

JIGSAW TEKNİĞİ VE MODELLERİN KOLİGATİF ÖZELLİKLER KONUSUNDA AKADEMİK BAŞARI VE KAVRAMSAL ANLAMAYA ETKİSİ

Seda OKUMUŞ (*)

Kemal DOYMUŞ (**)

Öz

Bu araştırmanın amacı koligatif özellikler konusunda jigsaw tekniği ile jigsaw ve modellerin birlikte uygulanmasının fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarı ve kavramsal anlamalarına etkisini belirlemektedir. Araştırma ön test- son test uygulamalı yarı deneysel desene göre yürütülmüş ve 31 fen bilgisi öğretmeni adayı ile çalışılmıştır. Araştırma iki deney grubu içerecek şekilde tasarlanmıştır: Jigsaw grubunda (JG) işbirlikli jigsaw tekniği (n=16), Jigsaw model grubunda (JMG) jigsaw ve modeller birlikte (n=15) uygulanmıştır. Veri toplama amacıyla 15 çoktan seçmeli sorudan oluşan Koligatif Özellikler Başarı Testi (KÖBT) ve 8 açık uçlu çizim sorusundan oluşan Koligatif Özellikler Kavram Testi (KÖKT) kullanılmıştır. KÖBT verilerinin analizi için Mann-Whitney U testi ve Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi; KÖKT verilerinin analizi için betimsel analiz ve Bağımsız Örneklem t Testi yapılmıştır. Buna göre akademik başarı bakımından JMG lehine bir fark belirlenirken kavramsal anlama bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Bununla birlikte, koligatif özellikler konusunda fen bilgisi öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarının düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Koligatif Özellikler, Jigsaw, Model, Akademik Başarı, Kavramsal Anlama.

*) Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı
(e-posta: seda.okumus@atauni.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6271-8278>

***) Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı
(e-posta: kdoymus@atauni.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0578-5623>

The Effect of Jigsaw Technique and Models on the Academic Achievement and Conceptual Understanding of Colligative Properties

Abstract

The aim of this research was to determine the effect of jigsaw technique and jigsaw with models on the academic achievement and conceptual understanding of pre-service science teachers related to colligative properties. The research was conducted a quasi-experimental design with pre- and post-test and carried out with 31 pre-service science teachers. This research was designed to include two experimental groups: cooperative jigsaw technique (n=16) in the JG, implementing jigsaw and models together (n=15) in the JMG. In order to collect data, the Colligative Properties Achievement Test (CPAT) which contains 15 multiple-choice questions and the Colligative Properties Concept Test (CPCT) which contains 8 open-ended drawing questions were used. Mann-Whitney U test and Wilcoxon Signed Ranked Test were used for the analysis of the CPAT data, descriptive analysis and Independent Sample t Test were used for the analysis of the CPCT data. Accordingly, while a difference was found in favor of the JMG in terms of academic achievement, there was no significant difference between the groups in terms of conceptual understanding. On the other hand, conceptual understanding of the pre-service science teachers about colligative properties was low.

Keywords: *Colligative Properties, Jigsaw, Model, Academic Achievement, Conceptual Understanding*

Giriş

Kimya eğitimcileri, kimyanın öğrenciler tarafından doğru olarak anlaşılabilmesi için mikro, makro ve sembolik seviyelerin doğru ilişkilendirilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Literatürde mikro, makro ve sembolik seviyelerin anlaşılması üzerine yürütülen araştırmalarda öğrencilerin bu seviyeler arasında doğru ilişkilendirmeler kurarak kimya konularını anlamlandırdıkları ve bu sayede öğrencilerin kavramsal anlamalarının geliştiği ifade edilmektedir (Jaber ve Boujaoude, 2012; Treagust, Chittleborough ve Mamiala, 2003). Makro seviye gözlenebilen olayları ifade ederken, mikro seviye soyut gözlenemeyen tanecik boyutundaki olayları ifade etmektedir. Sembolik seviye ise kimyasal ifadelerin sembollerle gösterimini açıklamaktadır (Raviolo, 2001). Kimyanın birçok konusu soyut bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla mikro seviyedeki olayların anlaşılması için bu olayların öğrencilerin zihninde somutlaştırılması gerekmektedir. Literatürde öğrencilerin genellikle mikro seviyeyi anlamada zorlandıkları ifade edilmiştir (Adadan, 2014; Jaber ve Boujaoude, 2012; Karaçöp ve Doymuş, 2013; Nakhleh, 1992; Raviolo, 2001).

Çözümler

Çözümler konusunun anlaşılması kimyada birçok konunun öğrenilmesi için ön şarttır. Çözümler oldukça kapsamlıdır ve soyut bir yapıya sahiptir. Bu durum, öğrencilerin

konuyu anlamalarını zorlaştırmaktadır. Literatürde çözeltilerin neden tam olarak anlaşılmadığının belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalarda çözeltilerin oluşum süreci (Adadan, 2014; Belge Can ve Boz, 2016; Çalık, Ayas ve Ebenezzer, 2001; Smith ve Nakleh, 2011) ve çözeltilerin tanecikli boyutta anlaşılması (Adadan, 2014; Belge Can ve Boz, 2016; Berg, 2012; Devetak, Vogrinc ve Glazar, 2009) üzerine odaklanılmıştır. İlgili çalışmalara göre ilköğretimden lisans seviyesine her kademedeki öğrencilerin çözeltilerin oluşum süreci ve tanecikli yapısı ile ilgili çeşitli yanılgılarının olduğu tespit edilmiştir (Abraham, Williamson ve Westbrook, 1994; Belge Can ve Boz, 2016; Devetak ve diğerleri, 2009; Smith ve Nakleh, 2011; Warfa, Roehrig, Schneider ve Nyachwaya, 2014). Bunların bazıları şu şekildedir: “çözelti oluşumunu kimyasal reaksiyon gibi algılama” (Abraham ve diğerleri, 1994; Belge Can ve Boz, 2016; Smith ve Nakleh, 2011), “iyonik çözeltilerde iyonları tanecikli olarak gösterememe” (Devetak ve diğerleri, 2009; Warfa ve diğerleri, 2014) ve “çözünme sürecinde maddenin kaybolduğu düşüncesine sahip olma” (Belge Can ve Boz, 2016; Valanides, 2000). Yine, çözeltiler konusunda fen bilgisi, sınıf ve kimya öğretmen adayları ve öğretmenlerle yürütülen çalışmalarda da çeşitli yanılgıların varlığı rapor edilmiştir (Berg, 2012; Çalık, Ayas ve Coll, 2007; Greenbowe ve Meltzer, 2003; Harman, 2018).

Çözeltiler ile ilgili var olan yanılgıların azaltılarak kavramsal anlamaların geliştirilmesi ve akademik başarının artırılması amacıyla çeşitli yöntem ve teknikler uygulanmıştır (Adadan, 2014; Çalık ve diğerleri, 2009; Özdilek, Okumuş ve Doymuş, 2018; Ültay, Durukan ve Ültay, 2015; Warfa ve diğerleri, 2014). Bu çalışmaların sonuçlarına göre farklı yöntem ve tekniklerin çözeltiler ile ilgili kavramsal anlamalar ve akademik başarı üzerinde etkili olduğu ifade edilmektedir. Örneğin Çalık ve diğerleri (2009) çalışmalarında analogi destekli etkinliklerin çözeltilerle ilgili kavram yanılgılarını ortadan kaldırmada etkili olup olmadığını incelemiştir. 9.sınıflarla yürütülen çalışmada analogi kullanımının çözeltilerin kavramsal olarak anlaşılmasında etkili bir yol olduğu rapor edilmiştir. Ültay ve diğerleri (2015) çalışmalarında REACT stratejisine göre hazırlanan kavramsal değişim testleri ile sınıf öğretmeni adaylarının çözeltiler konusundaki kavramsal anlamalarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada REACT stratejisinin çözeltilerin kavramsal anlaşılmasına olumlu yönde etki ettiği belirlenmiştir. Çözeltilerle ilgili yürütülen çalışmalarda kavram yanılgılarının veya yanlış anlamaların tamamen ortadan kalkmadığı vurgulanmaktadır (Adadan, 2012; Özdilek ve diğerleri, 2018; Smith ve Villareal, 2015; Tsai, 1999). Kavram yanılgılarının ortadan kaldırılması için öğrencilerin mikro, makro ve sembolik seviyeler arasındaki ilişkiyi doğru kurmaları önemlidir. Bu çalışmalarda mikro, makro ve sembolik seviyeler arasında yeterince ilişki kurulamaması, özellikle mikro seviyedeki olayların anlaşılmasını zorlaştırmış olabilir.

Çözeltiler konusu oldukça geniş kapsamlı bir konudur. Öyle ki, asitler bazlar, elektrokimya, kimyasal denge, kimyasal kinetik gibi konuları tam olarak anlayabilmek için çözeltiler konusunu bilmek gerekmektedir (Özdilek ve diğerleri, 2018). Koligatif özellikler ise, çözeltiler konusu içerisinde özel bir alan olarak anlatılan üst düzey bir konudur. Buhar basıncı yükselmesi, kaynama noktası yükselmesi, donma noktası alçalması ve os-

motik basınç konuları koligatif özellikleri oluşturmaktadır. Koligatif özelliklerin doğru olarak anlaşılması ile çözeltilerin diğer kimya konularıyla daha iyi ilişkilendirilmesinin sağlanacağı düşünülmektedir. Çözeltilerin temel özellikleri ile ilgili literatürde yeterince çalışma olmasına rağmen koligatif özelliklerle ilgili oldukça az çalışma tespit edilmiştir (Azizoğlu, Alkan ve Geban, 2006; Canpolat, 2006; Canpolat, Pınarbaşı ve Sözbilir, 2006; Halpern ve Marzacco, 2018). Bu çalışmalarda da koligatif özelliklerin biri veya ikisi üzerine yoğunlaşmıştır. Koligatif özelliklerin tamamına yönelik kavramsal anlamaları belirlemeyi amaçlayan tek bir araştırmaya ulaşılabilmektedir (Pınarbaşı, Sözbilir ve Canpolat, 2009). Pınarbaşı ve diğerleri (2009) araştırmalarında kimya öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda kavramsal anlamalarını tespit etmişlerdir. Buna göre araştırmacılar konuyla ilgili “çözeltilerin kaynama noktası çözücü ve çözünenin kaynama noktasının arasında bir yerdeki sıcaklıktır”, “çözeltilerin donma noktası çözücü ile çözünenin donma noktasının arasında bir yerdeki sıcaklıktır”, “tuzlu su çözeltisinin yüksek yoğunluklu bir sıvı olduğu düşüncesi” gibi yanılgılar belirlemişlerdir. Literatürde koligatif özellikler konusunda var olan kavram yanılgılarını gidermeye yönelik bir araştırmaya rastlanmamıştır. Koligatif özellikler konusu ile ilgili tek durum tespit çalışması, öğrencilerin konuyu anlamaları ve öğrenmeleri ile ilgili yeterli bilgi vermeyebilir. Bu bakımdan yeni ve uygulamalı araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırmada literatürde çok değinilmeyen koligatif özellikler konusunun kavramsal anlaşılmasının geliştirilmesi ve konu ile ilgili akademik başarının artırılması hedeflenmiştir.

Modeller ve İşbirlikli Öğrenme

Kimya öğreniminde mikro, makro ve sembolik seviyelerin doğru bir şekilde ilişkilendirilmesi gerektiği (Çavdar, Okumuş, Alyar ve Doymuş, 2019; Jaber ve Boujaoude, 2012; Treagust ve diğerleri, 2003) belirtilmektedir. Bunu sağlamanın en iyi yollarından birinin görselleştirmelerin kullanılması olduğu vurgulanmaktadır (Çavdar ve diğerleri, 2019; Krell, Reinisch ve Krüger, 2015). Görselleştirmeler denince ilk akla gelen modellerdir. Harrison’a (2001) göre model “karmaşık bir nesne veya sürecin basitleştirilmiş bir temsildir”. Johnson-Laird (1983) ise modeli “bireylerin zihinlerinde yapılandırdıkları ve zihinsel bileşenlerle sorguladıkları zihinsel yapılar” şeklinde tanımlar. Modeller soyut durumları somutlaştırmada ve kavramsal yapı oluşturmada etkilidir (Oliva, Aragon ve Cuesta, 2015; Wang, Chi, Hu ve Chen, 2014). Ayrıca öğrenene birinci elden öğrenme imkânı sunmaktadır (Çavdar ve diğerleri, 2019). Modellerin kimya konularında kullanılmasına yönelik literatürde çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalarda modellerin somutlaştırma imkânı sunarak kavramsal anlamayı ve akademik başarıyı artırdığı vurgulanmaktadır (Adadan, 2014; Cheng ve Gilbert, 2017; Develaki, 2017; Ryoo ve Bedell, 2017). Örneğin Adadan (2014) çalışmasında çözelti kimyası konusunda kimya öğretmen adaylarının tanecikli yapıda anlamalarına çoklu temsillerin etkisine bakmıştır. Buna göre görselleştirmeler kullanarak kavramsal anlamayı artırmaya çalışmıştır. Araştırmada çoklu temsillerin bilimsel bir kavramsal anlayış geliştirmede etkili olduğu belirlenmiştir.

Modeller fen bilimleri derslerinde genellikle tek başına kullanılmamaktadır. Etkili bir kavramsal anlamının sağlanması için öğrencileri öğrenme sürecine aktif olarak katan, yapılandırmacı felsefeye uygun yöntem ve tekniklerin modellerle birlikte uygulanmasının etkili olacağı ifade edilmiştir (Çavdar ve diğerleri, 2019; Okumuş ve Doymuş, 2018). Çünkü modeller bir konunun sadece daha iyi anlaşılmasını sağlar, konuyu öğrenmek için en az bir yöntem veya tekniğe ihtiyaç vardır. Yapılandırmacı öğrenmeye uygun, öğrencilere birinci elden öğrenme imkânı sunan birçok öğretim yöntem ve tekniği mevcuttur. Bunların öğrenmeyi ve anlamayı artırdığı birçok çalışmada rapor edilmiştir (Colburn, 2004; Cuevas, Lee, Hart ve Deaktor, 2005; Hsin-Kai, Krajcik ve Elliot, 2001; Ültay ve diğerleri, 2015). Bu çalışmada öğrenci merkezli öğretim modellerinden işbirlikli öğrenmenin jigsaw tekniği kullanılacaktır. İşbirlikli öğrenme; öğrencilerin küçük heterojen gruplar halinde işbirliği içerisinde çalıştıkları, birbirlerinin öğrenmelerinden sorumlu oldukları, akademik ve sosyal becerileri geliştiren bir model olarak tanımlanmaktadır (Bayrakçeken, Doymuş ve Doğan, 2013; Çavdar ve diğerleri, 2019; Johnson ve Johnson, 2014; Okumuş ve Doymuş, 2018; Slavin, 1980). İşbirlikli öğrenmenin kalabalık sınıflara daha uygun olması, araç ve materyal kullanımı bakımından ekonomik olması, akademik başarının yanında sosyal beceriler ve iletişim becerilerinin geliştirilmesine fayda sağlama yönlerinden diğer yöntemlere üstünlükleri bulunmaktadır. İşbirlikli öğrenmenin öğrenci takımları başarı bölümleri (ÖTBB), jigsaw, birlikte öğrenme (BÖ), grup araştırması (GA), takım oyun turnuva (TOT), okuma yazma uygulama (OYU) gibi birçok yöntem ve tekniği mevcuttur. Bu çalışmada jigsaw tekniği tercih edilmiştir çünkü jigsaw öğrencilerin konuyu sürekli tekrar etmelerine olanak tanımaktadır. Şöyle ki, jigsaw tekniğinde öğrenciler ilk olarak bireysel çalışırlar, daha sonra uzman grup çalışması yürütürler ve en son her bir uzman kendi konusunu grup arkadaşlarına anlatır. Jigsaw tekniğinin akademik başarı ve kavramsal anlamalar üzerinde olumlu etki ettiği tespit edilmiştir (Berger ve Hanze, 2009; Doymuş, 2007, 2008; Doymuş, Karaçöp ve Şimşek, 2010; Huang, Liao, Huang ve Chen, 2014; Karaçöp, 2017; Oyarzun ve Morrison, 2013). Literatürde jigsawın diğer işbirlikli öğrenme yöntem ve tekniklerine göre daha etkili olduğuna yönelik çalışmalar da mevcuttur (Şimşek, 2007). Yukarıda ifade edilen nedenlerden dolayı bu çalışmada işbirlikli öğrenmenin jigsaw tekniği kullanılacaktır.

Gerekçe

Kimyanın oldukça soyut kavram, olay ve durumlar içermesinden dolayı kavramsal olarak anlaşılmasında öğrencilerin problemler yaşadıkları ve bu durumun akademik başarıyı olumsuz etkilediği yukarıda ifade edilmişti. Bu durumla sadece öğrenciler değil, öğretmen adayları ve öğretmenler de karşı karşıya gelmektedir. Bu çalışmada fen bilgisi öğretmen adayları ile çalışılması planlanmaktadır. Çünkü öğrencilerin çözümlerle ilgili zihinlerinde oluşturdukları ilk imgeler ortaokul seviyesinde başlamaktadır. Bu seviyede yanlış olarak öğrenilen bir durum veya olayın daha sonra doğrusu ile değiştirilmesi oldukça zordur. Nitekim literatürde var olan yanlışları değiştirmenin oldukça güç olduğu;

konuyu hiç bilmeyen bir öğrencinin konuyu öğrenmesinin yanlış bilen öğrencinin konuyu öğrenmesinden daha kolay olduğu vurgulanmaktadır (Adadan, 2014; Okumuş, Çavdar ve Doymuş, 2015; Okumuş, Öztürk, Doymuş ve Alyar, 2014; Özdilek ve diğerleri, 2018; Tsai, 1999). Bu bakımdan öğrencilerde yanlış öğrenmelerin oluşması engellenmelidir. Fen bilimleri öğretmenleri lisans seviyesinde doğru öğrenmeler gerçekleştirirlerse kendi öğrencilerine de kavramları doğru olarak anlatacaklardır. Göreve henüz başlamamış öğretmenlerin bu konuda bilgilendirilmesi, doğru öğrenmeler gerçekleştirmelerinin sağlanması için lisans seviyesinde çalışılması gerekmektedir. Kimya I ve II dersinin fen bilgisi öğretmenliği programı birinci sınıfında yer aldığı görülmektedir (Yükseköğretim Kurulu [YÖK], 2018). Bu bakımdan fen bilgisi öğretmen adaylarına koligatif özellikler konusunun doğru kavratılması için lisans birinci sınıf seviyesinde bir çalışma yürütülmesi uygun olacaktır. Tüm bu sebepler doğrultusunda bu çalışmada birinci sınıf fen bilgisi öğretmen adayları ile koligatif özellikler konusunda çalışılması hedeflenmiştir.

Araştırma Sorusu ve Amaç

Araştırma sorusu: “işbirlikli jigsaw tekniği ve jigsaw-model uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda akademik başarı ve kavramsal anlamalarına etkisi var mıdır?” şeklindedir. Araştırmanın alt problemleri aşağıdaki gibidir:

1. Jigsaw ve jigsaw-model uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda akademik başarılarına etkisi var mıdır?
2. Jigsaw ve jigsaw-model uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda kavramsal anlamalarına etkisi var mıdır?

Buna göre bu araştırmanın amacı: fen bilgisi öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda akademik başarı ve kavramsal anlamalarına işbirlikli jigsaw tekniği ile jigsaw ve modellerin birlikte uygulanmasının etkisini belirlemektir.

Yöntem

Araştırma Deseni

Araştırma ön test- son test uygulamalı yarı deneysel desene göre yürütülmüştür. Eğitim çalışmalarında müdahale edilecek veya edilmeyecek grupların seçimi çoğu zaman rastgele yapılamamaktadır. Çünkü sınıflar önceden bellidir. Üniversitelerdeki öğretim programlarına yerleştirilen öğrencilerin hangi şubelerde olacaklarının yönetim tarafından belirlenmesi bu duruma örnek olabilir. Bu bakımdan önceden oluşturulan sınıflardaki öğrencilerin örneklem olarak seçilmesine müdahale edilememekte, sadece hangi grubun deney hangi grubun kontrol grubu olacağı rastgele atanmaktadır (McMillan ve Schumacher, 2010). Bu çalışmada fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıfında öğrenim gören öğretmen adaylarının tek şubeden oluştuğu için sınıf rastgele ikiye bölünmüş, gruplar birinci

deney grubu ve ikinci deney grubu olarak rastgele atanmıştır. Buna göre araştırma iki deney grubu içerecek şekilde tasarlanmış, jigsaw grubunda (JG) işbirlikli jigsaw tekniği, jigsaw- model grubunda (JMG) ise jigsaw tekniği ve modeller birlikte uygulanmıştır.

Örneklem

Araştırmada 2018-2019 eğitim öğretim yılı bahar yarıyılında bir üniversitenin fen bilgisi öğretmenliği programı birinci sınıfında öğrenim gören ve Kimya II dersine devam eden 31 (24 kız, 7 erkek) fen bilgisi öğretmeni adayı ile çalışılmıştır. JG’de 16 (12 kız, 4 erkek) ve JMG’de 15 (12 kız, 3 erkek) öğretmen adayı ile çalışılmıştır. Örneklem, son uygulamaya katılan fen bilgisi öğretmen adayları temel alınarak ifade edilmiştir. Örneklem seçiminde, araştırmacıların görev aldığı üniversitedeki fen bilgisi öğretmen adayları ile çalışıldığı için uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının deney gruplarına atanmalarında ise seçkisizliğe göre hareket edilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Veri toplama amacıyla 15 çoktan seçmeli sorudan oluşan Koligatif Özellikler Başarı Testi (KÖBT) ve 8 açık uçlu çizim sorusundan oluşan Koligatif Özellikler Kavram Testi (KÖKT) kullanılmıştır.

KÖBT’nin geliştirilmesinde ilk olarak koligatif özellikler konusunun alt konuları olan *buhar basıncı yükselmesi, kaynama noktası yükselmesi, donma noktası alçalması ve osmotik basınç* konularından beşer tane soru hazırlanmıştır. KÖBT ilk oluşturulduğunda 20 çoktan seçmeli soru içermektedir. KÖBT’nin görünüş geçerliği için uzman görüşü alınmış, anlaşılmayan maddeler düzeltilmiştir; kapsam geçerliğinin sağlanması için ise Bloom taksonomisine göre belirtke tablosu hazırlanmıştır. Güvenirlik için KÖBT daha önce koligatif özellikler konusunu öğrenmiş olan 71 fen bilgisi öğretmen adayına uygulanmış, öncelikle soruların madde güçlük indeksleri ve madde ayırt edicilik gücü indeksleri hesaplanmıştır. Madde güçlük indeksinin 1’e yakın olması maddenin kolay olduğu, 0’a yakın olması ise zor olduğunu gösterir. Madde güçlük indeksinin 0.50 olması ise sorunun orta güçlükte olduğu anlamına gelir (Demir, Kızılay ve Bektaş, 2016). Madde ayırt edicilik indeksi için; 0.40 ve üstünde olması iyi bir madde olduğunu, 0.30 ile 0.39 arasında olması orta düzeyde olduğunu, 0.20 ile 0.29 arasında olması kötü bir madde olduğunu ve düzeltilmesi gerektiğini, 0.19 ve altında olması ise maddenin testten çıkarılması gerektiğini ifade etmektedir (Demir ve diğerleri, 2016; Tekin, 2010). Buna göre KÖBT’deki çok zor ve ayırt ediciliği çok düşük olan beş soru testten çıkarılmıştır. Ardından KÖBT’nin güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır. 15 sorudan oluşan KÖBT’nin KR-20 güvenilirlik katsayısı 0,66 olarak hesaplanmıştır. Buna göre KÖBT’nin güvenilir olduğu söylenebilir. KÖBT’deki her soru 5 puan değerindedir ve alınabilecek en yüksek puan 75’tir. KÖBT’nin belirtke tablosu Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. KÖBT'nin Belirtke Tablosu

Davranış düzeyleri/ Konular	Bilgi	Kavrama	Uygulama	Analiz
BB yükselmesi	S2 (1)	S15 (1)	S4 (1)	
KN yükselmesi	S10 (1)	S11 (1)	S6 (1)	S8 (1)
DN alçalması		S5, S7 (2)		S9, S3 (2)
Osmotik basınç	S1, S12 (2)		S13 (1)	S14 (1)

KÖBT'deki sorular bilgi, kavrama, uygulama ve analiz seviyelerine göre hazırlanmıştır. Koligatif özellikler konusu zor anlaşılan bir konu olduğu için teste sentez ve değerlendirme seviyesinde sorular eklenmemiştir.

KÖKT'nin geliştirilmesinde öncelikle koligatif özellikler konusunun her bir alt konusu ile ilgili literatür taranmış ve öğrencilerin anlamakta zorluk çektikleri kısımlara yönelik araştırmalar incelenmiştir. Buna göre KÖKT'ye maddenin tanecikli yapısını kavramaya yönelik sorular yerleştirilmiştir. KÖKT'de 8 adet açık uçlu çizim sorusu bulunmaktadır. Sorular buhar basıncı yükselmesi, kaynama noktası yükselmesi, donma noktası alçalması ve osmotik basınç konuları ile ilgilidir. Soruların şekilsel ve içerik olarak doğruluğu kimya eğitiminde uzman bir öğretim üyesi tarafından gözden geçirilmiştir. Soruların anlaşılabilirliğinin sağlanması için daha önce konuyu görmüş olan ve fen bilgisi öğretmenliği 3.sınıfında öğrenim gören 26 fen bilgisi öğretmen adayına uygulanmıştır. Buna göre sorularda anlaşılmayan kısımlar daha açık yazılmış, dil ve şekil incelemesi tekrar yapılmıştır. Soruların güvenilirliğinin sağlanması için puanlayıcılar arası tutarlılığa bakılmıştır, alınan dönütler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır. KÖKT koligatif özellikler konusunun tanecikli düzeyde ne derecede anlaşıldığının belirlenmesi amacıyla kullanılmış, KÖKT ile ön testte var olan yanlışların son testte devam edip etmediği ve gruplar arasında kavramsal anlama bakımından farklılık olup olmadığı incelenmiştir. KÖKT'deki 1, 3 ve 6.soru 10 puan, 2, 7 ve 8.soru 20 puan, 4 ve 5. soru 15 puan değerindedir. Buna göre KÖKT'den alınabilecek en yüksek puan 120'dir.

Uygulama

Araştırmada öncelikle KÖBT ve KÖKT ön test olarak uygulanmıştır. KÖBT'nin ön test sonuçlarına göre öğretmen adayları JG ve JMG'ye yerleştirilmiştir. Daha sonra her bir deney grubunda yer alan öğretmen adayları, cinsiyet ve başarı bakımından heterojen olacak şekilde dört kişilik çalışma gruplarına ayrılmıştır (JMG'de üç adet dört kişilik, bir adet üç kişilik grup oluşturulmuş, n=15; JG'de ise dört adet dört kişilik grup oluşturulmuştur, n=16). Ardından her bir deney grubu kendi öğretim tekniğine göre dersi yürütmüştür. Uygulama Kimya II dersi çerçevesinde çözeltilerin koligatif özellikleri konusunda yürütülmüştür. Esas uygulamaya geçilmeden önce hem çözeltiler konusunun hatırlanması hem de öğretmen adaylarının jigsaw tekniğine alışmaları amacıyla çözeltiler

konusu dört alt konuya ayrılmış, gruplardaki her bir öğretmen adayı bir konuya çalışmıştır. Ardından aynı konuyu çalışan öğretmen adayları bir araya gelerek uzman grupları oluşturmuşlardır. Uzman grup çalışmasından sonra her bir öğretmen adayı kendi grubuna dönerek konularını grup arkadaşlarına anlatmıştır.

Esas uygulama aşamasında JG’de öncelikle her bir gruptaki öğretmen adayları A, B, C ve D kişisi olarak ayrılmıştır. Konu ile ilgili çalışma yapıları araştırmacılar tarafından hazırlanmış ve öğretmen adaylarına verilmiştir. Her gruptaki A kişisi koligatif özelliklerin buhar basıncı yükselmesi konusunu, B kişisi kaynama noktası yükselmesi konusunu, C kişisi donma noktası alçalması konusunu ve D kişisi osmotik basınç konusunu çalışmıştır. Daha sonra aynı alt konuyu çalışan öğretmen adayları dört adet uzman grup oluşturmuş ve konu ile ilgili birbirlerinin eksikliklerini tamamlamaya çalışmışlardır. Çalışma tamamlandıktan sonra öğretmen adayları esas gruplarına dönerek kendi konularını konu sırasına göre grup arkadaşlarına anlatmışlardır. Tüm gruplarda çalışmalar tamamlandıktan sonra, dört gruba deney seti verilerek ayrımsal damıtma deneyini yapmaları sağlanmıştır. Sınıf içi çalışmalar tamamlandıktan sonra KÖBT ve KÖKT JG’ye son test olarak uygulanmıştır. Şekil 1’de JG’deki deney uygulamasından bir örnek verilmiştir.



Şekil 1. JG’de uygulama sürecinden bir örnek.

JMG’de jigsaw uygulamaları JG’de olduğu gibi yürütülmüştür. Benzer şekilde, jigsaw grup çalışmaları tamamlandıktan sonra öğretmen adaylarının ayrımsal damıtma deneyi yapmaları sağlanmıştır. Ardından her bir gruba molekül modelleri seti ve oyun hamurları verilmiştir. Öğretmen adaylarından buhar basıncı yükselmesi, kaynama noktası yükselmesi, donma noktası alçalması ve osmotik basınç olaylarını tanecikli boyutta modellemeleri istenmiştir. Modelleme çalışması tamamlandıktan sonra KÖBT ve KÖKT JMG’ye son test olarak uygulanmıştır. Şekil 2’de JMG’deki model uygulamalarından örnekler verilmiştir.



Şekil 2. JMG'deki model uygulamalarından örnekler.

Bu araştırma ilk üç hafta 4 saat, 4.hafta 2 saat olmak üzere toplam 14 saat ve dört hafta boyunca sürmüştür. İlk hafta ilk 2 saat KÖBT ve KÖKT'nin ön uygulaması yapılmış, ardından 2 saat çözeltilerle ilgili pilot uygulama yürütülmüştür. İkinci hafta (4 saat) sınıf içi uygulamalar yürütülmüş, üçüncü hafta ayrimsal damıtma deneyi ve modelleme çalışmaları yapılmıştır (4 saat). Son hafta ise 2 saat süresince KÖBT ve KÖKT gruplara son test olarak uygulanmıştır.

Verilerin Analizi

KÖBT verilerinin analizi aşamasında öncelikle verilerin normallığe uyup uymadığı tespit edilmiştir. Bunun için merkezi eğilim ölçüleri ve normallik testlerinden faydalanılmıştır. Örneklem sayısı 30'dan az olduğu için normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Veriler normal dağılıma uymadığı için Mann-Whitney U testi ve Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi ile anlamlılık analizi yapılmıştır. Daha sonra etki büyüklüğü (d) değerine bakılmıştır. Etki büyüklüğünün değerlendirilmesinde d değeri 0,2 den küçükse küçük etki, 0,2 - 0,5 arasında ise orta büyüklükte etki ve 0,5- 0,8 arasında büyük etki ve $d > 1$ ise çok büyük etki olarak ifade edilmektedir (Green ve Salkind, 2005). Etki büyüklüğü işaretten bağımsızdır, pozitif olarak ifade edilir.

KÖKT'den elde edilen verilerin analizi için sorulara verilen cevaplar şu şekilde puanlandırılmıştır: Doğru Çizim (DC)= 5 puan, Kısmen Doğru Çizim (KDC)= 3 puan, Yanlış Çizim/Boş (YÇ-B)= 0 puan. Kavramsal anlamaların sınıflandırılması için öncelikle verilen puanlamaya göre betimsel analiz yapılmıştır. Daha sonra her bir öğretmen adayının testten aldığı puan hesaplanmıştır. KÖKT için de normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk normallik testi ile incelenmiştir. Ardından anlamlılık analizi için veriler normal dağılıma uygun olduğundan Bağımsız Örneklem t Testi yapılmıştır. Daha sonra etki büyüklüğü (d) değerine bakılmıştır.

Bulgular

Araştırmadan elde edilen bulgular araştırmanın problemlerine paralel olarak KÖBT ve KÖKT'den elde edilen bulgular olmak üzere iki kısımda sunulmuştur.

KÖBT'den Elde Edilen Bulgular

KÖBT verilerinin analizinde öncelikle verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Bu amaçla, örneklem sayısı 30'dan az olduğu için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. KBT'nin Shapiro-Wilk testi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. KÖBT'nin Shapiro-Wilk Sonuçları

KÖBT	Gruplar	İstatistik	SD	p
Ön test	JG	,864	16	,022
	JMG	,966	15	,800
Son test	JG	,884	16	,044
	JMG	,923	15	,212

Tablo 2'ye göre ön ve son testte JG'nin verilerinin normal dağılıma uymadığı ($p_{\text{ön}}=0,022$, $p_{\text{son}}=0,044$) görülmektedir. Bu nedenle KÖBT verilerinin analizi için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. KÖBT'nin Mann-Whitney U testi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. KÖBT'nin Mann-Whitney U Testi Sonuçları

KÖBT	Gruplar	n	Sıra ortalaması	Sıralar toplamı	U	p
Ön test	JG	16	16,59	265,50	110,50	,702
	JMG	15	15,37	230,50		
Son test	JG	16	11,72	187,50	51,50	,006
	JMG	15	20,57	308,50		

Tablo 3'e göre ön testte deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmezken ($p=,702$; $p>,05$); son testte JMG lehine anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır ($p=,006$; $p<,05$). Etki büyüklüğü, $d=0,29$ olarak belirlenmiştir. Bu da, orta seviyede bir etkiye işaret etmektedir.

Deney gruplarının ön ve son KÖBT puanları arasında anlamlı farklılığın olup olmadığını belirlemek amacıyla Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi yapılmıştır. JG ve JMG'nin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. KÖBT'nin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Gruplar	Ön test-son test	n	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	Z	p
JG	Negatif sıralar	7	6,93	48,5	-1,020	,308
	Pozitif sıralar	9	9,72	87,5		
	Fark olmayan	0				
JMG	Negatif sıralar	1	5	5	-2,966	,033
	Pozitif sıralar	13	7,69	100		
	Fark olmayan	1				

Tablo 4'e göre JG'nin ön ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmezken ($p>,05$), JMG'nin ön ve son test puanları arasında JMG lehine anlamlı bir farklılık belirlenmiştir ($p<,05$).

KÖKT'den Elde Edilen Bulgular

KÖKT'den elde edilen veriler iki aşamada analiz edilmiştir. Buna göre öncelikle sorular betimsel analize tabi tutulmuş, ardından kestirimsel istatistikler yapılmıştır.

KÖKT'nin betimsel analiz sonuçları

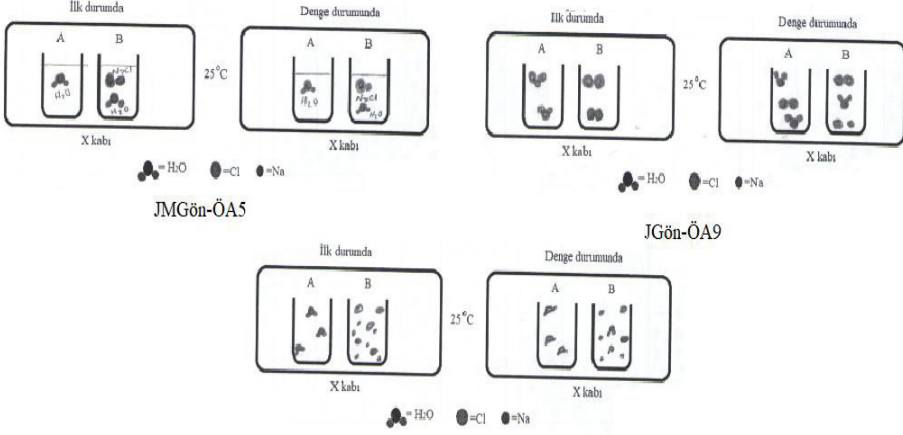
KÖKT'nin betimsel analiz sürecinde her bir soru Doğru Çizim (DÇ), Kısmen Doğru Çizim (KDC) ve Yanlış Çizim/Boş (YÇ-B) kategorilerine göre analiz edilmiştir.

Birinci soruda öğretmen adaylarının buhar basıncı ile ilgili tanecik boyutundaki anlamlarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: "25 °C'de kapalı bir X kabı içerisine ağız açık A ve B kapları konulmuştur. A kabında saf su, B kabında ise NaCl çözeltisi bulunmaktadır, sıvıların miktarları eşittir. Bir süre beklendikten sonra kaplardaki buhar basınçları dengeye ulaşmıştır. İlk durumda ve denge konumunda A ve B kaplarındaki maddelerin durumu nasıl olur? Tanecik boyutunda çiziniz." Tablo 5'te birinci soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 5. KÖKT'deki Birinci Sorunun Betimsel Analizi

Çizimler/ Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
DÇ	-	-	-	-	-	-	3	20
KDC	2	12,5	1	6,25	3	20	6	40
YÇ-B	14	87,5	15	93,75	12	80	6	40

Tablo 5'e göre JG'de ön ve son testte doğru çizim yokken, JMG'de son testte %20 oranında doğru çizim yapan öğretmen adayı vardır. Öğretmen adaylarının çizimlerinin büyük çoğunluğu YÇ-B kategorisindedir. Şekil 3'te birinci soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 3. Birinci soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler

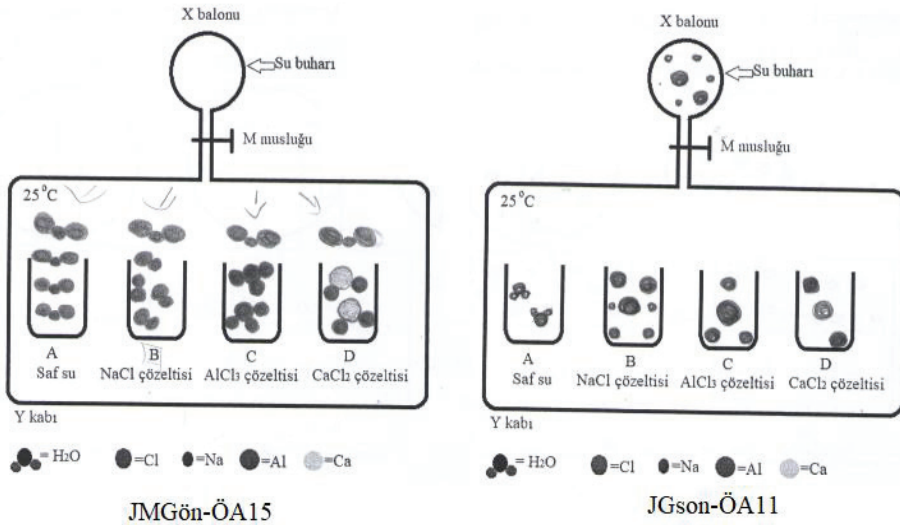
Şekil 3'e göre ön testte JMG-ÖA5'in tuz çözeltisinde Na ve Cl taneciklerini iyon halinde değil, bileşik olarak çizdiği; JG-ÖA9'un ise son durumda her iki kabta da tuz tanecikleri çizdiği görülmektedir. Bu çizimde de yine, tuz bileşik halinde gösterilmiştir. Son testte JMG-ÖA4'ün tanecik sayılarına dikkat etmediği görülmektedir.

İkinci soruda da öğretmen adaylarının buhar basıncı ile ilgili tanecik boyutundaki anlamalarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: "Aşağıda verilen Y kabının içerisinde eşit miktarlarda sıvı içeren ve aynı sıcaklıklarda (25 °C) bulunan A, B, C ve D kapları yer almaktadır. A kabında saf su, B kabında NaCl çözeltisi, C kabında AlCl₃ çözeltisi ve D kabında CaCl₂ çözeltisi bulunmaktadır. X balonunun içerisinde 110 °C'de su buharı bulunmaktadır. M musluğu açılıp Y kabına bir miktar su buharı gönderilirse bir süre sonra A, B, C ve D kaplarında ne olması beklenir? Tanecik boyutunda çiziniz." Tablo 6'da ikinci soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 6. KÖKT’deki İkinci Sorunun Betimsel Analizi

Çizimler/ Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
DC	1	6,25	-	-	2	13,33	5	33,33
KDC	6	37,5	8	50	8	53,33	6	40
YÇ-B	9	56,25	8	50	5	33,33	4	26,67

Tablo 6’ya göre doğru çizim oranının her iki deney grubunda da oldukça az olduğu görülmektedir. Bununla birlikte son testte JMG’de kısmi bir artış vardır. Çizimlerin daha çok KDC ve YÇ-B kategorilerinde olduğu görülmektedir. Şekil 4’te ikinci soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.

**Şekil 4.** İkinci soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler

Şekil 4’e göre ön testte JMG-ÖA15’in tüm tuz çözeltilerinde tuzları bileşik halinde çizdiği ve çözeltide su moleküllerini çizmediği görülmektedir. Son testte JG-ÖA11’in ise tuzların bileşenlerini iyon halinde çizdiği ancak su moleküllerini çözelti içerisinde göstermediği görülmektedir. Ayrıca öğretmen adayı M musluğu açıldığında çözeltilere su buharı gelmesi gerektiğini ihmal etmiştir.

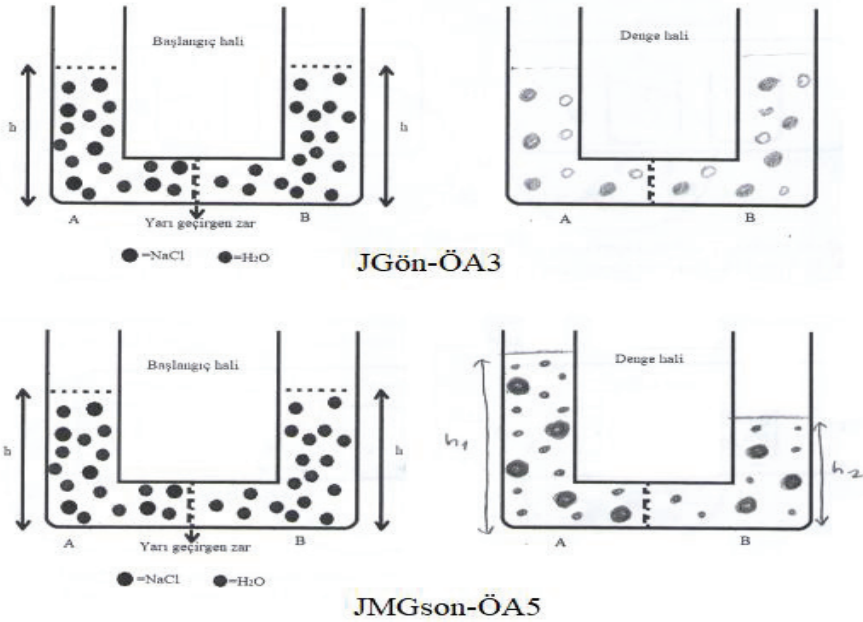
Üçüncü soruda öğretmen adaylarının osmotik basınç ile ilgili tanecik boyutundaki anlamalarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: “Başlangıç hali verilen bir osmoz hücresinde yarı geçirgen bir zarla ayrılmış iki bölme vardır. A bölümünde

NaCl çözeltisi, B bölümünde saf su bulunmaktadır. Osmoz hücreinde belli bir süre bekledikten sonra su ve NaCl arasında bir denge oluşmaktadır. Denge durumunda sıvıların yükseklikleri nasıl değişir? Taneciklerin dağılımı nasıl olur? Boş verilen şekil üzerinde çiziniz.” Tablo 7’de üçüncü soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 7. KÖKT’deki üçüncü sorunun betimsel analizi

Çizimler/ Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
DÇ	5	31,25	9	56,25	7	46,67	8	53,33
KDÇ	2	12,5	2	12,5	3	20	2	13,33
YÇ-B	9	56,25	5	31,25	5	33,33	5	33,33

Tablo 7’ye göre her iki deney grubunda da son testte doğru çizim oranı artmıştır. Bununla birlikte YÇ-B kategorisindeki cevapların oranının fazla olduğu görülmektedir. Şekil 5’te üçüncü soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 5. Üçüncü soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler.

Şekil 5'e göre ön testte JG-ÖA3'ün suyun tuzlu- su tarafına osmotik geçişini göstermemiş, her iki kısımda da tuzlu-su çözeltisi göstermiştir. Son testte JMG- ÖA5 ise tuzlu- su tarafında sıvı seviyesinin yükseldiğini göstermiş ancak her iki kısımda da çözelti olduğunu düşünerek çizim yapmıştır.

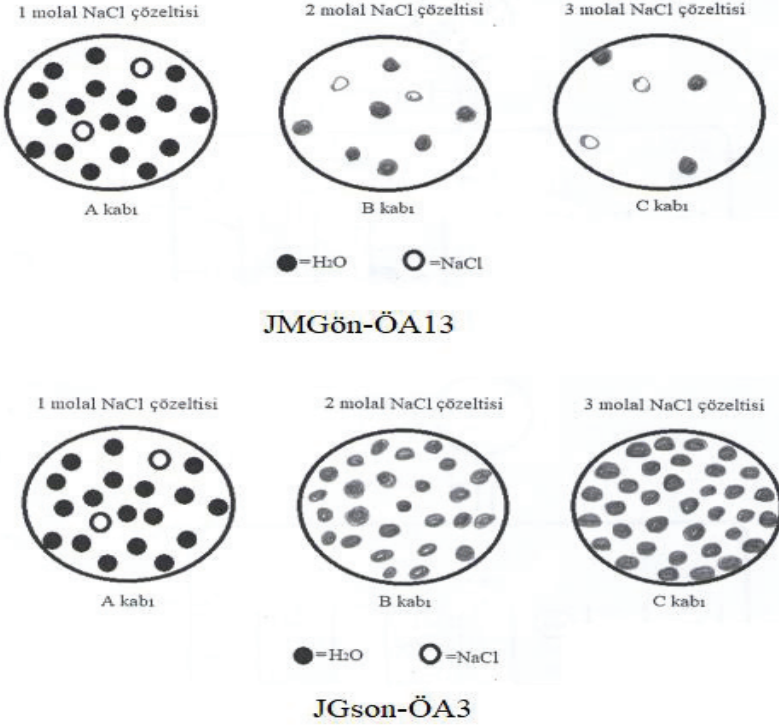
Dördüncü soruda öğretmen adaylarının kaynama noktası yükselmesi ile ilgili tanecik boyutundaki anlamalarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: "Aşağıda verilen A, B ve C kaplarında sırasıyla 1m, 2m ve 3mlik NaCl çözeltileri bulunmaktadır. Her üç kap da aynı ortamdadır (1atm, 25 °C). A kabındaki tanecikler temsili olarak verilmiştir. a. A kabındaki tanecik dağılımının göz önünde bulundurarak farklı derişimlerdeki B ve C kaplarında taneciklerin nasıl görüneceğini çiziniz. b. Hangi kaptaki tuzlu su çözeltisinin kaynama noktası en yüksek olur, sebepleriyle açıklayınız." Bu soruda derişimler dikkate alınarak B kabında 4 tuz taneciğı, C kabında 6 tuz taneciğı çizilmelidir¹. Tablo 8'de dördüncü soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 8. KÖKT'deki Dördüncü Sorunun Betimsel Analizi

Çizimler/ Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
DÇ	7	43,75	9	56,25	8	53,33	8	53,33
KDÇ	5	31,25	2	12,5	1	6,67	3	20
YÇ-B	4	25	5	31,25	6	40	4	26,67

Tablo 8'e göre öğretmen adaylarının çoğunluğunun son testte doğru çizim yaptığı görülmektedir. Ancak son testte doğru cevaplarda yeterince artış görülmemiştir. Şekil 6'da dördüncü soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.

1) Bu soruda öğretmen adaylarının tanecikli yapıda çizim yaparken verilenleri dikkate alıp almadıklarının tespit edilmesi için tuzlu su çözeltisinin iyon halinde gösterilmesi istenmemiş, temsili tanecik bileşik olarak verilmiştir.



Şekil 6. Dördüncü soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler

Şekil 6'ya göre ön testte JMG- ÖA13'ün derişimleri ve tanecik sayılarını dikkate almadığı, her üç çözeltide de aynı miktarda tuz olacağını düşündüğü görülmektedir. Son testte JG-ÖA3 ise B ve C kaplarında tek bir madde varmış gibi çizim yapmıştır. Sorunun B kısmında hangi kaptaki tuzlu su çözeltisinin kaynama noktasının en yüksek olacağını açıklanması istenmiştir. Bu soruda öğretmen adaylarından derişimi fazla olan çözeltinin kaynama noktasının da yüksek olacağını ifade etmeleri istenmiştir. Her iki deney grubundan da bazı öğretmen adaylarının derişimi az olan çözeltinin kaynama noktasının yüksek olacağını ifade ettikleri görülmüştür. Ön ve son testte her iki gruptan çoğu öğretmen adayının bu kısmı boş bırakması dikkat çekicidir.

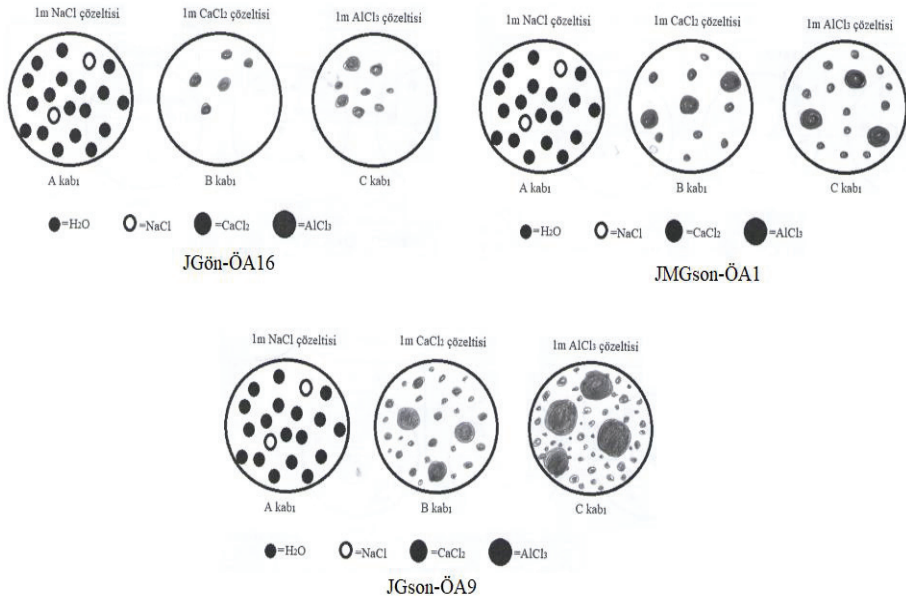
Beşinci soruda öğretmen adaylarının donma noktası alçalması ile ilgili tanecik boyutundaki anlamalarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: “Aşağıda verilen A, B ve C kaplarında sırasıyla 1m NaCl, 1m CaCl₂ ve 1m AlCl₃ bulunmaktadır. Her üç kap da aynı ortamdadır (1atm, 25 °C). A kabındaki tanecikler temsili olarak verilmiştir. a. A kabındaki tanecik dağılımının göz önünde bulundurarak B ve C kaplarında taneciklerin nasıl görüneceğini çizin. b. Hangi kaptaki çözeltinin donma noktası en düşük olur,

sebepleriyle açıklayınız.” Bu soruda derişimler dikkate alınarak B kabında 2 tuz taneciği, C kabında 2 tuz taneciği çizilmelidir². Tablo 9’da beşinci soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 9. KÖKT’deki Beşinci Sorunun Betimsel Analizi

Çizimler / Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
DÇ	2	12,5	3	18,75	2	13,33	1	6,67
KDÇ	7	43,75	6	37,5	8	53,33	7	46,67
YÇ-B	7	43,75	7	43,75	5	33,33	7	46,67

Tablo 9’a göre öğretmen adaylarının bu soruya verdikleri doğru cevap oranının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Cevapların daha çok KDÇ ve YÇ-B kategorilerinde olması çarpıcıdır. Şekil 7’de beşinci soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 7. Beşinci soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler.

- 2) Bu soruda öğretmen adaylarının tanecikli yapıda çizim yaparken verilenleri dikkate alıp almadıklarının tespit edilmesi için tuzlu su çözeltilerinin iyon halinde gösterilmesi istenmemiş, temsili tanecik bileşik olarak verilmiştir,

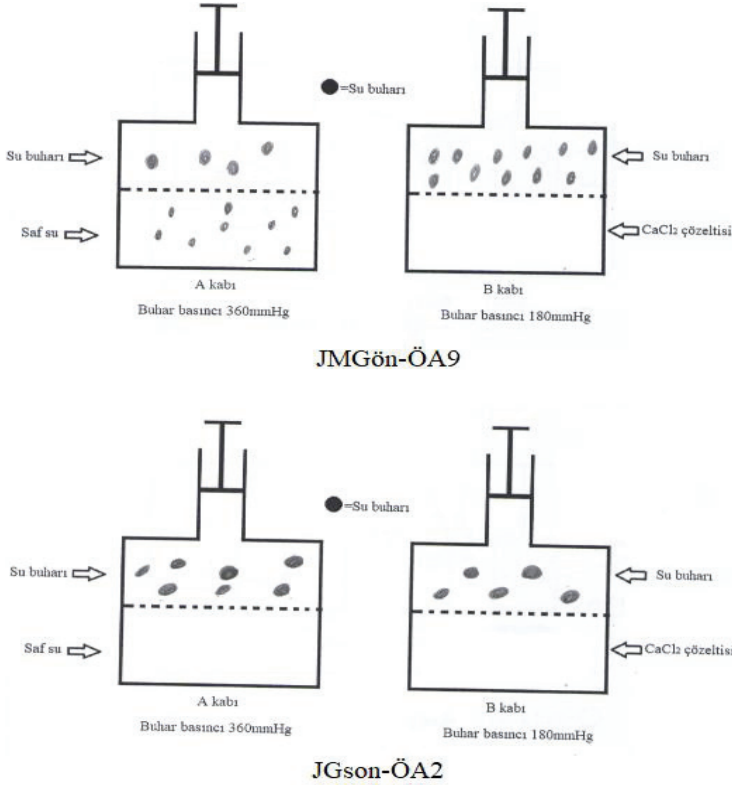
Şekil 7'ye göre ön testte JG- ÖA16'nın B kabında tek tür tanecik çizdiği, C kabında ise dört adet tuz taneciği çizdiği görülmektedir. Son testte JMG- ÖA1 kaplarda üçer adet tuz taneciği çizdiği görülmektedir. JG-ÖA9 ise soruda iyonik halde çizim istenmemesine rağmen iyonları dikkate alarak B kabında üç, C kabında dört tanecik çizmiştir. Ayrıca öğretmen adayı her iki kap için de su molekülü sayısına dikkat etmemiştir. Sorunun B kısmında hangi kabındaki tuzlu su çözeltisinin donma noktasının en düşük olacağını açıklanması istenmiştir. Bu soruda öğretmen adaylarından içerdiği iyon sayısı fazla olan çözeltinin donma noktasındaki düşüşün de en fazla olacağını ifade etmeleri istenmiştir. Her iki deney grubundan da bazı öğretmen adaylarının iyon sayısı az olan çözeltinin donma noktasındaki düşüşün daha fazla olacağını ifade ettikleri görülmüştür. Ayrıca, verilen çözeltilerin derişimleri 1m olduğu için, donma noktasındaki alçalmanın tüm çözeltilerde aynı olacağını düşünen öğretmen adayları vardır. Ön ve son testte her iki gruptan çoğu öğretmen adayının bu kısmı boş bırakması dikkat çekicidir.

Altıncı soruda öğretmen adaylarının buhar basıncı yükselmesi ile ilgili tanecik boyutundaki anlamalarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: "Aşağıda saf su ve $CaCl_2$ çözeltisi içeren iki kap verilmiştir. A kabında saf su, buharı ile dengededir ve buhar basıncı 360mmHg'dir. Benzer şekilde B kabında $CaCl_2$ çözeltisi buharı ile dengededir ve buhar basıncı 180mmHg olarak ölçülmüştür. Kapların buhar basınçlarını dikkate alarak A ve B kaplarında bulunan su buharını tanecikli olarak çiziniz." Bu soruda öğretmen adaylarından sadece kapların üst kısımlarında biriken su buharını tanecikli olarak çizmeleri istenmektedir. Tablo 10'da altıncı soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 10. KÖKT'deki Altıncı Sorunun Betimsel Analizi

Çizimler/ Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
	DÇ	4	25	8	50	3	20	5
KDÇ	5	31,25	5	31,25	6	40	4	26,67
YÇ-B	7	43,75	3	18,75	6	40	6	40

Tablo 10'a göre son testte doğru cevap oranında artış olmuştur, ancak bu artış yeterli seviyede değildir. Bu soruda cevapları YÇ-B kategorisinde yer alan öğretmen adaylarının sayısı azımsanamayacak kadar fazladır. Şekil 8'de altıncı soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 8. Altıncı soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler.

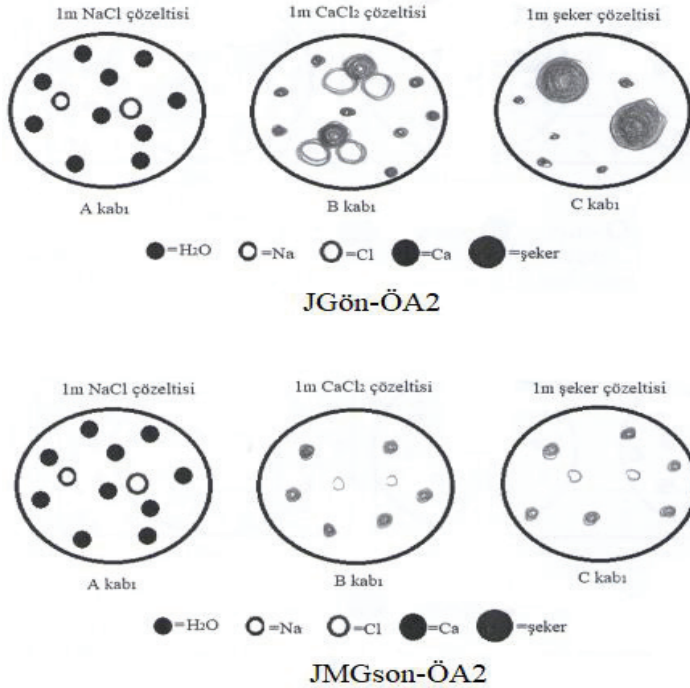
Şekil 8'e göre ön teste JMG- ÖA9'un A kabındaki buhar basıncının B kabına göre daha fazla olmasına rağmen tam tersi olacak şekilde, A kabında tanecik sayısını az çizdiği görülmektedir. Son teste JG-ÖA2'nin ise tanecik sayılarına dikkat etmeden çizim yaptığı görülmektedir.

Yedinci soruda öğretmen adaylarının kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası alçalması ile ilgili tanecik boyutundaki anlamalarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: "Aşağıda verilen A, B ve C kaplarında sırasıyla 1m NaCl, 1m CaCl₂ ve 1m şeker çözeltisi bulunmaktadır. Her üç kap da aynı ortamdadır (1atm, 25 °C). A kabındaki tanecikler temsili olarak verilmiştir. a. A kabındaki temsili çizimi dikkate alarak B ve C kaplarındaki çözeltileri tanecikli olarak gösteriniz. b. Hangi çözeltinin donma noktası alçalması daha fazla olur? Neden? ($K_{d\text{su}}=1,86\text{ }^{\circ}\text{C/m}$) c. Hangi çözeltinin kaynama noktası yükselmesi en azdır? Neden? ($K_{b\text{su}}=0,512\text{ }^{\circ}\text{C/m}$)" Tablo 11'de yedinci soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 11. KÖKT’deki Yedinci Sorunun Betimsel Analizi

Çizimler/ Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
DÇ	2	12,5	2	12,5	3	20	4	26,67
KDÇ	8	50	5	31,25	3	20	1	6,67
YÇ-B	6	37,5	9	56,25	9	60	10	66,67

Tablo 11’e göre doğru çizim yapan öğretmen adayı sayısı her iki deney grubunda da oldukça düşüktür. Ayrıca son testte istenilen artış gözlenmemiştir. Şekil 9’de yedinci soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 9. Yedinci soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler.

Şekil 9’a göre ön testte JG-ÖA2’nin iyon olarak çizilmesi istendiği halde çözeltideki CaCl_2 tuzunu bileşik olarak göstermiştir. Son testte JMG-ÖA2’nin çiziminde iyon sayılarına dikkat etmediği görülmektedir. Sorunun B kısmında hangi kabtaki çözeltinin donma noktasındaki alçalmanın en fazla olacağını açıklanması istenmiştir. Bu soruda öğretmen

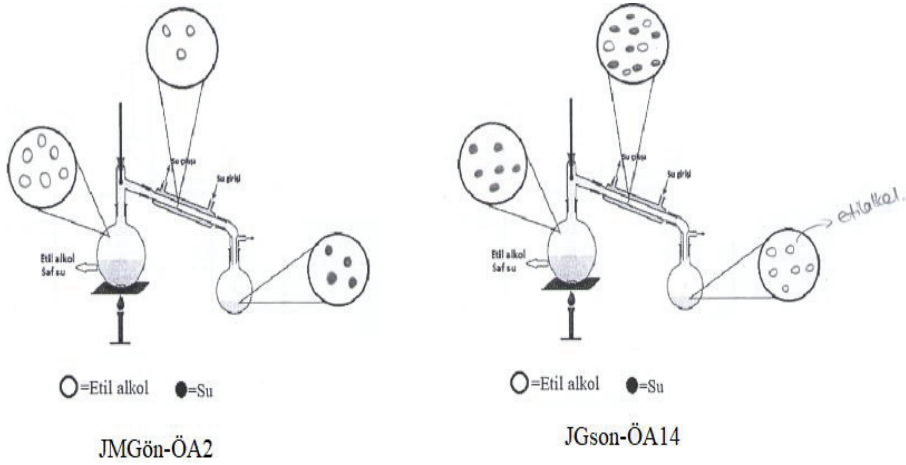
adaylarından içerdiği iyon sayısı fazla olan çözeltinin iyon sayısı az olan çözeltiden ve moleküler çözünen katının oluşturduğu çözeltiden daha düşük donma noktasına sahip olacağını ifade etmeleri istenmiştir. Verilen çözeltilerin derişimleri 1m olduğu için, donma noktasındaki alçalmanın tüm çözeltilerde aynı olacağını düşünen öğretmen adayları vardır. Sorunun C kısmında hangi kaptaki çözeltinin kaynama noktasındaki yükselmenin en fazla olacağını açıklanması istenmiştir. Bu soruda öğretmen adaylarından içerdiği iyon sayısı fazla olan çözeltinin iyon sayısı az olan çözeltiden ve moleküler çözünen katının oluşturduğu çözeltiden daha yüksek kaynama noktasına sahip olacağını ifade etmeleri istenmiştir. Verilen çözeltilerin derişimleri 1m olduğu için, kaynama noktasındaki yükselmenin tüm çözeltilerde aynı olacağını düşünen öğretmen adayları vardır. Ön ve son testte her iki gruptan çoğu öğretmen adayının B ve C kısmını boş bırakması dikkat çekicidir.

Sekizinci soruda öğretmen adaylarının ayrımsal damıtma olayında kaynama noktası yükselmesi ile ilgili tanecik boyutundaki anlamalarının belirlenmesi hedeflemektedir. Soru şu şekildedir: “Bir damıtma balonunda etil alkol ve su karışımı damıtılıyor. Damıtma tamamlandıktan sonra damıtma balonu içerisinde, geri soğutucuda ve toplama kabında bulunan maddeleri ilgili baloncuklara tanecikli olarak çiziniz. Çiziminizin sebebini açıklayınız.” Tablo 12’de sekizinci soru ile ilgili ön ve son testte deney gruplarının soruya verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 12. KÖKT’deki Sekizinci Sorunun Betimsel Analizi

Çizimler/ Gruplar	JG (ön test) (n=16)		JG (son test) (n=16)		JMG (ön test) (n=15)		JMG (son test) (n=15)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
DÇ	-	-	1	6,25	-	-	-	-
KDÇ	7	43,75	10	62,5	11	73,33	12	80
YÇ-B	9	56,25	5	31,25	4	26,67	3	20

Tablo 12’ye göre JMG ve JG’nin ön testi ile JMG’nin son testinde soruya doğru cevap veren öğretmen adayının olmadığı görülmektedir. En fazla çizim KDÇ kategorisindedir. Şekil 10’da sekizinci soru ile ilgili öğretmen adaylarının hatalı çizimlerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 10. Sekizinci soru ile ilgili hatalı çizimlerden örnekler.

Şekil 10'a göre ön testte ÖA2'nin damıtma tamamlandıktan sonra damıtma balonunda ve geri soğutucuda sadece etil alkol taneciklerini çizdiği, toplama balonunda ise sadece su çizdiği görülmektedir. Son testte JG-ÖA14 ise damıtma tamamlandığında etil alkolün sudan tamamen ayrılamayacağı gerçeğini dikkate almayarak, destilasyon balonunda sadece su molekülleri çizmiş, toplama kabında ise sadece etil alkol taneciklerini çizmiştir.

KÖKT'nin Kestirimsel İstatistik Sonuçları

Bu kısımda öncelikle KÖKT verilerinin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Bu amaçla örneklem 30'dan az olduğu için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. KÖKT'nin Shapiro-Wilk testi sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. KÖKT'nin Shapiro-Wilk Sonuçları

KÖBT	Gruplar	İstatistik	SD	p
Ön test	JG	,902	16	,087
	JMG	,909	15	,132
Son test	JG	,943	16	,387
	JMG	,931	15	,287

Tablo 13'e göre ön ve son testte her iki grubun da verilerinin normal dağılıma uyduğu ($p > ,05$) görülmektedir. Bu nedenle KÖKT verilerinin analizi için Bağımsız Örneklem t Testi yapılmıştır. KÖKT'nin Bağımsız Örneklem t Testi sonuçları Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. KÖKT'nin Bağımsız Örneklem t Testi Sonuçları

KÖKT	Gruplar	n	X	SD	t	p
Ön test	JG	16	38,63	19,619	-,987	,332
	JMG	15	45,73	20,464		
Son test	JG	16	46,19	26,070	-,815	,422
	JMG	15	54,33	29,553		

Tablo 14'e göre ön ve son testte KÖKT verileri bakımından deney grupları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p>,05$). Etki büyüklüğü $d=0,35$ olarak belirlenmiştir. Bu da, orta seviyede bir etkiye işaret etmektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmanın amacı, fen bilgisi öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda akademik başarı ve kavramsal anlamalarına jigsaw tekniği ile jigsaw ve modellerin birlikte uygulanmasının etkisini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda iki probleme cevap aranmıştır: araştırmanın ilk alt probleminde fen bilgisi öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda akademik başarılarına jigsaw ve jigsaw- model uygulamalarının etkisi incelenmiştir. Buna göre ön uygulamada KÖBT bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmezken son uygulamada JMG lehine bir farklılık ortaya çıkmıştır. Ön testte fark çıkmaması beklenen bir durumdur. Çünkü öğretmen adaylarının fen bilgisi öğretmenliği programına giriş puanları ve ön yaşantıları birbirlerine benzerdir. Son test sonuçlarına bakıldığında, jigsaw tekniği ve modellerin birlikte uygulanmasının koligatif özellikler konusunda akademik başarıyı artırdığı söylenebilir. Jigsaw- model uygulamalarının akademik başarıyı artırmada etkili olması, jigsawın üç aşamalı öğrenme metoduna soyut durum veya olayları somutlaştırma imkanı sunan modellerin entegre edilmesi ile sağlanmıştır. Buna göre bu uygulamada hem aktif öğrenmenin gerçekleştirilmesi hem de birden çok duyu organına hitap edilerek somut yaşantılar sağlanması akademik başarıyı artırmada etkili olmuştur denilebilir. Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi sonuçlarına göre de yine JMG'nin son testte akademik başarısını artırdığı görülmüştür. Bununla birlikte, son testte her iki gruptaki öğretmen adaylarının KÖBT'den aldıkları puanlar istenilen seviyeye yükselmemiştir. Bu durumun koligatif özellikler konusunun zor ve güç anlaşılan bir konu olmasından kaynakladığı düşünülmektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının fen bilgisi öğretmenliği programına giriş puanlarının düşük olması ve kimya dersinde başarılı olmalarının bu durumu etkilediği düşünülmektedir. Jigsaw tekniğinin (Doymuş, 2007, 2008; Doymuş ve diğerleri, 2010; Huang ve diğerleri, 2014) ve modellerin (Cheng ve Gilbert, 2017; Derman ve Ebenezer, 2018; Ryoo ve Bedell, 2017) akademik başarı üzerinde olumlu etki ettiği literatürde ifade edilmiştir. İşbirlikli öğrenmenin ÖTBB, OYU gibi diğer yöntem ve tekniklerinin modellerle birlikte uygulanmasının akademik başarı üzerinde nasıl etki ettiğine yönelik bazı araştırmalar mevcuttur (Çavdar ve diğerleri,

2019; Okumuş ve Doymuş, 2018). Ancak literatürde kimya dersinin anlaşılmasına yönelik jigsaw tekniği ve modellerin birlikte uygulandığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Araştırmamızın ikinci alt probleminde fen bilgisi öğretmen adaylarının koligatif özellikler konusunda kavramsal anlamalarına jigsaw ve jigsaw- model uygulamalarının etkisi incelenmiştir. Buna göre ön ve son uygulamada KÖKT bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Öğretmen adaylarının ön bilgileri bakımından benzer oldukları düşünüldüğü için ön testte gruplar arasında anlamlı bir farklılık beklenmemektedir. Çünkü fen bilgisi öğretmenliği programına giriş puanları birbirlerine yakındır. Ancak son testte jigsaw ve modellerin birlikte uygulanmasının kavramsal anlamayı artıracığı hipotezi çürütülmüştür. Bu durumun ortaya çıkmasında konunun zor oluşu, tanecikli yapı kavramının anlaşılabilmesi etkili olabilir. Aktif öğrenmenin sağlandığı her iki araştırma grubunda da kavramsal anlamalar artmıştır, ancak bu artış istenilen seviyede değildir. Araştırmada esas uygulamaya geçilmeden önce hem jigsaw tekniğini öğrenmeleri hem de çözeltiler konusunda ön bilgilerini tazelemeleri bakımından pilot uygulama yapılmasına rağmen öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Uygulamanın etkililiğinin artırılması için jigsawın modellerle birlikte farklı kimya konularında kavramsal anlamaya etkisinin araştırılması önerilmektedir. Jigsaw-model uygulamalarının kavramsal anlamaya etkisine yönelik literatürde bir araştırma tespit edilmediği için işbirlikli öğrenmenin modellerle birlikte uygulandığı diğer araştırmalardan örnek verilirse: kimyasal denge konusunda işbirlikli ÖTBB yönteminin modellerle birlikte uygulandığı Okumuş, Çavdar, Alyar ve Doymuş'un (2017) çalışmalarında, bu araştırmanın sonuçlarına paralel bir şekilde kavramsal anlamalarda gruplar arasında bir fark belirlenmemiştir. Bununla birlikte, Karaçöp (2016) ÖTBB yönteminin modellerle birlikte uygulanmasının elektrokimya konusunda kavramsal anlamayı artırdığını rapor etmiştir. Warfa ve diğerleri (2014) ise çözeltiler kimyası konusunda 3D modellerle işbirlikli söylemin kavramsal anlamaya etkisine baktıkları çalışmalarında, uygulanan yöntemlerin iyonik çözeltileri tanecik boyutunda anlamada etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Bu araştırmada belirlenen yanlışlardan en önemlileri şunlardır: *iyonik çözeltiler oluşurken tuzun iyonlarına ayrıldığı bilinmemesi, çözeltileri tanecikli olarak gösterirken su moleküllerinin çizilmemesi, osmotik geçişin anlaşılabilmesi, derişimin kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası alçalması üzerine etki ettiğinin anlaşılabilmesi, farklı tür çözeltilerin kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası alçalmasını belirlerken Van't Hoff faktörünün önemini anlaşılabilmesi, buhar basıncı fazla olan sıvının daha çabuk buharlaştığının anlaşılabilmesi, iyonik ve moleküler çözeltilerde kaynama noktası yükselmesi ile donma noktası alçalmasının büyüklüklerinin doğru olarak karşılaştırılamaması, etil alkol-su karışımının damıtma yoluyla birbirinden tamamen ayrılabilmediğinin anlaşılabilmesi ve her sıcaklıkta buharlaşmanın olduğunun bilinmemesi.* Bu yanlışlardan *iyonik çözeltiler oluşurken tuzun iyonlarına ayrıldığı bilinmemesi ve çözeltileri tanecikli olarak gösterirken su moleküllerinin çizilmemesi* yanlışları Okumuş ve diğerleri (2015) araştırmalarında da rapor edilmiştir. *İyonik çözeltiler oluşurken tuzun iyonlarına ayrıldığı bilinmemesi* yanlışlığı çözünme olayının sadece moleküler şekilde

olacağından düşünülmesinden kaynaklanabilir. Veya bu yanılı, çözünmenin fiziksel bir olay olduğunu düşünen öğretmen adayları tuzun iyonlarına ayrılmasını fiziksel değişimle ilişkilendirememelerinden kaynaklanabilir. *Çözeltileri tanecikli olarak gösterirken su moleküllerinin çizilmemesi* yanılısı birçok araştırmada da ortaya konmuştur (Özdilek ve diğerleri, 2018). Bu durum öğretmen adaylarının çözeltideki suyu ihmal etmelerinden kaynaklanabilir. *Osmotik geçişin anlaşılammaması* “az yoğun” ve “çok yoğun ortam” kavramlarının anlaşılammamasından kaynaklanabilir. *Derişimin kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası alçalması üzerine etki ettiğinin anlaşılammaması*, kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası alçalması olaylarının tam anlaşılmadığı göstermektedir. *Farklı tür çözeltilerin kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası alçalmasını belirlerken Van't Hoff faktörünün öneminin anlaşılammaması*, moleküler ve iyonik çözeltilerin içerdiği tanecik sayısının kaynama ve donma noktalarına etkisinin anlaşılmadığını göstermektedir. Bu durum, moleküler ve iyonik çözünmenin tam kavranmamasından kaynaklanabilir. Benzer şekilde, *iyonik ve moleküler çözeltilerde kaynama noktası yükselmesi ile donma noktası alçalmasının büyüklüklerinin doğru olarak karşılaştırılamaması* yanılısı, şekerin ve tuzların içerdiği tanecik sayısının kaynama ve donma noktalarına etkisini tam anlaşılammamasından kaynaklanabilir. *Etil alkol-su karışımının damıtma yoluyla birbirinden tamamen ayırlamadığıın anlaşılammaması*, azeotrop kavramının anlaşılammamasından kaynaklanmaktadır denilebilir. *Her sıcaklıkta buharlaşmanın gerçekleşebileceğinin bilinmemesi*, buharlaşma olayının sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda olacağından düşünülmesinden kaynaklanabilir. Bu yanılı Canpolat ve diğerleri (2006) ve Karlı ve Ayas (2013) araştırmalarında da belirlenmiştir. Bu araştırmadan farklı olarak Pınarbaşı ve diğerleri (2009) kimya öğretmen adayları ile yürüttükleri çalışmalarında *kaynama noktası yükselmesi/donma noktası alçalmasının su ve tuz parçacıkları arasındaki etkileşimlerden kaynaklandığı ve kaynama noktası yükselmesi ve donma noktası alçalmasının tuzun kaynama noktasının sudan yüksek olması ve donma noktasının da sudan düşük olmasından kaynaklandığı* gibi yanılılar tespit etmişlerdir. Canpolat (2006) fen bilgisi öğretmen adayları ile yürüttüğü çalışmada *sıvı-buhar dengesi kurulduğunda artık buharlaşma olmaz* yanılısını rapor etmiştir. Canpolat ve diğerleri (2006) buhar basıncı ile ilgili fen bilgisi öğretmen adayları ile yürüttükleri çalışmada ise *buhar basıncı, kaynama sırasında buhar fazındaki parçacıkların neden olduğu basınçtır ve bir sıvının buhar basıncı sıvı miktarındaki değişikliklerle değişir* gibi yanılılar belirlemişlerdir.

Maddenin tanecikli yapısı konusu ortaokul seviyesinden itibaren öğrencilere öğretilmekte ve kimyaya temel teşkil etmektedir. Kimya dersinin tüm alt konularında, tanecikli yapı kavramının bilinmesi konuların doğru öğrenilmesi açısından önemlidir. Kimyanın en önemli kısımlarından birini oluşturan çözeltiler konusunda maddenin tanecikli yapısı kavramının tam olarak anlaşılammaması, diğer kimya konularında da kavram yanılılarını beraberinde getirecektir. Bu bakımdan bu araştırmada öğretmen adaylarının tespit edilen yanılılarının önceki yaşantılardan kaynaklandığı düşünülmemektedir. Araştırmada koligatif özellikler konusunda kavramsal anlamaların istenilen seviyede artmadığı belirlenmiştir. Araştırma süresinin kısa oluşu bu durumun ortaya çıkmasında etkili olabilir. Bu bakım-

dan, koligatif özellikler konusunda var olan yanlışların giderilmesi ve kavramsal anlayışın geliştirilmesi için daha uzun süreli çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca görselleştirmelerin artırılmasının konunun anlaşılmasını kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Kavramsal anlamaların artırılması için simülasyonlar, analogik modeller, kavram süreç modelleri gibi farklı model türlerinin kullanılması önerilmektedir. Yine, aktif öğrenmeyi sağlayan farklı yöntem ve tekniklerin modellerle birlikte uygulanmasının koligatif özelliklerin anlaşılması üzerine etkisine bakılabilir.

Kaynakça

- Abraham, M.R., Williamson, V.M. ve Westbrook, S.L. (1994). A cross-age study of the understanding five concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Adadan, E. (2012). Using multiple representations to promote grade 11 students' scientific understanding of the particle theory of matter. *Research in Science Education*, 43(3), 1079-1105.
- Adadan, E. (2014). Investigating the influence of pre-service chemistry teachers' understanding of the particulate nature of matter on their conceptual understanding of solution chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 219-238.
- Azizoğlu, N., Alkan, M. ve Geban, Ö. (2006). Undergraduate pre-service teachers' understandings and misconceptions of phase equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 947- 953.
- Bayrakçeken, S., Doymuş, K. ve Doğan, A. (2013). *İşbirlikli öğrenme modeli ve uygulanması*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Belge Can, H. ve Boz, Y. (2016). Structuring cooperative learning for motivation and conceptual change in the concepts of mixtures. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(4), 635-657.
- Berg, K. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chemical Education Research and Practice*, 13, 8-16.
- Berger, R. ve Hanze, M. (2009). Comparison of two small-group learning methods in 12th-grade physics classes focusing on intrinsic. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1511-1527.
- Canpolat, N. (2006). Turkish undergraduates' misconceptions of evaporation, evaporation rate, and vapour pressure. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1757-1770.
- Canpolat, N., Pinarbaşı T. ve Sözbilir M. (2006). Prospective teachers' misconceptions of vaporization and vapor pressure. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 1237-1242.

- Cheng, M.M.W. ve Gilbert, J.K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 39(9), 1173-1193.
- Colburn, A. (2004). Inquiry scientists want to know. *Educational Leadership*, 62, 63-66.
- Cuevas, P., Lee, O., Hart, J. ve Deaktor, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337-357.
- Çalık, M., Ayas, A. ve Coll, R.K. (2007). Enhancing pre-service elementary teachers' conceptual understanding of solution chemistry with conceptual change text. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 1-28.
- Çalık, M., Ayas, A. ve Coll, R.K. (2009). Investigating the effectiveness of an analogy activity in improving students' conceptual change for solution chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 651-676.
- Çalık, M., Ayas, A. ve Ebenezer, J.V. (2001). A review of solution chemistry studies: insights into students' conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 29-50.
- Çavdar, O., Okumuş, S., Alyar, M. ve Doymuş, K. (2019). İşbirlikli öğrenme ve modellerin fiziksel ve kimyasal değişim olaylarının tanecikli yapıda anlaşılmasına etkisi. *OPUS-Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 11(18), DOI: 10.26466/opus.534640.
- Demir, N., Kızılay, E. ve Bektaş, O (2016). 7. Sınıf çözeltiler konusunda başarı testi geliştirme: geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 10(1), 209-237.
- Derman, A. ve Ebenezer, J. (2018). The effect of multiple representations of physical and chemical changes on the development of primary pre-service teachers cognitive structures. *Research in Science Education*, doi:10.1007/s11165-018-9744-5.
- Develaki, M. (2017). Using computer simulations for promoting model-based reasoning. Epistemological and educational dimensions. *Science & Education*, 26, 1001-1027.
- Devetak, I., Vogrinc, J. ve Glazar, S.A. (2009). Assessing 16-year-old students' understanding of aqueous solution at submicroscopic level. *Research in Science Education*, 39, 157-179.
- Doymuş, K. (2007). The effect of cooperative learning strategy in the teaching of phase and one component phase diagrams. *Journal of Chemical Education*, 84(11), 1857-1860.
- Doymuş, K. (2008). Teaching chemical equilibrium with the jigsaw technique. *Research in Science Education*, 38(2), 249-260.
- Doymuş, K., Karaçöp, A. ve Şimşek, Ü. (2010). Effects of jigsaw and animation techniques on students' understanding of concepts and subjects in electrochemistry. *Education Tech Research Dev*, 58, 671-691.

- Green, S.B. ve Salkind, N.J. (2005). *Using SPSS for Windows and Macintosh: analyzing and understanding data* (4th edition). New Jersey: Pearson.
- Greenbowe, T. ve Meltzer, D. (2003). Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry. *International Journal of Science Education*, 25(7), 779-800.
- Halpern, A.M., ve Marzacco, C.J. (2018) Using the principles of classical and statistical thermodynamics to calculate the melting and boiling points, enthalpies and entropies of fusion and vaporization of water, and the freezing point depression and boiling point elevation of ideal and nonideal aqueous solutions. *Journal of Chemical Education*, 95, 2205–2211.
- Harman, G. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının asit, baz ve tuz çözeltilerinin elektriksel iletkenliği ile ilgili hazırbuluşlukları. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 55, 73-83.
- Harrison, G.A. (2001.) How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students. *Research in Science Education*, 31, 401-435.
- Hsin-Kai, W., Krajcik, J.S. ve Elliot S. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Huang, Y.M., Liao, Y.W., Huang, S.H. ve Chen, H.C. (2014). Jigsaw-based cooperative learning approach to improve learning outcomes for mobile situated learning. *Educational Technology & Society*, 17(1), 128–140.
- Jaber, L.Z. ve Boujaoude, S. (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge University Press, USA.
- Johnson, D.W. ve Johnson, R.T. (2014). Using technology to revolutionize cooperative learning: An opinion. *Frontiers in Psychology*, 5, 1-3.
- Karaçöp, A. ve Doymuş, K. (2013). Effects of jigsaw cooperative learning and animation techniques on students' understanding of chemical bonding and their conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 186-203.
- Karaçöp, A. (2016). Effects of student teams-achievement divisions cooperative learning with models on students' understanding of electrochemical cells. *International Education Studies*, 9(11), 104-120.
- Karaçöp, A. (2017). The effects of using jigsaw method based on cooperative learning model in the undergraduate science laboratory practices. *Universal Journal of Educational Research*, 5(3), 420-434.

- Karslı, F. ve Ayas, A. (2013). Fen bilgisi öğretmen adaylarının kimya konularında sahip oldukları alternatif kavramlar. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 7(2), 284-313.
- Krell, M., Reinisch, B. ve Krüger, D. (2015). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines biology, chemistry, and physics. *Research in Science Education*, 45(3), 367-393.
- McMillan, J.H. ve Schumacher, S. (2010). *Research in education: evidence-based inquiry* (7th edition). New Jersey, Pearson.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191.
- Okumuş, S. ve Doymuş, K. (2018). Modellerin okuma- yazma- uygulama yöntemi ve yedi ilke ile uygulanmasının maddenin tanecikli yapısı ve yoğunluk konularının kavramsal anlaşılmasına etkisi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(3), 1603-1638.
- Okumuş, S., Çavdar, O. ve Doymuş, K. (2015). Çözeltilerin iletkenliği yardımıyla maddenin tanecikli yapısının anlaşılması. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(2), 220-245.
- Okumuş, S., Öztürk, B., Doymuş, K. ve Alyar, M. (2014). Maddenin tanecikli yapısının mikro ve makro boyutta anlaşılmasının sağlanması. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 349-368.
- Okumuş, S., Çavdar, O., Alyar, M. ve Doymuş, K. (2017). Kimyasal denge konusunun mikro boyutta anlaşılmasına farklı öğretim yöntemlerinin etkisi. *İlköğretim Online*, 16(2), 727-745.
- Oliva, J.M., Aragón, M.M. ve Cuesta, J. (2015). The competence of model-ling in learning chemical change: a study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 751-791.
- Oyarzun, B.A. ve Morrison, G.R. (2013). Cooperative learning effects on achievement and community of inquiry in online education. *The Quarterly Review of Distance Education*, 14(4), 181-194
- Özdilek, Z., Okumuş, S. ve Doymuş, K. (2018). The effects of model supported cooperative and individual learning methods on prospective science teachers' understanding of solutions. *Journal of Baltic Science Education*, 17(6), 945- 959.
- Pınarbaşı, T., Canpolat, N. ve Sözbilir, M. (2009). Prospective chemistry teachers' misconceptions about colligative properties: boiling point elevation and freezing point depression. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 273-280.
- Raviolo, A. (2001). Assessing students' conceptual understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78, 629-631.

- Ryoo, K. ve Bedell, K. (2017). The effects of visualizations on linguistically diverse students' understanding of energy and matter in life science. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1274–1301.
- Slavin, R.E. (1980). Cooperative learning. *Review of Educational Research*, 50(2), 315-342.
- Smith K.C. ve Nakhleh M.B. (2011). University students' conceptions of bonding and melting and dissolving phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 398–408.
- Smith, K.C. ve Villarreal, S. (2015). Using animations in identifying general chemistry students' misconceptions and evaluating their knowledge transfer relating to particle position in physical changes. *Chemical Education Research and Practice*, 16, 273-282.
- Şimşek, Ü. (2007). *Çözümler ve kimyasal denge konularında uygulanan jigsaw ve birlikte öğrenme tekniklerinin öğrencilerin maddenin tanecikli yapıda öğrenmeleri ve akademik başarıları üzerine etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tekin, H. (2010). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (20.baskı). Ankara: Yargı Yayınevi
- Treagust, D., Chittleborough, G. ve Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Tsai, C.C. (1999). Laboratory exercises help me memorize the scientific truths: A study of eighth graders' scientific epistemological views and learning laboratory activities. *Science Education*, 83, 654-674.
- Ültay, N., Durukan, Ü.G. ve Ültay, E. (2015). Evaluation of the effectiveness of conceptual change texts in the REACT strategy. *Chemical Education Research and Practice*, 16, 22-38.
- Valanides, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the process and effects of distillation. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(3), 355-364.
- Wang, Z., Chi, S., Hu, K. ve Chen, W. (2014). Chemistry teachers' knowledge and application of models. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 211–226.
- Warfa, A.R.M., Roehrig, G.H., Schneider, J.L. ve Nyachwaya, J. (2014). Collaborative discourse and the modeling of solution chemistry with magnetic 3D physical models – impact and characterization. *Chemistry Education Research & Practice*, 15, 835-848.
- Yükseköğretim Kurulu [YÖK] (2018). Fen bilgisi öğretmenliği lisans programı. Ankara.

