



Model-Tabanlı Öğrenme Ortamının Kimya Öğretmen Adaylarının Maddenin Tanecikli Yapısı Kavramını ve Bilimsel Modellerin Doğasını Anlamaları Üzerine Etkisinin İncelenmesiⁱⁱⁱ

Emine Adadanⁱⁱⁱ

Bu çalışma model-tabanlı öğrenme ortamının kimya öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı (MTY) kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamaları üzerine etkisini incelemiştir. Ayrıca, öntestte MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan kimya öğretmen adaylarının, sontestte MTY kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamalarını araştırmıştır. Çalışmada karma araştırma metodu kullanılmış olup, yarı deneysel öntest-sontest karşılaştırmalı grup deseni olarak tasarlanmıştır. Veriler açık uçlu sorulardan oluşan tanı ölçeği ve likert-tip ölçek kullanılarak toplanmıştır. Çalışmaya 40 kimya öğretmen adayı katılmıştır. Bulgular, katılımcıların MTY kavramını anlamalarında öntestten sonteste istatistiksel olarak anlamlı değişim olduğunu göstermiştir. Öntestte MTY kavramını anlamaları bakımından farklılaşan alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY grubu katılımcılarının, sontestte MTY kavramına ilişkin benzer ve daha bilimsel kavramsal anlamalar geliştirdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, katılımcıların öntestten sonteste modellerin doğasını anlamalarında istatistiksel olarak anlamlı değişim olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karma Metod, Kimya Öğretmen Adayları, Maddenin Tanecikli Yapısı, Bilimsel Modellerin Doğası, Model-Tabanlı Öğrenme

GİRİŞ

Maddenin tanecikli yapısı (MTY) kavramı, hem uluslararası fen müfredatlarında (örneğin; NRC, 1996) hem de ulusal ortaöğretim kimya dersi müfredatlarında (MEB-TTKB, 2013) fen bilimlerinin en önemli ve temel konusu olarak yer almaktadır. Ancak, fen eğitiminde yapılan araştırmalar, fen öğretmen adaylarının öğretmeye hazırlandıkları öğrenciler arasında MTY kavramına ilişkin tespit edilenlere benzer kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermiştir (Kokkotas vd., 1998; Leite vd., 2007; Özmen vd., 2002; Papageorgiou vd., 2010; Valanides, 2000). Bu bulgu da okul yıllarında varolan kavram yanlışlarının değiştirilmesi yönünde öğrenme ortamları oluşturulmadığı sürece, bunların öğretmen eğitimi yıllarına ve

ⁱ Bu araştırma Karadeniz Teknik Üniversitesi tarafından düzenlenen III. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

ⁱⁱ Bu araştırma Boğaziçi Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: 6335) tarafından desteklenmiştir.

ⁱⁱⁱ Yrd.Doç.Dr., Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi ABD, emine.adadan@boun.edu.tr

hatta öğretmenlik kariyerine taşındığına işaret etmektedir. Alan bilgisinin, pedagojik alan bilgisinin önemli elementlerinden biri olduğu düşünüldüğünde (Shulman, 1987), kavram yanlışlarına sahip ve alan bilgisi zayıf fen öğretmen adaylarının fen öğretimi sürecinde öğrencilerinin kavram yanlışlarını belirleyebilmeleri ve kavramsal değişime yönelik öğretim etkinlikleri tasarımları muhtemel görünmemektedir (Çalık ve Ayas, 2005; Papageorgiou vd., 2013). Değişik araştırmalar, öğretmen adaylarının alan bilgilerinin araştırılmasını ve alan bilgilerinin yapılanmasını engelleyen kavram yanlışlarının değiştirilmesini hedefleyen öğrenme ortamlarına katılımlarının sağlanmasını önermektedir (Kokkotas vd., 1998; Papageorgiou vd., 2010; 2013).

Farklı yaş gruplarından öğrencilerin MTY kavramına ilişkin anlamalarını ortaya çıkarmak için çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen bu çalışmaların çoğu ilköğretim ve ortaöğretim öğrencileriyle gerçekleştirilmiştir (örneğin; Adbo ve Taber, 2009; Leblebicioğlu, 2012; Özmen, 2011; Pozo ve Goméz-Crespo, 2005). Öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalar hem sayıca sınırlı hem de yoğunlukla ilköğretim veya fen bilgisi öğretmen adayları hedef grup olarak seçilmiştir (Çalık ve Ayas, 2005; Kokkotas vd., 1998; Özmen vd., 2002; Papageorgiou vd., 2010; Taylor ve Coll, 2002; Valanides, 2000). Kimya öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalarda da MTY kavramını anlamaları (alan bilgisi) doğrudan incelenmemiş olup, madde konusuna ilişkin başka kavramlar ana temayı oluşturmuştur (örneğin; kütlenin korunumu (Haidar, 1997); maddenin elementler, bileşikler ve karışımlar olarak sınıflandırılması (Yakmaci-Guzel ve Adadan, 2013); çözünme ve difüzyon (Leite vd., 2007)). Öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalar incelendiğinde, bunların genellikle mevcut durum değerlendirmesi yapılan betimleyici çalışmalar oldukları saptanmıştır (Yakmaci-Guzel ve Adadan, 2013; Kokkotas vd., 1998; Papageorgiou vd., 2010; çalışmaları hariç). Bu nedenle kimya öğretmen adaylarının MTY kavramı anlamalarının belirlenmesini ve varsa kavram yanlışlarının değiştirilmesine yönelik tasarlanmış öğrenme ortamlarına katılımlarını sağlayan bir çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Schwarz ve White'in (2005) ortaokul öğrencileri ile yapmış olduğu çalışma bulguları, model-tabanlı öğrenme ortamında, değişik natürel olaylara ilişkin toplanan veriler ışığında bilimsel model geliştirme ve test etme etkinliklerine katılan öğrencilerin hem modellerin doğasını hem de ilgili alandaki kavramları anlamalarının geliştiğini göstermiştir. Gobert vd. (2011) tarafından lise öğrencileriyle yapılan daha yeni bir çalışmada, bu bulguları desteklemektedir. Ulusal alan yazında her ne kadar değişik grupların (öğretmen adayları, öğretim üyeleri) modellerin doğası anlamalarını betimleyen çalışmalar olsa da (Berber ve Güzel, 2009; Güneş vd., 2004), bunlar sayıca sınırlıdır. Bu nedenle belirli bir konuyu öğretmek için tasarlanmış model-tabanlı öğrenme ortamında, katılımcı grubun ilgili konuya ilişkin kavramsal (alan bilgisi) ve bilimsel modellerin doğası anlamalarındaki değişim ve gelişimin incelenmesine gereksinim vardır.

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, model-tabanlı öğrenme ortamının, kimya öğretmen adaylarının MTY kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamaları üzerine etkisini incelemektir. Çalışmanın özgül amacı ise öntestte MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan iki kimya öğretmen adayı grubunun (üst-seviye MTY; alt-seviye MTY) MTY kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamalarını model-tabanlı öğrenme ortamında araştırmaktır. Aşağıda belirtilen araştırma soruları bu çalışmaya yön vermiştir.

(1) Model-tabanlı öğrenme ortamı kimya öğretmen adaylarının MTY kavramını anlamalarını değiştirmede etkili midir?

(a) Kimya öğretmen adaylarının MTY kavramını anlamaları öntestten sonteste fark edilir ölçüde değişmiş midir?

(b) Kimya öğretmen adaylarının MTY kavramını oluşturan alt-kavramları anlamaları öntestten sonteste fark edilir değişim göstermekte midir?

(2) Model-tabanlı öğrenme ortamı kimya öğretmen adaylarının modellerin doğası anlamalarını değiştirmede fark edilir ölçüde etkili midir?

(3) Öntestte MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY grupları karşılaştırıldığında MTY kavramını anlamaları model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında (sontest) nasıldır?

(4) Öntestte MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY grupları karşılaştırıldığında bilimsel modellerin doğası anlamaları model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesi ve sonrasında nasıldır?

KURAMSAL ÇERÇEVE

Günümüzde fen eğitiminde yaygın olan bütünleştirici yaklaşım, öğrenmeyi öğrenenin zihninde gerçekleşen dinamik bilgi yapılanması süreci olarak görmekte ve düşünmeden ezberleme yerine anlamlı öğrenmeyi savunmaktadır. Ausubel ve Robinson (1969) anlamlı öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör olarak öğrenme esnasında öğrenenin zihninde varolan önceki bilgileri olduğuna işaret etmiştir. Anlamlı öğrenmede, yeni bilgiler önceki bilgilerin ışığında değerlendirilerek anlamlı şekilde ilişkilendirilip önceki bilgilerle bütünleştirilir. Ancak, bilgilerin (kavramların) nasıl yapılandırılıp bütünleştirildiği sonraki öğrenmeyi önemli ölçüde etkilemektedir (Taber, 2008). Şöyle ki, mevcut zihinsel kavram örgüsü içerik olarak zayıf ve/ya kavram yanlışları barındırması durumunda yeni bilginin de beklendiği şekilde yapılanması olasılığı azalmakta ve yeni kavram yanlışlarının oluşmasına yol açmaktadır. Kavram yanlışlarının, zihinsel kavram örgüsünde daha okul öncesi yıllarda öğrencilerin günlük yaşamdaki gözlemlerinden beslenerek oluşmaya başladıkları ve okulda iyi planlanmamış öğrenme ortamlarıyla genişleyip derinleştikleri düşünüldüğünde, uygun ve dikkatle tasarlanmış öğrenme ortamları yaratılmasının kavramsal değişimde elzem olduğu belirtilmektedir (Treagust ve Duit, 2008).

Kavramsal değişim öğrenme modelini geliştiren Posner vd. (1982), kavramsal değişimin iki şekilde olabileceğini ortaya koymuşlardır. Birincisi *özümleme* (assimilation) olup, bu süreçte öğrenciler yeni kavramı, zihinsel kavram örgülerinde varolan kavramlarla ilişkilendirip ekleme yoluna giderler. İkincisi *düzenleme* (accommodation) sürecidir ki; öğrencilerin yeni kavramı mevcut kavram örgüleriyle ilişkilendirip anlamlandıramadıkları durumda (kavram uyumsuzluğu), mevcut zihinsel kavram örgülerini yeniden düzenlemeleri veya kavram yanlışlarını yeni kavramla değiştirmeleri gerekmektedir. Düzenleme sürecinin başlayabilmesi için, öğrencilerin öncelikle mevcut kavram örgülerinin yeni kavramı anlamlandırmada yetersiz (dissatisfaction) olduğunu fark etmeleri gerekir. Kavramsal değişimin gerçekleşmesi için, öğrencilerin yeni kavramı anlaşılır (intelligible), mantıklı (plausible) ve verimli (fruitful) bularak statüsünü yükseltmeleri ve kavram yanlışlarının statüsünü de eşzamanlı olarak düşürmeleri gerekmektedir (Hewson ve Thorley, 1989). Araştırmalar doğrultusunda elde edilen veriler, kavramsal değişim gerçekleşse de kavram yanlışlarının zihinsel kavram örgüsünde varolmaya devam ettiklerini ve bazen verilen bağlama göre tutarsız olarak kullanıldığını göstermektedir (Treagust ve Duit, 2008).

Öğrencilerin MTY Kavramına İlişkin Kavram Yanlışları

Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin geliştirmiş oldukları kavram yanlışları genellikle günlük yaşamda doğal olarak karşılaştıkları ve dolaylı yoldan gözlemledikleri birçok natürel olaya dayanmaktadır (Pozo ve Goméz-Crespo, 2005). İlkokuldan üniversiteye, farklı yaş gruplarından öğrenciler arasında sıklıkla tespit edilen kavram yanlışları, maddenin tanecikli yapı yerine sürekli yapıdan oluştuğu yönündedir (Ayas vd., 2010; Nakhleh ve Samarapungavan, 1999). Maddenin sürekli yapıda olduğunu düşünen öğrenciler, okulda MTY kavramı ile tanıştıktan sonra hibrit bir zihinsel model geliştirerek taneciklerin sürekli yapı içerisinde dağıldığını düşünmeye başlayabilirler (Johnson, 1998). Taneciklerin toplamı maddeyi oluşturuyor olsa da, maddeye ilişkin böyle bir modele sahip olan öğrenciler madde tanecikleri arasındaki boşluğun (vakum) birşey ile doldurulduğu (örneğin; hava) yanlışlığına da sahip olabilirler (Adadan vd., 2009; Johnson, 1998; Talanquer, 2009). Bu kavramsal yanlış, öğrencilerin gazları kütleli olarak düşünüp madde olarak algılayamamalarıyla ilişkili olabilir (Stavy, 1990). Ayrıca, maddenin fiziksel özellikleri maddeyi oluşturan taneciklerin ortak davranışı olmasına rağmen bazı öğrenciler renk, koku, sertlik, sıcaklık gibi fiziksel özellikleri maddenin her bir taneciğinin de gösterdiğine ilişkin kavram yanlışlığı geliştirebilmektedir. Örneğin; Ayas vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, üniversite öğrencilerinin %25'i ve lise öğrencilerinin de %48'i suyun içerisine damlatılan mükembin su moleküllerinin rengini mavime dönüştürdüğünü belirtmişlerdir.

Katı ve sıvı tanecikleri birbirlerine oldukça yakın, gaz tanecikleri ise birbirinden oldukça uzakta bulunmaktadır. Ancak araştırmaların bulguları, öğrencilerin katı taneciklerini birbiriyle temas halinde gösterirken, sıvı taneciklerini birbirinden bir tanecik uzakta, gaz taneciklerini ise birbirinden üç-dört tanecik uzakta gösterdiklerini tespit etmiştir (Adadan vd., 2010; Adbo ve Taber, 2009; Harrison ve Treagust, 2002). Oysaki katı, sıvı ve gaz tanecikleri arasındaki uzaklığı yansıtan bu gösterimler bilimsel kabul gören göreceli 1:1:10 uzaklık oranı ile çalışmaktadır. Tanecikler arasındaki uzaklığa ilişkin bu kavram yanlışlığının fen/kimya ders kitaplarındaki saptırılmış gösterimlerden kaynaklandığı ve öğretmenlerin de bu gösterimleri farkında olmadan öğretim esnasında kullanmaları durumunda muhtemel kavram yanlışlığını pekiştirdiği savunulmaktadır (Adbo ve Taber, 2009; Harrison ve Treagust, 2002).

Katı, sıvı veya gaz olmasına bakılmaksızın, maddenin tanecikleri sürekli hareket ediyor. Fakat öğrenciler sıklıkla katı taneciklerini durağan, sıvı ve gaz taneciklerini ise hareketli olarak algılamaktadırlar (örneğin; Boz, 2006; Adbo ve Taber, 2009; Pozo ve Gomèz-Crespo, 2005). Hâlbuki katı tanecikleri düzenli olarak dizilmiş olup sürekli olarak aynı yerde titreşim hareketi yaparken, sıvı ve gaz tanecikleri rastgele dağılmış olup bir yerden diğer bir yere hareket edebilmektedirler. Araştırmaların bulguları, sınıf seviyesi ilerledikçe katı taneciklerinin hareketsiz olarak algılanma sıklığının azaldığını göstermiş olsa da, Pozo ve Gomèz-Crespo'nun çalışmasında, üniversite öğrencilerinin %40'ının hâlâ benzer kavramsal yanlışlığa sahip oldukları bulunmuştur.

Talanquer (2009) önemli oranda lise ve üniversite öğrencisinin maddenin tanecikleri arasındaki elektrostatik kuvvetlerin kökenine, fiziksel ve kimyasal değişimde oynadıkları role ilişkin algıya sahip olmadıklarını belirtmiştir. Benzer şekilde, Liu ve Lesniak (2005) tarafından yapılan çalışmanın bulguları da maddedeki değişimin, elektrostatik kuvvetlerdeki değişimin kullanılarak açıklanması ve tahmin edilmesinin, maddeye ilişkin en üst-seviyede kavramsal anlama geliştirilmesi ile mümkün olabileceğini göstermiştir. Liu ve Lesniak, bu seviyede bir anlamının üniversitede ileri düzeyde kimya öğrenene kadar gerçekleşemeyeceğini iddia etmişlerdir. Diğer çalışmaların (Adadan vd., 2009; Boz, 2006; Johnson, 1998) bulguları da bu savı doğrular nitelikte olup, değişik yaş gruplarından lise öğrencilerinin %60-70'inin ya tanecikler arasındaki elektrostatik kuvvetlere ilişkin kavram yanlışlığına sahip oldukları ya da maddedeki değişimleri elektrostatik kuvvetlerdeki değişimle ilişkilendiremedikleri görülmüştür.

Kimya Öğretiminde Modeller ve Çoklu Gösterimlerin Rolü

Modeller, bilimin ana ürünü olduğu gibi bilimsel metodun da en önemli elementlerinden biridir (Gilbert ve Boulter, 2000). Modeller fen eğitiminde de başlıca öğrenme ve öğretme aracı olarak kullanılmaktadır. Öğretmenler, modelleri soyut ve karmaşık fen kavramlarını açıklamak ve öğrencilerin bu kavramlara ilişkin bilimsel kabul gören zihinsel modeller geliştirmelerini sağlamak için kullanılmaktadırlar (Gobert ve Buckley, 2000). Birçok fen kavramının (örneğin; atomlar, genler, tektonik hareketler vb.) açıklanması ve betimlenmesi çoklu model kullanımını gerektirmektedir. Özellikle son derece soyut ve gözlenemeyen olay veya varlıkların (örneğin; kimyasal reaksiyonlar, atomlar, moleküller veya bağlar) açıklanmasında çoklu modellerin kullanılması kaçınılmazdır (Kozma ve Russell, 1997). Çünkü her bir model hedef kavramın farklı bir özelliği ile ilgili detayı sunabilmektedir (Ainsworth, 1999). Bu doğrultuda kimya biliminde ve kimya öğretiminde, fiziksel veya kimyasal olaylar makroskobik (gözlemlenebilir seviye, örneğin; demir parçası), altmikroskobik (gözlemlenemeyen tanecik seviye, örneğin; demir atomları) ve sembolik (örneğin; Fe_(s)) olmak üzere üç ayrı seviyede gösterilmektedir (Johnstone, 1982). Yapılan araştırmalar, öğrencilerin incelenen natürel olayı veya bilimsel kavramı üç ayrı seviyede gösterebilmelerinin ve seviyeler arasında geçişler yapabilmelerinin kimya kavramlarını öğrenmelerini kolaylaştırdığını göstermiştir (Adadan vd., 2009; Kozma ve Russell, 1997).

Araştırmacılar, modelleme etkinliklerinin kavramsal öğrenmeye veya süreç becerilerinin gelişmesine dönüşmesinin; ancak öğrencilerin modellerin doğasını, amacını ve nasıl yapılandıklarını anlamalarıyla mümkün olabileceğini belirtmişlerdir (Treagust vd., 2002). Bilimsel modellerin doğasına ilişkin bilginin kavramsal bilgiden ayrıştırılması oldukça zor olsa da yapılan ampirik çalışmalar öğrencilerin modellerin doğasını anlama düzeylerinin önemli ölçüde kavramsal anlama (alan bilgisi) düzeyleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Gobert vd., 2010; Schwarz ve White, 2005; Sins vd., 2009). Bu çalışmaların her birinde öğrencilerin model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde bilimsel modellerin doğasını anlamalarıyla kavramsal anlamaları arasında herhangi bir ilişki gözlenmemiştir. Ancak model-tabanlı

öğrenme ortamına katılımları sonrasında yapılan değerlendirmelerde, modellerin doğasını anlamaları bakımından ileri seviyede olan öğrencilerin aynı zamanda kavramsal anlamalarının da üst düzeyde olduğu ve öğrendikleri kavramları veya üzerinde çalıştıkları görevleri bilişsel olarak daha derinlemesine işledikleri gözlenmiştir (Gobert vd., 2010; Schwarz ve White, 2005; Sins vd., 2009).

Çoklu Modeller/Gösterimler ile Öğrenmenin Bilişsel Teorisi

Mayer'in (2009) geliştirdiği çoklu model/gösterimlerle ilgili öğrenme teorisi (Cognitive Theory of Multimedia Learning) üç ilkeye dayanmaktadır: Bunlar ikili kodlama, sınırlı kapasite ve etkin işlemedir. Değişik kaynaklardan *sözler* (sözlü veya yazılı) ve *resimler* (örneğin; fiziksel veya kimyasal olayların tanecik seviyesinde dinamik veya statik olarak resimlerle modellenmesi) aracılığıyla öğrenciye ulaşan bilgiler gözler ve kulaklar tarafından fark edilmektedir. Gelen sözler ve resimler seçilerek kaydedilir ve kısa süreli belleğe görsel veya işitsel kanal tarafından işlenmesi için iletilir. Öğrenci seçilen sözler ve resimleri ya direkt sözel ve görsel gösterim olarak etkin biçimde ilgili kanalda işleyerek düzenler ya da bir formdaki gösterimi diğer bir gösterime dönüştürerek farklı bir kanalda işlenip düzenlenmesini sağlar. Bu seçme ve düzenleme döngüsünün birçok kez tekrarından sonra, öğrenci incelenen fiziksel olay veya bilimsel kavrama ilişkin *sözel ve/veya görsel* zihinsel model oluşturur. Öğrenci daha sonra aynı kavram veya olaya ilişkin oluşturduğu sözel ve görsel zihinsel modelleri eşleştirerek aralarında ima yollu ve mantıklı bağlantılar kurar. Öğrenci aynı zamanda oluşturulan bu sözel ve görsel zihinsel modelleri uzun süreli bellekte bulunan önceki bilgileriyle uygun biçimde birleştirip bütünleştirir.

YÖNTEM

Bu çalışmada karma araştırma metodu kullanılmıştır (Johnson ve Onwuegbuzie, 2004). Çalışma yarı deneysel öntest-sontest karşılaştırmalı grup deseni kullanılarak tasarlanmış olup (Campbell ve Stanley, 1963), hem nicel hem de nitel veri toplama ve analiz yöntemleri kullanılmıştır. Seçilen araştırma deseni, öntestte MTY kavramını anlamaları bakımından farklılaşan iki grubun MTY kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamalarındaki değişimin MTY kavramını öğretmek üzere tasarlanmış olan model-tabanlı öğrenme ortamı bağlamında karşılaştırılmasına fırsat vermektedir.

Araştırma Bağlamı ve Katılımcılar

Bu çalışmanın potansiyel katılımcıları beş yıllık Kimya Eğitimi programının 3. sınıfındaki öğrenciler için sonbahar dönemlerinde açılan "Kimya Eğitimi Laboratuvar Uygulamaları" dersini alan öğrencilerden oluşmuştur. Ardışık iki yılda sonbahar dönemlerinde bu dersi alan 47 öğrenciden 40'ı bu çalışmaya katılmıştır.

Çalışmaya katılan 40 kimya öğretmen adayının 28'i kız ve 12'si erkek öğrencilerden oluşmaktadır. Katılımcıların başarı ile tamamlamış oldukları toplam kimya dersi kredileri 13 ile 34 yarıyıl saati arasında değişmekte olup, ortalama olarak 19,3'tür. Bütün katılımcılar, üniversite birinci yıl "Genel Kimya" derslerini tamamlamışlardır. Ayrıca, katılımcıların yarısından fazlası (63%) ileri düzey kimya derslerini de (analitik kimya ve anorganik kimya) tamamlamışlardır.

Veri analizi sırasında, çalışmaya katılan 40 kimya öğretmen adayının model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesi öntest olarak uygulanmış olan "Maddenin Tanecikli Yapısı-Tanı Soruları (MTY-TS)" ölçeğindeki toplam skorları göz önünde bulundurularak alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (bakınız Veri Analizi). Alt-seviye MTY grubu 22 (16 kız; 6 erkek) ve üst-seviye MTY grubu 18 (12 kız; 6 erkek) katılımcıdan oluşmuştur.

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği ders, kimya öğretmen adaylarının farklı kimya konuları ile ilgili kavram yanlışlarını gidererek, kimya alan bilgilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, öğrenciler ilgili konularla (örneğin, maddenin tanecikli yapısı; kimyasal bağlar; çözeltiler vb.) ilintili kavram yanlışlarını direkt hedefleyen değişik seviyelerdeki araştırma-tabanlı öğretim (Tahmin Et-Gözle-Açıkla, Yönlendirilmiş, Açık Uçlu) veya model-tabanlı öğrenme etkinliklerine katılarak alan bilgilerini geliştirirken; ayrıca hem araştırma-tabanlı öğretim ortamını hem de model-tabanlı öğrenme ortamını ve bu yöntemlerin uygulamasını ilk elden deneyimleme fırsatı bulmaktadırlar.

Veri Toplama

Araştırma sorularını cevaplayabilmek için nicel ve nitel veriler, iki ayrı ölçek kullanılarak, ardışık iki yılda (2012-2013) sonbahar dönemlerinde toplanmıştır. Her bir ölçek, kimya öğretmen adaylarının 12 ders saati süren model-tabanlı öğrenme ortamına katılımlarından bir hafta önce ve bir hafta sonra öntest ve sontest olarak uygulanmıştır. Her bir ölçeğin özellikleri takip eden paragraflarda açıklanacaktır.

Katılımcıların bilimsel modeller ile ilgili görüşlerini değerlendirmek için Treagust vd. (2002) tarafından geliştirilen ve daha sonra Güneş vd. (2004) tarafından Türkçe'ye çevrilen "Students' Understanding of Models in Science (SUMS)-Öğrencilerin Bilimsel Modeller ile İlgili Görüşleri" isimli 27 maddelik beş seçenekli likert-tip ölçek kullanılmıştır. Katılımcıların her bir maddeyi, kendi görüşlerini yansıtacak şekilde (1) Kesinlikle katılmıyorum, (2) Katılmıyorum, (3) Emin değilim, (4) Katılıyorum, (5) Kesinlikle katılıyorum derecelendirme aralığında değerlendirmeleri istenmiştir. Treagust vd. (2002) doğrulayıcı faktör analiziyle 27 maddelik SUMS ölçeğinde beş alt boyut saptamışlardır. Her bir boyut bilimsel modellerin özellikleri ile ilgili bir temayı içermektedir, örneğin: (1) Çoklu Temsiller Olarak Modeller [ÇTM; 8 madde], (2) Tam Bir Kopya Olarak Modeller [TKM; 8 madde], (3) Açıklayıcı Araçlar Olarak Modeller [AAM; 5 madde], (4) Bilimsel Modellerin Kullanımı [BMK; 3 madde], (5) Bilimsel Modellerin Yapısının Değişimi [BMD; 3 madde]. Treagust vd. (2002) SUMS ölçeğinin alt boyutlarının Cronbach alpha güvenirlik katsayısı değerlerinin 0.71 ve 0.84 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Rapor edilen bu değerlerle uyumlu olarak, bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda Cronbach alpha güvenirlik katsayısı öntest ve sontestte ölçeğin bütünü için hesaplandığında 0.711 (öntest) ve 0.807 (sontest) olarak bulunmuştur. Kabul edilebilir Cronbach alpha güvenirlik katsayısının 0.70 ve üzeri olduğu düşünüldüğünde (Nunnally, 1978), bulunan bu değerler çalışmada kullanılan ölçeğin (SUMS ölçeğinin Türkçe çevirisi [Güneş vd., 2004]) yeterli derecede güvenilir olduğunu işaret etmektedir.

Çalışmada kullanılan bir diğer veri toplama aracı ise açık uçlu 10 sorudan oluşan "Maddenin Tanecikli Yapısı-Tanı Soruları (MTY-TS)" ölçeğidir. Bu ölçek, katılımcıların MTY kavramını anlamalarını değerlendirmek için değişik çalışmalarda aynı amaç için kullanılan sorulardan seçilerek hazırlanmıştır (Adadan vd., 2010; Johnson ve Papageorgiou, 2010; Tsitsipis vd., 2010). Soruların MTY kavramını oluşturan 6 alt-kavramı, maddenin üç hali (katı, sıvı ve gaz) için ölçekbilmesine dikkat edilmiştir. Bu alt kavramlar şunlardır: Maddenin taneciklerden oluşması, madde taneciklerinin dizilimi ve aralarındaki uzaklık, madde taneciklerinin hareketi, madde taneciklerini elektrostatik kuvvetlerin bir arada tutması, maddenin fiziksel özelliklerinin (renk, koku, sertlik) maddeyi oluşturan taneciklerin ortak davranışı olması ve madde taneciklerinin vakum ortamda bulunması (bir başka deyişle; madde tanecikleri arasında hiçbir şey olmaması). Açık uçlu 10 sorudan 6'sı tek bir MTY alt-kavramını sorgularken, diğer 4 sorunun her birinde katılımcılardan birden fazla MTY alt-kavramını kullanarak bir olayı (erime, buharlaşma, yoğunlaşma ve genleşme) altmikroskopik seviyede açıklamaları beklenmiştir. Ölçeğin içerik geçerliliği ilgili konuda uzman dört kişilik akademisyen grubu tarafından sağlanmıştır. Tablo1'de ölçeği oluşturan her bir sorunun hangi bağlamda nasıl sorulduğu görülmektedir. MTY-TS ölçeğinden örnek 2 soru Ek1'de görülebilir.

Maddenin tanecikli yapısı kavramını oluşturan her bir alt-kavram, MTY-TS ölçeğinde maddenin üç fiziksel hali için en az iki kez, farklı bağlamlarda sorulmuştur. Bunun amacı, katılımcıların cevaplarının sorunun bağlamına göre değişmediğinden emin olmaktır (Adadan vd., 2010). Ayrıca, önceki çalışmaların bulguları, görsel çizimlerin öğrencilerin soyut kavramları (örneğin, MTY) anlamaları ile ilgili detaylı bilgi sağladığını göstermiştir (örneğin, Atasoy vd., 2007; Dove vd., 1999). Bu bulgu ışığında, ölçekteki 10 sorudan 4'ünde, katılımcıların verilen fiziksel olayı altmikroskopik seviyede hem görsel olarak çizimleri hem de sözel olarak açıklamaları beklenmiştir.

Veri Analizi

Bilgi öğrenenlerin zihninde kavramların anlamlı olarak ilişkilendirilip, organize edilmeleriyle yapıların düşüncesinden yola çıkarak (Taber, 2008), öğrencilerin MTY-TS ölçeğindeki açık uçlu her bir soruya verdikleri cevaplar MTY alt-kavramlarına (anlamlı kavramsal birimlere ayrılmış) ayrılmıştır. Her bir birim için verdikleri bilimsel kabul gören cevaplar "1", kavram yanılgısı içeren, konuyla ilişkisiz ya da boş cevaplar "0" olarak bu çalışma için oluşturulan kodlama tablosuna kaydedilmiştir. Ek2'de katılımcıların MTY-TS ölçeğine vermiş oldukları cevapları kodlamak için geliştirilen tablo görülebilir. Katılımcıların

MTY-TS ölçeğindeki cevaplarının karşılaştırıldığı bilimsel kabul gören MTY alt-kavram kriterleri Tablo2’de gösterilmektedir. Ek2’deki tablodan da anlaşılacağı gibi her soru eşit sayıda anlamlı birimden oluşmamaktadır. Bu nedenle her bir sorunun ağırlıklı puanı farklı olup 1 ile 4 arasında değişmektedir. Örneğin, MTY-TS ölçeğindeki 1. soru, madde taneciklerden oluşur alt-kavramını ölçmektedir ve bu soruyla katılımcılardan, demir parçasının, toz şeker kristalinin, suyun ve oksijen gazının, altmikroskopik seviyede nasıl görülebileceğini çizmeleri beklenmektedir. Katılımcıların verilen her bir maddeyi tanecikli yapıda göstermeleri durumunda “1” puan atanmıştır ve bu soru, 4 ayrı

Table1. Soruların İçeriği ve Bağlamı

Soru	Gösterim Biçimi	Soruların İçeriği ve Bağlamı
1	Görsel	Katılımcılardan, verilen dört ayrı maddenin yapısını (demir parçası, toz şeker, bir bardak su ve balonun içerisindeki oksijen) güçlü bir büyüteçle gözlemleyebildiklerini varsayarak, her bir maddenin içerisinde neler olduğunu düşünceleri ve her birinin yapısının nasıl görüneceğini verilen büyüteç resimlerinin üzerine çizmeleri istenmiştir.
2	Sözel	"Demir (katı), su (sıvı) ve oksijen (gaz) oda sıcaklığında farklı fiziksel hallerde bulunurlar" bilgisi sağlanmış ve katılımcılardan, üç farklı maddenin oda sıcaklığında neden üç ayrı fiziksel halde bulduklarını sözel olarak açıklamaları istenmiştir.
3	Sözel	Katılımcılardan, şekerin, suyun ve oksijenin yapısını güçlü bir büyüteçle gözlemleyebildiklerini varsayarak, her bir maddeye büyüteçle belli bir süre bakılması durumunda görülecek resmin donmuş olup olmayacağı ile ilgili görüşlerini sözel olarak açıklamaları istenmiştir.
4	Sözel	Katılımcılardan, balondaki oksijenin, bir damla suyun ve bir toz şeker kristalinin yapısını güçlü bir büyüteçle gözlemleyebildiklerini varsayarak, her bir maddenin tanecikleri arasında ne gözlemleyeceklerini açıklamaları istenmiştir.
5	Sözel	Katılımcılardan, bir parça buzdan, bir bardak sudan ve bir miktar su buharından ayrı ayrı birer molekül ayırabilmiş olmaları durumunda, her bir molekülün fiziksel halini belirleyip belirleyemeyeceklerini açıklamaları istenmiştir.
6	Sözel	Katılımcılardan, toz şekerden, sudan ve oksijenden birer molekül ayırabilmiş olmaları durumunda, her bir molekülün fiziksel halini ve rengini belirleyip belirleyemeyeceklerini açıklamaları istenmiştir.
7	Sözel Görsel	Katılımcılardan, erime olayında katıdan sıvıya dönüşümü tanecik seviyesinde görsel olarak çizmeleri ve erime olayı gerçekleşirken tanecik seviyesinde neler olduğunu sözel olarak açıklamaları istenmiştir.
8	Sözel Görsel	Katılımcılardan, havanın yoğunlaşması olayında gazdan sıvıya dönüşümü tanecik seviyesinde görsel olarak çizmeleri ve sözel olarak açıklamaları istenmiştir.
9	Sözel Görsel	Katılımcılardan, buharlaşma olayında sıvıdan gaza dönüşümü tanecik seviyesinde görsel olarak çizmeleri ve sözel olarak açıklamaları istenmiştir.
10	Sözel	Katılımcılardan, elektrik tellerinin kışın gergin olmaları, yazın ise sarkmaları olayını tanecik seviyesinde sözel olarak açıklamaları istenmiştir.

anlamlı birimden oluştuğu için ağırlıklı toplam puanı 4’tür. Bu doğrultuda, MTY-TS ölçeğinden elde edilebilecek minimum ve maksimum puanlar 0 ile 30 arasında değişmektedir. Katılımcıların ön-MTY-TS ve son-MTY-TS’deki toplam puanlarının yanı sıra 6 ayrı MTY alt-kavramı için de puanları hesaplanmıştır. Örneğin, Ek2’deki kodlama tablosuna bakıldığında, katılımcıların maddenin taneciklerini elektrostatik kuvvetler bir arada tutar (ESK) MTY alt-kavramını 4 ayrı soruda toplam 6 kez kullanabilmeleri

gerekmektedir. Dolayısıyla 4 ayrı soruda verilen cevapların tümünün “1” olarak kodlanması durumunda, bu MTY alt-kavramı (ESK) için katılımcının toplam puanı 6 olarak hesaplanmıştır.

Katılımcıların SUMS ölçeğindeki her bir madde için 1 ile 5 arasındaki değerlendirmeleri de sayısal veriye dönüştürülerek istatistiksel analize hazır hale getirilmiştir.

Birinci araştırma sorusunu cevaplandırmak için 40 kimya öğretmeni adayının model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde ve sonrasında MTY-TS ölçeğindeki sorulara vermiş oldukları cevaplardan elde edilen toplam sayısal puanlar ve her bir MTY alt-kavramı için elde edilen puanları kullanılarak eşleştirilmiş grup t-testiyle öntestten son teste katılımcıların MTY kavramını anlamalarında anlamlı bir değişiklik olup olmadığı test edilmiştir. İkinci araştırma sorusu için de aynı istatistiksel test kullanılmış olup, katılımcıların SUMS ölçeğine vermiş oldukları cevaplardan elde edilen toplam puanlar kullanılarak öntestten son teste katılımcıların bilimsel modellerin doğasını anlamalarında bir değişiklik olup olmadığı saptanmıştır.

Tablo 2. MTY-TS Ölçeği Cevaplarının Bilimsel Kabul Gören Kodlama Kriterleri

Kodlar	Kriterler
TN	Madde çok sayıda taneciklerden oluşur.
DUZ	Katıların tanecikleri düzenli bir şekilde dizilir; fakat sıvıların ve gazların tanecikleri ise gelişigüzel dağılır. Katıların ve sıvıların tanecikleri birbirine çok yakın olup aralarındaki uzaklık yok denecek kadar azdır; fakat gazların tanecikleri arasındaki uzaklık oldukça büyüktür.
HR	Katıların tanecikleri buldukları yerde titreşim hareketi yaparken, sıvıların tanecikleri katılara göre daha hızlı hareket edip gelişigüzel dağılabiliyor olmalarına rağmen hâlâ bir arada bulunurlar. Gazların tanecikleri ise sıvılara göre hem daha hızlı hem de serbestçe her yöne dağılabilir ve birbirinden uzaklaşabilirler.
ESK	Oda sıcaklığında, katı ve sıvıları oluşturan taneciklerin bir arada bulunmasını sağlayan güçlü elektrostatik kuvvetler vardır, buna karşılık gazların tanecikleri arasında çok zayıf elektrostatik kuvvetler vardır.
VK	Katıların, sıvıların ve gazların tanecikleri vakum ortamda bulunur (tanecikler arasında hiçbir şey yoktur).
KL	Maddelerin fiziksel özellikleri (bulunduğu faz, renk, koku, iletkenlik, vb.), maddeyi oluşturan taneciklerin ortak(kolektif) davranışlarıdır.

Üçüncü araştırma sorusu için katılımcıların ön-MTY-TS'deki toplam puanları sıralanarak 40 kişilik katılımcı grubun medyan puanı 11 olarak bulunmuştur. Katılımcılardan 11 ve altında puana sahip olanlar “alt-seviye MTY” grubunu, medyan puanın üzerinde puana sahip olanlar ise “üst-seviye MTY” grubunu oluşturmuştur. Daha sonra iki grubun son-MTY-TS'deki toplam puanlarının sıralama ortalamaları non-parametrik Wilcoxon-Mann-Whitney testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Dördüncü araştırma sorusu için alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY gruplarının ön-SUMS ve son-SUMS toplam puanları için elde edilen sıralama ortalamaları Wilcoxon-Mann-Whitney testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Katılımcıların %50'sinin MTY-TS ölçeğine öntestte ve son testte verdikleri cevaplar gelişigüzel seçilerek araştırmacı ve bir yüksek lisans öğrencisi tarafından ayrı ayrı Ek2'deki kodlama tablosu kullanılarak kodlanmıştır. İki puanlayıcının her sorudaki her bir kavramsal birim için yapmış oldukları puanlamalar arasındaki uyum Cohen's Kappa katsayısı hesaplanarak belirlenmiştir. Öntest için $\kappa=0.835$ ve son test için $\kappa=0.823$ değerleri bulunmuştur. Belirlenen bu katsayılar iki puanlayıcı arasındaki uyumun “mükemmel” olduğunu göstermektedir (Altman, 1991, s. 404).

Model-tabanlı Öğrenme Ortamının Kuramsal ve Uygulama Çerçevesi

Model-tabanlı öğrenme ortamı, öğrencilerin fen öğrenmesi üzerine yapılmış birçok çalışma sonucunda ortaya konan fen öğretimi ile ilgili öneriler doğrultusunda tasarlanmış olup geleneksel öğretim yöntemlerinden (düz anlatım, soru-cevap) ayrılmaktadır (bakınız Kozma, 2003; Schwarz ve White, 2005; Stevens vd., 2010; Tasker ve Dalton 2006; Thomas, 2013; Vosniadou vd., 2001). Yukarıda belirtilen 6 ayrı

MTY alt-kavramının üç fiziksel halde öğrenilmesini ve model ve modelleme sürecinin deneyimlenmesini hedefleyen, 11 farklı etkinliğin olduğu model-tabanlı öğrenme süreci 12 ders saati sürmüştür. Tablo3 model-tabanlı öğrenme ortamında uygulanan etkinliklerin sıralamasını, her birinin hangi MTY alt-kavramını öğretmeyi hedeflediğini ve her bir etkinlik sürecinde kullanılan öğretim yöntemlerini uygulama sırasına göre göstermektedir.

MTY kavramının öğretilmesinde, öğrencilerin makroskobik seviyede gözlemledikleri fiziksel olaylarla ilgili altmikroskobik seviyede tahminlerde bulunarak açıklamalar getirmelerine ve altmikroskobik seviyedeki açıklamalarını yansıtan tanecik modelleri geliştirmelerine fırsat verilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Stevens vd., 2010). Aynı zamanda öğrencilerin işbirliği ve fikir paylaşımının teşvik edilmesi gerektiğine dikkat çekilmektedir. (Kozma, 2003; Vosniadou vd., 2001). Bu tür öğrenme ortamlarını öğretmen adaylarının kendi sınıflarında oluşturabilmeleri için öncelikle kendilerinin benzer ortamları deneyimlemeleri önemli görülmektedir (Windschitl, 2004). Bu bilgiler ışığında, katılımcılar MTY kavramının öğrenilmesi için tasarlanan 11 farklı fiziksel olayla ilgili tahminlerde bulundular, gözlemler yaptılar, çıkarımlarda bulundular ve gözlemleri doğrultusunda altmikroskobik seviyede neler olduğunu sorgulayarak açıklamalar getirmeye çalıştılar. Bu süreçte katılımcılar 4'lü gruplar halinde çalışarak fikirlerini grup arkadaşları ile paylaştılar. Gruplardan, grubun ortak görüşünü yansıtacak şekilde, her bir fiziksel olay için gözlemlenebilir seviyede toplamış oldukları veriler ışığında altmikroskobik seviyede neler olduğunu belirten sözel bir açıklama ve görsel bir çizim (tanecik modeli) geliştirmeleri beklendi. Daha sonra gruplar sözel açıklamalarını ve görsel çizimlerini diğer gruplarla paylaştılar. Bu paylaşımlar esnasında grupların açıklamalarının ve gösterimlerinin ne ifade ettiğinin netleştirilmesi için ders öğretmeni tarafından gerektiğinde sorular soruldu. Daha sonra tüm öğrencilerin dâhil olduğu tartışma ortamı sağlanarak grupların ortak görüşünü yansıtan bir sözel açıklama ve paylaşılan görsel gösterimler arasından ilgili olayı en iyi yansıtan tanecik modeli belirlenmiştir.

Vosniadou vd. (2001) fen öğretimi esnasında modellerin kullanılmasının kavramsal değişimi gerçekleştirmede önemli rol oynadığını savunmuşlardır. Bu bilgi ışığında, katılımcılara 2. etkinlikten sonra madde taneciklerinin katı, sıvı ve gaz haldeki dizilişleri ve uzaklıklarını gösteren tanecik modellerinin olduğu kâğıtlar verilmiştir ve katılımcılar tanecik modelleri çizerlerken bu modelleri kaynak olarak kullanmışlardır. Bunun yanında, tanecik modeli çizimleri tamamlanıp tüm gruplar ortak bir model üzerinde hemfikir olduktan sonra, katılımcılar üç ayrı fiziksel olay için internet ortamında mevcut olan altmikroskobik seviyedeki dinamik animasyon gösterimlerini izleme fırsatı buldular (bakınız Tablo3). Animasyon klipleri ikiye kez gösterilmiş olup her defasında katılımcıların belli durumlara dikkat etmeleri beklenmiştir. Daha sonra izlemiş oldukları animasyon gösterimleri ile kendi çizimlerini karşılaştırıp benzerlik ve farklılıkları tespit ederek, gerektiğinde çizimlerinde değişiklikler yapmaları istenmiştir (Tasker ve Dalton, 2006).

Sözlü ve yazılı iletişim, bilimin doğasının önemli öğelerinden biridir ve öğrencilerin de benzer becerileri geliştirmelerinin kavramsal anlamalarına olduğu kadar bilimsel okuryazarlıklarının da gelişmesine katkı sağladığı savunulmaktadır (Prain, 2006). Bu çalışmadaki katılımcılara da her etkinlik için üzerinde açık uçlu soruların ve yönergelerin bulunduğu etkinlik yaprakları verilmiştir. Katılımcılar grup olarak çalışmış ve fikirlerini paylaşmış olsalar da, bu etkinlik yapraklarındaki sorulara kendilerinin paylaşımlar sonucundaki anlamalarını yansıtan cevaplarını bireysel olarak yazmaları beklenmiştir. Ayrıca, katılımcıların üstbilgisel düşüncelerini üstü kapalı olarak da olsa teşvik edebilmek için her etkinliğin sonunda etkinlik öncesi kavramsal bilgileri ile etkinlik sonrası kavramsal bilgilerini karşılaştırmaları ve etkinlik sürecinde anlamakta zorlandıkları ve onları şaşırtan durumları paylaşacakları iki satır aralıklı ve maksimum iki sayfayı geçmeyecek şekilde günlük yazmaları istenmiştir (Thomas, 2013). Katılımcılar etkinlik yaprakları ve günlüklerini teslim eder etmez, bu dokümanlar okunarak kendilerine bireysel dönütler verilmiştir. Bu dokümanların birer kopyası da ek veri olarak toplanmış; fakat veri analizinde kullanılmamıştır.

Araştırmacının Rolü

Araştırmacı, ardışık iki yılda sonbahar döneminde gerçekleşen çalışmada "katılımcı gözlemci" rolünü üstlenerek (Glesne, 1999), hem dersin öğretmeni olarak MTY kavramının öğretilmesi için tasarlanan model-tabanlı öğrenme ortamının oluşturulması ve etkinliklerin uygulanmasını sağlamış hem de araştırma verilerini toplamıştır. Model-tabanlı öğrenme ortamının iki yılda da aynı şekilde

uygulanabilmesi için her uygulamada her ders saati için saha notları tutulmuş ve ikinci uygulamada ilk yıl alınan notlarla sık sık karşılaştırılarak uygulamanın ikinci yılda da aynı şekilde uygulanması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, araştırmacı rolünün öğretmen rolünü herhangi bir yönde önyargı oluşturarak etkilemesini önleyebilmek için iki yıllık süre içerisinde tüm veriler toplanana değin veri analizi yapılmamıştır.

Tablo3. Model-Tabanlı Öğrenme Ortamı Etkinlikleri ve Uygulamada Kullanılan Öğretim Yaklaşımları

MTY Alt-kavramları	Etkinlikler	Öğretim Yaklaşımları
Maddenin taneciklerden oluşması (TN)	<i>Etkinlik 1a:</i> Katı haldeki oda parfümü kutusunun kapağı önce açılıp ve daha sonra kapatılınca neler olduğunu gözlemlemek.	Olayı gözlemlemek ve gözlemleri grup içinde tartışmak Tanecik seviyesinde görsel gösterim çizmek
Maddenin taneciklerini elektrostatik kuvvetlerin bir arada tutması (ESK)	<i>Etkinlik 1b:</i> İki parça pamuğun biri suya diğeri alkole batırılarak sınıf tahtasında oluşturulan 2-3 cm kalınlığında ve eşit uzunluktaki su ve alkol şeritlerinin buharlaşmasını gözlemlemek.	Tanecik seviyesinde açıklama yapmak Sınıf içi tartışma yapmak En iyi görsel gösterim ve sözel açıklamayı belirlemek Günlük yazmak
Maddenin taneciklerinin dizilimi ve aralarındaki uzaklık (DUZ)	<i>Etkinlik 2a:</i> Üç ayrı plastik şırınga üç ayrı madde ile (sofra tuzu, su ve hava) yarısına kadar doldurulup, ağzı (iğne olmadan) kapatılıyor. Şırıngaların içerisindeki maddeler pistonla iterek sıkıştırılırken neler olduğunu gözlemlemek.	Olayı gözlemlemek ve gözlemleri grup içinde tartışmak Tanecik seviyesinde görsel gösterim çizmek Tanecik seviyesinde açıklama yapmak
Maddenin taneciklerinin vakum ortamda bulunması (VK)	<i>Etkinlik 2b:</i> 100mL su ve 100mL etilalkolün karıştırılmasıyla gözlemlenecek olan hacim azalmasını, iki sıvıyı karıştırmadan önce tahmin etmek ve gözlem sonrası açıklamak.	Sınıf içi tartışma yapmak En iyi görsel gösterim ve sözel açıklamayı belirlemek Gözlemlenen olayı günlük hayattaki başka bir olaya benzetmek (<i>sadece Etkinlik 2b</i>) Günlük yazmak

MTY Alt-kavramları	Etkinlikler	Öğretim Yaklaşımları
Maddenin taneciklerinin sürekli hareket etmesi (HR)	<i>Etkinlik 3a:</i> Oda sıcaklığındaki suda gıda boyasının dağılımını karıştırmadan gözlemlemek. <i>Etkinlik 3b:</i> Parfüm (deodorant) kokusunun havada dağılımını gözlemlemek.	Olayı gözlemlemek ve gözlemleri grup içinde tartışmak Tanecik seviyesinde görsel gösterim çizmek Tanecik seviyesinde açıklama yapmak Sınıf içi tartışma yapmak En iyi görsel gösterim ve sözel açıklamayı belirlemek Maddenin taneciklerinin katı, sıvı ve gaz haldeki dinamik hareketlerini gösteren animasyon izlemek Günlük yazmak
Maddenin taneciklerinin sürekli hareket etmesi (HR)	<i>Etkinlik 4a:</i> Sıcak su ve soğuk suyun içerisinde gıda boyasının dağılımını karıştırmadan gözlemlemek. <i>Etkinlik 4b:</i> İki ayrı dereceli silindirde bulunan sıcak su (80-90°C) ve soğuk suyun soğumasını yarım saat süre ile aralıklarla gözlemlemek.	Olayı gözlemlemek ve gözlemleri grup içinde tartışmak Tanecik seviyesinde açıklama yapmak Sınıf içi tartışma yapmak Günlük yazmak
Maddenin taneciklerini elektrostatik kuvvetlerin bir arada tutması (ESK) Fiziksel özelliklerin (renk koku vb.) maddenin taneciklerinin ortak davranışı olması (KL)	<i>Etkinlik 5a:</i> Değişik katıların (örneğin buz, margarin, mum, sofr tuzu, mentol ve vanilin) erimesini gözlemlemek. <i>Etkinlik 5b:</i> "Bakır parçasından bir atom ayrılması durumunda, atomun rengi ile ilgili ne söyleyebilirsiniz?" sorusunu kavramsal olarak tartışmak.	Olayı gözlemlemek ve gözlemleri grup içinde tartışmak Tanecik seviyesinde görsel gösterim çizmek Tanecik seviyesinde açıklama yapmak Sınıf içi tartışma yapmak En iyi görsel gösterim ve sözel açıklamayı belirlemek Günlük yazmak

BULGULAR

Araştırma Sorusu 1a: Kimya öğretmen adaylarının MTY kavramını anlamaları öntestten sonteste fark edilir ölçüde değişmiş midir?

Tablo4'te görüldüğü üzere, MTY-TS ölçeği toplam puanları aritmetik öntest-sontest ortalamalarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan eşleştirilmiş grup t-testi sonucunda, öntest-sontest ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($t=18.962$; $p<.01$). Bu sonuç, katılımcıların öntestten sonteste MTY kavramını anlamalarında fark edilir bir değişme ve gelişme olduğunu işaret etmektedir.

Tablo4. MTY-TS Ölçeği Öntest-Sontest Ortalamalarına İlişkin Eşleştirilmiş Grup t-testi Sonuçları

	N	Ortalama	SS	t-testi		
				t	Sd	p
MTY-TS_Öntest	40	10.65	3.893	18.962**	39	0.000
MTY-TS_Sontest	40	24.83	4.038			

**p<.01

Araştırma Sorusu 1b: Kimya öğretmeni adaylarının MTY kavramını oluşturan alt-kavramları anlamaları öntestten sonteste fark edilir değişim göstermekte midir?

Katılımcıların MTY kavramını oluşturan 6 alt-kavramı anlamaları MTY-TS ölçeğinde maddenin üç fiziksel hali için en az iki kez değerlendirilmiştir. Katılımcıların her bir alt-kavramı anlamalarının öntestten sonteste nasıl değiştiğine ilişkin sonuçlar takip eden bölümlerde sunulacaktır. Aşağıdaki bölümlerde, MTY alt-kavramlarının açık ifadeleriyle birlikte katılımcıların MTY-TS ölçeğine verdikleri cevaplar sayısal olarak kodlanırken ilgili kavramları işaret etmek için geliştirilen kısaltmalar kullanılmıştır (bakınız Tablo2). Bu kısaltma kodları aynı zamanda Tablo5'te MTY alt-kavramlarını göstermek için kullanılmıştır.

Tablo5. MTY Alt-Kavramlarının MTY-TS Ölçeği Öntest-Sontest Ortalamalarına İlişkin Eşleştirilmiş Grup t-testi Sonuçları

	N	Maksimum	Ortalama	SS	t-testi		
					t	Sd	p
TN-Öntest	40	4	2.65	1.442	4.539**	39	0.000
TN-Sontest	40	4	3.75	.439			
DUZ-Öntest	40	7	2.48	1.467	14.739**	39	0.000
DUZ-Sontest	40	7	6.05	1.011			
HR-Öntest	40	7	2.20	2.163	11.117**	39	0.000
HR-Sontest	40	7	5.75	1.484			
ESK-Öntest	40	6	2.65	2.082	5.122**	39	0.000
ESK-Sontest	40	6	4.70	1.742			
VK-Öntest	40	3	0.03	.158	8.097**	39	0.000
VK-Sontest	40	3	1.80	1.400			
KL-Öntest	40	3	0.73	1.043	9.652**	39	0.000
KL-Sontest	40	3	2.53	.816			

**p<.01

Not: Tabloda "Maksimum" MTY-TS ölçeğinde her bir MTY alt-kavramı için toplam puanı göstermektedir.

(1) Madde taneciklerden oluşur (TN). Bu MTY alt-kavramı MTY-TS ölçeğinin 1. sorusunda sorulmuş olup, katılımcılardan verilen dört ayrı maddenin yapısını güçlü bir büyüteçle gözlemleyebildiklerini varsayarak, her bir maddenin yapısını nasıl görebileceklerini çizmeleri istenmiştir (bakınız Tablo1). Katılımcıların "madde taneciklerden oluşur (TN)" MTY alt-kavramı için MTY-TS ölçeğindeki cevaplarından elde edilen puanlarının öntest-sontest ortalamaları kullanılarak yapılan eşleştirilmiş grup t-testi, ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir (bakınız Tablo5; $t(39)=4.539$; $p<.01$).

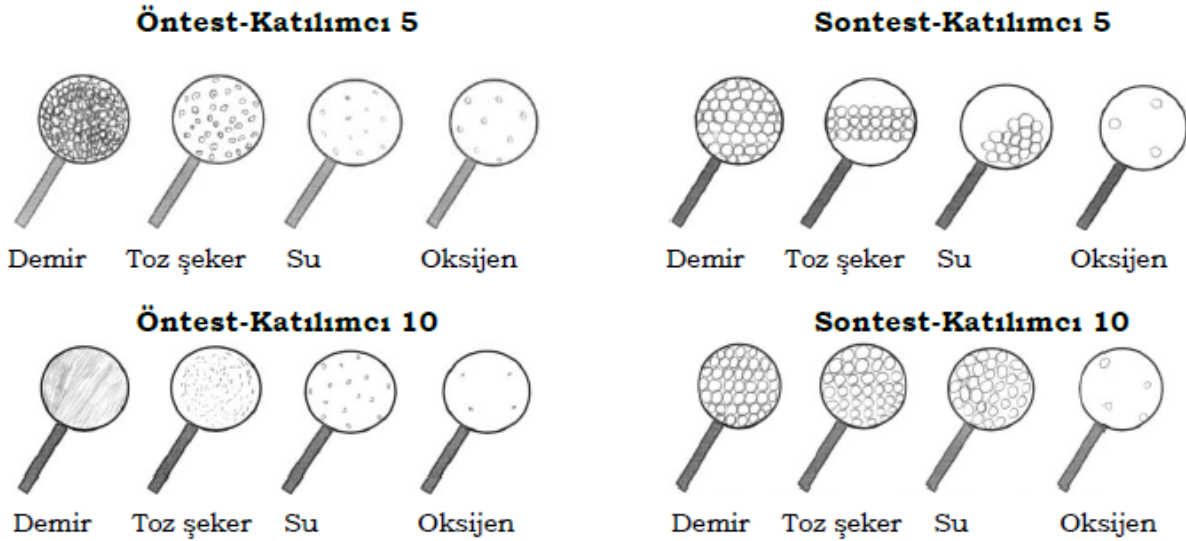
Öntestte, 40 katılımcının 17'si (%43) verilen dört maddenin de taneciklerden oluştuğunu gösterirken, katılımcılar daha sıklıkla verilen katı maddeleri (demir parçası ve toz şeker) tanecikli yapıda gösterememişlerdir. Gaz ve sıvı maddelerin tanecikli yapıda olduğunu düşünen katılımcıların %10'u yalnızca toz şekeri tanecikli yapıda gösteremezken, diğer %10'u ise hem demir parçası hem de toz şekeri tanecikli yapıda gösterememişlerdir. Sontestte, katılımcıların %75'i dört ayrı maddeyi, %25'i ise verilen

üç ayrı maddeyi tanecikli yapıda gösterebilmişlerdir. Şekil1 iki katılımcının öntest ve sontestte TN kavramına ilişkin anlamalarına kanıt sağlayan çizimlerinden örnekleri göstermektedir.

Öntestte, Katılımcı 5'in verilen her bir madde için görsel gösterimi tanecikli yapıda olduğundan "1" olarak kodlanmıştır. Ancak, katı ve sıvı fazdaki maddelerin (demir, toz şeker ve su) gösterimleri taneciklerin dizilimi ve aralarındaki uzaklık bakımından bilimsel kabul gören gösterimler değildir. Sontestte, Katılımcı 5'in verilen dört madde için görsel gösterimleri tanecikli yapıda olup, taneciklerin dizilimi ve aralarındaki uzaklık bakımından da bilimsel kabul gören gösterimlerdir.

Öntestte, Katılımcı 10'un üç ayrı madde için olan (toz şeker, su ve oksijen) gösterimleri tanecikli yapıyı temsil ettiklerinden "1" olarak kodlanmıştır. Fakat, toz şeker ve su için olan gösterimleri taneciklerin dizilimi ve aralarındaki uzaklık bakımından bilimsel kabul gören gösterimler değildir. Öntestte, Katılımcı 10'un demir için olan gösterimi ise sürekli yapıyı temsil ettiğinden (kavram yanılgı göstergesi) "0" olarak kodlanmıştır. Katılımcı 10'un sontestteki dört ayrı madde için olan gösterimleri hem tanecikli yapıyı temsil etmekte hem de taneciklerin dizilimi ve aralarındaki uzaklık bakımından bilimsel kabul gören gösterimlerdir.

Şekil1. İki Katılımcının Öntest ve Sontestte TN Kavramına İlişkin Gösterimleri.

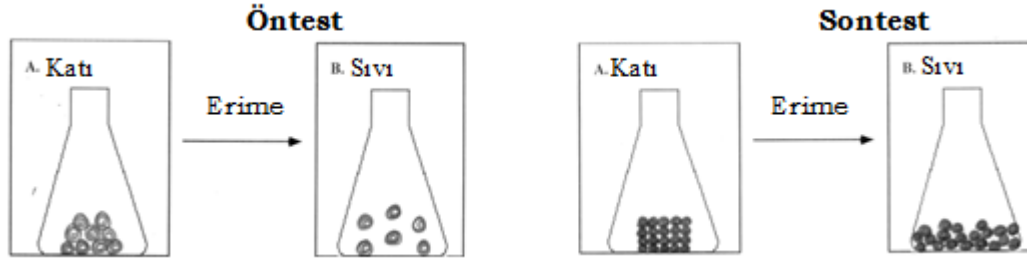


(2) Madde taneciklerinin dizilimi ve aralarındaki uzaklık (DUZ). Bu MTY alt-kavramı, MTY-TS ölçeğinde 4 ayrı soruda (Soru7, 8, 9, ve 10) farklı fiziksel olayların (erime, yoğunlaşma, buharlaşma ve katıların genişmesi) sözel ve görsel gösterimleri bağlamında sorulmuştur (bakınız Tablo1). Katılımcıların DUZ kavramı için elde edilen toplam puanlarının aritmetik öntest-sontest ortalamaları kullanılarak eşleştirilmiş grup t-testi yapılmış ve öntest-sontest ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (bakınız Tablo5; $t(39)=14.739$; $p<.01$).

Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımlarından önce, 40 kimya öğretmen adayının sadece 9'u (%22.5) üç fiziksel halde (katı, sıvı ve gaz) tanecik dizilim ve uzaklıkları için bilimsel kabul edilebilir gösterimler (sözel ve görsel) ortaya koymuşlardır. Katılımcıların bir kısmı (%37.5) maddenin katı ve gaz hallerinin tanecik dizilim ve uzaklıklarını bilimsel kabul edilebilir kriterlere uygun olarak gösterirken, diğer bazı katılımcılar da (30%) maddenin ya sadece gaz hali ya da sadece katı hali için tanecik dizilim ve uzaklıklarını gösterebilmişlerdir. Bu da göstermektedir ki, çok az sayıda kimya öğretmen adayı model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde maddenin sıvı hali için tanecik dizilim ve uzaklıklarını bilimsel kabul edilebilir kriterler doğrultusunda gösterebilmiştir. Maddenin sıvı hali için DUZ kavramı ile ilgili en belirgin kavram yanılgısı, katılara göre sıvı taneciklerinin birbirinden daha uzak gösterilmesiydi; fakat bilimsel kabul gören görüş ise sıvı taneciklerinin de katı tanecikleriyle benzer uzaklıklara sahip oldukları yönündedir. Sontestte, katılımcıların %80'i maddenin üç fiziksel hali için tanecik dizilim ve uzaklıklarını bilimsel kabul edilebilir kriterlere uygun olarak gösterirken (sözel ve görsel), katılımcıların

%20'si özellikle maddenin sıvı hali için tanecik dizilim ve uzaklıklarını gösterirken problem yaşamaya devam etmişlerdir. Şekil2'de bir katılımcının öntest ve sonteste DUZ kavramı ile ilgili anlamalarını gösteren çizimlerinden örnekler görülmektedir. Öntestte, Katılımcı 39'un katı faz gösterimi taneciklerin dizilimi ve aralarındaki uzaklık bakımından bilimsel kabul gören gösterim olmasına karşın, sıvı faz gösteriminde tanecikler arasındaki uzaklık bilimsel olarak kabul gören uzaklıktan fazla olduğu için kavram yanlışına işaret etmektedir. Sontestte, Katılımcı 39'un hem katı hem de sıvı faz gösterimi taneciklerin dizilimi ve aralarındaki uzaklık bakımından bilimsel kabul gören gösterimlerdir.

Şekil2. Katılımcı 39'un Öntest ve Sonteste Taneciklerin Dizilimi ve Aralarındaki Uzaklık Gösterimi.



(3) Madde tanecikleri sürekli hareket eder (HR). İlgili MTY alt-kavramı MTY-TS ölçeğinde 5 ayrı soruda (Soru3, 7, 8, 9 ve 10) maddenin üç hali için değişik bağlamlarda sorulmuştur (bakınız Tablo1). HR kavramı için katılımcıların MTY-TS ölçeğindeki cevaplarından elde edilen puanlarının öntest-sontest ortalamaları kullanılarak yapılan eşleştirilmiş grup t-testi sonucunda, ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (bakınız Tablo5; $t(39)=11.117$; $p<.01$).

Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde, kimya öğretmen adaylarının %45'inin madde taneciklerinin üç fiziksel halde de hareket ettikleri kavramına sahip oldukları bulunmuştur. Buna karşılık, katılımcıların %30'u HR kavramını anladıklarını gösteren hiçbir kanıt belirtmemişlerdir. Ayrıca, katılımcıların %20'si de sadece ilgili kavramı maddenin gaz ve sıvı haliyle ilişkilendirmişlerdir. Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında (sontest), kimya öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu (%92.5), MTY-TS ölçeğinde sözel olarak vermiş oldukları cevaplarda, HR kavramını anladıklarına dair maddenin üç fiziksel hali için de kanıtlar sağlamışlardır. Örneğin, Katılımcı 30 öntestte HR kavramının ölçüldüğü iki ayrı fiziksel olayı açıklamak için taneciklerin hareketini hiç kullanmazken, sontestte ilgili fiziksel olayları açıklarken hem taneciklerin her bir fazdaki doğasını betimlemiş hem de enerjilerini birbirine göre kıyaslayabilmiştir. Katılımcı 30'un iki ayrı fiziksel olayı açıklamak için öntest ve sontestte vermiş olduğu cevaplardan örnekler şöyledir:

Soru7-öntest (erime): Bu olayın endotermik olduğunu düşünüyorum. Yüksek sıcaklıktan dolayı madde genişler. (Katılımcı 30)

Soru7-sontest (erime): Katının taneciklerini bir arada tutan güçlü elektrostatik kuvvetler vardır. Tabii ki katının tanecikleri titreşim hareketi yapabilirler. Erime esnasında, katının tanecikleri ısı alır ve taneciklerin enerjisi artar. Böylece katının tanecikleri hareket kabiliyeti kazanır ve biraz daha serbest hareket edebilirler. Taneciklerin daha hızlı hareketlerinden dolayı, katının tanecikleri arasındaki elektrostatik kuvvetler artık onları belirli bir noktada tutmaya yetmez. (Katılımcı 30)

Soru8-öntest (yoğunlaşma): Gaz haldeki havanın sıcaklığı yüksek olduğu için hava tanecikleride birbirinden uzakta bulunurlar. Şayet sıcaklığı düşürürsek, gaz tanecikleri arasındaki uzaklık azalır ve tanecikler büzüşür. (Katılımcı 30)

Soru8-sontest (yoğunlaşma): Havanın tanecikleri daha fazla enerji ve hareket kabiliyetine sahip oldukları için tanecikler arasındaki kuvvetleri aşarak serbestçe hareket edebilir. ...havanın tanecikleri arasında çok büyük boşluklar vardır. Böylece havanın taneciklerinin kapladığı hacim sıvının taneciklerinin kapladığı hacimden büyüktür. Havayı soğuttuğumuzda taneciklerin kinetik enerjisi düşer. Taneciklerin kinetik enerjisi azaldığında, tanecikler yavaş yavaş hareket hızlarını kaybederler. Tanecikler birbiriyle sıklıkla etkileşmeye başlar ve elektrostatik kuvvetlerin etkisiyle tekrar bir arada bulunmaya başlarlar. (Katılımcı 30)

(4) Madde taneciklerini elektrostatik kuvvetler bir arada tutar (ESK). Bu MTY alt-kavramı MTY-TS ölçeğinde 4 ayrı soruda (Soru2, 7, 8, ve 9) maddenin üç fiziksel hali için farklı bağlamlarda sorulmuştur. Tablo5'te görülebileceği üzere, katılımcıların ESK kavramı için MTY-TS ölçeğinden elde edilen toplam puanlarının öntest-sontest ortalamaları kullanılarak eşleştirilmiş grup t-testi yapılmış ve ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($t=5.122$; $p<.01$).

Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde, kimya öğretmen adaylarının %25'i ESK kavramını anladıklarını gösteren hiçbir kanıt belirtmezken, katılımcıların %50'si ise maddenin 3 fiziksel hali içinde ESK kavramını anladıklarını sözlü cevaplarında göstermişlerdir. Model-tabanlı öğrenme ortamı sonrası, 40 katılımcıdan 32'si (%80) maddenin 3 fiziksel hali için ESK kavramı anlamalarına sahip olduklarına ilişkin kanıtlar sağlamışlardır. Örneğin, öntestte Katılımcı 9 ESK kavramını anladığına ilişkin herhangi bir kanıt sağlamazken, sontestte ilgili soruları ESK kavramını kullanarak açıklayabilmiştir. Katılımcı 9'un ESK kavramını anlamasının öntestten sonteste değişimini gösteren örnek şöyledir:

Soru2-öntest (soru içeriği için Tablo1'e bakınız): Her bir maddenin donma noktası ve kaynama noktası birbirinden farklıdır. Demirin erime noktası çok yüksek, fakat buzun erime noktası 25°C'nin altında olmasına rağmen suyun kaynama noktası 25°C'den yüksektir. Böylece su, sıvı halde bulunur. Oksijenin kaynama noktası 25°C'den çok düşük olduğu için oksijen oda sıcaklığında gaz halde bulunur. (Katılımcı 9)

Soru2-sontest (soru içeriği için Tablo1'e bakınız): Moleküller elektrostatik kuvvetlerin varlığı dolayısıyla bir arada bulunurlar. ...çok güçlü bir kuvvete sahip olan metalik bağla bir arada bulunan demirin atomları, 25°C'deki enerjileriyle bu güçlü kuvvetleri aşarak daha serbest hareket edemezler... dolayısıyla oda sıcaklığında katı halde bulunur. Ancak, buz molekülleri 25°C'deki enerjileriyle aralarındaki elektrostatik kuvvetleri yenerek buzdan suya dönüşür. Ayrıca, oksijenin molekülleri arasındaki etkileşimler çok çok zayıf olduğu için, moleküllerin 25°C'deki enerjisi bu zayıf bağları kolaylıkla aşarak oda sıcaklığında moleküller serbest halde dolaşmaya başlarlar. (Katılımcı 9)

(5) Madde tanecikleri vakum ortamda bulunur (VK). Bu kavram MTY-TS ölçeğinde bir soruda (soru4) maddenin üç hali için ayrı ayrı sorulmuştur. Katılımcıların MTY-TS ölçeğindeki cevaplarından VK kavramı için elde edilen toplam puanlarının öntest-sontest ortalamaları kullanılarak yapılan eşleştirilmiş grup t-testi sonuçlarına göre ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (bakınız Tablo5; $t(39)=8.097$; $p<.01$).

Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesi, 40 kimya öğretmen adayından sadece biri maddenin üç hali için bu kavramı anladığına ilişkin kanıt sağlamıştır. Diğer katılımcıların hiçbiri herhangi bir fiziksel hal için ilgili soruya vermiş oldukları cevaplarda VK kavramını anladıklarını gösteren bir kanıt sunmamışlardır. Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında, kimya öğretmen adaylarının %53'ü VK kavramına ilişkin anlamalarını maddenin üç hali içinde geliştirirken, katılımcıların %35'i VK kavramını anladıklarını gösteren hiçbir kanıt belirtmemişlerdir. Öntestte VK kavramını anladıklarına ilişkin hiçbir kanıt olmayan iki katılımcının, model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında VK kavramını anlamalarındaki değişimi gösteren örnekler şöyledir:

Soru4-sontest (içerik için Tablo1'e bakınız): Oksijen, su ve şeker molekülleri arasında hiçbir şey yoktur. Çünkü maddenin kendisi taneciklerden oluşur. Örneğin, oksijen molekülleri arasında başka moleküller veya atomlar olmuş olsaydı bu karışım olurdu saf oksijen olması yerine, ama yine de tüm tanecikler vakum ortamda bulunurlardı. (Katılımcı 26)

Soru4-sontest (içerik için Tablo1'e bakınız): Oksijenin, suyun ve şekerin tanecikleri arasında hiçbir şey yoktur. Örneğin, oksijen gazını sıkıştırabilmeyi aslında gaz tanecikleri arasında hiçbir şey olmadığı için başarabiliriz. Ayrıca, suyun ve alkolün karıştırılmasını düşündüğümüzde, homojen karışım oluşurken aynı zamanda toplam hacimde azalma gözlemleriz. Bu da su tanecikleri ve alkol tanecikleri arasında hiçbir şey olmaması ile ilişkilidir... (Katılımcı 3)

(6) Fiziksel özellikler maddenin taneciklerinin ortak davranışdır (KL). Bu kavram MTY-TS ölçeğinde 2 ayrı soruda (soru5 ve 6) üç farklı bağlamda maddenin üç fiziksel hali için sorulmuştur. KL kavramına ilişkin katılımcıların toplam puanlarının öntest-sontest ortalamaları kullanılarak eşleştirilmiş grup t-testi yapılmış ve ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (bakınız Tablo5; $t(39)=11.117$; $p<.01$).

Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde, sadece 10 kimya öğretmen adayının maddenin üç hali için KL kavramına sahip oldukları belirlenmiştir. Buna karşılık, katılımcıların büyük çoğunluğu (63%) KL kavramını anladıklarına ilişkin MTY-TS ölçeğindeki cevaplarında hiçbir kanıt sunmamışlardır. Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında, kimya öğretmen adaylarının %70'i KL kavramı ile ilgili anlamalarını maddenin üç fiziksel hali içinde geliştirmeyi başarmışlardır. Diğer katılımcıların %30'u ise verilen bağlamların bir veya ikisinde KL kavramını verilen durumu açıklamak için kullanmaya başlamışlardır. KL kavramını anladığına ilişkin kavram yanılıgısı olan bir katılımcının ilgili kavramı anlamasındaki değişimi belirten öntest ve sontestteki cevaplarından örnekler aşağıdaki gibidir:

Soru5-öntest (içerik için Tablo1'e bakınız): Evet, maddenin fiziksel halleri [bir tanecik içinde] aynı kalır, çünkü fiziksel hal ile madde miktarı arasında bir ilişki yoktur. (Katılımcı 34)

Soru5-sontest (içerik için Tablo1'e bakınız): Hayır, maddenin fiziksel hali onun tüm tanecikleri ile ilgilidir, tek bir taneciğe bakarak maddenin fiziksel halini belirleyemeyiz, çünkü tek bir taneciğe göre tanecikler arasındaki elektrostatik kuvvetlerin gücü ile ilgili birşey söyleyemeyiz. (Katılımcı 34)

Araştırma Sorusu 2: Model-tabanlı öğrenme ortamı kimya öğretmen adaylarının modellerin doğası anlamalarını değiştirmede fark edilir ölçüde etkili midir?

Tablo6. SUMS Ölçeği Öntest-Sontest Ortalamalarına İlişkin Eşleştirilmiş Grup t-testi Sonuçları

	N	Ortalama	SS	t-testi		
				t	Sd	p
SUMS_Öntest	40	95.88	7.910	5.598**	39	0.000
SUMS_Sontest	40	104.38	9.596			

**p<.01

Tablo6 incelendiğinde, katılımcıların SUMS ölçeğine vermiş oldukları cevaplardan elde edilen toplam puanların öntest-sontest ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($t(39)=5.598$; $p<.01$). Bu sonuç, katılımcıların öntesten sonteste bilimsel modellerin doğasını anlamalarında fark edilir bir değişme ve gelişme olduğunu ortaya koymaktadır. Katılımcıların bilimsel modellerin doğası görüşlerini oluşturan 5 ayrı temaya ilişkin öntestten sonteste fark edilir bir değişim olup olmadığı aynı test kullanılarak incelendiğinde, 5 temanın 3'ü için öntest ve sontest ortalamaları arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir. Bu temalar şunlardır: Tam Bir Kopya Olarak Modeller (TKM; $t(39)=6.835$, $p<.01$), Bilimsel Modellerin Kullanımı (BMK; $t(39)=2.193$; $p<.05$) ve Bilimsel Modellerin Yapısının Değişimi (BMD; $t(39)=3.506$, $p<.01$). Katılımcıların diğer iki tema (ÇTM ve AAM) için öntest ortalamaları yüksek olup her ne kadar katılımcıların anlamalarında bu iki temaya ilişkin gelişme gözlenmiş olsa da istatistiksel olarak fark edilir ölçüde olmamıştır.

Araştırma Sorusu 3: Öntestte, MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY grupları karşılaştırıldığında MTY kavramını anlamaları model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında (sontest) nasıldır?

Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde, MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY gruplarının sontestteki MTY-TS ölçeğinden elde edilen toplam puanlarının (model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrası, MTY kavramını anlama düzeylerinin göstergesi olarak) sıralama ortalamaları arasında Wilcoxon-Mann-Whitney testi sonucuna göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir (bakınız Tablo7; $U= 146.000$; $p>.05$). Bu sonuç, hem üst-seviye MTY grubu hem de alt-seviye MTY grubundaki kimya öğretmen adaylarının, model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında MTY kavramına ilişkin benzer ve daha bilimsel kavramsal anlamalar geliştirdiklerini göstermektedir.

Tablo7. Öntestte MTY Kavramını Anlama Düzeyleri Farklılaşan İki Grup Katılımcının, MTY-TS Ölçeği Sontest Puanlarına İlişkin Wilcoxon-Mann-Whitney Testi Sonuçları

Puan	Gruplar	N	Medyan	S.O.	Wilcoxon-Mann-Whitney		
					U	z	p
MTY-TS_Sontest	Alt-Seviye MTY	22	24.50	18.16	146.500	-1.406	0.160
	Üst-Seviye MTY	18	27.00	23.36			

*p<.05

Araştırma Sorusu 4: Öntestte, MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY grupları karşılaştırıldığında bilimsel modellerin doğası anlamaları model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesi ve sonrasında nasıldır?

Wilcoxon-Mann-Whitney testi analizi sonuçlarına göre alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY gruplarının SUMS ölçeğindeki öntest puanlarının sıralama ortalamaları arasında herhangi bir grup lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (bakınız Tablo8; $U=184.000$; $p>.05$). Ancak, bu iki grubun SUMS ölçeğinden elde edilen sontest toplam puanlarının sıralama ortalamaları arasındaki farkın, Wilcoxon-Mann-Whitney testi analizine göre üst-MTY grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($U=99.000$; $p<.01$).

Bilimsel modellerin doğasını oluşturan temalar bakımından alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY gruplarının sıralama ortalamaları arasında fark olup olmadığını tespit etmek için yine Wilcoxon-Mann-Whitney testi kullanılmıştır. Test sonuçları iki grubun bilimsel modellerin doğasını oluşturan 5 temadan 3'ü için SUMS ölçeğindeki sontest puanlarının sıralama ortalamaları arasında üst-seviye MTY grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Bu temalar şunlardır: (1) Çoklu Temsiller Olarak Modeller [ÇTM; $U=122.500$; $p<.05$], (2) Tam Bir Kopya Olarak Modeller (TKM; $U=122.500$; $p<.05$) ve (3) Açıklayıcı Araçlar Olarak Modeller (AAM; $U=119.000$; $p<.05$).

Tablo8. Öntestte MTY Kavramını Anlama Düzeyleri Farklılaşan İki Grup Katılımcının, SUMS Ölçeği Öntest ve Sontest Puanlarına İlişkin Wilcoxon-Mann-Whitney Testi Sonuçları

Puan	Gruplar	N	Medyan	S.O.	Wilcoxon-Mann-Whitney		
					U	z	p
SUMS_Öntest	Alt-Seviye MTY	22	95.00	21.14	184.000	-.381	0.703
	Üst-Seviye MTY	18	93.50	19.72			
SUMS_Sontest	Alt-Seviye MTY	22	100.00	7.967	99.000**	-2.694	0.007
	Üst-Seviye MTY	18	108.50	9.304			

*p<.05; **p<.01

Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışma temelde model-tabanlı öğrenme ortamının kimya öğretmen adaylarının MTY kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamaları üzerine etkisini incelemiştir. Aynı zamanda, öntestte MTY kavramını anlama düzeyleri bakımından farklılaşan kimya öğretmen adaylarının model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında, MTY kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamalarında değişim olup olmadığını araştırmıştır.

Araştırma bulguları katılımcıların MTY kavramını anlamalarında öntestten sonteste istatistiksel olarak anlamlı değişim olduğunu göstermiştir (bakınız Tablo4). Ayrıca, öntestte MTY kavramını anlamaları bakımından farklılaşan hem alt-seviye MTY hem de üst-seviye MTY grubu kimya öğretmen adaylarının, model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında MTY kavramına ilişkin benzer ve daha bilimsel kavramsal anlamalar geliştirdikleri gözlenmiştir (bakınız Tablo7). Bu bulgular, model-tabanlı öğrenme ortamının sunmuş olduğu öğrenme olanaklarının (örneğin, çoklu modeller/gösterimler, grup ve sınıf içi

tartışmalar, günlük yazma) önceki bilgilerinin farklılığına rağmen tüm katılımcıların MTY kavramına ilişkin daha bilimsel anlamalar geliştirmelerine fırsat verdiğine işaret etmektedir. Şöyle ki, katılımcılar MTY kavramına ilişkin irdelemiş oldukları her bir fiziksel olayı (aynı zamanda hedef kavramı) çoklu modeller/gösterimler aracılığıyla (makroskobik, altmikroskobik) değişik biçimlerde (sözel, görsel) ve farklı kanallar (sözel: kulak; görsel: göz) tarafından işlemişlerdir (Mayer, 2009). Katılımcıların geçici bellekte iki farklı kanalda etkin olarak işlemiş oldukları farklı biçimlerdeki (sözel, görsel) bilgileri zihinsel kavram örgülerinde yapılandırmaları ve önceki bilgileriyle birleştirip bütünleştirmeleri içinde model-tabanlı öğrenme ortamında iki ayrı imkân sunulmuştur. Birincisi, katılımcılar grup ve sınıf içi tartışmalar esnasında kendi görüşlerini paylaşmış, başkalarının görüşlerini dinlemiş, aynı zamanda kendi görüşleriyle karşılaştırabilmişlerdir. Günlük yazma ise katılımcıların bireysel olarak öğrendiklerini tekrar gözden geçirmelerine, önceki bilgileri ile yeni bilgilerini bir kez daha karşılaştırarak yazılı olarak ifade etmelerine fırsat vermiştir. Bu da aynı zamanda onların kendi kavram örgüleriyle ilgili üstbilişsel farkındalık kazanmalarında rol oynamış olmalıdır.

Araştırma bulguları model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde, farklı MTY alt-kavramlarına ilişkin yaygın kavram yanlışlarına sahip olan bazı kimya öğretmen adaylarının model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında da bu yanlışlarını değiştiremediklerini göstermiştir (bakınız Tablo5). Bu katılımcılar, soneştete ya tutarlı olarak farklı bağlamlarda aynı kavram yanlışlarını tekrarlamışlardır ya da tutarsız olarak farklı bağlamlarda bazen bilimsel kabul gören bazen de kavram yanlışlığı içeren cevaplar vermişlerdir. Soneştete tutarlı olarak farklı bağlamlarda belirli bir veya iki MTY alt-kavramına ilişkin kavram yanlışlığını tekrarlayan kimya öğretmen adaylarının model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde farklı MTY alt-kavramlarına ilişkin çok sayıda kavram yanlışlarına sahip olmaları muhtemeldir. Diğer bazı çalışmalarda da belirtildiği gibi bu katılımcılar sahip oldukları tüm kavram yanlışlarının statülerini düşürmeyi ve yeni öğrendikleri bilimsel kavramların statülerini yükseltmeyi eş zamanlı olarak başaramamış olabilirler. (Adadan vd., 2010; Hewson ve Thorley, 1989). Bu katılımcılar, bazı kavram yanlışları için kavramsal statü durumunu değiştirmeyi iyi yöneterek ilgili MTY alt-kavramlarına ilişkin bilimsel kavramsal anlamalar geliştirmiş olsalar da, çok yaygın olan ve kavram örgülerine derinlemesine yerleşmiş kavram yanlışları için aynı süreci gerçekleştirememişlerdir (Posner vd., 1982). Diğer taraftan, soneştete tutarsız olarak hem bilimsel hem de kavram yanlışlığı içeren cevaplar sunan katılımcılar, sahip oldukları kavram yanlışlığının statüsünü yeterince düşüremediklerinden hem bilimsel kavramı hem de kavram yanlışlığını zihinsel kavram örgülerinde barındırıyor ve ilgili bağlama göre birini ya da diğerini kullanıyor olabilirler (Treadwell ve Duit, 2008).

Kimya öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde her ne kadar TN kavramına ilişkin bilimsel anlamalara sahip olsalar da, katı, sıvı ve gaz taneciklerinin dizilim ve uzaklıkları (DUZ) ile ilgili kavram yanlışlığına sahip oldukları tespit edilmiştir (bakınız Şekil1 ve Şekil2). DUZ kavramı ile ilgili öne çıkan kavram yanlışlığı sıvı taneciklerinin katıların taneciklerine göre uzakta ve gazların taneciklerine göre ise daha yakın oldukları doğrultusunda olup, birçok çalışmada lise öğrencileri arasında tespit edilen kavram yanlışlığı ile benzerlik göstermektedir (Adadan vd., 2009; Adbo ve Taber, 2009; Johnson, 1998). Kimya öğretmen adaylarının %20'sinin model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında da aynı kavram yanlışlığını soneşteteki cevaplarına yansıtmış olmaları, bu yanlışlığın kavram örgülerinde kökleşmiş olduğuna ve kendileri için anlamlı bağlantılara sahip olduğuna işaret etmektedir.

Kimya öğretmen adaylarının %45'i model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde madde taneciklerinin üç fiziksel halde de hareketli olduğuna ilişkin bilimsel anlamaya sahipken (HR), %30'u ise bu kavramı anladıklarına dair kanıt sunmamışlardır. HR kavramıyla ilgili belirlenen kavram yanlışlığı ise katıların taneciklerinin hareketsiz olduğu yönündedir ve lise öğrencileriyle yapılan çalışmaların bulgularıyla örtüşmektedir (Adbo ve Taber, 2009; Boz, 2006; Pozo ve Gomèz-Crespo, 2005). Bu kavram yanlışlığının öğrencilerin makroskobik gözlemlerinden ortaya çıktığı savunulmaktadır; çünkü öğrenciler katı nesnelere kendiliğinden hareket etmediklerini gözlemlemiş olduklarından aynı durumu katıların taneciklerine de atfediyor olabilirler (Pozo ve Gomèz-Crespo, 2005; Talanquer, 2009). Ancak, 40 kimya öğretmen adayından 37'sinin model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında maddenin üç hali için HR kavramını geliştirmiş olmalarında öğrenme sürecinde taneciklerin davranışlarını maddenin üç fiziksel hali için gösteren dinamik görsellerin (animasyon) kullanılmasının rolünü vurgulamak gerekmektedir.

Lise öğrencileriyle yapılan diğer çalışmaların bulgularından farklı olarak (Adadan vd., 2009; Boz, 2006; Johnson, 1998), kimya öğretmen adaylarının yarısının önteste ESK kavramına sahip olmaları yaş ve sınıf seviyesi ilerledikçe bu kavramın da kavram örgüsünde yapılanma olasılığının ve öğrenciler arasında görülme sıklığının arttığına kanıt teşkil etmektedir. Ancak, kimya öğretmen adaylarının %20'sinin model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında ESK kavramı ile ilgili problem yaşamaları, ESK kavramının anlaşılmasının ve zihinsel kavram örgüsünde yapılandırılmasının üst düzey algılama ve zihinsel işlem gerektirmesiyle ilişkilendirilebilir (Liu ve Lesniak, 2005; Talanquer, 2009). Böylece önbilgisi zayıf ve çok sayıda kavram yanlışlığına sahip bazı öğretmen adayları ESK kavramını kavram örgülerinde yapılandıramamış olabilirler.

VK ve KL kavramları kimya öğretmen adaylarının önteste hemen hepsinin kavram yanlışlığı gösterdiği (VK) ya da çok azının kavramsal olarak anladıklarına dair kanıt sundukları (KL) iki kavram olup, lise öğrencileri ile yapılan diğer çalışmaların bulgularıyla benzerlik göstermektedir (Adadan vd., 2009; Ayas vd., 2010; Pozo ve Goméz-Crespo, 2005). VK kavramına ilişkin yaygın kavram yanlışlığı yine öğrencilerin makroskobik seviyedeki gözlemlerini altmikroskobik seviyeye yansıtmalarıyla yakından ilişkilidir (Pozo ve Goméz-Crespo, 2005; Talanquer, 2009). Çünkü öğrenciler genellikle havanın her yerde ve kütleli olduğunu (Stavy, 1990) düşündüklerinden kolayca tanecikler arasındaki boşlukların da hava ile doldurulacağı yanlışlığına düşebilmektedirler. Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında birçok kimya öğretmen adayı KL kavramını anladıklarına ilişkin kanıt sunmuşlardır. Fakat, kimya öğretmen adaylarının %35'inin önteste de VK kavramıyla ilgili problem yaşamaları, VK kavramına ilişkin kavram yanlışlığının zihinsel kavram örgülerinde oldukça kökleşmiş ve kavramsal değişime dirençli olduğuna işaret etmektedir (Treagust ve Duit, 2008).

Araştırma bulguları kimya öğretmen adaylarının öntesten önteste modellerin doğasını anlamalarında istatistiksel olarak anlamlı değişim olduğunu göstermiştir (bakınız Tablo6). MTY kavramının öğretilmesi için tasarlanan ve uygulanan model-tabanlı öğrenme ortamında modellerin doğası temalarının üstü kapalı olarak ele alınmış olmasının bu değişimdeki rolünün vurgulanması gerekmektedir. Şöyle ki; model-tabanlı öğrenme ortamında, katılımcıların hem modelleme sürecini deneyimlemeleri hem de modellerin doğasına ilişkin temalarla ilgili çıkarımlar yapmaları beklenmiştir. Model-tabanlı öğrenme sürecinde katılımcılar bir fiziksel olay için birden çok model geliştirmişlerdir (Çoklu Temsiller Olarak Modeller-ÇTM). Belli bir fiziksel olaya ilişkin geliştirmiş oldukları tanecik modellerinin direkt gözlemlememiş oldukları tanecikleri gösterdiğini ve geliştirmiş oldukları modellerin birçok bakımdan gerçeğin tam kopyası olmadığını (örneğin, boyut, biçim) fark etmelerini sağlamak için isimlendirmeden üstü kapalı sorular sorulmuştur (Tam Bir Kopya Olarak Modeller-TKM). Ayrıca, katılımcılar gözlemlemiş oldukları fiziksel olayları geliştirmiş oldukları görsel ve sözel tanecik modelleri ile açıklamaya çalışmış (Açıklayıcı Araçlar Olarak Modeller-AAM ve Bilimsel Modellerin Kullanımı-BMK) ve gerektiğinde geliştirmiş oldukları modellerde arkadaşlarından ve ders öğretmeninden gelen dönütler doğrultusunda değişiklikler yapmışlardır (Bilimsel Modellerin Yapısının Değişimi-BMD).

Model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları öncesinde MTY kavramını anlamaları bakımından farklılaşan alt-seviye MTY ve üst-seviye MTY gruplarının önteste modellerin doğasını anlamalarında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir. Ancak, model-tabanlı öğrenme ortamına katılımları sonrasında iki grubun modellerin doğasını anlamalarında üst-seviye MTY grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (bakınız Tablo8). Bu bulgu, MTY kavramına ilişkin önbilgileri iyi ve az sayıda kavram yanlışlığı olan üst-seviye MTY grubu katılımcılarının model-tabanlı öğrenme ortamında üstü kapalı olarak ele alınmış olan modellerin doğası temalarıyla ilgili çıkarımlar yapabildiğine işaret etmektedir. Buna karşılık, MTY kavramına ilişkin önbilgileri zayıf ve çok sayıda kavram yanlışlığı olan alt-seviye MTY grubu katılımcıları zihinsel işlemlerinde MTY kavramıyla ilgili kavram örgülerini sağlamlaştırmaya, zenginleştirmeye ve aynı zamanda kavram yanlışlıklarının statülerini yeniden düzenlemeye odaklanmış olmalı ki, modellerin doğası temalarına ilişkin çıkarımları üst-seviye MTY grubu katılımcıları kadar yapamamışlardır. Bir başka deyişle, alt-seviye MTY grubu katılımcılarının zihinsel işlemleri MTY kavramına ilişkin kavramsal değişimle meşgul olduğundan, bu katılımcılar modelleme sürecinde üstü kapalı olarak ele alınmış olan modellerin doğası temalarına yeterince dikkat edememiş olabilirler.

Öneriler

Araştırma bulguları model-tabanlı öğrenme ortamının özellikle MTY kavramının öğrenilmesinde etkin olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla hem MTY kavramına ilişkin yaygın kavram yanlışlarının giderilmesini hem de model ve modelleme sürecinin deneyimlenmesini sağlamak için tasarlanan etkinlikler ve öğretim yaklaşımlarını hem kimya öğretmenleri hem de öğretmen eğitimcileri derslerinde kullanabilirler. Böylece hem öğretmenler hem de öğrencileri belli bir kavramın öğrenilmesine yönelik tasarlanan etkinlik esnasında veya gözlemlenen fiziksel olayların açıklanmasında çoklu seviyede (makroskobik, altmikroskobik) ve biçimde (sözlü, görsel) modeller kullanmalıdırlar. Kimyada makroskobik seviyede gözlemlenen olayların altmikroskobik seviyede görsel olarak gösterilmesi ve açıklanması öğrencilerin kimya kavramlarını öğrenmelerini önemli ölçüde etkilemektedir (Adadan vd., 2009; Kozma ve Russell, 1997; Kozma, 2003). Ancak, görsel gösterimlerin anlaşılması ve etkin biçimde zihinde işlenebilmesinde öğrencilerin sözlü (grup ve sınıf içi tartışmaları) ve yazılı iletişimlerinin (etkinlik yapıları, günlük yazma) önemli rolünü belirtmek gerekir; çünkü bu iletişim süreçleri öğrencilerin öğrendiklerini bir kez daha düşünmelerine fırsat verirken, üstbilişsel farkındalıklarının artmasına da katkıda bulunmaktadır (Kozma, 2003).

Öğrencilerin gözlemlemiş oldukları olayı açıklamak için geliştirmiş oldukları statik tanecik modellerinin ve gözlemlenen olayın altmikroskobik seviyede dinamik (animasyon) olarak gösterilmesinin, MTY kavramının öğrenilmesindeki öneminin de vurgulanması gerekmektedir. Öğrencilerin gözlemlemiş oldukları olayı görsel olarak tanecik seviyesinde çizerek göstermeleri, onlara ilgili olayı ve kavramı zihinlerinde daha etkin işlemelerine ve kavram örgülerinde yapılandırmalarına yardımcı olurken, öğretmenlere de öğrencilerinin zihinsel kavram modellerine erişme imkânı vermektedir. Çünkü öğrencinin sözel ifadeleri her zaman zihnindeki modeli betimlemesinde yeterli olmamakta ya da sözel ifadeleri görsel olarak zihninde oluşturduğu modeli birebir betimlememektedir. Diğer taraftan, öğretim esnasında dinamik gösterimlerin kullanılması (HR kavramının öğrenilmesinde olduğu gibi) özellikle dinamik kavramların ve fiziksel veya kimyasal olayların öğrenilmesinde oldukça önemli olup öğrenmeyi büyük ölçüde etkilemektedir. Dolayısıyla öğretmenler ya hazır dinamik gösterimleri öğretme esnasında kullanabilirler ya da farklı animasyon oluşturma yazılımlarını kullanarak öğrencilerin dinamik kavram veya olayları kendi oluşturacakları animasyonlarla göstermelerini teşvik edebilirler.

Ayrıca, kimya öğretmen eğitimcileri, kimya öğretmen adaylarının da lise öğrencileriyle benzer şekilde MTY kavramıyla ilişkili yanlışlara sahip olabileceklerinin farkında olmalılar. Kimya laboratuvar uygulamaları derslerinde bu çalışmada olduğu gibi öğrenme ortamları hazırlayarak öğretmen adaylarının madde ve maddenin tanecikli yapısı ile ilgili bilimsel kavram örgüleri oluşturmalarına katkıda bulunmalıdırlar. Diğer taraftan, özel öğretim yöntemleri dersinde de ortaokul/lise öğrencilerinin MTY kavramına ilişkin kavram yanlışlarını rapor eden veya etkin öğretim yöntemlerinin kullanılarak yaygın MTY kavram yanlışlarının giderilmesine yönelik yapılan araştırma bulgularını paylaşan akademik makalelerin, kimya öğretmen adayları tarafından okunması sağlanabilir. Bu tür okuma etkinlikleriyle öğretmen adaylarının hem kendi kavram yanlışlarıyla yüzleşmeleri sağlanırken hem de öğrenciler arasında görülebilecek kavram yanlışlarının neler olabileceğine yönelik farkındalıkları artırılabilir.

Kaynaklar

- ADADAN, E., IRVING, K.E. ve TRUNDLE, K.C. (2009). Impacts of multi- representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. **International Journal of Science Education**, 31(13), 1743-1775.
- ADADAN, E., TRUNDLE, K.C. ve IRVING, K.E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, 47(8), 1004-1035.
- ADBO, K., ve TABER, K.S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: A study of 16-year-old Swedish science students. **International Journal of Science Education**, 31(6), 757-786.
- AINSWORTH, S.E. (1999). The functions of multiple representations. **Computers and Education**, 33(2-3), 131-152.

- ALTMAN, D.G. (1991). **Practical statistics for medical research**. London: Chapman and Hall.
- ATASOY, B., KADAYIFÇI, H. ve AKKUŞ, H. (2007). Öğrencilerin çizimlerinden ve açıklamalarından yaratıcı düşüncelerinin ortaya konulması (Çizimler ve açıklamalar yoluyla yaratıcı düşünceler). **Türk Eğitim Bilimleri Dergisi**, 5(4), 679-700.
- AUSUBEL, D.P. ve ROBINSON, F.G. (1969). **School learning: An introduction to educational psychology**. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- AYAS, A., ÖZMEN, H. ve Çalık, M. (2010). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 8, 165-184.
- BERBER, N.C. ve Güzel, H. (2009). Fen ve matematik öğretmen adaylarının modellerin bilim ve fende rolüne ve amacına ilişkin algıları. **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 21, 87-97.
- BOZ, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. **Journal of Science Education and Technology**, 15(2), 203-213.
- CAMPBELL, D.T. ve STANLEY, J.C. (1963). **Experimental and quasi-experimental designs for research**. Boston: Houghton Mifflin Company.
- ÇALIK, M. ve AYAS, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. **Journal of Research in Science Teaching**, 42(6), 638-667.
- DOVE, J.E., EVERETT, L.A. ve PREECE, P. (1999). Exploring a hydrologic concept through children's drawings. **International Journal of Science Education**, 21(5), 485-497.
- GILBERT, J.K. ve BOULTER, C. (2000). **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- GLESNE, C. (1999). **Becoming qualitative researchers: An introduction** (2nd ed.). New York, NY: Longman.
- GOBERT, J. ve BUCKLEY, B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. **International Journal of Science Education**, 22(9), 891-894.
- GOBERT, J., O'DWYER, L., HORWITZ, P., BUCKLEY, B., LEVY, S. ve WILENSKY, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. **International Journal of Science Education**, 33(5), 653-684.
- GÜNEŞ, B., GÜLÇİÇEK, Ç. ve BAĞCI, N. (2004). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elemanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. **Türk Fen Eğitimi Dergisi**, 1(1), 35-45.
- HADAR, A.H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. **Journal of Research in Science Teaching**, 34(2), 181-197.
- HARRISON, A.G. ve TREAGUST, D.F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In J.K. Gilbert, O.D. Jong, R. Justi, D.F. Treagust ve J.H.V. Driel (Eds.), **Chemical education: Towards research-based practice** (pp. 189-212). Dordrecht: Kluwer Academic.
- HEWSON, P.W. ve THORLEY, N.R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. **International Journal of Science Education**, 11(5), 541-553.
- JOHNSON, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: A longitudinal study. **International Journal of Science Education**, 20(4), 393-412.

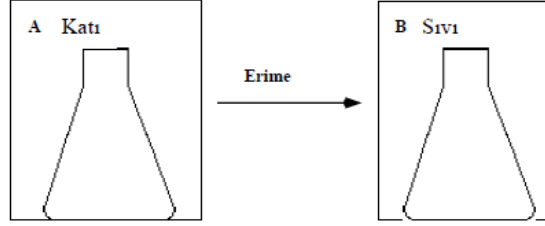
- JOHNSON, P. ve PAPAGEORGIOU, G. (2010). Rethinking the introduction of particle theory: A substance-based framework. **Journal of Research in Science Teaching**, 47(2), 130-150.
- JOHNSON, R.B. ve ONWUEGBUZIE, A.J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. **Educational Researcher**, 33(7), 14-26.
- JOHNSTONE, A.H. (1982). Macro- and micro-chemistry. **School Science Review**, 64(227), 377-379.
- KOKKOTAS, P., VLACHOS, I. ve KOULALIDIS, V. (1998). Teaching the topic of the particulate nature of matter in prospective teachers' training courses. **International Journal of Science Education**, 20(3), 291-303.
- KOZMA, R. ve RUSSELL, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, 34(9), 949-968.
- KOZMA, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. **Learning and Instruction**, 13(2), p. 205-226.
- LEBLEBİCİOĞLU, G. (2012). 8. sınıf öğrencilerinin madde kavramını kavramsal anlamaları üzerine nitel çalışma. **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 43, 340-352.
- LEITE, L., MENDOZA, J. ve BORSESE, A. (2007). Teachers' and prospective teachers' explanations of liquid-state phenomena: A comparative study involving three European countries. **Journal of Research in Science Teaching**, 44(2), 349-374.
- LIU, X. ve LESNIAK, K. (2005). Students' progression of understanding the matter concept from elementary to high school. **Science Education**, 89(3), 433-450.
- MAYER, R.E. (2009). **Multimedia learning** (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI—Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı (MEB- TTKB). (2013). **Kimya dersi 9, 10, 11 ve 12. sınıf öğretim programı**. Ankara: M.E.B.—TTKB. <http://ttkb.meb.gov.tr/www/ogretim-programlari/icerik/72>.
- NAKHLEH, M.B. ve SAMARAPUNGAVAN, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. **Journal of Research in Science Teaching**, 36(7), 777-805.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (1996). **National science education standards**. Washington, DC: National Academy Press.
- NUNNALLY, J.C. (1978). **Psychometric theory** (2nd ed.). New York, NY: McGraw Hill.
- ÖZMEN, H., AYAS, A. ve COŞTU, B. (2002). Fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı hakkındaki anlama seviyelerinin ve yanlışlarının belirlenmesi. **Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri**, 2(2), 507-529.
- ÖZMEN, H. (2011). Turkish primary students' conceptions about the particulate nature of matter. **International Journal of Environmental and Science Education**, 6(1), 99-121.
- PAPAGEORGIOU, G., STAMOVLASIS, D. ve JOHNSON, P. (2010). Primary teachers' particle ideas and explanations of physical phenomena: Effect of an in-service training course. **International Journal of Science Education**, 32(5), 629-652.
- PAPAGEORGIOU, G., STAMOVLASIS, D. ve JOHNSON, P. (2013). Primary teachers' understanding of four chemical phenomena: Effect of an in-service training course. **Journal of Science Teacher Education**, 24, 763-783.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. ve GERTZOG, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, 66(2), 211-227.
- POZO, J.I. ve Gómez-Crespo, M.Á. (2005). The embodied nature of implicit theories: The consistency of ideas about the nature of matter. **Cognition and Instruction**, 23(3), 351-387.

- PRAIN, V. (2006). Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. **International Journal of Science Education**, 28(2-3), 179-201.
- SCHWARZ, C. ve WHITE, B. (2005). Meta-modeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. **Cognition and Instruction**, 23(2), 165-205.
- SHULMAN, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, 57(1), 1-23.
- SINS, P., SAVELSBERGH, E., vanJOOILINGEN, W. ve vanHOUT-WOLTERS, B. (2009). The relation between students' epistemological understanding of computer models and their cognitive processing on a modelling task. **International Journal of Science Education**, 31(9), 1205-1229.
- STAVY, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter: From liquid (or solid) to gas. **Journal of Research in Science Teaching**, 27(3), 247-266.
- STEVENS, S. Y., DELGADO, C. ve KRAJCIK, J. S. (2010). Developing a hypothetical multi-dimensional learning progression for the nature of matter. **Journal of Research in Science Teaching**, 47(6), 687-715.
- TABER, K.S. (2008). Conceptual resources for learning science: Issues of transience and grain-size in cognition and cognitive structure. **International Journal of Science Education**, 30(8), 1027-1053.
- TALANQUER, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of "structure of matter". **International Journal of Science Education**, 31(15), 2123-2136.
- TASKER, R. ve DALTON, R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. **Chemistry Education Research and Practice**, 7(2), 141-159.
- TAYLOR, N. ve COLL, R.K. (2002). Pre-service primary teachers' models of kinetic theory: An examination of three different cultural groups. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, 3(3), 293-315.
- TREAGUST, D.F., CHITTLEBOROUGH, G. ve MAMIALO, T.L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. **International Journal of Science Education**, 24, 357-368.
- TREAGUST, D.F. ve DUIT, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. **Cultural Studies of Science Education**, 3(2), 297- 328.
- THOMAS, G. (2013). Changing the metacognitive orientation of a classroom environment to stimulate metacognitive reflection regarding the nature of physics learning. **International Journal of Science Education**, 35(7), 1183-1207.
- TSITSIPIS G., STAMOVLASIS D. ve PAPAGEORGIU, G. (2010) The effect of three cognitive variables on students' understanding of the particulate nature of matter and its changes of state. **International Journal of Science Education**, 32(8), 987-1016.
- VALANIDES, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, 1, 249-262.
- VOSNIADOU, S., IOANNIDES, C., DIMITRAKOPOULOU, A. ve PAPADEMETRIU, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. **Learning and Instruction**, 11(4-5), 381-419.
- YAKMACI, B. ve ADADAN, E. (2013). Use of multiple representations in developing preservice chemistry teachers' understanding of the structure of matter. **International Journal of Environmental and Science Education**, 8(1), 109-130.
- WINDSCHITL, M. (2004). Folk theories of "inquiry:" how preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. **Journal of Research in Science Teaching**, 41(5), 481-512.

Ek 1: MTY-TS Ölçeğinden Örnek Sorular**Soru 7***Bölüm 1*

Maddenin taneciklerinin içi dolu daire ile gösterilmelidir [●].

Aşağıda, çizim A ve çizim B’de verilen boş cam balonların içerisine belirtilen hal değişimini gösteren iki resim çiziniz.

*Bölüm 2*

(a) Katı bir madde sıvıya döndüğü zaman, katı maddenin taneciklerine ne olur? Bir başka deyişle, katının taneciklerinin davranışı erime sürecinde nasıl değişir? **Detaylı açıklayınız.**

.....

(b) Katının tanecikleri neden birbirine çok yakın dizilmiştir? **Detaylı açıklayınız.**

.....

Soru 10

Elektrik hattı telleri yazın gevşer ve sarkar, ancak kışın gergindir. Bunun sebebini maddenin tanecikli yapısı kavram(larını) kullanarak açıklayınız.

.....

Ek 2: Kodlama Tablosu Örneği

Öntest/Soru 1-4				Öntest/Soru 5-10			
Soru	Çizim		Açıklama	Çizim		Açıklama	Soru
1	TN Katı ₁					KL K S G	5
	TN Katı ₂					KL K S G	
	TN Sıvı					KL K S G	6
	TN Gaz			DUZ K		ESK K S	7
2			ESK K	DUZ S		HR K S	
			ESK S	DUZ G		HR S G	8
			ESK G	DUZ S		ESK S G	
3			HR K	DUZ S		ESK S G	9
			HR S	DUZ G		HR S G	
			HR G			HR K	10
4			VK K			DUZ K	
			VK S				
			VK G				
	Toplam		Toplam	Toplam		Toplam	

Investigating the Effect of Model-Based Learning Environment on Preservice Chemistry Teachers' Understandings of the Particle Theory of Matter and the Nature of Scientific Models

Research has revealed a potentially serious problem about teacher preparation, which may have a consequence on student learning of the particle theory of matter such that preservice science teachers, like the students they are preparing to teach, hold alternative conceptions about the particle theory of matter (e.g., Kokkotas et al., 1998; Leite et al., 2007). In fact, content knowledge is considered to be an important element of pedagogical content knowledge (Shulman, 1987), and preservice teachers who have poor content knowledge with alternative conceptions less likely identify their students' alternative conceptions and design proper learning environments targeted toward conceptual change learning. (Çalik & Ayas, 2005; Papageorgiou et al., 2013). In this respect, research studies suggested that preservice science teachers should be offered such learning opportunities that help them eliminate their alternative conceptions and develop scientific understandings about the particle theory of matter through properly designed instruction (e.g., Kokkotas et al., 1998; Papageorgiou et al., 2010; 2013).

Findings from studies showed that students, who engaged in modelling and generated models in relation to a particular natural phenomenon with respect to collected data, developed more scientific understandings of the nature of models and the relevant content associated with the modelling experience (Gobert et al., 2011; Schwarz & White 2005). Although there have been descriptive studies concerning the nature of scientific models in the national literature (Berber & Güzel, 2009; Güneş et al., 2004), no study has examined the change in the participants' understandings of the nature of models and the particular content in the context of model-based learning environment. Thus, this study investigated the effect of model-based learning environment (MBLE) on preservice chemistry teachers' understandings of the particle theory of matter (PTM) and the nature of scientific models. The study also looked at whether a difference in the extent of two groups of participants' preinstructional understandings of the PTM resulted in statistically significant difference across the two groups' postinstructional understandings of the PTM and the nature of scientific models.

This mixed method study adopted a quasi-experimental comparison group design with a pre and posttest, along with qualitative and quantitative data collection and analysis procedures (Campbell & Stanley, 1963; Johnson & Onwuegbuzie, 2004).

The participants for this study included all students who were enrolled in a "secondary school chemistry laboratory applications" course offered in the fall semester for preservice chemistry teachers in a five-year chemistry teacher education program. All students attending this course were invited to participate in this study in two consecutive years. A total of 40 of the 47 students agreed to participate. In addition, while analyzing the data, the 40 participants, who engaged in the same instruction on the particle theory of matter, were divided into high-PTM and low-PTM group with respect to their pretest scores that reflected their preinstructional understandings of the PTM.

Data were collected by administering the two different instruments as pre and posttest before and after the MBL. To assess the participants' understandings of the nature of models, a likert-type survey, namely Students' Understanding of Models in Science (SUMS), was used. This survey was originally developed by Tregaust, Chittleborough, and Mamialo (2002). A questionnaire including ten open-ended questions, namely Particle Nature of Matter-Diagnostic Questions, was utilized to assess the participants' understandings of the PTM.

Findings of the study indicated a statistically significant change in the participants' understandings of the PTM from pre to posttest (see Table4). In addition, following the MBL, the two groups of participants, who differed in their understandings of the PTM on the pretest (high-PTM, low-PTM), both developed similar and more scientific understandings of the PTM (see Table7). More specifically, findings of the study showed that some participants, who exhibited several alternative conceptions about the different aspects of the PTM before engaging in the MBL, did not change some of their prevalent alternative conceptions even following the MBL (see Table5).

Findings of the study also showed a statistically significant change in the participants' understandings of the nature of scientific models from pre to posttest (see Table6). In addition, the two groups of participants, who differed in their understandings of the PTM on the pretest, did not exhibit statistically significant difference in their understandings of the nature of scientific models before the MBLE. However, following the MBLE, these two groups of participants' understandings of the nature of models indicated a statistically significant difference in favor of high-PTM group (see Table8). This finding revealed that the participants, who held well-established understandings of the PTM before the MBLE, were able to make inferences about the nature of scientific models, which was implicitly addressed in the context of MBLE. However, during the MBLE, the low-PTM participants probably focused on eliminating their alternative conceptions associated with the PTM. Thus, they would not be able to make considerable inferences in relation to the nature of scientific models as they engaged in the PTM activities in the context of MBLE.

Keywords: Mixed Method, Preservice Chemistry Teachers, Particle Theory of Matter, The Nature of Scientific Models, Model-Based Learning.