

Matematik Öğretmen Adaylarının Üslü ve Köklü Sayılar Konusunda Öğrencilerin Sahip Olabilecekleri Hatalara Yaklaşımları

Merve ÖZKAYA¹ Alper Cihan KONYALIOĞLU² Solmaz Damla GEDİK²

ÖZET: Bu araştırmanın amacı, matematik öğretmen adaylarının üslü ve köklü sayılar konusunda öğrencilerin sahip olabilecekleri hatalara yaklaşımlarını incelemek, hataların oluşma sebepleri hakkındaki görüşlerini ve çözüm önerilerini belirlemektir. Durum çalışmasının kullanıldığı bu çalışmada, amaca uygun olarak doküman incelemesi ve görüşmelerle toplanan veriler içerik ve betimsel olarak analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, öğretmen adaylarının yapılan hataları matematik alan bilgisi (MAB) bağlamında açıklamada güçlük çektikleri ve bu hataların oluşma sebeplerinin çoğunun öğretmen temelli olduğu düşüncesinde oldukları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının, hataların oluşumunu önlemek için sundukları çözüm önerileri ise, pedagojik alan bilgisi bileşenleri ile benzerlik göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Matematik öğretmen adayı, matematik alan bilgisi, pedagojik alan bilgisi, hata, üslü ve köklü sayılar



Pre-Service Mathematics Teachers' Approaches to Students' Possible Mistakes in Exponential and Square Root Numbers

ABSTRACT: The aim of the study is to investigate pre-service mathematics teachers' approaches to students' possible mistakes in exponential and square root numbers. Moreover this study determines their opinions about the forming reasons of these errors and presents pre-service mathematics teachers' solution suggestions. Conforming to the purpose, the data were collected with documents and interviews; and descriptive and content features of the data were analyzed. According to the results, this study identified that pre-service mathematics teachers had difficulty in explaining the errors in the context of mathematical content knowledge (MCK) and according to them most of these errors were teacher based. The offered solution suggestions of pre-service mathematics teachers in preventing error formation were similar to the knowledge of pedagogical content components.

Keywords: Pre-service mathematics teacher, mathematical content knowledge, pedagogical content knowledge, error, exponential and square root numbers

¹ Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Matematik Bölümü, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Merve ÖZKAYA, mdurkaya@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Eğitimin en önemli öğelerinden biri öğretmendir. Öğretmenin sahip olduğu yeterlilik onu meslek hayatı boyunca ayakta tutan önemli bir etkidir. Öğretmenlerin yeterlilik düzeyleri hakkında bilgi edinebilmek için Shulman (1986)'ın çalışmasına göz atmak gerekir. Shulman (1986), 1800'lü yıllardan itibaren öğretmenlik yeterlilik sınavları yapılmaya başlandığını ve bu yeterlilik sınavlarında pedagoji bilgisinin eksik olduğunu belirtmektedir. Yani bu sınavlar tamamıyla alan bilgisine yöneliktir. 1980'li yıllardan sonra ise öğretme kapasitesini sorgulama ön plana çıkmıştır. Bu seferde içerik bilgisi ortadan kaldırılmıştır. Bunun üzerine öğretmen yeterliliğine dayalı reformlar gerçekleştirilmiştir. Pedagoji ile alan bilgisi arasındaki bu keskin ayrım bir müddet sonra öğrenme ve öğretme arasındaki temel bağlantıya ışık tutacak şekilde ortadan kalkmaya başlamıştır (Shulman, 1986). Bu bağlamda, Shulman alan bilgisini üç basamak altında toplamıştır. Bunlar konu alan bilgisi, pedagojikel alan bilgisi ve müfredat bilgisidir. Shulman (1986) pedagoji alan bilgisini konu alan bilgisi ve pedagojik bilginin birleşimi olarak düşünmüştür. Daha sonrasında pedagojik alan bilgisine birçok araştırmacı yorum getirmiştir. Bu araştırmacıların pedagojik alan bilgisini nasıl ele aldıklarını inceleyen Park ve Oliver (2008), genel olarak belirlenen pedagojik alan bilgisi bileşenlerinin Shulman ile benzerlik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Yani bu bileşenlerin çoğu, öğrencilerin sahip olduğu öğrenme güçlüklerini bilmeyi ve öğrenmeyi kolaylaştıracak her türlü temsillerin ve öğretim biçimlerinin farkında olunmasını içerir.

Matematik alanı için de yukarıda bahsedilen pedagojik alan bilgisinden bahsedilebilir. Pedagojik alan bilgisinin şekillenmesinde en temel etken de öğretmenin sahip olduğu matematik alan bilgisidir. Matematik alan bilgisi aynı zamanda öğrenciyi anlama bilgisini de kapsamaktadır (Cochran *et al.*, 1993). Öğretim için matematiksel bilgi kavramını ortaya atan Ball *et al.*, (2008), Shulman'ın konu alan bilgisi ve pedagojik alan bilgisini kullanmışlardır. Konu alan bilgisi, genel alan bilgisi ve özel alan bilgisi olarak ikiye ayrılmıştır. Pedagojik alan bilgisi ise öğrenci-alan bilgisi, öğretim-alan bilgisi ve müfredat-alan olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin yaptıkları hataları ortaya koyabilmeye ise genel alan bilgisi içerisinde yer verilmiştir. Yanlışların neden yanlış olduğunu belirleyebilmek öğrenme sürecinin

önemli bir parçasıdır (Konyalıoğlu *ve ark.*, 2010). Çünkü bir şeyin doğru olup olmadığını belirlemek, yanlışın ne olduğunu göstermek bu kavramın içselleştirildiği anlamına gelir (Konyalıoğlu *ve ark.*, 2010).

Boz (2004), öğretmen adaylarından hatalı çözülmüş sorulardaki hataları belirlemelerini istemiştir. Buradaki sonuçları alana özel pedagojik alan bilgisi olarak nitelemiştir. Konu alan bilgilerini ise açık uçlu sorulardan oluşan bir test ile toplamıştır. Çalışmanın sonunda konu alan bilgisinin öğrencilerin hatalarını sezmede etkili olduğunu ortaya koymuştur. Öğretmenler ise yine hata yaklaşımında etkili olamamışlardır (Durkaya *et al.*, 2011).

Öğrencilerin sahip olduğu matematik kavram bilgisi ve yaygın kavram yanlışlarının ne olduğu hakkında bilgi sahibi olmak öğretim için gereklidir (NCTM, 1989;1991). Kavram yanlışlarının bilinmesi, planlama, sınıf aktiviteleri ve değerlendirme gibi alanların düzenlenmesinde çok fazla yarar sağlayacağından, hem öğretmenler hem de öğrenciler bunların farkında olmalıdırlar (Houssart and Weller, 1999). Sağlıklı bir değerlendirme için iyi bir alan bilgisi gerektiği açıktır. Alan bilgisinin tam anlamıyla işliyor olabilmesi için, öğretmenler sınıf içerisinde iyi bir eğitim almış herkesin yapabileceği sorularda öğrencilerin yaptıkları hataları fark etmelidirler (Ball *et al.*, 2008). Bu nedenle bu çalışma da ki amaç ilköğretim matematik öğretmen adaylarının üslû ve köklü sayılar konusundaki hatayı tespit edebilme düzeyleri ve bu hataların oluşma sebepleri hakkındaki görüşlerini, önerilerini belirlemektir. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- Öğretmen adayları soru çözümlerinde yapılan hataları matematiksel bilgi bağlamında doğru olarak tespit edebilmekte midirler?
- Öğretmen adaylarının hataların oluşma sebepleri hakkındaki görüşleri ve önerileri nelerdir?

YÖNTEM

Bu çalışma da nitel yaklaşımlardan durum çalışması kullanılmıştır. Durum çalışması bir ya da birkaç konu üzerinde derinlemesine araştırma yapar ve bir durumun etkenlerini ortaya koyarak o durumu nasıl etkilediğini veya o durumdan nasıl etkilendiğini belirler (Yıldırım

ve Şimşek, 2008). Bizim araştırmamızda da öğretmen adaylarının üslü ve köklü sayılar konusundaki hataları matematiksel bilgileri açısından belirlemelerinin yanı sıra bu hataların oluşma sebepleri ve önerileri üzerinde durulduğundan dolayı durum çalışması uygun görülmüştür. Veriler hem uygulanan teste verilen cevaplardan hem de görüşmelerden toplanmıştır.

Çalışmada daha doğru sonuçlar elde edebilmek için uzman görüşlerine başvurulmuştur. Ayrıca katılımcılardan teyitler alınmış, betimlemeler detaylandırılmıştır.

Verilerin Toplanması

Veriler, 35 ilköğretim matematik öğretmenliği 4. sınıf öğrencisinden toplanmıştır. Çalışma katılımcıları 4. sınıfta olup matematik öğretimine dair başta özel öğretim yöntemleri dersi olmak üzere bütün dersleri almış bulunmaktadır. Öğrencilerin hepsinin aynı sınıfta olması, aynı öğrenimi görmüş olması gibi etkenlerin onların çok fazla farklılıklara sahip olmadıklarını göstermektedir.

Araştırmacı ilk olarak 4. sınıf öğrencilerine üslü ve köklü sayılar konusunu içeren yedi soruluk bir test uygulamıştır. Hatalı çözüme sahip olup olmadığı belirtilmeyen toplam altı adet cevabı verilmiş soru aynı zaman da kendilerinin çözmesi istenilen bir açık uçlu soru sorulmuştur. Öğrencilerden her çözüm için doğru olduğunu düşünüyorlarsa doğru olduğunu, yanlış olduğunu düşünüyorlarsa yanlış olmasının nedenlerini belirtmeleri istenmiştir. Her bir soruya verilen cevaba göre kategoriler oluşturulmuştur. Testin uygulanması ve değerlendirilmesi ardından ilginç cevapları var olduğu düşünülen üç kişiyle de mülakat yapılmıştır. Mülakatta öğrencilerin testteki sorulara verdikleri cevaplarının nedenleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca mülakat ile aşağıdaki iki soruya cevap aranmıştır.

- Öğrencilerin sahip olabileceği bu tür hataların oluşma sebepleri nelerdir?
- Bu tür hataların ortadan kaldırılabilmesi için sizin alabileceğiniz önlemler nelerdir?

Görüşülen üç kişi de ses kaydının yapılmasından rahatsız olmadığı için görüşmeler ses kaydına alınmıştır.

Veri Analizi

Veriler analiz edilirken hem betimsel hem de içerik analizi kullanılmıştır. Öğretmen adaylarına uygulanan test sonucunda verilen cevaplara göre tablodaki kategoriler oluşturulmuştur. Bu kategoriler hatayı tespit edememe, hatayı tespit edip doğru açıklama yapma, hatayı tespit edip yanlış açıklama yapma ve hatayı doğru tespit edip eksik açıklama yapmadır. Her bir kategoriye ait açıklamalar aşağıdaki gibidir.

1.*Hatayı tespit edememe*: Bu kategori soru çözümündeki hatayı/hataları göremeyen ya da bulamayan cevapları içermektedir.

2.*Hatayı doğru tespit etme ve doğru açıklama*: Bu alt kategori soru çözümündeki hatayı/hataları ve bu hatanın/hataların matematiksel bilgi içeriğinden doğru açıklayan cevapları içerir.

3.*Hatayı doğru tespit etme ve yanlış açıklama*: Bu alt kategori soru çözümündeki hatayı/hataları ve bu hatanın/hataların matematiksel bilgi içeriğinden yanlış açıklayan cevapları içerir.

4. *Hatayı doğru tespit etme ve eksik açıklama*: Bu alt kategori soru çözümündeki hatayı/hataları ve bu hatanın/hataların matematiksel bilgi içeriğinden eksik açıklayan cevapları içerir.

Yukarıdaki kategoriler kullanılarak yüzde ve frekans tablosu oluşturulmuştur.

Mülakat analizlerinden elde edilen sonuçlar ise Şekil 1 ve 2’de gösterilmiştir. Şekil 1 öğrenci hatalarının oluşma sebeplerinin neler olabileceği üzerine iken Şekil 2 bu hataların nasıl giderilebileceği hakkındaki öğretmen adaylarının görüşlerini içerir. Şekil 1 ve 2 üç kişinin görüşme analizlerinden elde edilen veriler olduğundan dolayı frekans tablosu kullanılmamıştır. Öğrenci hatalarının oluşma sebepleri öğrenciler açısından, öğretmenler açısından ve diğer açılardan olmak üzere üç grupta değerlendirilmiştir. Matematiksel hataların oluşmaması için verilen çözüm önerileri ise öğrenciler açısından ve öğretmenler açısından olmak üzere iki grupta incelenmiştir.

BULGULAR

Öğrencilere uygulanan test sonucunda elde edilen verilerin frekans ve yüzde tablosu aşağıda verilmiştir.

Sorular	Kategoriler							
	Hatayı Tespit Edememe		Hatayı Doğru Tespit Doğru Açıklama		Hatayı Doğru Tespit Yanlış Açıklama		Hatayı Doğru Tespit Eksik Açıklama	
	f	y	f	y	f	y	f	y
1	0	%0	23	%66	9	%26	3	%8
2	9	%26	9	%26	2	%6	15	%42
3	17	%48	1	%3	12	%35	5	%14
4	12	%34	1	%3	9	%26	13	%37
5	5	%14	27	%77	2	%6	1	%3
6	7	%20	0	%0	28	%80	0	%0
7	Açık uçlu olan bu soruya 1 kişi eksik, 8 kişi yanlış ve 26 kişi doğru yanıt vermiştir.							

1. $1 = \sqrt{1} = \sqrt{(-1)^2} = -1$ şeklinde bir eşitlik yazılabilir.

- İşlem önceliğine göre önce kök işi yapılır.
Yani, bu yüzden doğru -1 olarak alınmaz.

2. $(\frac{2}{3})^{x^2-6} > (\frac{2}{3})^3$ eşitsizliği göz önüne alınırsa x 'in alabileceği değerler aşağıdaki gibi bulunur. $x^2-6 < 3$ ise $x^2 < 9$ dir. Buradan x in alabileceği değerleri aşağıdaki küme ile gösterebiliriz.

$$\{x: x > 3, x \in \mathbb{R}\} \cup \{x: x < -3, x \in \mathbb{R}\}$$

Yanlış, çünkü $\frac{2}{3} < 1$ olduğundan üst köyüdükleme geçer kalmaz.

3. $\forall a, b \in \mathbb{R}$ için $\sqrt{a \cdot b} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}$ eşitliği her zaman doğrudur.

1. $\sqrt{(-4)(-2)} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$ dir. Fakat $\sqrt{-4} \cdot \sqrt{-2} = \sqrt{2} \cdot i \cdot \sqrt{2} \cdot i = 2i^2 = 2(-1) = -2$

4. $a \in \mathbb{R}$ ve $m, n \in \mathbb{Z}^+$ olmak üzere $(a^m)^n = (a^n)^m$ yazılabilir. Örneğin, $(-2^5)^4 = (-2^4)^5$ dir.

) m, n pozitif ancak a ya bağlıdır. a pozitif ise yanlır. Ancak a negatif ise doğru olmayabilir. Örneğin $(-2)^3 = (-4)^3 = -64$
 $(-2^3)^2 = (-8)^2 = 64$
 $-64 \neq 64$ dir.

5. $\sqrt{2^{16}} = \sqrt{2^{(4)^2}} = 2^4$

$$\sqrt{2^{16}} \neq \sqrt{2^{4^2}} \neq \sqrt{(2^4)^2}$$

6. $\sqrt[12]{(-2)^{12}} = (-2)^{\frac{12}{12}} = (-2)^1 = -2$

- İşlem önceliğine göre önce kök işinin işlemi yapılır. yani $\sqrt[12]{(a)^{12}} = \sqrt[12]{2^{12}} = 2^1 = 2$ alınmalıdır.

7. $\sqrt{(\sqrt{5}-3)^2} + \sqrt{(\sqrt{5}-2)^2}$ işlemini çözerek ne yaptığınızı gerekçeleriyle birlikte yazınız.

Bu ifade çözülemez. Çünkü kök içindeki sayı negatifdir.

Yukarıdaki tablo bu şekilde oluşturulmuş bir özet tablo niteliğindedir. Tabloya bakıldığında birinci soruda öğretmen adayları içerisinde hatayı tespit edemeyen öğrenci olmazken, hatanın en fazla tespit edilemediği soru üçüncü sorudur. Hatanın belirlendiği ve doğru tespit edilebildiği sorular içinde en çok doğru cevabın verildiği soru beşinci soru iken en az doğru cevabın verildiği soru altıncı sorudur. Hatayı tespit ederek yanlış açıklamanın en az yapıldığı iki ve beşinci sorular iken en çok yanlış açıklama altıncı soruya gelmiştir. Testte yöneltilen sorular aşağıdaki gibidir. Her bir sorunun altında öğrenciler içerisinde hatayı belirledikten sonra hatayı tam anlamıyla doğru tespit edemeyenler arasından bir kişinin cevabı verilmiştir.

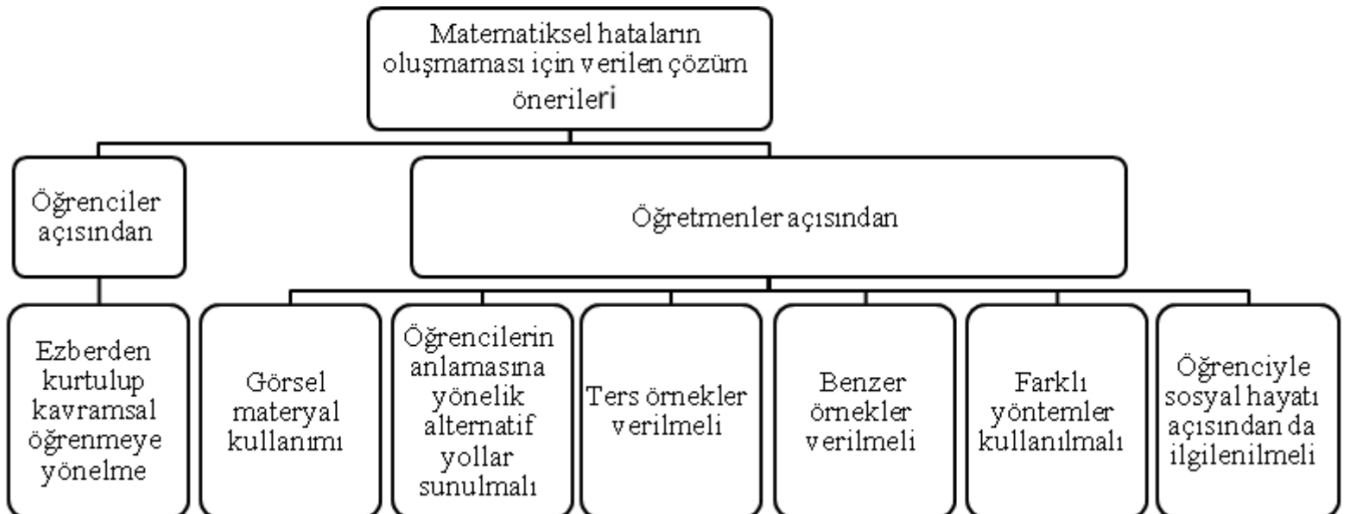
Cevaplar incelendiğinde öğretmen adaylarında kavramsal anlamda eksiklikler olduğu görülmüştür.

Öğrencilerin sahip olabileceği bu tür hataların oluşma sebepleri nelerdir sorusuna mülakatlarda verilen öğrenci cevaplarına göre üç kategori oluşturulmuştur. Bunlar öğrenci, öğretmen ve diğerdir. Bu kategorilerin hiçbir ortak noktası yoktur. Her bir kategoriye bakılınca altındaki maddeler açısından en çok maddeye sahip olan kategori öğretmendir. Bu durumla alakalı görüşme analizi sonuçları şekil 1’de verilmiştir.

Öğrencilerin hata yapma sebepleri ile alakalı öğretmen adayları en büyük etkiyi öğretmenler açısından görmüştür. Öğretmenlerin matematiksel kavram hatalarına sahip olması, tanımların anlamından bahsetmemeleri ve öğrencileri soru sormaya teşvik etmemelerinin yanı sıra öğrencilerin de derse karşı istekli olmaması matematiksel hataların yapılmasındaki sebepler olarak görülmüştür. Bu durumu etkileyen diğer etmenler ise



Şekil 1. Öğrencilerin hata yapma sebepleri ile alakalı öğretmen adaylarının algıları



Şekil 2: Öğrencilerin hata yapmalarını önlemek için öğretmen adaylarının verdiği çözüm önerileri

sistemde yaşanan çarpıklıklar ve öğrencilerin düşüncelerinin sınırlandırılmasıdır.

Öğrencilerin yapmış olabileceği hatalara karşı nasıl önlemler alınabileceğinde ise öğretmen ve öğrenci olmak üzere iki kategori oluşturulmuştur. Her bir kategoriye bakılınca altındaki maddeler açısından en çok maddeye sahip olan kategori yine öğretmendir. Görüşme analizi sonuçları şekil 2’de aşağıda verilmiştir.

Öğrencilerin hata yapmalarını önlemek için öğretmen adayları en büyük etkinin öğretmene ait olduğunu düşünmüşlerdir. Öğrenci hatalarını önleme de öğretmenlerin öğrencilerin sosyal hayatı ile ilgilenmesi, farklı yöntemler kullanması, benzer örnekler vermeleri, ters örnekler vermeleri, öğrencilerin anlamasına yönelik alternatif yollar sunmaları ve görsel materyal kullanmaları gerekirken öğrencilerin ise ezberden kurtulup kavramsal öğrenmeye yönelmeleri gerekir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma da matematik öğretmen adaylarının üslû ve köklü sayılar konusunda matematiksel bilgileri açısından hatayı tespit edebilme düzeyleri belirlenmiştir. Burada öğrencilerin matematiksel hataları belirleme de oldukça zorlandıkları görülmüştür. Doğru açıklamaların en çok yapıldığı sorulara bakıldığında ters örneklerle açıklama göze çarpmıştır. Yanlış açıklamalar için de öğretmen adaylarının bazı kavram kargaşalarına sahip oldukları ifade edilebilir. Hataların belirlenemediği sorulara da bakıldığında öğretmen adaylarının kavramsal bilgi açısından yoksun olduğu anlaşılmıştır.

Ayrıca öğretmen adaylarının hataların oluşma sebepleri hakkındaki görüşleri ve önerileri üzerinde duran bu çalışma da genelleme yapamamamıza rağmen öğretmen adayları öğrencilerdeki hataların oluşmasında öğretmenleri daha etkin görmüştür. Buna rağmen öğretmen adaylarının üslû ve köklü sayılar konusundaki matematiksel bilgi yoksunluğu bir çelişki oluşturmuştur. Öğretmen adayları hataların oluşma sebepleri için öğretmenlere birçok görev düştüğünü belirtirken kendilerinde matematiksel bilgi yoksunluğunun olması ve kavram kargaşasına sahip olmaları öğretmen adaylarının pedagojik alan bilgisini de etkilemektedir. Bu durum, yeterli vasıflara sahip öğretmenlerin yetiştiği fikrini ortadan kaldırır. Öğretmen adaylarının sorulara verdikleri cevaplar göz önüne alındığında matematik

alan bilgisi eksikliği görülmektedir. Bu durumda sorulardaki hataları belirleyememenin sebep olabileceği pedagojik alan bilgisinin de eksik olduğu düşüncesi ileri sürülebilir. Öğretmenlerin matematiksel kavram hatalarına sahip olmaması, tanımların anlamından bahsetmeleri ve öğrencileri soru sormaya teşvik etmeleri öğrenci hatalarını azaltabilir. Burada en önemlisi öğretmenlerin kavramsal hatalara sahip olmamalarıdır.

Bu hataların önlenmesi için öğretmen adayları öneriler de bulunmuştur. Yine öğretmenlerin yapması gerekenler üzerinde durulmuş ve öğretmenlerin sınıf içerisindeki anlatımı ön plana çıkarılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ball, D. L., Thames, M. H., Phelps, G. 2008. Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59 (5): 389-407.
- Boz, N. 2004. Öğrencilerin hatasını tespit etme ve nedenlerini irdeleme. XIII. Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı. İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Malatya. Retrieved April 22, 2010 from <http://www.pegema.net/dosya/dokuman/236.pdf>.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., King, R. A. 1993. Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263- 272.
- Durkaya, M., Aksu, Z., Öçal, M. F., Şenel, E.Ö., Konyalıoğlu, A., Hızarcı, S., Kaplan, A. 2011. Secondary school mathematics teachers' approaches to students' possible mistakes. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15, 2569–2573.
- Houssart, J., Weller, B. 1999. Identifying and dealing with misconceptions and errors in primary mathematics: Student teachers record their experiences, *Mathematics Education Review*, 11, 46-58.
- Konyalıoğlu, A.C., Aksu, Z., Şenel, E.Ö., Tortumlu, N. 2010. Matematik Öğretmen Adaylarının Matematik Soru Çözümlerinde Yapılan Hataların Nedenlerini Sorgulama Becerilerinin İncelenmesi. Uluslararası Öğretmen Yetiştirme Politikaları ve Sorunları Sempozyumu II. Hacettepe Üniversitesi, Mayıs 2010, Ankara. 29 Haziran 2010 tarihinde http://www.egitim.hacettepe.edu.tr/belge/UOYPSS2_BildiriKitabi.pdf adresinden indirilmiştir.
- National Council of Teachers of Mathematics 1989. Curriculum and evaluation standards for school mathematics. Reston, V.A: Author. NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics 1991. Professional standards for teaching mathematics. Reston, V.A: Author. NCTM.
- Park, S., Oliver, J.S. 2008. Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38: 261–284.
- Shulman, L. 1986. Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2): 4-14.
- Yıldırım, A., Şimşek, H. 2008. Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.