalışmaları gibi nedenler öğrenilenlerin bir kısmının unutulmasına neden olmuş olabilir.

Diğer bir neden; deney gruplarındaki öğrenme-öğretme sürecinin belirli bir sürede uygulanmasıyla ilgili olabilir. Çünkü Tertemiz (2005), sayıların öğretimine yönelik çalışmasında deneysel çalışmalardaki öğrenme-öğretme sürecinin anlık bir öğrenme sağladığı ve öğrenme-öğretme ortamının düzenlendiği grubun lehine olan anlamlı farklılığın sürekli kılınabilmesi için öğrenme-öğretme sürecinin daha uzun süreli uygulanması gerektiğini ifade etmektedir. Ayrıca alanyazında Dienes ilkelerinin öğrenilen bilgilerin kalıcılığı üzerindeki etkisine dair herhangi bir bulguya rastlanılmadığı için mevcut araştırma ve bundan sonra Dienes ilkeleri ile ilgili yapılacak araştırmaların literatüre önemli katkısı olacağı düşünülmektedir.

Mevcut araştırma bir takım sınırlılıkları içermektedir. Daha önceden Dienes ilkeleri ilgili olarak yürütölen çalışmalarda bu ilkelere göre hazırlanan öğrenme ortamlarında öğrenilen bilgilerin kalıcılığına dair fikirler sunmamaktadır. Bu nedenle mevcut araştırmada deney gruplarından elde edilen kalıcılık testine ait puanlara ilişkin bulgular ve yorumlar daha önceki araştırmalardan elde edilen bulgularla karşılaştırılmadığı için bir sınırlılığı ortaya koymaktadır. Araştırmadaki bir diğer sınırlılık ise; öğrencilerin geometri başarıları araştırmacılar tarafından geliştirilen çoktan seçmeli testler ile ölçölmüştür. Bu sebeple Dienes ilkelerine göre hazırlanan öğrenme ortamlarının öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerine olan etkisi tam olarak ortaya konulamamıştır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara bağlı olarak aşağıdaki önerilere yer verilebilir:

- Yapılandırmacı yaklaşımda üst düzey düşünme becerilerinin önemi dikkate alındığında eldeki çalışmada yalnızca 4.sınıf kazanımlarına bağlı kalmıştır. Kazanımların çoğunun bilgi, kavrama ve çok az da uygulama düzeyinde olması çocukların üst düzey düşünme becerileri ölçmede yetersiz kalmıştır. Oysa öğrencilere sorulacak uygulama ve uygulama üstü kazanımları kapsayan rutin olmayan problemlerde akıl yürütme becerisi, kullanılan stratejiler vb. durumlara etkisi incelenebilir.
- Mevcut araştırmada geometri ve ilgili ölçme öğrenme alanları ele alınmıştır. Araştırma sonuçlarının geçerliliğini arttırmak için farklı öğrenme alanları ve sınıf düzeylerinde Dienes ilkelerinin etkililiği test edilebilir.
- Deney gruplarında öğrenilen bilgilerin kalıcılığına ilişkin elde edilen sonuçların nedenleri araştırılabilecek bir diğer konudur. Her ne kadar deney gruplarının öğrenme düzeyleri, öğrenme-öğretme süreci bittikten üç hafta sonra bile kontrol grubundan yüksek olsa da öğrenilenlerin unutulma ya da hatırlayamama miktarı (5-7 puan) aynı çıkmıştır. Dienes ilkelerine yönelik yapılacak başka çalışmalarda öğrenilen bilgilerin kalıcılığına ilişkin değişkenin uzun süreli aralıklarla tekrar test edilmesi sağlanarak bu durum açıklığa kavuşturulabilir.
- Dienes ilkelerinin uygulanması sürecinde hem oyunlara hem de manipülatif malzemelere yer verilmesi bakımından öğrencilerin matematiğe yönelik duyuşsal özelliklerine (tutum, motivasyon, kaygı vb.) olan etkisi incelenebilir.

Kaynakça

- Albaladejo, I. M. R., Garcia, M. ve Codina, A. (2015). Developing mathematical competencies in secondary students by introducing dynamic geometry systems in the classroom. *Education and Science, 40*(177), 43-58.
- Altunay, D. (2004). *Oyunla desteklenmiş matematik öğretiminin öğrenci erişimine ve kalıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arseven, A. (2010). *Gerçekçi matematik öğretiminin bilişsel ve duyuşsal öğrenme ürünlerine etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ayaz, M. F. ve Şekerci, H. (2015). Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının akademik başarıya ve tutuma etkisi: bir meta-analiz çalışması. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi, 12-2*(24), 27-44.
- Battista, M. T. (2002). Learning geometry in a dynamic computer environment. *Teaching Children Mathematics, 8*(6), 333-339.
- Bloom, B. S. (2012). *İnsan nitelikleri ve okulda öğrenme* (D. A. Özçelik, Çev.). Ankara: Pegem Akademi.
- Burns, M. (2007). *About teaching mathematics A K-8 Resource*. USA: Math Solutions.
- Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı* (11. bs.). Ankara: Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş. (2014). *Deneyisel desenler* (4. bs.). Ankara: Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.
- Can, A. (2014). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (3. bs.). Ankara: Pegem Akademi.
- Cathcart, W. G., Pothier, Y. M., Vance, J. H. ve Bezuk, N. S. (2003). *Learning mathematics in elementary and middle schools* (3. bs.). New Jersey: Prentice Hall.
- Clements, D. H. (1998). *Geometric and spatial thinking in young children*. National Science Foundation, Arlington, VA. ERIC veritabanından erişildi (ED436232).
- Clements, D. H. ve Battista, M. (1992). Geometry and spacial reasoning. D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* içinde (s. 420-464). New York: Macmillan.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Düzenlenmiş bs.). London: Academic.
- Cross, C. T., Woods, T. A. ve Schweingruber, H. (2009). *Mathematics learning in early childhood*. Washington, DC: National Academies.
- Çağlar, G. (2010). *Yapılandırmacı yaklaşımın matematik öğretimine (ilköğretim 7. sınıflarda) etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çilingir, E. (2015). *Gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımının ilkokul öğrencilerinin görsel matematik okuryazarlığı düzeyine ve problem çözme becerilerine etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Demircioğlu, H. ve Atasoy, Ş. (2006). Çalışma yapıklarının geliştirilmesine yönelik bir model önerisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 19*, 71-79.
- Dickson, L., Brown, M. ve Gibson, O. (1984). *Children learning mathematics a teacher's guide to recent research*. London: The Alden Press Ltd, Oxford.
- Dienes, Z. P. (1960). *Building up mathematics* (4. bs.). London: Hutchinson Educational.
- Dienes, Z. P. (1964). Insight into arithmetical processes. *The School Review, 72*(2), 183-200.
- Dienes, Z. P. ve Golding, E. W. (1971). *Approach to modern mathematics*. New York: Herder and Herder.

- Driskell, S. O. S. (2004). *Fourth-grade students' reasoning about properties of two dimensional shapes*. (Yayımlanmamış doktora tezi). University of Virginia, USA.
- Duatepe Paksu, A. ve Ubuz, B. (2009). Effects of drama-based geometry instruction on student achievement, attitudes, and thinking levels. *The Journal of Educational Research*, 102(4), 272-286. doi:10.3200/JOER.102.4.272-286
- Duatepe Paksu, A., İymen, E. ve Pakmak, G. S. (2013). Sınıf öğretmeni adaylarının dörtgenlerin köşegenleri konusundaki kavram görüntüleri. *Eğitim ve Bilim*, 38(167), 162-178. <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/1633/474> adresinden erişildi.
- Efendioğlu, A. (2006). *Anlamlı öğrenme kuramına dayalı olarak hazırlanan bilgisayar destekli geometri programının ilköğretim dördüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve kalıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Faggiano, E. (2012). *About physical and technological manipulation in primary and lower secondary school geometry education*. 12th International Congress on Mathematical Education'da sunulmuş bildiri, COEX, Seoul, Korea.
- Fidan, Y. ve Türnüklü, E. (2010). İlköğretim 5.sınıf öğrencilerinin geometrik düşünme düzeylerinin bazı değişkenler açısından incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 185-197.
- Fossa, A. J. (2003). On the ancestry of Z. P. Dienes's theory of mathematics education. *Revista Brasileira de História da Matemática*, 3(6), 79-81.
- Gecu, Z. ve Satici, A. F. (2012). The effects of using digital photographs with Geometer's Sketchpad at 4th grade. *Social and Behavioral Sciences*, 46, 1956-1960. doi:10.1016/j.sbspro.2012.05.410
- Gningue, S. M. (2000). *The use of manipulatives in middle school Algebra: An application of Dienes variability principles* (Yayımlanmamış doktora tezi). Columbia Üniversitesi, Columbia.
- Gningue, S. M. (2006). Students working within and between representations: An application of dienes's variability principles, *For the Learning of Mathematics*, 26(2), 41-47.
- Gökbulut, Y. (2010). *Sınıf öğretmeni adaylarının geometrik cisimler konusundaki pedagojik alan bilgileri* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gökbulut, Y. ve Ubuz, B. (2013). Sınıf öğretmeni adaylarının prizma bilgileri: Tanım ve örnekler oluşturma. *İlköğretim-Online*, 12(2).
- Heddens, J. W. ve Speer, W. R. (1995). *Today's mathematics: activities and instructional ideas*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Heppner, P. P., Kivlighan, D. M. J. ve Wampold, B. E. (1999). *Research design in counseling* (2. bs.). Belmont, CA: Wadsworth.
- Hoffer, A. (1983). van Hiele based research. R. Lesh ve M. Landua (Ed.), *Acquisition of mathematics concepts and process* içinde (s. 201-226). USA: Academic.
- Işık, E. ve Çağdaşer, B. T. (2009). Yapısalcı yaklaşımla cebir öğretiminin 6. sınıf öğrencilerinin matematiğe yönelik tutumlarına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 17(3), 941-954.
- İnan, H. Z. ve Doğan Temur, Ö. (2010). Understanding kindergarten teachers' perspectives of teaching basic geometric shapes: A phenomenographic research. *ZDM Mathematics Education*, 42, 457-468.
- Karasar, N. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemi* (24. bs.). Ankara: Nobel.
- Kurt, E. S. (2015). *Gerçekçi matematik eğitiminin uzunluk ölçme konusunda başarı ve kalıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

- Martin, T., Lukong, A. ve Reaves, R. (2007). The role of manipulatives in arithmetic and geometry tasks. *Journal of Education and Human Development*, 1(1).
<http://www.scientificjournals.org/journals2007/articles/1073.htm> adresinden erişildi.
- Meng, C. C. ve Sam, L. C. (2013). Enhancing primary pupils' geometric thinking through phase-based instruction using the geometer's sketchpad. *Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 28, 33-51.
- Miller, S. P. ve Mercer, C. D. (1997). Educational aspects of mathematics disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 30(1), 47-56.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2009). *İlköğretim matematik dersi 1-5. sınıflar öğretim programı*. Ankara: MEB – Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı Yayıncılık.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2014). TIMSS 2011 ulusal matematik ve fen raporu 4. sınıflar. <http://timss.meb.gov.tr/wp-content/uploads/TIMSS-2011-4-Sinif.pdf> adresinden erişildi.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2001). *Navigating through geometry in prekindergarten-grade2*. Reston, VA.
- Olkun, S. (2003). Comparing computer versus concrete manipulatives in learning 2D geometry. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 22(1), 43-56.
- Olkun, S. (2005). Türkiye'de ilköğretim düzeyinde matematik eğitime program ve işleniş açısından genel ve eleştirel bir bakış. A. Altun ve S. Olkun (Ed.), *Güncel gelişmeler ışığında ilköğretim: matematik, fen, teknoloji, yönetim içinde* (s. 59-76). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Olkun, S. ve Altun, A. (2003). İlköğretim öğrencilerinin bilgisayar deneyimleri ile uzamsal düşünme ve geometri başarıları arasındaki ilişki. *The Turkish Online Journal of Educational Technology, TOJET*, 2(4), 86-91.
- Olkun, S. ve Aydoğdu, T. (2003). Üçüncü uluslararası matematik ve fen araştırması (TIMMS) nedir? Neyi sorgular? Örnek geometri soruları ve etkinlikler. *İlköğretim-Online* 2(1).
- Olkun, S. ve Sinoplu, N. B. (2008). The effect of pre-engineering activities on 4th and 5th grade students' understanding of rectangular solids made of small cubes. *International Online Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 1-9.
- Olkun, S. ve Toluk Uçar, Z. (2012). *İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi* (4. bs.). Ankara: Eğiten.
- Olkun, S., Altun, A. ve Smith, G. G. (2005). Computers and 2D geometric learning of Turkish fourth and fifth graders. *British Journal of Educational Technology*, 36(2), 317-326.
- Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi. (2012). *2012 lisans yerleştirme sınavları sonuçları*. <http://www.osym.gov.tr/dosya/1-60607/h/2012-lyssayisalbilgiler23072012.pdf> adresinden erişildi.
- Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi. (2013). *2013 lisans yerleştirme sınavları sonuçları*. <http://www.osym.gov.tr/dosya/1-69292/h/2013-lyssayisalbilgilerbasin.pdf> adresinden erişildi.
- Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi. (2015). *2015 lisans yerleştirme sınavları sonuçları*. <http://dokuman.osym.gov.tr/pdfdokuman/2015/LYS/2015LYSSAYISALBILGILER30062015.pdf> adresinden erişildi.
- Öksüz, C. ve Uça, S. (2011). Matematik dersinde probleme dayalı öğrenme üzerine bir örnek olay. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(2), 20-29.
- Özçakır Sümen, Ö. (2013). *GeoGebra yazılımı ile simetri konusunun öğretiminin matematik başarısı ve kaygısına etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

- Post, T. (1981). The role of manipulative materials in the learning of mathematical concepts. M. M. Lindquist (Ed.), *In Selected Issues in Mathematics Education içinde* (s. 109-131). Berkeley, CA: National Society for the Study of Education and National Council of Teachers of Mathematics, McCutchan, VA.
- Post, T. ve Reys, R. E. (1979). Abstraction generalization and design of mathematical experiences for children. K. Fuson ve W. Geeslin (Ed.), *Models for mathematics learning içinde* (s. 117-139). Columbus, OH: ERIC/SMEAC.
- Programme for International Student Assessment. (2003). PISA 2003 ulusal nihai rapor. <http://pisa.meb.gov.tr/wp-content/uploads/2013/07/PISA-2003-Ulusal-Nihai-Rapor.pdf> adresinden erişildi.
- Programme for International Student Assessment. (2006). PISA 2006 ulusal ön rapor http://yegitek.meb.gov.tr/dosyalar%5Cdokumanlar%5Culuslararası/pisa_2006_ulusal_on_raporu.pdf adresinden erişildi.
- Sarı, S. ve Bulut, S. (2013). *Somut materyallerle geometri öğretiminin dördüncü sınıf öğrencilerinin geometri başarısına ve ders işlenişine yönelik düşüncelerine etkilerinin incelenmesi*. 12. Matematik Sempozyumu'nda sunulmuş bildiri, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Siew, N. M. ve Chong, C. L. (2014). Fostering students' creativity through van Hiele's 5 phase-based tangram activities. *Journal of Education and Learning*, 3(2), 66-80.
- Siew, N. M., Chong, C. L. ve Abdullah, M. R. (2013). Facilitating students' geometric thinking through Van Hiele's phase-based learning using tangram. *Journal of Social Sciences*, 9(3), 101-111.
- Sriraman, B. (2008). The legacy of Zoltan Paul Dienes. B. Sriraman (Ed.), *Mathematics education and the legacy of Zoltan Paul Dienes içinde* (s. vii-x). Charlotte, NC: Information Age.
- Sriraman, B. ve English, L. D. (2005). On the teaching and learning of Dienes' principles. *ZDM*, 37(3), 258-262.
- Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2012). *Using multivariate statistics* (6. bs.). USA: Pearson.
- Tekin, H. (1991). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (13. bs.). Ankara: Yargı.
- Tertemiz, N. (2005). İlköğretim ikinci sınıf matematik dersi sayılar ünitesinin değerlendirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(3), 25-45.
- Terzi, M. (2010). *Van Hiele geometrik düşünme düzeylerine göre tasarlanan öğretim durumlarının öğrencilerin geometrik başarı ve geometrik düşünme becerilerine etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Toptaş, V. (2007). *İlköğretim matematik dersi (1-5) öğretim programında yer alan 1.sınıf geometri öğrenme alanı öğrenme-öğretme sürecinin incelenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Toptaş, V. (2008). Geometri öğretiminde sınıfta yapılan etkinlikler ile öğretme-öğrenme sürecinin incelenmesi. *İlköğretim Online*, 7(1), 91-110.
- Toptaş, V. (2010). İlköğretim matematik dersi (1-5) öğretim programı ve ders kitaplarında geometri kavramlarının sunulmasının incelenmesi. *İlköğretim Online*, 9(1), 136-149.
- Trends in International Mathematics and Science Study. (1999). TIMSS 1999 ulusal raporu. http://timss.meb.gov.tr/wp-content/uploads/timss_1999_ulusal_raporu.pdf adresinden erişildi.
- Trends in International Mathematics and Science Study. (2011). TIMSS 2011 ulusal matematik ve fen raporu: 4. sınıflar. <http://timss.meb.gov.tr/wp-content/uploads/TIMSS-2011-4-Sinif.pdf> adresinden erişildi.

- Turgut, M. F. (1990). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme metotları* (7. bs.). Ankara: Saydam.
- Tutak, T. (2008). *Somut nesnelere ve dinamik geometri yazılımının kullanımının öğrencilerin bilişsel öğrenmelerine, tutumlarına ve van Hiele geometri anlama düzeylerine etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tutak, T., Türkdöğan, A. ve Birgin, O. (2009). The effect of geometry teaching with CABRI to learning levels of fourth grade students. *e-Journal of New World Sciences Academy Physical Sciences*, 4(2), 26-35.
- van Hiele, P. M. (1959). *The child's thought and geometry*.
<http://geometryandmeasurement.pbworks.com/f/VanHiele.pdf> adresinden erişildi.
- Velo, J. (2001). *The impact of Dynamic Geometry Software on student's abilities to generalize in geometry* (Yayımlanmamış doktora tezi). The Ohio State Üniversitesi, Ohio.
- Yenilmez, K. ve Yaşa, E. (2008). İlköğretim öğrencilerinin geometrideki kavram yanlışları. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, XXI(2), 461-483.
- Yiğit, A. (2007). *İlköğretim ikinci sınıf seviyesinde bilgisayar destekli eğitimci matematik oyunlarının başarıya ve kalıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Yücel Yumuşak, E. (2014). *Oyun destekli matematik öğretiminin 4. sınıf kesirler konusundaki erişimi ve kalıcılığa etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Yücel, F. (2009). *İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinin geometrik düşünme düzeyleri ve buluş yoluyla geometri öğretiminin öğrencilerin geometrik düşünme düzeylerine etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Zaranis, N. (2014). The use of ICT in the first grade of primary school for teaching circles, triangles, rectangles and squares. http://rehab-workshop.org/IDEEpapers/idee2014_submission_10.pdf adresinden erişildi.
- Zhang, X. (2012). *Enriching fifth-graders' concept images and understandings of unit fractions* (Yayımlanmamış doktora tezi). Illinois State Üniversitesi, USA.