



Journal of Turkish Chemical Society Section C: Chemistry Education (JOTCSC)
Vol. 6, Issue 1, March 2021, pp. 1-22. ISSN: 2459-1734.
Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi
Cilt 6, Sayı 1, Mart 2021, sayfa 1-22. ISSN:2459-1734.

Derleme / Review



Le Chatelier's Principle: Does It Provide Educational Easiness or Difficulty?

Safiye TEMEL ASLAN

Aksaray University, Bahcesaray, 68100, Aksaray, safiye79temel@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-6969-8871>

Received: 19.11.2020

Accepted: 25.02.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.828470>.

Abstract:

Misconceptions are among the main topics of interest in chemistry education. One of the points emphasized while analyzing the causes of misconceptions is epistemological difficulties. The point analyzed here pertains to the difficulties caused by the nature of concepts or their misconceptions. However, the concept itself can sometimes be the source of misconception due to its ambiguities which in turn leads to hesitation of whether that concept should be taught or not. In this study, Le Chatelier's principle-included in the chemical equilibrium topic-will be illustrated as an example for such a situation. In this respect, the ambiguities and criticisms conducted upon this principle along with the reasons and recommendations have been analyzed altogether.

Keywords: Chemical equilibrium, Le Chatelier's principle, learning/teaching.

Corresponding author: Safiye TEMEL ASLAN, safiye79temel@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Introduction

Many studies in science education involve significant incentives regarding the nature of science and how students can acquire an understanding of it (Demirbaş, 2013; Kutluca & Aydın, 2017; Yenice, 2015). As the literature about the nature of science was reviewed; it is observed to focus on the characteristics of scientific knowledge. In this sense, there are different types of scientific knowledge, and they can be expressed in the following

ways: phenomenon, concept, principle, law, hypothesis, and theory (Bilen, 2015; Çepni, 2012; Çoban & Sağlam, 2016; Çobanoğlu, 2013; Lederman, 2007). In this study, an example of these types of scientific knowledge in chemistry, Le Chatelier's principle was examined. The principle has certain ambiguities which lead to misconceptions. However, the controversial aspect of the principle is not widely known.

What is Le Chatelier's Principle (LCP)?

LCP is used to qualitatively predict how a system evolves when its equilibrium state is disturbed by an external influence that may cause a change in the volume, pressure, temperature, or concentration of the system (García-Lopera et al., 2014). Although Henri Louis Le Chatelier and Karl Ferdinand Braun independently formulated the principle, it is called with Le Chatelier's name in textbooks. Le Chatelier made three qualitative explanations about his principle in 1884, 1888, and 1933 (Olivera-Fuentes & Colina, 2007; Quílez, 2004a). Since then, many researchers and textbook writers have attempted to restate the principle in a general manner (Prigogine & Defay, 1954, cited in Hillert, 1995; Quílez, 2004a). Especially in textbooks, many different qualitative explanations have been made about LCP. For instance, "If an external stress is applied to a system at equilibrium, the system adjusts in such a way that the stress is partially offset as it tries to reestablish equilibrium" (Chang & Goldsby, 2014, p. 646). Although the principle is widely taught to high school and university students, there are many criticisms of this principle.

Criticisms towards LCP

In criticisms of LCP, it is stated that the principle has certain ambiguities and a limited character (Cheung, 2004; Lacy, 2005; Quílez, 2004a; Solaz-Portoles & Quílez-Pardo, 1995; Solaz & Quílez, 2001). However, despite these insufficiencies, it is mostly assumed and used as it has an absolute form (Gold & Gold, 1985). Additionally, the generalizations in the textbooks that were made during the restatement of the principle are also problematic. (Cheung et al., 2009). For instance, in the textbooks, it is explained as Le Chatelier's principle states that when stress is applied to a system at equilibrium the equilibrium conditions shift in such a way as to relieve the stress (Ertekin et al., 2019, s. 326-330; Güntut et al., 2019, s. 234, 236, 238). This generalization may ignore the fact that predictions based on the principle may contradict experimental facts and calculations (Cheung et al., 2009).

Misconceptions related to LCP

Misconceptions about LCP may concentrate on three points. The first misconception is related to the misuse of LCP in predicting the change that may occur when more solid reactant or product is added to heterogeneous equilibrium system at constant volume

and temperature (Cliff, 2009; Piquette & Heikkinen, 2005; Voska & Heikkinen, 2000). Over-generalization of the principle can be stated to underlie this misconception (Piquette & Heikkinen, 2005).

The second misconception about LCP indicates the misuse of the principle in predicting the change, which may occur when an inert gas is added to the system in equilibrium (gas-phase equilibrium) at constant volume and temperature (Cheung, 2004; Furio et al., 2000; Yakmacı-Güzel, 2014). Here, the misconception occurs as no change is considered to occur in the equilibrium system with the thought that the variables such as pressure, temperature, volume, and concentration of any substance in the equilibrium system are kept constant and that the inert gas will not react with any substance in the equilibrium system (Furio et al., 2000).

The third misconception about LCP is related to predicting the change, which may occur when a gaseous reactant or product is added to gas-phase equilibrium at constant pressure and temperature (Cheung, 2009a, 2009b; Cheung et al., 2009; Lacy, 2005; Solaz & Quílez, 2001). One of the reasons underlying this misconception can be stated as overconfidence or over-loyalty to the rationale of LCP (Cheung, 2009b). On the other hand, trying to execute LCP without completely understanding it may also be the basis for all the misconceptions.

An Educational Approach to the Context of LCP

LCP's limited character and criticisms towards LCP raise the following question: What else other than LCP can be used in predicting the change, which may occur in a system in equilibrium by the influence of any external effect? When the literature about the answer of this question is reviewed; recommendations/usage tendency related to the topic is observed to focus on reaction quotient, Q (Cheung, 2004, 2009a; 2009b; Cheung et al., 2009; Lacy, 2005; Miller, 1954; Solaz-Portoles & Quílez-Pardo, 1995). The approach regarding the examination of the effect of temperature change on a system in equilibrium is seen to focus on the van't Hoff's thoughts and his equation (Cheung, 2004, 2009a, 2009b; Cliff, 2009; Gold & Gold, 1985; Kemp, 1987; Solaz & Quílez, 2001; Solaz-Portoles & Quílez-Pardo, 1995). Depending on thermodynamic principles, these recommendations can be stated to provide an opportunity to approach chemical equilibrium with an in-depth understanding.

Conclusion

LCP is widely used to predict the direction in which a chemical equilibrium will shift when it is disturbed. Although the principle provides a simpler introduction and easiness conceptually and it is seen as an easy and usable rule by students; it has certain ambiguities and therefore causes misconceptions. In the literature, it is suggested to use

the reaction quotient and van't Hoff's equation instead of LCP. Although the given alternatives are taught in addition to LCP, it is a well-known fact that students have a strong loyalty to LCP (Canpolat & Pınarbaşı, 2012; Cheung, 2009b; Cliff, 2009). Therefore, re-evaluating whether teaching the principle is necessary or not and provides convenience or difficulty is recommended.

Le Chatelier Prensibi: Öğretimsel Kolaylık mı, Zorluk mu?

Safiye TEMEL ASLAN

Aksaray Üniversitesi, Bahçesaray, 68100, Aksaray, safiye79temel@gmail.com,
https://orcid.org/0000-0001-6969-8871

Gönderme Tarihi: 19.11.2020

Kabul Tarihi: 25.02.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.828470>.

Özet:

Yanlış kavramalar, kimya eğitiminin ilgilendiği başlıca konular arasında yer almaktadır. Yanlış kavramaların nedenleri incelenirken vurgu yapılan noktalardan biri de epistemolojik zorluklardır. Burada bahsedilen; kavramın doğasından veya özelliklerinden kaynaklanan zorluklar ya da kavramla ilgili yanlış kavramalardır. Oysa bazen kavramın kendisi içerdiği belirsizliklerden dolayı başlı başına yanlış kavrama kaynağı olabilmekte ve öğretilip öğretilmemesi konusunda soru işaretlerine yol açabilmektedir. Bu çalışmada kimyasal denge konusu içinde yer alan "Le Chatelier prensibi"nin buna dair bir örnek olduğu ileri sürülmektedir. Bu bağlamda çalışmada Le Chatelier prensibinin belirsizlikleri ile prensibe yöneltilen eleştiriler, gerekçeleri ve önerileriyle birlikte alanyazına dayalı olarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kimyasal denge, Le Chatelier prensibi, öğrenme-öğretme.

Sorumlu yazar: Safiye TEMEL ASLAN, safiye79temel@gmail.com.

GİRİŞ

Fen bilimleri eğitimi alanında yapılan pek çok çalışma, bilimin doğası ve buna ilişkin anlayışın öğrencilere kazandırılması konusunda önemli teşvikler içermektedir (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1990; Demirbaş, 2013; Lederman, 2007; Lederman vd., 2002; Kutluca & Aydın, 2017; Yenice, 2015). İlgili çalışmalarda bilimin doğasına dair yapılan açıklamalar incelendiğinde; bilimsel bilginin özelliklerine yer verildiği (Lederman, 2007), bilimsel bilginin türleri olduğu ve bunların olgu, kavram, ilke (prensip), yasa (kanun), hipotez (deneme) ve kuram (teori) şeklinde ifade edilebileceği belirtilmektedir (Bilen, 2015; Çepni, 2012; Çoban & Sağlam, 2016; Çobanoğlu, 2013; Lederman, 2007). Bu çalışmada adı geçen bilimsel bilgi türlerinden ilkenin (prensip), kimya bağlamında bir örneği olan Le Chatelier prensibi (LCP) incelenmiştir. LCP'nin incelenmesinin nedeni; prensipte bazı belirsizliklerin olduğu ve yanlış kavramalara yol açtığı, öğrenciler tarafından ezbere uygulanan bir kural olması nedeniyle kimyasal denge konusunda derin bir anlayış kazandıramaması (Cheung vd., 2009; Quilez, 2004a), her ne kadar prensibin termodinamik yasalara dayalı olarak ifade edildiği belirtilse de (Olivera-Fuentes & Colina, 2007) prensibin dayandığı kimyasal anlayışın ne olduğunun

açıklamalarda yer almaması gibi eğitimsel deneyimlerdir. Öte yandan prensibin tartışmaya açık yanı da yaygın olarak bilinmemektedir.

Alanyazın incelendiğinde LCP'nin kimyasal denge konusu içinde ya da tek başına ele alındığı görülmektedir. İlgili çalışmalarda, prensibin farklı yöntem ve teknikler kullanılarak öğretilmesine ya da prensiple ilgili öğrencilerin anlayışlarının/öğrencilerdeki yanlış kavramaların belirlenmesine yer verilmektedir. (Bilgin vd., 2016; Coştu & Ünal, 2004; Doğan vd., 2007; Hanson, 2016; Pekmez, 2010; Şendur vd., 2011). Ancak prensibin içerdiği belirsizlikleri ve bu nedenle tartışmalı yönü olduğunu ele alan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışma ile prensibin alanyazın ışığında incelenmesi, belirsizliklerinin ortaya koyulması ve dikkatlerin prensibin tartışmalı yönüne çekilmesi amaçlanmıştır. Buradaki incelemede her ne kadar ders kitaplarında yer alan açıklamalara değinilmiş olsa da kitap/doküman inceleme çalışmanın kapsamı dışındadır. Çalışmada prensibe odaklanılmıştır. Böylece prensiple ilgili göreceli olarak çok az bilinen konulara değinilerek prensibin öğretilip öğretilmemesi konusu üzerinde tekrar düşünülebileceğinin dikkatlere sunulması hedeflenmiştir. Bunun için öncelikle LCP açıklanmış, daha sonra prensibe yöneltilen eleştirilerden ve yerine kullanılabilir yaklaşımlardan bahsedilmiştir. Ardından prensiple bağlantılı yanlış kavramalar, bunların oluşmaması ya da en aza indirilmesi için LCP yerine kullanılabilir öğretimsel yaklaşımlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır.

Le Chatelier Prensibi (LCP) Nedir?

İlke (prensip), "fenomenleri açıklamada kullanılan genel önerme" (Cevizci, 2013) ya da "benzer pek çok kavramı bağlı olarak içeren, tahmin ve açıklama gücü yüksek olan düşünceler" (Çoban & Sağlam, 2016) olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda LCP; denge konumunda bulunan bir sisteme etki edecek herhangi bir dış etkinin (sistemin derişim, basınç, hacim veya sıcaklığında bir değişim olduğunda) meydana getirebileceği etkiyi nitel olarak yorumlamada kullanılmaktadır (Chang & Goldsby, 2014, s. 646; Petrucci vd., 2012, s. 673). Prensibin içeriği Henri Louis Le Chatelier ve Karl Ferdinand Braun tarafından birbirlerinden bağımsız olarak ifade edilse de (Norwich, 2010), prensip kitaplarda Le Chatelier'in adıyla anılmaktadır.

Le Chatelier, daha sonra kitaplarda ismiyle anılacak olan prensibiyle ilgili üç farklı nitel açıklama yapmıştır (Quilez, 2004a). İlk açıklamasını 1884 yılında basılı olarak şu şekilde ifade etmiştir (akt. Olivera-Fuentes & Colina, 2007):

"Sıcaklığını veya yoğunlaşmasını (basınç, derişim, birim hacim başına düşen molekül sayısı), ya bir bütün olarak ya da bazı kısımlarında değiştirme eğilimi olan bir dış nedenin etkisine maruz kalan kararlı kimyasal dengede olan herhangi bir sistem; dış nedenin meydana getirdiği sıcaklık veya yoğunlaşma değişiminin, tek başına meydana gelmesi şartıyla, tersi yönünde bir değişime yol açabilecek içsel modifikasyonlara uğrayabilir."

Le Chatelier, 1888 yılında karmaşık ve spesifik ilk formülasyonu daha genel hâlde şöyle ifade etmiştir (akt. Fernandez-Prini, 1982; Olivera-Fuentes & Colina, 2007):

“Denge hâlindeki herhangi bir sistem, denge faktörlerinden tek birinin değişmesi üzerine, tek başına gerçekleşmek şartıyla, söz konusu faktörün meydana getirdiği değişimin tersi yönünde bir dönüşüme uğrayacaktır.”

Burada geçen denge faktörleri daha sonra “Kimyasal bir sistemin denge durumunu değiştirebilecek koşullar, değişimi hareket gücünün harcanmasını gerektiren koşullardır.” açıklamasıyla birlikte bunlar, kimyasal dengenin belirleyici koşulları olarak belirtilmiş ve sözü edilen koşullar “fiziksel hâl, yoğunlaşma, sıcaklık, basınç, elektromotor kuvveti, manyetik şiddet vb.” şeklinde ifade edilmiştir.

1933 yılına gelindiğinde ise Le Chatelier, amonyak reaksiyonuna ait incelemeleri sırasında dengenin kayması ile ilgili kendi ifadeleriyle örtüşmeyen durumların olduğunu fark etmiştir. Buradaki sorun kütle değişikliklerinin etkisiyle ilgilidir. Le Chatelier, hatasının kütle artmasının her zaman konsantrasyon artışı anlamına geldiğine inanmak olduğunu ifade ederek 1884 yılındaki beyanları doğru olsa da 1888 yılındakilerin doğru olmayabileceğini kabul etmiştir (Olivera-Fuentes & Colina, 2007).

Daha sonra konuyla ilgili çalışan pek çok kişi, prensibi genel bir şekilde yeniden ifade etmeye çalışmıştır (Prigogine & Defay, 1954, akt. Hillert, 1995; Quilez, 2004a). Ancak bu ifade edişlerde önemli bir sorun; Le Chatelier’in 1888 yılındaki ve kendisinin de kusurlu olduğunu kabul ettiği ancak söz konusu kabulün büyük ölçüde fark edilmediği formülasyonun, yaygın olarak kabul görmüş olmasıdır. Bu formülasyon zamanla daha geniş/genel formülasyonlara yol açmıştır (Olivera-Fuentes & Colina, 2007). Özellikle kitaplarda LCP adıyla genel bir şekilde ifade edilerek verilmiştir. Örneğin Türkiye’deki öğretim kademelerinde ilk olarak 11. sınıf kimya ders kitaplarında yer alan prensiple ilgili şu açıklamalara yer verildiği görülmektedir:

“Fransız kimyacı Henry Le Chatelier (Henri Lö Şatölye) dengeye ulaşmış sistem koşullarına (sıcaklık, basınç, derişim) etki edildiğinde tepkimede ne gibi değişmeler olacağını incelemiştir. İncelemeleri sonucunda ortaya koyduğu açıklamalara Le Chatelier İlkesi denir. Le Chatelier İlkesi’ne göre dengedeki sisteme etki edildiğinde sistem dengeye ulaşincaya kadar etkiyi azaltacak yönde eğilim gösterir. Yeni tepkime koşullarına göre yeniden denge kurulur” (Güntut vd., 2019, s. 234).

“Dengenin; derişim, basınç, hacim ya da sıcaklık değişimi ile hangi yöne kayacağını belirlemek için genel bir kural vardır. Bu kural adını Fransız kimyacı

Henri Le Chatelier'den alır ve Le Chatelier İlkesi olarak bilinir. Le Chatelier İlkesi: Dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki uygulandığında, sistemin, bu etkiyi karşılayacak yöne tepki vererek yeniden dengeye ulaştığını ifade eder. Burada "etki" kelimesi sistemi denge hâlinde uzaklaştıran derişim, basınç, hacim ya da sıcaklıktaki değişimdir. Bu değişimlerin etkisini incelemek için Le Chatelier İlkesi kullanılır" (Ertekin vd., 2019, s. 326).

"Dengeye dışarıdan yapılan etkiler, denge konumunu istenen ürün ya da tepken yönüne kaydırabilir. Çoğu zaman bizim isteğimize bağlı olarak kontrol edilebilir deneysel değişkenler derişim, basınç, hacim ve sıcaklıktır. Bu değişkenlerin dengeye etkileri Le Chatelier İlkesi ile açıklanır. Le Chatelier İlkesi dengenin derişim, basınç, hacim ya da sıcaklık değişimi ile hangi yöne kayacağını belirlememizi sağlayan genel bir kuraldır. Fransız kimyacı Henri Le Chatelier tarafından açıklanan bu ilke onun adıyla bilinir. Bu ilkeye göre, dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki uygulandığında, sistem bu etkiyi azaltacak yöne tepki vererek yeniden dengeye ulaşır. Buradaki etki sistemi denge hâlinde uzaklaştıran derişim, basınç, hacim ya da sıcaklık değişimidir" (Aydoğan, 2016, s. 331-332).

"Denge hâline ulaşmış sistemin herhangi bir sebeple deneysel koşullarının (sıcaklık, basınç, derişim) değişmesi sonucunda reaksiyonda ne gibi değişmeler olacağı, 1884 yılında Fransız kimyacı Henry Le Chatelier tarafından kendi adıyla anılan ilke ile açıklanmıştır. Le Chatelier ilkesine göre; dengede bulunan sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında, sistemin dengesi bu etkiyi azaltacak yönde eğilim gösterir" (Dursun vd., 2013, s. 111).

Lise düzeyindeki bazı kitaplarda LCP'nin fiziksel dengelere de uygulanabileceği belirtilmektedir (Ertekin vd., 2019, s. 326; Dursun vd., 2013, s. 111; Karaca & Ertaş, 2014, s. 104-105). Üniversite düzeyi için yazılmış kitaplarda ise şu açıklamalara rastlanmaktadır:

"Bazen, dengedeki tersinir bir tepkimenin bir madde miktarı değişimi ile gideceği net yönü, nitel değerlendirmeler yapmak için öngörmek isteriz. Ayrıca, bazen elimizde nicel hesaplamalar yapmamız için gerekli olan veriler de bulunmayabilir. Bu gibi durumlarda, Fransız kimyacı Henri Le Chatelier (1884) tarafından ileri sürülen ve burada tam olarak açıklanması zor olmakla

birlikte, temeli verilen Le Chatelier ilkesi denilen görüşü kullanabiliriz. Le Chatelier ilkesi, aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. Denge konumunda bulunan bir sistemdeki sıcaklık, basınç ve tepkimeye girenlerin derişiminde herhangi bir değişiklik olursa, sistem bu etkiye karşı, yeni bir denge oluşturarak tepki gösterir” (Petrucci vd., 2012, s. 673).

“Dengedeki bir sistemin derişim, basınç, hacim veya sıcaklığında bir değişim olduğunda hangi yöne ilerleyeceğini belirlemekte yararlanan bir kural vardır. Bu kural Le Chatelier ilkesi olarak bilinir. Bu ilkeye göre, dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki yapılırsa, sistem bu etkiyi kısmen bertaraf edecek şekilde hareket eder ve yeni bir denge konumuna erişir. Buradaki “etki” kelimesi, sistemin denge durumundan uzaklaşmasına yol açacak olan derişim, basınç, hacim veya sıcaklıktaki değişimdir. Le Chatelier ilkesi bu değişimlerin etkilerini değerlendirmede kullanılır” (Chang & Goldsby, 2014, s. 646).

“Fransız kimyacı Henri Le Chatelier tarafından tanımlanan genel ilkeleri izleyerek, koşullar değiştirildiği zaman dengedeki bir tepkime karışımının bileşiminin nasıl değişeceğini öngörebiliriz. Le Chatelier ilkesi: Dinamik dengedeki bir sisteme bir etki uygulandığı zaman denge bu etkiyi en aza indirmek eğilimindedir” (Atkins & Jones, 2013, s. 405).

LCP'ye lise ve üniversite düzeyindeki kimya ders kitaplarında özellikle lise düzeyindekilerde önemle yer verildiği görülmektedir (Gold & Gold, 1985). Lise seviyesindeki kitaplarda, denge koşullarındaki değişikliklerin dengeyi nasıl etkileyeceğine yönelik soruların çözümünde de sıklıkla LCP'ye başvurulmaktadır (Aydoğan, 2016, s. 334-336; Ertekin vd., 2019, s. 333-334; Karaca & Ertaş, 2014, s. 106-107; Özkazan, 2019, s. 231-232). LCP'nin temel öğretimlerde kavramsal olarak daha basit bir tanıtım ve kolaylık sağladığı (Gold & Gold, 1985), öğrencilerin de prensibi uygulanabilir kolay bir kural olarak gördükleri (Solaz & Quilez, 2001) bilinmektedir. Ancak prensibe yönelik eleştiriler, eleştirilerin gerekçeleri ve öneriler üzerine yapılan tartışmalar, yaygın olarak bilinmemektedir.

LCP'ye Yönelik Eleştiriler

LCP, lise düzeyindeki kitaplar başta olmak üzere ders kitaplarında kendine yer bulup denge ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılsa da prensibin birtakım belirsizlikler içerdiği ve sınırlı karaktere sahip olduğu bazı araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir

(Cheung, 2004; Cheung vd., 2009; Lacy, 2005; Quílez, 2004; Solaz-Portoles & Quílez-Pardo, 1995; Solaz & Quílez, 2001). Bu bağlamda prensibe eleştiriler yöneltilmektedir. Söz konusu eleştirilerin özellikle iki noktada toplandığı söylenebilir. Birinci eleştiri, prensibin bazı yetersizlikler içerdiği yönündedir. Prensibin formülasyonunda uygulanabilirliği için koşullar bulunmamaktadır ve prensibin nitel karakteri, sistem üzerindeki dış etkinin azaltılma derecesini ya da mekanizmasını açığa çıkarmamaktadır (Nesis & Skibin, 2000). Ancak bu yetersizliklerine rağmen prensip, çoğunlukla kesin bir form gibi düşünülmektedir (Gold & Gold, 1985). Oysa LCP'nin uygulanabilmesi için "dış etkiye maruz kalan bir termodinamik sistemin ilk anda kararlı bir denge durumunda olması gerekir ve dış etkinin yoğunluğu/şiddeti bu sistemin yok edildiği sınır değeri aşmamalıdır" (Nesis & Skibin, 2000). Öte yandan kimyasal dengede konsantrasyon değişiklikleri, her zaman reaksiyona katılan kimyasalların kütledeki değişiklikleri takip etmemektedir (Quílez, 2004a).

İkinci eleştiri ise daha sonra kitaplarda prensibi yeniden ifade ederken yapılan genellemenin sorunlu olduğu yönündedir (Cheung vd., 2009). Örneğin ders kitaplarında LCP'nin 'değişimin, etkiyi indirgeyen/azaltan ya da yükselten/artıran yönde olacağını belirttiği' ifade edilmektedir (Ertekin vd., 2019, s. 326-330; Güntut vd., 2019, s. 234, 236, 238). Ancak bu genelleme, prensibe dayalı olarak yapılan tahminlerin deneysel gerçeklerle ve yapılan hesaplamalarla çelişebileceği gerçeğinin görmezden gelinmesine neden olabilmektedir (Cheung vd., 2009). Örneğin sabit sıcaklık ve basınçta gaz hâlinde maddelerin yer aldığı bir denge karışımına, tepkenlerden ya da ürünlerden birinin eklenmesi ya da çıkarılması durumunda, denge durumunun nasıl değişeceğine ilişkin LCP'ye dayalı olarak yapılacak yorum hatalı olabilmektedir (Cheung, 2004). Daha açık ifade edilirse pek çok ders kitabında denge hâlindeki bir sisteme reaktantlardan biri ilave edildiğinde, dengenin daha fazla ürün oluşturacak şekilde ürünler yönüne kayacağı belirtilmektedir (Ertekin vd., 2019, s. 326-327; Güntut vd., 2019, s. 236). Ancak bunun sabit hacimli izotermal bir sistemde gözlenebileceği ya da sabit basınçlı izotermal bir sistemde aynı durumun gözlenmeyeceği belirtilmemektedir. Bunun için çok iyi bilinen amonyak sentezi, Haber-Bosch prosesi ($N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$) örneği verilmektedir (Ertekin vd., 2019, s. 327; Güntut vd., 2019, s. 236). Bu örnek için bazı durumlarda reaktant (örneğin $N_{2(g)}$) ilavesi, reaksiyonun daha fazla azot üreten yönde ilerlemesine neden olabilmektedir (Uline & Corti, 2006). Buna göre sabit sıcaklık ve basınçta daha fazla $NH_{3(g)}$ oluşmasıyla sonuçlanan bir $N_{2(g)}$ ilavesinin ancak $N_{2(g)}$ 'nin mol kesrinin 1/2'den daha az olması durumunda gerçekleşeceği, aksi takdirde $NH_{3(g)}$ 'ün ayrışacağı, başka bir ifadeyle azotun mol sayısı, tüm türlerin toplam mol sayısının yarısından daha fazla ölçüde artırılırsa, daha fazla ürün oluşturmaktan ziyade dengenin, reaksiyona giren maddelere doğru kayacağı ve amonyağın parçalanacağı belirtilmektedir (Katz, 1961; Lacy, 2005; Solaz-Portoles & Quílez-Pardo, 1995). Konuyla ilgili bir başka örnek; katiysıyla

çözeltisi arasında dinamik bir dengenin olduğu doymuş bir çözeltide, katının çözünürlüğünün sıcaklıkla nasıl değişebileceğine ilişkin LCP'ye dayalı olarak yapılacak tahminin hataya düşürebileceğidir. Bu bağlamda molar çözünme entalpisi negatif değer olan ekzotermik bir çözünme olayında; LCP'ye göre sıcaklığın artırılması, çözünürlüğün azalmasına neden olacağı şeklinde yorumlanabilir. Molar çözünme entalpisi pozitif değer olan endotermik bir çözünme olayında ise tersi bir yorum yapılabilir. Örneğin NaCl ve NaI çözeltileri dikkate alındığında, iki çözeltinin entalpilerinin işaretlerinin farklı olduğu görülmektedir (NaCl_(aq) için $\Delta H = +4$ kJ/mol, NaI_(aq) için $\Delta H = -9$ kJ/mol). Ancak sıcaklık arttıkça her iki tuzun da sudaki çözünürlüklerinin arttığı bilinmektedir (Bodner, 1980). Bundan başka NaOH_(k)'ın suda çözünmesi ekzotermik ($\Delta H = -44$ kJ/mol) olarak gerçekleşir (Clugston & Flemming, 2000, s. 287). LCP'ye göre değerlendirildiğinde NaOH_(k)'ın çözünürlüğünün sıcaklık arttıkça azalması gerektiği önerilebilir ancak NaOH_(k)'ın çözünürlüğü kabaca 0° ile 100 °C arasında bir faktör artmaktadır (Bodner, 1980).

LCP'nin Kullanıldığı Bağlama Öğretimsel Yaklaşım

LCP açıklanırken, yukarıda ifade edildiği gibi genel bir formülasyon sunulduğu görülmektedir. Ancak sözü edilen formülasyonun yanında heterojen kimyasal denge sistemlerinde saf katıların ve sıvıların miktarındaki değişimin dengeyi bozmayacağı (Alpaydın & Şimşek, 2017, s. 278; Ertekin vd., 2019, s.334); sabit hacim ve sıcaklıkta bir kimyasal denge sistemine inert bir gaz eklendiğinde dengenin bozulmayacağı, bu eklemenin sabit basınçta yapılması durumunda dengenin bozulacağı gibi özel açıklamalara da yer verilmektedir (Aydoğan, 2016, s. 335; Güntut vd., 2019, s. 239; Özkazan, 2019, s. 231). Aslında bu şekilde prensibin eksiklikleri ifade edilmektedir. Ancak özel açıklamalara rağmen pek çok açıklamada denge sistemine yapılan etkinin, hangi koşullarda yapıldığının önemli olduğu ve yapılan etkinin birden fazla değişikliğe neden olabileceği ve bu yüzden de LCP'ye dayalı olarak yapılacak yorumların hataya sebep olabileceği açık bir şekilde belirtilmemektedir. Öğrenciler de çoğu kez prensibi genelleyerek kullanma eğilimi göstermektedirler. Bu durum ise hatalara ve yanlış kavramalara neden olabilmektedir (Yakmacı-Güzel, 2014).

Yukarıda bahsedilenler dikkate alındığında denge konumundaki bir sisteme etki edecek herhangi bir dış etkinin meydana getirebileceği değişikliği öngörmede, LCP dışında ne kullanılabilir sorusu önemli hâle gelmektedir. Sorunun yanıtına ilişkin alanyazın incelendiğinde; konuyla ilgili önerinin/kullanım eğiliminin tepkime oranı (denge kesri; Q) üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Cheung, 2004, 2009a; 2009b; Cheung vd., 2009; Lacy, 2005; Miller, 1954; Solaz-Portoles & Quílez-Pardo, 1995). Tepkime oranının kullanımına ilişkin önerilere bakıldığında Miller'in (1954), tepkime oranı ifadesini ve sembolü Q'yu kullanmaksızın "K" ifadesini kullandığı ve bununla denge sabiti K_p ifadesini karşılaştırdığı görülmektedir. Bu karşılaştırmayı kullanmayı tercih etmesini ise

öğrencilerin basınç değiştiğinde gaz hâlindeki maddelerin yer aldığı bir reaksiyonda denge pozisyonunun nasıl değiştiğiyle ilgili tatmin edici açıklamalar yapamamalarına dayandırmaktadır. Bunun için amonyak sentezine ilişkin tepkimeyi ($N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$) kullanarak tepkimenin gerçekleştiği kabın hacminin yarıya indirilmesi durumunda denge durumunun nasıl değişeceğine ilişkin öngörüyü, Boyle yasasını da kullanarak şöyle ifade etmektedir:

“Denge durumunda reaksiyonun denge sabiti aşağıdaki gibidir:

$$K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2})(p_{H_2})^3}$$

Kabın hacmi yarıya indirildiğinde basınç iki katına çıkar. Bu ise reaksiyon karışımının her bir bileşeninin basıncını anlık olarak iki katına çıkarır. Böylece sistem yeni durum için yeniden düzenlenmeden (uyum sağlamadan) önce;

$$“K” = \frac{(2p_{NH_3})^2}{(2p_{N_2})(2p_{H_2})^3} = K_p/4$$

eşitliği yazılabilir. Denge sabiti sabit sıcaklıkta, sabit olduğu için (yüksek basınçta ortaya çıkan ideallikten sapmalar dışında ve burada düşünülmesine gerek yoktur) denge, “K” nin, K_p 'ye eşit olana dek artacağı şekilde kaymalıdır. Bu durum daha fazla amonyak oluşturmak için azotun hidrojenle tepkimesi ile meydana gelir ki bu da “K”, K_p 'ye eşit olana kadar, sistem yeniden dengeye gelene kadar, payın değerini artırır, paydanın değerini azaltır.” Miller önerisinin basınç değişikliğinde denge konumunda kayma olabileceğini gösterdiğini ve kullanılmasının öğrenciler açısından açıklayıcı olduğunu deneyimlerine dayanarak belirtmiştir.

Katz (1961) ise LCP'nin belirsizliklerine atıf yaparak öncelikli olarak lisans düzeyindeki kimya derslerine yönelik bir yöntem tasarladıklarını belirtmiştir. Yöntemin, termodinamik prensiplere dayalı olarak sunulduğunu ve denge sabiti ifadelerinin daha rasyonel bir kullanımını içerdiğini ifade etmiştir. İdeal gaz tepkimesi üzerinden açıkladığı yönteminde; Q_p ifadesini kullanmış ve Q_p 'ye ilişkin eşitliği tanıtarak Q_p ve K_p , Q_c ve K_c kıyaslamasını açıklamıştır. Bu bağlamda izotermal koşullarda sabit basınçta inert gaz ekleme, sabit hacimde inert gaz ekleme, hacmi azaltarak basıncı artırma (piston ayarlama), sabit hacimde bir miktar reaktant ya da ürün ekleme, sabit basınçta bir miktar reaktant ya da ürün ekleme şeklindeki etkilerde dengenin nasıl değişeceğine ilişkin öngörülerde, yöntemin nasıl kullanılacağına yönelik açıklamalar sunmuştur.

Solaz-Portoles ve Quílez-Pardo (1995) da yaptıkları çalışmada, termodinamik yasaların derinlemesine analizi sonucunda, bozulan denge karışımlarındaki değişikliği öngörmeye Q 'nun kullanılabilirliğini açıklamışlardır. Buna göre izotermal koşullarda herhangi bir denge sistemine yapılan etkiye ilişkin öngörüde tepkime oranı (Q) ile denge sabiti (K)

değerlerinin kıyaslanması önerilmektedir. Kıyaslama da şayet $Q=K$ ise ($\Delta G=0$) sistem dengede, $Q>K$ ise ($\Delta G>0$) reaksiyon ürünler yönünden tepkenler yönüne doğru, $Q<K$ ise ($\Delta G<0$) reaksiyon tepkenler yönünden ürünler yönüne doğru kendiliğinden gerçekleştiği çıkarımı, termodinamik prensiplere dayalı olarak sunulmuştur.

Sıcaklık değişiminin denge konumundaki bir sistem üzerindeki etkisinin incelenmesi konusunda alanyazında yer alan öneri/kullanım eğilimi incelendiğinde ise bakış açısının van't Hoff'un görüşleri ve adıyla anılan eşitliği üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Cheung, 2004, 2009a, 2009b; Cliff, 2009; Gold & Gold, 1985; Kemp, 1987; Solaz & Quílez, 2001; Solaz-Portoles & Quílez-Pardo, 1995). Van't Hoff'un görüşleri kimyasal dengenin anlaşılması açısından oldukça önemlidir. 1850'den önce kimyasal bir sistem dengede olduğunda tüm reaksiyonun durduğu düşünülmektedir (Quilez, 2007). Daha sonra Williamson (1850) ve Pfaundler (1867), dengenin dinamik yönüne işaret eden görüşler ortaya koymuşlardır (Quilez, 2004b, 2007). O dönemde van't Hoff'un fikirleri de statikten çok dinamiğe dayanmaktadır. Bunu da "...denge, zıt yönlerde aynı hızla gerçekleşen iki değişikliğin bir sonucu olarak kabul edilmelidir." (van't Hoff, 1884, s. 144; akt. Quilez, 2007) şeklinde ifade etmiştir. Onun bu kinetik yaklaşımına dayalı olarak denge sabitini temsil eden matematiksel denklem çıkarılabilmektedir (Quilez, 2007).

Van't Hoff'un termodinamiğe dayalı olarak çıkardığı ve sıcaklık ile denge sabiti arasındaki ilişkiyi gösteren eşitliği ise şöyledir (Atkins, 2001, s. 225; Gold & Gold, 1985);

$$\left[\frac{d \ln K_p}{dT} \right]_P = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

Eşitliğin düzenlenerek integrali alınması sonucu ulaşılan aşağıdaki eşitlik de daha öğretilebilir bulunmaktadır (Cheung, 2004):

$$\ln K_p = \text{sabit} - \Delta H^\circ/RT$$

Kısmi basınçlar açısından denge sabitini (K_p), integral sabitini (sabit, c gibi), ileri yöndeki tepkimenin standart entalpi değişimini (ΔH°), molar gaz sabitini (R), Kelvin sıcaklığını (T) içeren yukarıdaki denklemde; ΔH° 'ın sıcaklıkla değişmediği varsayılarak şöyle yorum yapılabileceği ifade edilmektedir (Cheung, 2004):

- Ekzotermik bir reaksiyonda ΔH° negatif olacağı için $-\Delta H^\circ/RT$ değeri pozitif olacaktır. Sıcaklık arttığında $-\Delta H^\circ/RT$ terimi azalır ve bu durumda K_p 'nin azalmasına neden olur.
- Endotermik bir reaksiyonda ise ΔH° pozitif olacağı için $-\Delta H^\circ/RT$ teriminin değeri negatif olacaktır. Sıcaklık arttığında $-\Delta H^\circ/RT$ terimi artar ve bu durumda K_p 'nin artmasına neden olur.

Van't Hoff eşitliğinin iki farklı denge sabiti ve sıcaklık için iki defa yazılması ve düzenlenmesi sonucu aşağıdaki eşitliğin elde edildiği (Atkins, 2001, s. 227; Cheung,

2004) ve bu eşitliğe dayalı olarak şöyle yorum yapılabileceği de yine öneriler arasındadır (Massachusetts Institute of Technology, 2008):

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

- Ekzotermik bir reaksiyonda sıcaklık artırılırsa; ΔH^0 negatif olacağı için $-\Delta H^0/R$ değeri pozitif olacaktır. $T_2 > T_1$ olacağından $1/T_2 - 1/T_1$ terimi negatif olacaktır. Bu durumda eşitliğin sağ tarafı negatif değer alacağı için $K_1 > K_2$ olacaktır. $K_1 > K_2$ olması ise daha az ürün oluşumunu ifade eder.

- Ekzotermik bir reaksiyonda sıcaklık azaltılırsa; ΔH^0 negatif olacağı için $-\Delta H^0/R$ değeri pozitif olacaktır. $T_2 < T_1$ olacağından $1/T_2 - 1/T_1$ terimi pozitif olacaktır. Bu durumda eşitliğin sağ tarafı pozitif değer alacağı için $K_1 < K_2$ olacaktır. $K_1 < K_2$ olması ise daha fazla ürün oluşumunu ifade eder.

- Endotermik bir reaksiyonda sıcaklık artırılırsa; ΔH^0 pozitif olacağı için $-\Delta H^0/R$ değeri negatif olacaktır. $T_2 > T_1$ olacağından $1/T_2 - 1/T_1$ terimi negatif olacaktır. Bu durumda eşitliğin sağ tarafı pozitif değer alacağı için $K_1 < K_2$ olacaktır. $K_1 < K_2$ olması ise daha fazla ürün oluşumunu ifade eder.

- Endotermik bir reaksiyonda sıcaklık azaltılırsa; ΔH^0 pozitif olacağı için $-\Delta H^0/R$ değeri negatif olacaktır. $T_2 < T_1$ olacağından $1/T_2 - 1/T_1$ terimi pozitif olacaktır. Bu durumda eşitliğin sağ tarafı negatif değer alacağı için $K_1 > K_2$ olacaktır. $K_1 > K_2$ olması ise daha az ürün oluşumunu ifade eder.

LCP ile Bağlantılı Yanlış Kavramalar ve Öğretimsel Bakışa Dayalı Öneriler

Alanyazında LCP ile ilgili yanlış kavramalar incelendiğinde; bunların üç noktada yoğun olarak görüldüğü söylenebilir. Birincisi sabit hacim ve sıcaklıktaki dengedeki bir sisteme (heterojen dengeler), sistemde yer alan (derişim değişimine neden olmayan) bir katı ilave edildiğinde meydana gelebilecek değişimi öngörmede LCP'nin hatalı bir şekilde kullanıldığına işaret eden yanlış kavramalardır (Cliff, 2009; Furio vd., 2000; Kousathana & Tsapalis, 2002; Piquette & Heikkinen, 2005; Voska & Heikkinen, 2000). Söz konusu yanlış kavramanın temelinde prensibin aşırı genelleştirilmesinin yer aldığı söylenebilir (Piquette & Heikkinen, 2005). Bunun yanında dengeyi tekrar kurmak veya bir değişikliği dengelemek için 'kimyasal reaksiyonun ilerlemesi, istemesi, eğilimi veya kayması' gibi ifadeler de öğrencilere LCP'yi çağrıştırabilmekte (ki bu çağrışım prensibin ders kitaplarındaki açıklamalarına dayanmaktadır) ve böylece LCP'nin adından bahsederek ya da bahsetmeyerek prensibe ilişkin bir anlayışın ifade edilmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle LCP'nin denge değişikliklerini tahmin etmede yegâne veya evrensel yaklaşım olarak görülmesinden kaçınılmalıdır (Cliff, 2009). Piquette ve Heikkinen (2005), çalışmalarında görüşünü aldıkları bir katılımcının böylesi bir yanlış kavramaya düşmemek için Q ile K 'yı

karşılaştırmanın yararlı olduğunu ve bu karşılaştırma sırasında ilave edilen katının bu oranlardan hiçbirinde yer almayışının görülmesinin yanlış kavramayı önleyeceğini belirttiğini ifade etmektedirler. Öte yandan sözü edilen kavramaya "kütle" ile "derişim" kavramlarının karıştırılması, kütleyle derişim olarak düşünme de neden olabilmektedir (Cliff, 2009; Furio vd., 2000). Onun için kütle ve derişim arasındaki ayrımın yapılabilmesi gerekmektedir.

LCP ile ilgili yanlış kavramaların ikincisi; sabit basınç ve sıcaklıktaki dengedeki bir sisteme (gaz dengesine), inert bir gaz ilave edildiğinde meydana gelebilecek değişimi öngörmede prensibin hatalı bir şekilde kullanıldığına işaret eden yanlış kavramalardır. (Cheung, 2004; Furio vd., 2000; Yakmacı-Güzel, 2014). Burada basınç, sıcaklık, hacim, denge sisteminde yer alan herhangi bir türün derişimi gibi değişkenlerin sabit tutulmasına ve inert gazın denge sistemindeki herhangi bir tür ile tepkimeye girmeyeceğine dair düşünceyle denge sisteminde herhangi bir değişiklik olmayacağı yanlış kavraması gözlenmektedir (Furio vd., 2000).

LCP ile ilgili yanlış kavramaların üçüncüsü ise sabit basınç ve sıcaklıktaki bir gaz sistemine, sistemde yer alan türlerden birinin eklenmesi durumunda meydana gelebilecek değişimi öngörmede gözlenmektedir (Cheung, 2009a, 2009b; Cheung vd., 2009; Lacy, 2005; Solaz & Quilez, 2001). İlgili çalışmalarda; söz konusu yanlış kavramanın temelinde yer alan nedenlerden biri olarak LCP'nin mantığına olan aşırı güven ya da bağlılık ifade edilmektedir (Cheung, 2009b). Öte yandan bahsi geçen tüm yanlış kavramaların temelinde LCP'nin anlamaksızın uygulanmaya çalışılıyor olması da görülebilmektedir (Quilez, 2004a).

Yukarıda ifade edilen yanlış kavramalar dışında öğrencilerin LCP ile ilgili anlamlandırmakta güçlük çektikleri konular olduğu da bilinmektedir. Bunlardan biri, denge konumundaki bir sisteme basınç, hacim, derişim değişikliğine neden olacak bir etki yapıldığında bu etkinin K'da herhangi bir değişikliğe neden olmaksızın dengede kaymaya sebep olabilirken, sıcaklık değişikliğinin hem K'da değişikliğe hem de dengede kaymaya neden olabilmesidir (Piquette & Heikkinen, 2005). Bu durumun anlaşılır hâle gelmesinde ise yine yukarıda açıklandığı üzere van't Hoff eşitliğinin kullanılabilmesi ve eşitliğin denge sabitinin bağlı olduğu faktörün sıcaklık olduğunu açıkça göstermesi açısından anlamlı bir kanıt sunduğu söylenebilir. Ayrıca sözü edilen yanlış kavramalara düşmemek için tepkime oranının (Q) kullanılmasının önerildiği daha önce belirtilmişti. Ancak öğrencilerin Q'nun kullanımıyla ilgili en büyük güçlüğü; iki değer (Q ile K) arasındaki farkı ayırt etmede deneyimledikleri görülmektedir (Piquette & Heikkinen, 2005). Piquette ve Heikkinen'in (2005) çalışmalarında görüşünü aldıkları bir katılımcı K ve Q ile ilgili güçlüğü; denge sabiti ifadesinin, denge dışı bir duruma uygulanması olarak ifade etmektedir. Bu nedenle Q ve K arasındaki fark üzerindeki vurgunun güçlü yapılması ile Q ve K kavramalarının anlamlı

bir şekilde açıklanmasının, öğrencilerin yaşadıkları güçlüğün üstesinden gelmelerine katkı sağlayabileceği söylenebilir.

Yukarıda bahsi geçen yanlış kavramaların dışında LCP'nin, fiziksel dengelere de uygulanabileceğine dair düşüncenin olduğu ve bu düşüncenin bazı yanlış kavramaları beraberinde getirdiği de dikkate değer bir konudur. Örneğin 'suyun katı hâlden sıvı hâle

geçiş ($\text{H}_2\text{O}_{(k)} \xrightleftharpoons{P \text{ (basınç)}} \text{H}_2\text{O}_{(s)}$) üzerinden 0 °C'ta basınç artırıldığında hacim azalacağından sistemin bu etkiyi en aza indirebilmek için hacmi artırmak isteyeceği' şeklinde LCP'ye dayalı olarak yorum yapıldığı görülmektedir (Dursun vd., 2013, s. 111). Bu yorumun, denge konumunun $\text{H}_2\text{O}_{(k)}$ yönüne kayacağını düşündürmesi beklenir. Zira aynı miktar üzerinden bir kıyaslama yapıldığında, aynı sıcaklıktaki $\text{H}_2\text{O}_{(k)}$ 'nin hacmi, $\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ hacminden daha büyüktür. Oysa suyun katı fazdan sıvı faza geçmesiyle (erimesiyle) hacminde azalma meydana gelir ve basınç artışı ile katı fazdan sıvı faza geçiş istemli dönüşümdür. Bu durum, suyun faz diyagramı incelendiğinde görülmektedir (Atkins, 2001, s. 143-144). Bunun yanında yine 'aynı örnek üzerinden ($\text{H}_2\text{O}_{(k)} + \text{ısı} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(s)}$) sistemin sıcaklığının artırılmasının LCP'ye göre $\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ oluşturacak yönde dengenin bozulmasına neden olacağı ve bir süre sonra yeniden dengenin kurulacağı' yorumunun yapıldığı da görülmektedir (Dursun vd., 2013, s. 111; Karaca & Ertaş, 2014, s. 105). Oysa faz değişimine sıcaklığın etkisinin; suyun faz diyagramına (Atkins, 2001, s. 143-144; Petrucci vd., 2012, s. 524-525), moleküllerarası etkileşime (Petrucci vd., 2012, s. 503-504) ve moleküler harekete (Petrucci vd., 2012, s. 520) atıfta bulunulmaksızın LCP'ye dayalı olarak açıklanması, derinlemesine kavramayı sağlamayacağı gibi ezberle öğrenmeye sebep olabileceğini akla getirmektedir. Suyun katı hâlden sıvı hâle geçiş örneği üzerinden LCP'nin uygulanmasına ilişkin verilen bu iki örnek, prensibin genellenerek mekanik bir biçimde (Furio vd., 2000) kullanıldığını düşündürmektedir. Bundan kaçınılması gerektiği dikkatlerden uzak tutulmamalıdır.

SONUÇ

Bu çalışmada LCP, prensibin içerdiği belirsizlikler ile prensibe yöneltilen eleştiriler, gerekçeleri ve önerileri ile birlikte ele alınmaya çalışılmıştır. Prensibin tarihsel süreci incelendiğinde geldiği noktanın; Le Chatelier'in 1888'deki ifadelerinin hata içerdiğini kabul etmesine rağmen bunun fark edilmeyerek prensibin genel bir form hâline dönüştürüldüğü ve bu hâlin kullanıcıları (kitap yazarları/öğretmenler/öğrenciler) tarafından çoğunlukla tüm denge durumları için kullanıldığıdır. Öte yandan denge koşulları anlaşılaksızın dengeye ilişkin değerlendirme yapmak mümkün değilken prensibin, denge koşullarını dikkate almadan bir değerlendirme yapılmasına kapı aralamakta olduğu düşünülmektedir. Üstelik prensibin ezberle ve mekanik bir şekilde kullanılmasının, derinlemesine öğrenmeyi ifade etmediği de söylenebilir. Prensibin kavramsal olarak daha basit bir tanıtım ve

kolaylık sağladığı düşünülse ve öğrenciler açısından uygulanabilir kolay bir kural olarak görülse de içerdiği belirsizliklerden dolayı yanlış kavramalara neden olduğu anlaşılmaktadır. Alanyazında LCP yerine termodinamik prensiplere dayalı olarak geliştirilen tepkime oranı (Q) ve van't Hoff eşitliğinin kullanılmasının önerildiği görülmektedir. Her ne kadar LCP yanında çoğunlukla bunların öğretildiği düşünülse de öğrencilerin LCP'ye olan bağlılıklarının çok güçlü olduğu bilinmektedir (Canpolat & Pınarbaşı, 2012; Cheung, 2009b; Cliff, 2009). Öğrenciler, tepkime oranı (Q) ve van't Hoff eşitliğini öğrenseler dahi LCP'yi kullanma konusunda güçlü bir eğilim göstermektedirler. Bu nedenle prensibin öğretilmesinin gerekli olup olmadığı, prensibi öğretmenin kolaylık mı yoksa zorluk mu sağladığı tekrar değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- AAAS (1990). *Science for all Americans*. Oxford University Press.
- Alpaydın, S., & Şimşek, A. (2017). *Genel kimya*. Eğitim Kitabevi.
- Atkins, P. W. (2001). *Fizikokimya* (S. Yıldız, H. Yılmaz, & E. Kılıç, Çev. Ed.). Bilim Yayıncılık.
- Atkins, P., & Jones, L. (2013). *Genel Kimya: İlkeler ve içyüzünü kavrama* (A. R. Türker, Çev. Ed.). Palme Yayıncılık.
- Aydoğan, F. S. (2016). *Ortaöğretim kimya 11 ders kitabı*. Dikey Yayıncılık.
- Bilen, K. (2015). Bilim nedir? Ne değildir? İçinde N. Yenice (Ed.), *Bilimin doğası, gelişimi ve öğretimi* (s. 1-44). Anı Yayıncılık.
- Bilgin, İ., Aktaş, İ., Tatar, E., & Tüysüz, C. (2016). Rehberli araştırma yönteminin üniversite öğrencilerinin kimya konularındaki bazı kavramları anlamalarına etkisinin incelenmesi. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 1(1), 129-146.
- Bodner, G. M. (1980). On the misuse of Le Chatelier's principle for the prediction of the temperature dependence of the solubility of salts. *Journal of Chemical Education*, 57(2), 117-119.
- Canpolat, N., & Pınarbaşı, T. (2012). Le Chatelier prensibi ve kavramsal öğrenme. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 99-114.
- Cevizci, A. (2013). *Felsefe Sözlüğü*. Paradigma Yayıncılık.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2014). *Genel kimya* (R. İnam, & S. Aksoy, Çev. Ed.). Palme Yayıncılık.
- Cheung, D. (2004). The scientific inadequacy of Le Châtelier's principle. *Hong Kong Science Teachers' Journal*, 22(1), 35-43.

- Cheung, D. (2009a). The adverse effects of Le Châtelier's principle on teacher understanding of chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 86(4), 514-518.
- Cheung, D. (2009b). Using think-aloud protocols to investigate secondary school chemistry teachers' misconception about chemical equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 97-108.
- Cheung, D., Ma, H. J., & Yang, J. (2009). Teachers' misconceptions about the effects of addition of more reactants or products on chemical equilibrium. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 1111-1133.
- Cliff, W. H. (2009). Chemistry misconceptions associated with understanding calcium and phosphate homeostasis. *Advances in Physiology Education*, 33, 323-328.
- Clugston, M., & Flemming, R. (2000). *Advanced chemistry*. Oxford University Press.
- Coştu, B., & Ünal, S. (2004). Le-Chatelier prensibinin çalışma yaprakları ile öğretimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1), 1-22.
- Çepni, S. (2012). Bilim, fen, teknoloji kavramlarının eğitim programlarına yansımaları. İçinde S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi* (s. 1- 32). Pegem Akademi.
- Çoban, G. Ü., & Sağlam, M. K. (2016). Fen bilimleri öğretmenlerinin bilimsel içerik ve süreç becerileri bilgi düzeylerinin incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 17(3), 261-279.
- Çobanoğlu, E. O. (2013). Epistemoloji, bilimsel kavramların doğası, bilimsel bilgi ve özellikleri. İçinde M. Demirbaş (Ed.), *Bilimin doğası ve öğretimi* (s. 55-71). Pegem Akademi.
- Demirbaş, M. (Ed.) (2013). *Bilimin doğası ve öğretimi*. Pegem Akademi.
- Doğan, D., Aydoğan, N., Işıkgil, Ö., & Demirci, B. (2007). Kimya öğretmen adayları ve lise öğrencilerinin Le Chatelier prensibini kavramsal sorunlarla anlama düzeyleri ve yanlışlarının araştırılması. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(13), 17-32.
- Dursun, M. F., Gülbay, İ., Özkoç, F., Tek, Ü., & Güntut, M. (2013). *Ortaöğretim kimya 11 ders kitabı*. Millî Eğitim Bakanlığı, Devlet Kitapları.
- Ertekin, A. B., Kurt, A., Demirbaş, O., & Erkuş, S. (2019). *Ortaöğretim fen lisesi kimya 11 ders kitabı*. Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Fernandez-Prini, R. (1982). Le Châtelier's principle and the prediction of the effect of temperature on solubilities. *Journal of Chemical Education*, 59(7), 550-553.

- Furio, C., Calatayud, M.L., Barcenas, S.I., & Padilla, O.M. (2000). Functional fixedness and functional reduction as common sense reasonings in chemical equilibrium and in geometry and polarity of molecules. *Science Education*, 84(5), 545-565.
- García-Lopera, R., Calatayud, M. L., & Hernández, J. (2014). A brief review on the contributions to the knowledge of the difficulties and misconceptions in understanding the chemical equilibrium. *Asian Journal of Education and e-Learning*, 2(6), 448-463.
- Gold, J., & Gold, V. (1985). Le Châtelier's principle and the laws of van't Hoff. *Education in Chemistry*, 22, 82-85.
- Güntut, M., Güneş, P., & Çetin, S. (2019). *Ortaöğretim kimya 11 ders kitabı*. Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Hanson, R. (2016). Using an embedded conceptual strategy to enhance students' understanding of Le Chatelier's summation of some stress factors on equilibrium position. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, 7(3), 2889-2899.
- Hillert, M. (1995). Le Chatelier's principle-restated and illustrated with phase diagrams. *Journal of Phase Equilibria*, 16(5), 403-410.
- Karaca, F., & Ertaş, C. (2014). *Ortaöğretim kimya 11 ders kitabı*. Paşa Yayıncılık Ltd.
- Katz, L. (1961). A systematic way to avoid Le Chatelier's principle in chemical reactions. *Journal of Chemical Education*, 38(7), 375-377.
- Kemp, H. R. (1987). The effect of temperature and pressure on equilibria: A derivation of the van't Hoff rules. *Journal of Chemical Education*, 64(6), 482-484.
- Kousathana, M., & Tsaparlis, G. (2002). Students' errors in solving numerical chemical-equilibrium problems. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(1), 5-17.
- Kutluca, A. Y., & Aydın, A. (2017). Changes in pre-service science teachers' understandings after being involved in explicit nature of science and socioscientific argumentation processes. *Science and Education*, 26(6), 637-668.
- Lacy, J. E. (2005). Equilibria that shift left upon addition of more reactant. *Journal of Chemical Education*, 82, 1192-1193.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Lawrence Erlbaum Associates.

- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of NOS questionnaire toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of NOS. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Massachusetts Institute of Technology (2008). Lecture 20: Le Chatelier's principle [Video]. MIT opencourseware chemistry video lectures. <https://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-111-principles-of-chemical-science-fall-2008/video-lectures/>
- Miller, A. J. (1954). Le Châtelier's principle and the equilibrium constant. *Journal of Chemical Education*, 31(9), 455.
- Nesis, E. I., & Skibin, Y. N. (2000). Some special features of the Le Chatelier-Braun principle. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 73(4), 859-862.
- Norwich, K. H. (2010). Le Chatelier's principle in sensation and perception: fractal-like enfolding at different scales. *Frontiers in Physiology*, 1, Article 17, 1-7.
- Olivera-Fuentes, C. G., & Colina, C. M. (2007, September 3-7). *Stability, displacement and moderation of chemical equilibrium: Rediscovering Le Chatelier's principle* [Paper presentation]. International Conference on Engineering Education – ICEE, Coimbra, Portugal.
- Özkazan, N. (2019). *Ortaöğretim kimya 11 ders kitabı*. E Kare Eğitim Yayıncılık Mat. San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Pekmez, E. S. (2010). Using analogies to prevent misconceptions about chemical equilibrium. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), Article 2, 1-34.
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2012). *Genel kimya ilkeler ve modern uygulamalar* (T. Uyar, S. Aksoy, & R. İnam, Çev. Ed.). Palme Yayıncılık.
- Piquette, J. S., & Heikkinen, H. W. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1112-1134.
- Quilez, J. (2004a). Changes in concentration and in partial pressure in chemical equilibria: Students' and teachers' misunderstandings. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 281-300.
- Quilez, J. (2004b). A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: Some educational suggestions. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 69-87.

Temel Aslan, S.

Quilez, J. (2007, June 24-28). *A Historical/Philosophical Foundation for Teaching Chemical Equilibrium* [Paper presentation]. Ninth International History Philosophy & Science Teaching Conference, Calgary/Canada.

Solaz-Portoles, J. J., & Quílez-Pardo, J. (1995). Thermodynamics and the Le Chatelier's principle. *Revista Mexicana de Física*, 41(1), 128-138.

Solaz, J. J., & Quilez, J. (2001). Changes of extent of reaction in open chemical equilibria. *Chemistry Education: Research And Practice in Europe*, 2(3), 303-312.

Şendur, G., Toprak, M., & Pekmez, E. Ş. (2011). How can secondary students perceive chemical equilibrium? *e-Journal of New World Sciences Academy*, 6(2), 1512-1531.

Uline, M. J., & Corti, D. S. (2006). The ammonia synthesis reaction: An exception to the Le Châtelier principle and effects of nonideality. *Journal of Chemical Education*, 83(1), 138-144.

Voska, K. W., & Heikkinen, H. W. (2000). Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 160-176.

Yakmacı-Güzel, B. (2014). 12. Sınıf öğrencilerinin bazı temalardaki kimya kavram yanlışlarının belirlenmesi ve bu bulguların etkili kullanımına dair öneriler. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 31(2), 5-26.

Yenice, N. (Ed.) (2015). *Bilimin doğası, gelişimi ve öğretimi*. Anı Yayıncılık.

Investigation of the 2018 Science Curriculum in the Context of Chemistry Subjects

Ebru DEMİR¹, Canan NAKİBOĞLU²

¹ Ministry of National Education, Board of Education, Ankara, demirebru78@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-3132-2403>

² Balıkesir University, Necatibey Education Faculty, Balıkesir, canan@balikesir.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-7292-9690>

Received: 18.02.2021

Accepted: 09.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.882149>

Abstract:

This study aimed to reveal the structure of the chemistry field in the 2018 Science Curriculum and to determine to what extent this structure is the basis for the 2018 Chemistry Curriculum. Thus, in the study in which the document analysis method was used, the current science curriculum was analyzed and the units, subjects, and acquisitions related to the field of chemistry in the program were examined. With the examination, it has been tried to determine which units, subjects, and acquisitions of the field of chemistry have associated with other fields and what these associated units, subjects, and acquisitions are. At the end of the study, it was concluded that there were 139 acquisitions in the science curriculum which were related to the field of chemistry directly or associated with other fields, and these acquisitions were mostly at the 8th grade and at least the 3rd-grade level. However, it has been understood that the acquisitions in the field of chemistry were mostly associated with physics, biology, astronomy, earth, and environmental sciences. In line with the results obtained, it can be stated that the determination of different fields that have joint subject/concepts with chemistry in the science curriculum and what these joint subject/concepts are, would contribute to education in terms of both preventing misconceptions about basic science concepts and giving ideas to teachers, book writers, researchers, and program developers.

Keywords: Interdisciplinary, education, science, chemistry, curriculum

Corresponding author: Dr. Ebru DEMİR, demirebru78@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Introduction

The foundation of society and environmental development is based on science education in primary education. Students' success in science is also related to the success of science teaching (Ünsal & Güneş, 2003). In today's world where science and technology are rapidly advancing, it is very important to meticulously create a science curriculum in such a way that elementary school students can learn the basic information correctly, effectively, and without any misconceptions. Besides, in the implementation process, it is necessary to examine the elements that form the basis of the science curriculum by considering all aspects of the curriculum and to continuously improve the programs in the light of the data to be obtained.

Chemistry is one of the fields of science courses and the foundations of chemistry subjects are laid in the elementary science courses. Students' interest in chemistry subjects and learning the subjects correctly is an important factor in understanding science. In chemistry teaching, it is observed that students sometimes encounter difficulties in understanding some chemistry subjects (Canpolat et al., 2004; Durmaz & Özyıldırım, 2005; Erdem et al., 2001). A similar situation is experienced in the fields of physics and biology (Bahar et al., 2010; Kuru & Güneş, 2005; Odom & Kelley, 2001). At this point, it is extremely important to evaluate primary science education in detail in the process extending from primary education to secondary education and even university. The science curriculum includes subjects related to physics, biology, astronomy, earth sciences, and environmental sciences as well as chemistry. Considering all these fields of science as separate special fields and therefore not establishing a connection between concepts creates problems in some cases in terms of structuring knowledge (Bülbül et al., 2019).

This study aimed to reveal the structure of the chemistry field in the 2018 Science Curriculum and to determine to what extent this structure is the basis for the 2018 Chemistry Curriculum. The current science curriculum was analyzed and the units, subjects, and acquisitions related to the field of chemistry in the program were examined. With the examination, it has been tried to determine which units, subjects, and acquisitions of the field of chemistry have associated with other fields and what these integrated units, subjects, and acquisitions are.

When the previous studies on the subject are examined within the scope of the research, although various studies have examined the chemistry curriculum with different dimensions in terms of chemistry education (Aydın et al., 2019; Ayyıldız et al., 2019; Bilen Kaya et al., 2011; Demir et al., 2017; Demircioğlu et al., 2015; İzci & Eroğlu,

2018; Öztekin & Er, 2014; Seçken & Kunduz, 2013; Zan & Seçken, 2014; Zorluoğlu et al., 2016), no study specifically examines chemistry subjects in the science curriculum. It can be stated that while the determination of different fields that have joint subject/concepts with chemistry in the science curriculum and what these joint subject/concepts are, would contribute to education in terms of both preventing misconceptions about basic science concepts and giving ideas to teachers, book writers, researchers, and program developers. Besides, it is also valuable in terms of revealing how and to what extent chemistry subjects are given in the science curriculum, as it sheds light based on the chemistry curriculum and can also contribute to future program development studies. Based on all these, the following questions were sought in this study:

In the 2018 Science Curriculum;

1. Which units, subjects, and acquisitions are included in the field of chemistry and how do they distribute according to grade levels?
2. For all grade levels, which unit and/or subject has the most acquisitions concerning the field of chemistry?
3. What is the total number of acquisitions related to the field of chemistry and which grade levels have the most/least number of acquisitions?
4. What is the proportional distribution of units, subjects, and acquisitions concerning the field of chemistry according to grade levels?
5. To what level do the acquisitions related to the field of chemistry form the basis for the 2018 Chemistry Curriculum?

Method

In this study, document analysis, one of the qualitative research methods, was used. Document analysis defined as the analysis of a certain text and the properties of the document through content analysis (Karasar, 2011); it includes the analysis of written information sources for the subject targeted to be researched (Yıldırım & Şimşek, 2013). The Science Curriculum (Primary and Secondary School 3, 4, 5, 6, 7 and 8th Grades) published by the Ministry of National Education in 2018 and still in use was used as the document (MNE, 2018).

Units, subjects, and acquisitions related to the field of chemistry were considered as analysis categories; in the analysis of the acquisitions, it was tried to determine whether it is directly related to the field of chemistry or which other field/fields it is related to using a joint subjects/concepts and the proportional distribution of all these acquisitions within the program. The term "integrated acquisition" was preferred in the field of chemistry and other field/fields that include joint subjects/concepts.

Findings

The ratio of the acquisitions related to the field of chemistry to the program acquisitions according to the grade levels is shown in Table 1 and the ratio of each other according to grade levels is also shown in Figure 1.

Table 1

The Ratio of the Acquisitions Related to the Field of Chemistry in the Science Curriculum to All Program Acquisitions According to the Grade Levels

Grade Level	Total Number of Acquisitions in the Program	Number of Acquisitions Only Associated with the Field of Chemistry and Percentage Ratio		Number of Integrated Acquisitions and Percentage Ratio	
	f	f	%	f	%
3	36	-	-	7	19,4
4	43	-	-	21	48,8
5	36	-	-	15	41,7
6	59	-	-	25	42,4
7	67	8	11,9	18	26,9
8	61	8	13,1	37	60,7
Total	302	16	5,3	123	40,7

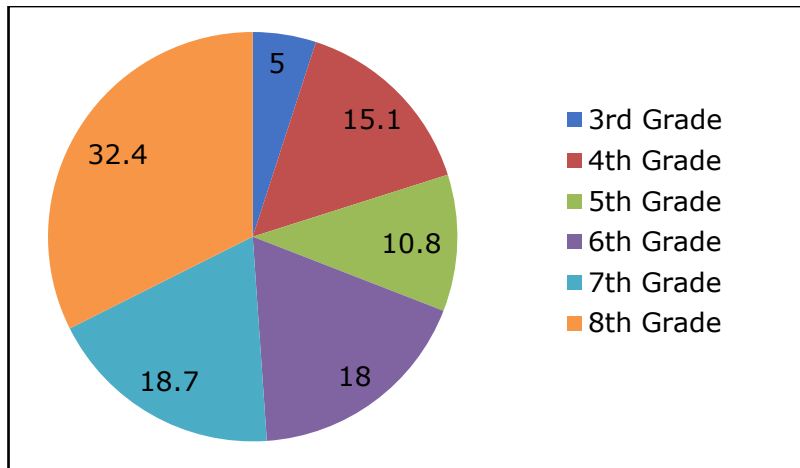


Figure 1

Proportional Distribution of Acquisitions Related to the Field of Chemistry in the Science Curriculum by Grade Levels

Results and Discussion

It was concluded that there were 139 acquisitions, directly and indirectly, related to the field of chemistry in the 2018 Science Curriculum and these acquisitions were mostly at the 8th grade and at least the 3rd-grade level. However, it has been understood that the acquisitions in the field of chemistry were mostly integrated with physics, biology, astronomy, earth, and environmental sciences. In line with the results obtained, it can be stated that while the determination of different fields that have joint subject/concepts with chemistry in the science curriculum and what these joint subject/concepts are, would contribute to education in terms of both preventing misconceptions about basic science concepts and giving ideas to teachers, book writers, researchers, and program developers.

Recommendations

According to the results of the research, the table that revealed which field/fields and which joint subject/concepts the field of chemistry has, should be evaluated in terms of interdisciplinary teaching. It is believed that significant contributions can be made to the field by benefiting from research results in curriculum updating studies, revision of textbooks, writing new textbooks, and increasing teachers' awareness. Especially, science teachers should take the necessary precautions for students to notice the misconceptions that exist, or to prevent new misconceptions that may occur. They also need to know the basic concepts related to different fields and teach these concepts by making correct associations under the scope of science. In this sense, it can be suggested that science teachers teach science lessons instead of physics, chemistry, and biology teachers. Another suggestion is that since science is related to many different fields, it may be beneficial for science teachers to constantly communicate and share with different subject teachers.

2018 Yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nın Kimya Konuları Bağlamında İncelenmesi

Ebru DEMİR¹, Canan NAKİBOĞLU²

¹ Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başk., Ankara, demirebru78@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-3132-2403>

² Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir, canan@balikesir.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-7292-9690>

Gönderme Tarihi: 18.02.2021

Kabul Tarihi: 09.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.882149>

Özet:

Bu araştırmada 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya alanının yapısının ortaya çıkarılması ve bu yapının 2018 yılı Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na ne düzeyde temel oluşturduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Buradan hareketle doküman analizi yönteminin kullanıldığı araştırmada, güncel Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı analiz edilerek programda yer alan kimya alanına ilişkin ünite, konu ve kazanımlar incelenmiştir. Yapılan inceleme ile kimya alanının diğer hangi alanlarla ortak ünite, konu ve kazanımlara sahip olduğu ve de bu ortak ünite, konu ve kazanımların neler olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya alanı ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili toplam 139 kazanım olduğu; bu kazanımların da en çok 8. sınıf, en az 3. sınıf düzeyinde yer aldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte kimya alanı ile ilişkili olduğu belirlenen kazanımların büyük ölçüde fizik, biyoloji, astronomi, yer ve çevre bilimleri ile de ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya alanı ile ortak konu/kavramlara sahip farklı alanların ve söz konusu ortak konu/kavramların neler olduğunun belirlenmesinin, hem temel fen kavramlarına dair oluşabilecek yanlış kavramaların önüne geçilebilmesinde hem de öğretmenlere, kitap yazarlarına, araştırmacılara ve program geliştiricilere fikir vermesi açısından eğitim öğretime katkısının olacağı ifade edilebilir.

Anahtar kelimeler: Disiplinlerarası, eğitim, fen bilimleri, kimya, öğretim programı

Sorumlu yazar: Dr. Ebru DEMİR, demirebru78@gmail.com

GİRİŞ

Eğitim, yaşadığımız dünyanın olmazsa olmaz bir gerçeği olup bireylerin ve toplumların geleceğinde büyük rol oynamaktadır. Eğitim bir süreçtir ve bu süreçte eğitim programları oldukça önem taşımaktadır. Eğitim programı, planlı olarak tasarlanmış etkinlikler aracılığıyla okul içinde ve okul dışında sunulan öğrenme yaşantıları şeklinde tanımlanmaktadır (Demirel, 2011). Öğrenenlerin, öğrenme deneyimlerine yön vermek; ihtiyaç duyulan bilgi, beceri ve değerleri kazanmaları ve de bütüncül bir biçimde gelişimlerini sağlayabilmeleri amacıyla geliştirilen ve uygulanan eğitim programlarının planlanmış şekli ise öğretimdir (Yakar, 2016). Bu nedenle eğitim programlarının en önemli ayağının öğretim programları olduğu düşünülmektedir. Örgün ve yaygın eğitim

kurumlarında verilen eğitim, resmî olarak hazırlanan ve uygulamaya konulan öğretim programları çerçevesinde sürdürölmektedir (Önal & Şenyurt Topçu, 2013). Öğretim programları; bireylerin kısa ve uzun vadede sahip olmaları gereken bilgi, beceri ve davranışların neler olduğunu öngörerek bu bilgi, beceri ve davranışların kazandırılmasında bir nevi kılavuzluk görevi görmekte, bir yol haritası oluşturmaktadır. Okullardaki eğitim öğretim faaliyetleri, öğretim programları doğrultusunda şekil alırken öğretmenler de programlar dâhilinde hareket etmektedirler.

Fen bilimleri, bilim ve teknolojinin temelini öğretildiği; bilginin tabiatını düşünme, mevcut bilgi birikimini anlama ve yeni bilgi üretme süreci şeklinde ilerleyen; genel anlamda bilimsel bilgiler topluluğu olarak da tanımlanan bir alandır (Ayas vd., 1993; Meriç & Tezcan, 2005). Aynı zamanda doğa bilimleri diye de adlandırılan fen bilimleri, doğada bulunan bütün canlı ve cansız varlıkları ve bunlar arasındaki ilişkileri sebep sonuç muhakemesi yaparak ortaya koymaya çalışan bir disiplinler topluluğudur (Çepni vd., 1995). Fen bilimleri ile zihinsel ve yaratıcılık yönünden gelişen, yenilikleri ve değişimleri bilen, bilgiye kolay ulaşabilen, teknolojiden her alanda yararlanabilen, karşılaştığı sorunlara bilimsel yöntemlerle yaklaşabilen, bütüncül bakış açısı ile olayları değerlendirebilen, problem çözme becerisine sahip, öğrendiklerini uygulayarak daha rahat bir hayat yaşayabilecek fen okuryazarı bireyler yetiştirilmesi amaçlanmaktadır (Balbağ vd., 2016; Dindar & Taneri, 2011; Hançer vd., 2003; İşman vd., 2002). Söz konusu amaç göz önüne alınacak olursa bilgi çağı olarak adlandırılan 21. yüzyılda ölkelerin gelişmesinde, kalkınmasında ve dolayısıyla diğer ölkeleri yakalayabilmesinde fen bilimlerinin oldukça önemli bir role sahip olduğu anlaşılmaktadır (Ayas, 1995; Aydın, 2008; Ocak & Kocaman, 2018; Ünal vd., 2004). Özellikle gelişmiş ölkelerin teknoloji konusunda birbirleriyle rekabet içerisinde oldukları gerçeği düşünöldüğünde fen alanında yetişmiş insan gücü ihtiyacı da daha çok ortaya çıkmaktadır (Demirbaş & Yağbasan, 2005). Bununla birlikte gelişen dünyada ölkelerin refah seviyesini etkileyen, siyasi ve sosyal gidişata yön veren, gelişim ve değişim şartlarını ortaya çıkaran politikaların da fen bilimleri kaynaklı olduğu bilinmektedir (Karaşahin & Yalçın, 2013). Tüm bunlardan hareketle ölkeler, bilim ve teknolojideki gelişmeleri yakından takip ederek çağın gerisinde kalmamak ve ilerlemeyi sürekli kılmak için bilimin önemi ve gerekliliğine inanan; düşünen, araştıran, sorgulayan ve en önemlisi çözüm odaklı; bilgi ve teknoloji üretebilen donanımlı bireyler yetiştirmek amacıyla fen bilimleri eğitimine özel bir önem vermekte, fen bilimleri eğitiminin kalitesini artırmak için çaba sarfetmektedir (Ayas, 1995; Eş & Sarıkaya, 2010; Matthews, 2017; Millar, 2008; Ünal, 2003; Ünal vd., 2004; Yılmaz vd., 2012). Bu noktada ölkelerin gelişmesinde de oldukça etkili olan fen bilimleri eğitiminin kalitesini artırmak için en çok ön plana çıkan husus, zamanın ihtiyaç ve beklentilerine cevap verecek nitelikte fen bilimleri öğretim programlarının geliştirilmesidir (Ayas, 1995; Ayas vd., 1993). Geliştirilerek uygulamaya konulan bir öğretim programının kalitesi,

çağın bilimsel ve teknolojik gelişmelerine uygun biçimde kendini yenileyebilmesi ile mümkündür (Ünsal, 2004). Bu bağlamda öğretim programları geliştirilirken, yeniden düzenlenirken en başta dünyadaki gelişmeler ve çağın gerektirdikleri dikkate alınmalı özellikle fen bilimleri programları ile temel bir bilim kültürü oluşturularak bilim, teknoloji ve toplum arasındaki ilişkinin ve birbirlerini nasıl etkilediklerinin yeterince anlaşılmasına da olanak sağlanmalıdır (Ayas vd., 1997).

Program geliştirme, gelecek nesilleri doğrudan etkileyecek dinamik bir süreçtir ve bu sebeple öğretim programları da değişime daima açıktır. Özellikle bilim ve teknolojideki gelişmeler, program geliştirme sürecinin devamlılığını ve bu konudaki araştırma geliştirme çalışmalarının da sürekli yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Ünal vd., 2004). Bununla birlikte son yıllarda ön plana çıkan yeni eğitim öğretim yaklaşımları da öğretim programlarının değişim sürecinde etkili olmaktadır (Ünsal, 2004). Yine bu süreçte göz ardı edilmemesi gereken bir diğer önemli husus da mevcut program ve daha önceki programların aksayan yönlerinin tespit edilmesidir (Ayas, 1995). Bu noktada son yıllarda program geliştirme çalışmalarında çok hızlı değişim ve gelişmeler yaşandığı göze çarpmakta; birçok ülkede öğretim programlarının çağın gereklerine uygun hâle getirilmeye çalışıldığı ve bu sayede gelişen teknoloji ve bilgiye hızlı erişimin öğretim programlarında doğrudan karşılık bulduğu görülmektedir (Deveci, 2018; Seçken & Kunduz, 2013). Özellikle tüm dünyada yaşanan gelişmelerin ışığında fen bilimleri eğitiminin öneminin ülkeler tarafından fark edilmesi, bu anlamda bir revizyona gidilmesini gerekli kılmış ve buna yönelik yapılan çalışmaların artmasıyla birlikte Türkiye'de de fen bilimleri eğitimi ile ilgili yapılan çalışmalarda son yıllarda hızlı bir artış yaşanmıştır (Güneş & Karaşah, 2016). Başka bir deyişle tüm dünyada fen bilimleri eğitiminin kalitesini artırmak için fen bilimleri öğretim programlarını iyileştirme çalışmalarının hız kazanması ile Türkiye'de de fen bilimleri öğretim programlarında zaman zaman radikal değişikliklerin yapılarak rekabet içersindeki toplumlara ayak uydurulmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır (Balbağ vd., 2016; Cerit Berber & Güzel, 2017). Bu doğrultuda ülkemizde, dünyada yaşanan değişim ve gelişmelerin ışığında ortaya çıkan yeni eğitim anlayışını yakalamak, yeni bir eğitim modeli oluşturmak için 2004 yılında Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı yenilenmiştir. Yenilenen öğretim programı, bilim ve teknolojideki gelişmeleri de içine alarak yapılandırmacı yaklaşım kuramına göre hazırlanmış ve 2005 yılından itibaren uygulamaya konulmuştur (MEB, 2005). Ardından 2013 yılında yeni bir düzenlemeye gidilerek söz konusu program güncellenmiştir. Sorgulama ve araştırarak öğrenmeye dayalı bir biçimde tasarlanan yeni Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda öğrencilerin aktif olması, bilgiye özne olarak ve zihinde yapılandırarak ulaşılması önem kazanmıştır (Derman & Badeli, 2017). Programın vizyonunda ise temelde bir değişiklik yapılmamış, tüm öğrencilerin fen okuryazarı olarak yetiştirilmesine dair vurgu burada da yer almıştır (MEB, 2013). Bununla birlikte yeni öğretim programı, fen ve teknoloji yerine fen bilimleri

adıyla ve 3-8. sınıfları kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır. Son olarak da 2016 yılında yapılan güncelleme çalışmaları neticesinde 2017 yılında yeni Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı yayımlanmış, daha sonra tekrar bir revizyona gidilerek 2018 yılında programa son şekli verilmiş ve uygulamaya konulmuştur. 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda da son iki programda olduğu gibi tüm bireylerin fen okuryazarı olarak yetiştirilmesinin amaçlandığı belirtilmiştir (MEB, 2018).

Modern fen eğitim öğretiminin amaçlarının en başında fen okuryazarı bireyler yetiştirmek gelmektedir. Bunun için de fen kavramlarının öğretimi oldukça önem taşımakta ve bu durum fen eğitiminin amaçları arasında üst sıralarda yerini almaktadır (Kavak vd., 2006). İlk olarak ilköğretim 3. sınıfta ve ardından diğer sınıf seviyelerinde öğrenilen fen konu ve kavramları, temel bilgi niteliği taşıdığından söz konusu konu ve kavramların eksiksiz olarak doğru bir biçimde öğrenilmesi oldukça önem taşımaktadır. Yapılandırmacı kurama göre de öğrenme, var olan ve yeni öğrenilen bilgiler arasında anlamlı ilişkiler kurulması ile gerçekleşmektedir (Limón, 2001). Bu nedenle daha üst seviyedeki ünite, konu ve kavramların doğru bir şekilde öğrenilebilmesi dolayısıyla anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için bu ünite, konu ve kavramlara temel oluşturacak ilgili kavramların da tam ve doğru öğrenilmesi gerekmektedir (Akpınar & Ergin, 2004). Bu noktada da ilköğretimin önemi karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde ilköğretim olarak adlandırılan kurumun tarihçesine bakıldığında 1936 yılından itibaren bugün ilköğretim 6, 7 ve 8. sınıfa karşılık gelen ortaokulların; liseye hazırlık olmaktan ziyade ilkokula dayalı pratik derslere hazırlayıcı, toplumun gereksinimlerine cevap veren bir kurum olduğu, 1963 yılından itibaren ise bugün ortaöğretim olarak adlandırılan lise ve dengi okullar için temel okul hâline getirildiği görülmektedir (Yurdatapan, 2011). Buradan hareketle ilköğretimin, temel fen kavramlarının öğretilmesinde ilk basamağı oluşturduğu ve dolayısıyla ortaöğretimdeki fen bilimleri öğretimine kıyasla daha çok önem taşıdığı anlaşılmaktadır. Öğretim programlarındaki sarmal ve gelişimsel yapı da göz önüne alındığında ilköğretimde fen bilimleri dersindeki herhangi bir ünite ve konu ile ilgili temel kavramların tam ve doğru olarak öğrenilememesi, var olan ve yeni öğrenilen ilişkili kavramlar arasında bağ kurularak anlamlandırılmaması dolayısıyla anlamlı ve kalıcı öğrenmenin sağlanamaması durumunda daha ileri seviyelerdeki ünite ve/veya konularla ilgili kavramların doğru şekilde öğrenilmesinin de oldukça güç olacağı aşikârdır. (Bayram vd., 1999; Lawson, 1988).

Günlük hayatın da bir parçası olan fen bilimleri bir disiplinler topluluğudur (Ateş, 2004). Fen bilimlerindeki konu ve kavramlar; doğası gereği kendi içerisinde fizik, kimya ve biyoloji ile ilişkili ve de iç içe geçmiş olduğundan başka bir deyişle bir kavramın birden çok disiplini ilgilendiriyor olması sebebiyle kavramların verilisinde adı geçen disiplinlerinin entegre bir şekilde, doğru sıralamayla, eksiksiz ve de hatasız olarak öğretilmesi oldukça önem taşımaktadır (Akpınar & Ergin 2004; Cura & Ercan Yalman, 2019). Doğadaki

varlıkların, olguların, olayların ve hayatın içinde karşılaşılan problemlerin de tek bir disiplin ile açıklanıp çözümlenemeyeceği gerçeği düşünüldüğünde insanın, çevresinde ve doğada gördüğü hatta yaşadığı birçok olayda bütüncül bir bakış açısı kullanmak zorunda olduğu anlaşılmaktadır (Bozkurt, 2012; Bülbül vd., 2019). Fen bilimlerinde konu ve kavramların doğru şekilde ve bütüncül bir bakış açısı ile öğretilmesi de öğrencilerin bütüncül düşünerek doğal dünyayı tanımaları ve günlük hayatlarında karşılaştıkları problemlere çözüm bulmalarında önemli bir etkidir (Bülbül vd., 2019; Okuşlug & Demir, 2016). Bununla birlikte bu durum, ortaöğretim ve hatta üniversite düzeyinde fizik, kimya ve biyoloji alanlarına ilişkin öğrenilecek olan ileri düzey konu ve kavramların hem daha kolay hem de en önemlisi doğru şekilde öğrenilmesine de yardımcı olacaktır. Sonuç olarak fen bilimlerindeki konu ve kavramların, doğru ilişkilendirmelerle bir bütün olarak öğrenilmesinin sağlanması anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi de kolaylaştıracaktır. Bu nedenle bir konu ya da kavramın, tek alanla sınırlı kalmayıp başka alanlar yardımıyla anlamlı ve bütün olarak verilmesi başka bir deyişle bir kavramın farklı disiplinler ile kavramsal olarak bütünleşmesi olarak da tanımlanan disiplinlerarası öğretim (Erickson, 1995), öğrencinin doğal öğrenme sürecine ve dünyayı algılayış biçimine de daha uygun olduğundan (Yıldırım, 1996) günümüzde fazlasıyla ön plana çıkmaktadır. Bu noktada son yıllarda disiplinlerarası ilişkilere dayalı öğretimin önemini vurgulayan ve bu yönde yapılan birtakım çalışmalar olduğu da görülmektedir (Aksakal & Yılayaz, 2019; Bezen vd., 2018; Çıray, 2010; Doğanay vd., 2014; Gürkan & Doğanay, 2016; Elliott vd., 2001; Karakuş vd., 2017; Mialaret, 2010; Özay Köse, 2016; Özaydınlı Tanrıverdi & Kılıç, 2019; Sağdıç, 2019; Şahin vd., 2018; Turna & Bolat, 2015; Wang, 2012). Ancak fen bilimlerinin kendi içerisindeki disiplinlerle ilgili entegrasyonu üzerine az sayıda çalışma yapıldığı anlaşılmaktadır (Akpınar & Ergin, 2004). Disiplinler arasındaki ilişkilerin zaman içerisinde daha çok önem kazanması, ülkemizde eğitim sisteminde de bazı değişiklikleri beraberinde getirmiş, bu değişiklikler 2005, 2013 ve 2018 yılı fen bilimleri dersi öğretim programlarına da yansıtılmıştır (Kızılay & Saylan Kırmızıgül, 2019).

Kapsamı oldukça geniş olan fen bilimleri içerisinde kimya bilimi de yer almakta, kimya konularının temeli fen bilimleri dersinde atılmaktadır. Öğrencilerin kimya konularına ilgi duyması ve konuları doğru şekilde anlaması/öğrenmesi fen bilimlerinin anlaşılmasında da önemli bir etkidir. Kimya öğretiminde öğrencilerin, bazı kimya konularını kavramakta zaman zaman güçlüklerle karşılaştıkları görülmektedir (Canpolat vd., 2004; Durmaz & Özyıldırım, 2005; Erdem vd., 2001). Benzer durum fizik ve biyoloji alanlarında da yaşanmaktadır (Bahar vd., 2010; Kuru & Güneş, 2005; Odon & Kelley, 2001). Bu noktada ilköğretimden ortaöğretime hatta üniversiteye kadar uzanan süreç içerisinde ilköğretimi detaylı bir biçimde değerlendirmek son derece önemlidir. Öğrencilerin ilk olarak ilköğretimde öğrenmeye başladıkları kimya konuları ile ilgili temel kavramları tam ve doğru olarak öğrenememeleri, ortaöğretim ve üniversite düzeyinde söz konusu

konularla ilintili daha üst düzey konuların anlaşılmasında da olumsuz sonuçlar doğurabilecektir. Bu nedenle anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi de güçleşecektir (Nakhleh, 1992). Bu noktada fen bilimleri dersi öğretim programlarında kimya konularına temel oluşturacak nitelikteki ilgili kavramların/konuların nasıl ve ne boyutta verildiğinin kontrol edilmesi aynı zamanda ilerleyen süreçte kavram uyumsuzluğu olmaması ve bilginin daha kolay yapılandırılabilmesi bakımından diğer alanlarla benzer/ortak konuların tespit edilmesi de oldukça önem taşımaktadır. Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı, kapsamı gereği kimyanın yanısıra fizik, biyoloji, astronomi, yer ve çevre bilimlerine ilişkin konuları da içermektedir (MEB, 2018). Tüm bu bilim alanlarının ayrı ayrı özel alanlar gibi değerlendirilmesi ve dolayısıyla kavramların birbiriyle bağlantısının kurulmaması, bilginin yapılandırılması noktasında bazı durumlarda problem yaratmaktadır (Bülbül vd., 2019). Bu sebeple söz konusu alanlara ilişkin konular temelde ayrı olsa da konuların işlenişinde ilişkili kavramlar doğrultusunda birbiriyle bağlantı kurulması gerektiğinden öğretim programı tasarlanırken, konu merkezli öğretim programı tasarımı değil de disiplinlerarası öğretim programı tasarımı yaklaşımı dikkate alınmalıdır (Bozkurt, 2012). Son yıllarda da disiplinlerarası yaklaşımın çağdaş öğretim programlarına yansıtılması durumu giderek daha çok önem kazanmaktadır (Karakuş vd., 2017). Disiplinlerarası program yaklaşımının anlamlı ve kalıcı öğrenme sağlayarak başarıyı artırdığı ve pek çok ülkede de program çalışmalarında etkin bir biçimde kullanıldığı yapılan çalışmalarda da görülmektedir (Drake & Burns, 2004; Niess, 2005).

Bu araştırmada, ilköğretim fen bilimleri dersindeki kimya eğitiminin analizini yapmak başka bir deyişle kimya alanının durumunu ortaya çıkarmak amacıyla 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı incelenerek kimya alanına ilişkin ünite, konu ve kazanımlar ile kimya alanının diğer hangi alanlarla ortak ünite, konu ve kazanımlara sahip olduğu ve bu ortak ünite, konu ve kazanımların neler olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma kapsamında konu ile ilgili geçmişte yapılan çalışmalar incelendiğinde kimya dersi öğretim programlarının farklı boyutlarla kimya eğitimi açısından incelendiği çeşitli araştırmalar bulunmasına karşın (Aydın vd., 2019; Ayyıldız vd., 2019; Bilen Kaya vd., 2011; Demir vd., 2017; Demircioğlu vd., 2015; İzci & Eroğlu, 2018; Öztekin & Er, 2014; Seçken & Kunduz, 2013; Zan & Seçken, 2014; Zorluoğlu vd., 2016), fen bilimleri dersi öğretim programlarında kimya konularının özel olarak incelendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu noktada araştırmancının, 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya konularının nasıl yapılandırıldığı ve diğer alanlarla ortaklık durumu hakkında öğretmenlere, kitap yazarlarına, araştırmacılara ve program geliştiricilere fikir vermesi açısından önem arz ettiği düşünülmektedir. Özellikle öğretmenlerin kimya alanı ile ortak konulara sahip diğer alanları fark etmeleri, tüm bu alanlara ilişkin ortak temel kavramların öğretiminde disiplinlerarası ilişkileri kurabilmeleri bakımından son derece önemli görülürken; yazarlarda da söz konusu ortak konular ile ilgili ilişkilendirmeleri ders

kitaplarına nasıl yansıtabileceklerine dair bir farkındalık oluşturması açısından yine oldukça önemli görülmektedir. Bununla birlikte Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda temelde kimya konularının nasıl ve ne boyutta verildiğinin ortaya çıkarılması, Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'nın temeline de belli ölçüde ışık tutması ve gelecekte yapılacak program geliştirme çalışmalarına da katkı sağlayabilmesi bakımından ayrıca değerlidir. Tüm bunlardan hareketle bu araştırmada aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda;

1. Kimya alanı ile ilgili hangi ünite, konu ve kazanımlar bulunmaktadır ve bunlar sınıf düzeylerine göre nasıl bir dağılım göstermektedir?
2. Tüm sınıf düzeylerinde kimya alanı ile ilgili en fazla kazanım hangi ünite ve/veya konu başlığı altında yer almaktadır?
3. Kimya alanı ile ilgili toplam kazanım sayısı kaçtır ve hangi sınıf düzeylerinde en fazla/en az sayıda kazanım bulunmaktadır?
4. Kimya alanı ile ilgili ünite, konu ve kazanımların sınıf düzeylerine göre oransal dağılımı nasıldır?
5. Kimya alanı ile ilgili kazanımlar 2018 yılı Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na ne düzeyde temel oluşturmaktadır?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi kullanılmıştır. İçerik çözümlemesiyle belli bir metnin, belgenin özelliklerinin sayısallaştırarak incelenmesi şeklinde tanımlanan doküman analizi (Karasar, 2011); araştırılması hedeflenen konuya yönelik yazılı bilgi kaynaklarının analizini kapsamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Belgesel tarama ya da belgesel gözlem olarak da ifade edilen doküman analizinde araştırma ile ilgili bilgi kaynakları (kitap, gazete, dergi, program vb.) toplanarak belirli bir sistem dâhilinde inceleme ve değerlendirme yapılır (Çepni, 2014). Bu doğrultuda araştırmanın kapsamı, 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nın kimya konuları bağlamında incelenmesi şeklinde oluşturulmuştur.

Veri Kaynağı

Bu araştırmanın birincil veri kaynağını, Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı tarafından 2018 yılında yayımlanan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı; araştırmanın ikincil veri kaynağını ise alanyazına ilişkin yapılan araştırma sonucunda ulaşılan kaynaklar oluşturmaktadır.

Veri Toplama Süreci ve Verilerin Analizi

Araştırmada analiz yöntemi olarak belirlenen doküman analizinde sırasıyla; dokümanın seçilmesi, araştırma amacına göre dokümanın analiz kategorileri ile dokümanda analiz birimlerinin belirlenmesi, elde edilen verinin bulguları tanımlamada kullanılması ve uygun durumlarda verilerin sayısallaştırılması işlemleri yapılmaktadır (Kıral, 2020). Bu amaçla doküman olarak Millî Eğitim Bakanlığı tarafından 2018 yılında yayımlanan ve hâlen yürürlükte olan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) kullanılmıştır (MEB, 2018). Analiz kategorileri olarak kimya alanı ile ilişkili ünite, konu ve kazanımlar dikkate alınmış; kazanımların analizinde ise doğrudan kimya alanı ile ilişkili olması veya kimya alanı ile ortak konu/kavram içeren diğer hangi alan/alanlar ile ilişkili olduğu ve tüm bu kazanımların program içerisindeki oransal dağılımı tespit edilmeye çalışılmıştır. Kimya alanı ile ortak konu/kavramları içeren diğer alan/alanların söz konusu olduğu kazanımlarda "bütünleşik kazanım" terimi tercih edilmiştir. Bütünleşik olarak tanımlanan kazanımlar ilk bakışta kimya, fizik, biyoloji, yer ve çevre bilimlerine ait kazanımlar gibi görünse de alanlar tarafından ele alınan ortak konu/kavramlar ya da ilişkili kuram/modeller bazında incelendiğinde alanların birbiri ile iç içe geçmiş olduğu ve bu nedenle de bütünleşik olarak ifade edilmesinin uygun olacağına karar verilmiştir.

Analizin güvenilirliğini sağlamak amacıyla Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı öncelikle iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı analiz edilip ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu ilk analizde araştırmacılar arasındaki uyumun %90 civarında olduğu belirlenmiştir. Farklı değerlendirilen veya hangi alan/alanlara ait olduğu konusunda kararsız kalınan kazanımlar iki araştırmacı tarafından tekrar incelenmiştir. Bu noktada deneyimli ve yüksek lisans eğitime devam eden bir fen bilgisi öğretmeninden tüm kazanımları araştırmacıların yaptığı şekilde analiz etmesi istenmiştir. Fen bilgisi öğretmenin analiz ve iki araştırmacının tekrar kazanımları incelemeleri sonucunda ilk bulgulara ulaşılmıştır. Bu analiz bulgularından bütünleşik kazanımlar konusunda son kararı vermek ve analiz güvenilirliğini sağlamak amacıyla bütünleşik kazanımlar, 1 deneyimli fizik ve 4 deneyimli kimya öğretmeni tarafından tekrar incelenmiş ve görüşleri doğrultusunda analiz bulguları tekrar düzenlenmiştir. Bu son düzenleme aşamasında kazanım açıklamalarının ve ders kitaplarında kazanımların nasıl ele alındığının araştırmacılar tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmesinin yanı sıra alanyazında yer alan araştırma sonuçları da gözden geçirilerek kazanım analizi tamamlanmıştır. Son olarak da uzman görüşü almak üzere deneyimli bir fizik öğretim üyesi tarafından analiz sonuçları incelenmiş ve onaylanmıştır.

Tamamlanan analiz sonrasında ham veriler, öncelikle ünite ve kazanımlara göre nitel olarak her sınıf düzeyi için ayrı ayrı tablolaştırılmıştır. Oluşturulan tablolarda yer alan nitel veriler sayısallaştırılarak tüm bu kazanımların program içerisindeki oransal dağılımı tespit

edilmiş ve sınıf düzeyi kıyaslamalarını da gösterecek şekilde hem tablo hem de grafik oluşturulmuştur. Elde edilen verilerin analizi sonucunda ortaya çıkan bulgular, araştırmanın alt problemleri doğrultusunda betimlenerek sunulmuştur. Tabloların alt kısımlarında analiz bulgularını desteklemesi açısından yeri geldikçe programdaki kazanım açıklamalarının içeriğine de değinilmiştir.

BULGULAR

Bu bölümde araştırma kapsamında ele alınan 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı kimya alanı açısından incelenerek araştırma sorularına yanıt verilmiş ve inceleme sonuçlarına göre birtakım değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırmanın amacı ve araştırma soruları çerçevesinde ulaşılan bulgular aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 3. Sınıf Kazanımlarının Analizine Ait Bulgular

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 3. sınıf ünite, konu ve kazanımlarının kimya alanı ile ilişkisi ve kazanımların diğer alanlarla ilişkili olma durumu başka bir deyişle bütünlük bir kazanım olup olmadığı dikkate alınarak yapılan analize ait bulgular Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 3. Sınıf Kazanımlarının Kimya Alanı ile İlişkisi

Ünite No	Ünite Adı	Konu Alanı Adı	Konu Adı	Kazanım	Kimya Alan İlişkisi
4	Maddeyi Tanıyalım	Madde ve Doğası	Maddeyi Niteleyen Özellikler	F.3.4.1.1. Beş duyu organını kullanarak maddeyi niteleyen temel özellikleri açıklar.	Kimya-Fizik-Biyoloji
				F.3.4.1.2. Bazı maddelere dokunma, bakma, onları tatma ve koklamanın canlı vücuduna zarar verebileceğini tartışır.	Kimya-Fizik-Biyoloji
			Maddenin Hâlleri	F.3.4.2.1. Çevresindeki maddeleri, hâllerine göre sınıflandırır.	Kimya-Fizik
6	Canlılar Dünyasına Yolculuk	Canlılar ve Yaşam	Ben ve Çevrem	F.3.6.2.5. Doğal çevrenin canlılar için önemini farkına varır.	Çevre-Biyoloji-Kimya-Yer Bilimleri
				F.3.6.2.6. Doğal çevreyi korumak için araştırma yaparak çözümler önerir.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik-Yer Bilimleri
7	Elektrikli Araçlar	Fiziksel Olaylar	Elektrik Kaynakları	F.3.7.2.1. Elektrikli araç-gereçleri, kullandığı elektrik kaynaklarına göre sınıflandırır.	Fizik-Kimya

Tablo 1 incelendiğinde 3. sınıf seviyesinde kimya alanı ile ilişkili 7 kazanım olduğu; bu kazanımların da en çok "Maddeyi Tanıyalım" ünitesinde "Maddeyi Niteleyen Özellikler" adlı konu başlığında, geri kalanların da "Canlılar Dünyasına Yolculuk" ile "Elektrikli Araçlar" ünitelerinde yer aldığı görülmektedir. Kimya alanı ile ilişkili kazanımlar incelendiğinde 3. sınıf seviyesindeki tüm kazanımların bütünleşik bir yapıda olduğu başka bir deyişle kimya, fizik, biyoloji, yer ve çevre bilimleri ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Tabloda yer alan "Canlılar Dünyasına Yolculuk" ve "Elektrikli Araçlar" üniteleri her ne kadar temelde biyoloji ve fizik alanlarına yönelik olsa da derinlemesine yapılan incelemelerde, programda söz konusu üniteler altında verilen kazanımların bir kısmının bütünleşik bir yapıda olduğu anlaşılmıştır. Örneğin "Canlılar Dünyasına Yolculuk" ünitesinde yer alan F.3.6.2.5. ile F.3.6.2.6. kazanımlarının bütünleşik birer kazanım olduğuna karar verilirken hava, su ve toprağın yaşamın devamlılığı için önemli olması; hava, su ve toprak kirliliği ile ormanların yok edilmesinin doğal çevreye zarar vermesi ve dolayısıyla canlı yaşamını etkilemesi; yer kabuğunun oluşumu sırasında meydana gelen yeryüzü şekilleri olarak da tanımlanan doğal anıtların, doğal çevrenin bir parçası olması; doğal çevrenin korunması için çevre kirliliği, yanlış şehirleşme ve sanayileşme ile mücadele edilmesi, atıkların ayrıştırılması, doğal çevre alanlarının artırılması vb. hususlar dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda söz konusu kazanımların çevre, kimya, biyoloji, fizik ve yer bilimleri ile ilişkisi de kurulmuştur. Yine bir diğer örnek olarak "Elektrikli Araçlar" ünitesinde yer alan F.3.7.2.2. nolu kazanımın bütünleşik bir kazanım oluşu; pilin yapısının kimya alanını, çalışma prensibinin fizik alanını, pil atıklarının çevreye verdiği zararın ise kimya, biyoloji ve çevre bilimlerini ilgilendirdiği göz önüne alınarak belirlenmiştir. Her ne kadar kazanım açıklamasında pilin kimyasal yapısına ve sebep olacağı kimyasal kirliliğe girilmemesi gerektiği belirtilmiş olsa da pil atıklarının çevreye vereceği zarar açıklanırken; pil kirliliğinin, içindeki maddelerden kaynaklı olması sebebiyle bu durumun belirtilmesi gerekeceğinden, söz konusu kazanımın kimya alanı ile de ilişkilendirilmesi uygun görülmüştür.

Tablo 1'de yer alan kazanımların Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na temel oluşturma durumu incelendiğinde de bazı kazanımların; 9. sınıf seviyesinde "Maddenin Hâlleri", "Doğa ve Kimya" ile 12. sınıf seviyesinde "Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler" ünitelerinde yer alan bazı konu ve kazanımlarla doğrudan ya da dolaylı ilişkiye sahip ve temel nitelikte denilebilecek konu ve kavramları içerdiği anlaşılmıştır.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 4. Sınıf Kazanımlarının Analizine Ait Bulgular

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 4. sınıf ünite, konu ve kazanımlarının kimya alanı ile ilişkisi ve kazanımların diğer alanlarla ilişkili olma durumu dikkate alınarak yapılan analize ait bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 4. Sınıf Kazanımlarının Kimya Alanı ile İlişkisi

Ünite No	Ünite Adı	Konu Alanı Adı	Konu Adı	Kazanım	Kimya Alan İlişkisi
1	Yer Kabuğu ve Dünya'mızın Hareketleri	Dünya ve Evren	Yer Kabuğunun Yapısı	F.4.1.1.1. Yer kabuğunun kara tabakasının kayalardan oluştuğunu belirtir.	Kimya-Çevre-Yer Bilimleri
				F.4.1.1.2. Kayaçlarla madenleri ilişkilendirir ve kayaçların ham madde olarak önemini tartışır.	Kimya-Yer Bilimleri-Fizik
				F.4.1.1.3. Fosillerin oluşumunu açıklar.	Biyoloji-Kimya-Yer Bilimleri
2	Besinlerimiz	Canlılar ve Yaşam	Besinler ve Özellikleri	F.4.2.1.1. Canlı yaşamı ve besin içerikleri arasındaki ilişkiyi açıklar.	Biyoloji-Kimya
				F.4.2.1.2. Su ve minerallerin bütün besinlerde bulunduğu çıkarımını yapar.	Biyoloji-Kimya
				F.4.2.1.3. Sağlıklı bir yaşam için besinlerin tazeliğinin ve doğallığının önemini, araştırma verilerine dayalı olarak tartışır.	Biyoloji-Kimya
3	Kuvvetin Etkileri	Fiziksel Olaylar	Mıknatısların Uyguladığı Kuvvet	F.4.3.2.2. Mıknatısın etki ettiği maddeleri deney yaparak keşfeder.	Fizik-Kimya
				F.4.3.2.3. Mıknatısların günlük yaşamdaki kullanım alanlarına örnekler verir.	Fizik-Kimya-Çevre
				F.4.3.2.4. Mıknatısların yeni kullanım alanları konusunda fikirlerini açıklar.	Fizik-Kimya-Çevre
4	Maddenin Özellikleri	Madde ve Doğası	Maddeyi Niteleyen Özellikler	F.4.4.1.1. Beş duyu organını kullanarak maddeyi niteleyen temel özellikleri açıklar.	Kimya-Fizik-Biyoloji

		Maddenin Ölçülebilir Özellikleri	F.4.4.2.1. Farklı maddelerin kütle ve hacimlerini ölçerek karşılaştırır.	Kimya-Fizik	
			F.4.4.2.2. Ölçülebilir özelliklerini kullanarak maddeyi tanımlar.	Kimya-Fizik	
		Maddenin Hâlleri	F.4.4.3.1. Maddelerin hâllerine ait temel özellikleri karşılaştırır.	Kimya-Fizik	
			F.4.4.3.2. Aynı maddenin farklı hâllerine örnekler verir.	Kimya-Fizik	
		Maddenin Isı Etkisiyle Değişimi	F.4.4.4.1. Maddelerin ısınıp soğumasına yönelik deneyler tasarlar.	Kimya-Fizik	
			F.4.4.4.2. Maddelerin ısı etkisiyle hâl değiştirebileceğine yönelik deney tasarlar.	Kimya-Fizik	
		Saf Madde ve Karışım	F.4.4.5.1. Günlük yaşamında sıklıkla kullandığı maddeleri saf madde ve karışım şeklinde sınıflandırarak aralarındaki farkları açıklar.	Kimya-Fizik	
			F.4.4.5.2. Günlük yaşamda karşılaştığı karışımların ayrılmasında kullanılabilen yöntemlerden uygun olanı seğer.	Kimya-Fizik	
			F.4.4.5.3. Karışımların ayrılmasını, ÷lke ekonomisine katkısı ve kaynakların etkili kullanımını bakımından tartışır.	Kimya-Fizik-Biyoloji-Çevre	
6	İnsan ve Çevre	Canlılar ve Yaşam	Bilinçli Tüketici	F.4.6.1.1. Kaynakların kullanımında tasarruflu davranmaya özen gösterir.	Çevre-Kimya-Fizik-Biyoloji-Yer Bilimleri
				F.4.6.1.2. Yaşam için gerekli olan kaynakların ve geri dönüşümün önemini fark eder.	Çevre-Kimya-Fizik-Biyoloji-Yer Bilimleri

Tablo 2 incelendiğinde 4. sınıf seviyesinde kimya alanı ile ilişkili 21 kazanım olduğu ve bu kazanımların da en çok "Maddenin Özellikleri" ünitesinde "Saf Madde ve Karışım" konu başlığında yer aldığı gör÷lmektedir. Bununla birlikte "Yer Kabuğu ve Dünya'mızın Hareketleri", "Besinlerimiz", "Kuvvetin Etkileri ", "İnsan ve Çevre" ünitelerinde de kimya alanı ile ilişkili kazanımlar bulunduğu anlaşılmaktadır. Kimya alanı ile ilişkili kazanımlar incelendiğinde 4. sınıf seviyesindeki tüm kazanımların bütünleşik bir yapıda; kimya, fizik, biyoloji, yer ve çevre bilimleri ile ilişkili olduğu gör÷lmektedir. Tabloda yer alan "Maddenin Özellikleri" haricindeki tüm üniteler ilk bakışta yalnızca fizik, biyoloji, yer ve çevre bilimlerini ilgilendiriyor gibi görünse de derinlemesine incelendiğinde söz konusu üniteler altında verilen kazanımların bir kısmının bütünleşik bir yapıda olduğu

anlaşılmıştır. Örneğin temelde fizik alanını ilgilendiren "Kuvvetin Etkileri" adlı üniteye yer alan F.4.3.2.2., F.4.3.2.3. ve F.4.3.2.4. nolu kazanımların; mıknatısların etki ettiği maddeler, günlük yaşamdaki kullanım alanları ile yeni kullanım alanları konularına vurgu yapması sebebiyle fizik, kimya ve çevre bilimleri ile ilişkili olduğu ve bütünleşik birer kazanım olduğu düşünülmüştür. Daha detaylı ifade edilecek olursa mıknatısların daha çok demir, nikel, çelik ve kobalt içerikli maddelere etki ettiği; çöpler içerisindeki bazı metal içerikli maddelerin mıknatıs yardımıyla ayrılması ve geri dönüşümünün bu sayede yapılabilir olması; fabrika bacalarında bulunan mıknatısın duman içerisinde yer alan metalleri tutması ve çevreye verilecek zararın engellenmesi; televizyon, bilgisayar, cep telefonu gibi teknolojik ürünler ile MR cihazları ve hızlı trenlerde mıknatısların kullanılması gibi hususlar dikkate alınarak belirtilen alanlarla ilişkilendirmeler yapılmıştır. Bir başka örnek olarak da "İnsan ve Çevre" ünitesinde yer alan F.4.6.1.1. ile F.4.6.1.2. kazanımları incelenecek olursa bu kazanımların, içeriği gereği yaşam için gerekli kaynaklar, kaynakların tasarruflu kullanımı ve geri dönüşüm konularına vurgu yapması sebebiyle başta çevre bilimi olmak üzere biyoloji, kimya, fizik ve yer bilimleri ile ilişki kurulabildiğinden bütünleşik birer kazanım olduğu anlaşılmıştır. Özellikle doğal kaynakların kullanımında tasarruf bilincinin oluşması ve aynı zamanda doğal kaynakların israfını önlemesi, enerji tasarrufu sağlanması, ham madde ihtiyacını azaltması, atık maddelerin azaltılarak doğal çevrenin korunması vb. açılardan geri dönüşümün önemi gibi konular, söz konusu tüm alanları yakından ilgilendirmektedir.

Tablo 2'de yer alan kazanımların Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na temel oluşturma durumu incelendiğinde de bazı kazanımların; 9. sınıf seviyesinde "Maddenin Hâlleri", 10. sınıf seviyesinde "Kimya Her Yerde" ile "Karışımlar", 12. sınıf seviyesinde ise "Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler" ünitelerinde yer alan yine bazı konu ve kazanımlarla doğrudan ya da dolaylı ilişkiye sahip ve temel nitelikte denilebilecek konu ve kavramları içerdiği anlaşılmıştır.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 5. Sınıf Kazanımlarının Analizine Ait Bulgular

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 5. sınıf ünite, konu ve kazanımlarının kimya alanı ile ilişkisi ve kazanımların diğer alanlarla ilişkili olma durumu dikkate alınarak yapılan analize ait bulgular Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 5. Sınıf Kazanımlarının Kimya Alanı ile İlişkisi

Ünite No	Ünite Adı	Konu Alanı Adı	Konu Adı	Kazanım	Kimya Alan İlişkisi
1	Güneş, Dünya ve Ay	Dünya ve Evren	Güneş'in Yapısı ve Özellikleri	F.5.1.1.1. Güneş'in özelliklerini açıklar.	Astronomi-Fizik-Kimya
			Ay'ın Yapısı ve Özellikleri	F.5.1.2.1. Ay'ın özelliklerini açıklar.	Astronomi-Fizik-Kimya
4	Madde ve Değişim	Madde ve Doğası	Maddenin Hâl Değişimi	F.5.4.1.1. Maddelerin ısı etkisiyle hâl değiştirebileceğine yönelik yaptığı deneylerden elde ettiği verilere dayalı çıkarımlarda bulunur.	Kimya-Fizik
			Maddenin Ayırt Edici Özellikleri	F.5.4.2.1. Yaptığı deneyler sonucunda saf maddelerin erime, donma, kaynama noktalarını belirler.	Kimya-Fizik
			Isı ve Sıcaklık	F.5.4.3.1. Isı ve sıcaklık arasındaki temel farkları açıklar.	Kimya-Fizik
				F.5.4.3.2. Sıcaklığı farklı olan sıvıların karıştırılması sonucu ısı alışverişi olduğuna yönelik deneyler yaparak sonuçlarını yorumlar.	Kimya-Fizik
Isı Maddeleri Etkiler	F.5.4.4.1. Isı etkisiyle maddelerin genişip büzüleceğine yönelik deneyler yaparak deneylerin sonuçlarını tartışır.	Fizik-Kimya			
	F.5.4.4.2. Günlük yaşamdan örnekleri genişleme ve büzülme olayları ile ilişkilendirir.	Fizik-Kimya			
5	Işığın Yayılması	Fiziksel Olaylar	Işığın Maddeyle Karşılığıması	F.5.5.3.1. Maddeleri, ışığı geçirme durumlarına göre sınıflandırır.	Fizik-Kimya
6	İnsan ve Çevre	Canlılar ve Yaşam	Biyçeşitlilik	F.5.6.1.1. Biyçeşitliliğin doğal yaşam için önemini sorgular.	Biyoloji-Çevre-Yer Bilimleri-Kimya
				F.5.6.1.2. Biyçeşitliliği tehdit eden faktörleri, araştırma verilerine dayalı olarak tartışır.	Biyoloji-Çevre-Kimya-Fizik-Yer Bilimleri
			İnsan ve Çevre İlişkisi	F.5.6.2.1. İnsan ve çevre arasındaki etkileşimin önemini ifade eder.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik-Yer Bilimleri

F.5.6.2.2. Yakın çevresindeki veya ülkemizdeki bir çevre sorununun çözümüne ilişkin öneriler sunar.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik-Yer Bilimleri
F.5.6.2.3. İnsan faaliyetleri sonucunda gelecekte oluşabilecek çevre sorunlarına yönelik çıkarımda bulunur.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik-Yer Bilimleri
F.5.6.2.4. İnsan-çevre etkileşiminde yarar ve zarar durumlarını örnekler üzerinde tartışır.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik-Yer Bilimleri

Tablo 3 incelendiğinde 5. sınıf seviyesinde kimya alanı ile ilişkili 15 kazanım olduğu, bu kazanımların da "Madde ve Değişim", "Güneş, Dünya ve Ay", "İnsan ve Çevre" ile "Işığın Yayılması" ünitelerinde bulunduğu görülmektedir. En fazla sayıda kazanımı içeren ünitenin ise "Madde ve Değişim" ünitesi olduğu, burada da kazanımların en çok "Isı ve Sıcaklık" ile "Isı Maddeleri Etkiler" konu başlıklarında yer aldığı anlaşılmaktadır. Kimya alanı ile ilişkili kazanımlar incelendiğinde 5. sınıf seviyesindeki tüm kazanımların bütünlük bir yapıda; kimya, fizik, astronomi, biyoloji ve yer ve çevre bilimleri ile ilişkili olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan "Güneş, Dünya ve Ay" ile "Işığın Yayılması" üniteleri özellikle astronomi ve fizik alanlarına yönelik olsa da içerdikleri kazanımlar detaylı incelendiğinde bazı kazanımların, kimya alanı ile de ilişkisi kurulabildiğinden bütünlük birer kazanım olduğu anlaşılmıştır. Örneğin "Güneş, Dünya ve Ay" ünitesinde yer alan F.5.1.1.1. ile F.5.1.2.1. nolu kazanımların içeriği gereğince Güneş ve Ay'ın özellikleri düşünüldüğünde Güneş'in küre şeklinde olması başka bir deyişle top şeklinde görülmesi, gazlardan meydana gelmesi ve katmanlardan oluşması, ısı ve ışık kaynağı olması; Ay'ın atmosferinin yok denecek kadar az olması sebebiyle Ay'da oksijen bulunmaması, kendine özgü bir yer çekiminin olması, Ay'ın yüzeyinde krater adı verilen çukurların bulunması vb. pek çok noktanın dikkate alınması gerekeceğinden her iki kazanımın da astronomi, fizik ve kimya alanları ile ilişkili olduğu dolayısıyla bütünlük birer kazanım olduğu düşünülmüştür. Bir başka örnek olarak "Işığın Yayılması" ünitesinde bulunan F.5.5.3.1. nolu kazanım incelendiğinde kazanımın içeriği doğrultusunda maddelerin ışığı geçirip geçirmeme durumları açıklanırken; maddeler ile saydam, yarı saydam ve saydam olmama gibi özellikleri noktasında fizik alanının yanı sıra kimya alanı ile de bağlantı kurulabildiğinden söz konusu kazanımın bütünlük bir kazanım olduğu belirlenmiştir. Daha geniş bir ifadeyle ışık, karşılaştığı maddenin saydamlık özelliğine göre üç farklı şekilde davranabilmekte; maddeler de ışığı geçirme durumlarına göre saydam, yarı saydam ve saydam olmayan maddeler (opak) olarak nitelendirilmekte dolayısıyla kimya alanı ile de ilişki oluşmaktadır. Yine bir diğer örnek olarak "İnsan ve Çevre"

ünitesinde yer alan F.5.6.1.2. nolu kazanım incelendiğinde ise biyoçeşitliliği tehdit eden faktörlerin nüfus artışı; doğal kaynakların yok edilmesi; doğal afetler; ormanların tahribi; tarım ilaçlarının yanlış kullanımı; hava, su ve toprak kirliliği ile nükleer kirlilik olması göz önüne alındığında, söz konusu kazanımın biyoloji, çevre, kimya, fizik ve yer bilimleriyle ilişkili olup bütünlük bir kazanım olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 3'te yer alan kazanımların Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na temel oluşturma durumu incelendiğinde de bazı kazanımların; 9. sınıf seviyesinde "Kimya Bilimi", "Maddenin Hâlleri", "Doğa ve Kimya" ile 12. sınıf seviyesinde "Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler" ünitelerinde yer alan yine bazı konu ve kazanımlarla ilişkili olduğu ve söz konusu kazanımlara temel oluşturduğu anlaşılmıştır.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 6. Sınıf Kazanımlarının Analizine Ait Bulgular

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 6. sınıf ünite, konu ve kazanımlarının kimya alanı ile ilişkisi ve kazanımların diğer alanlarla ilişkili olma durumu dikkate alınarak yapılan analize ait bulgular Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 6. Sınıf Kazanımlarının Kimya Alanı ile İlişkisi

Ünite No	Ünite Adı	Konu Alanı Adı	Konu Adı	Kazanım	Kimya Alan İlişkisi
1	Güneş Sistemi ve Tutulmalar	Dünya ve Evren	Güneş Sistemi	F.6.1.1.1. Güneş sistemindeki gezegenleri birbirleri ile karşılaştırır.	Astronomi-Fizik-Kimya
2	Vücudumuzdaki Sistemler	Canlılar ve Yaşam	Sindirim Sistemi	F.6.2.2.2. Besinlerin kana geçebilmesi için fiziksel (mekanik) ve kimyasal sindirime uğraması gerektiği çıkarımını yapar.	Biyoloji-Kimya
				F.6.2.2.3. Sindirime yardımcı organların görevlerini açıklar.	Biyoloji-Kimya
4	Madde ve Isı	Madde ve Doğası	Maddenin Tanecikli Yapısı	F.6.4.1.1. Maddelerin; tanecikli, boşluklu ve hareketli yapıda olduğunu ifade eder.	Kimya-Fizik
				F.6.4.1.2. Hâl değişimine bağlı olarak maddenin tanecikleri arasındaki boşluk ve taneciklerin hareketliliğinin değiştiğini deney yaparak karşılaştırır.	Kimya-Fizik
			Yoğunluk	F.6.4.2.1. Yoğunluğu tanımlar.	Kimya-Fizik

				F.6.4.2.2. Tasarladığı deneyler sonucunda çeşitli maddelerin yoğunluklarını hesaplar.	Kimya-Fizik
				F.6.4.2.3. Birbiri içinde çözünmeyen sıvıların yoğunluklarını deney yaparak karşılaştırır.	Kimya-Fizik
				F.6.4.2.4. Suyun katı ve sıvı hâllerine ait yoğunlukları karşılaştırarak bu durumun canlılar için önemini tartışır.	Kimya-Fizik
		Madde ve Isı		F.6.4.3.1. Maddeleri, ısı iletimi bakımından sınıflandırır.	Kimya-Fizik
				F.6.4.3.2. Binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin seçilme ölçütlerini belirler.	Kimya-Fizik
				F.6.4.3.3. Alternatif ısı yalıtım malzemeleri geliştirir.	Kimya-Fizik
				F.6.4.3.4. Binalarda ısı yalıtımının önemini, aile ve ülke ekonomisi ve kaynakların etkili kullanımı bakımından tartışır.	Kimya-Fizik-Çevre
		Yakıtlar		F.6.4.4.1. Yakıtları, katı, sıvı ve gaz yakıtlar olarak sınıflandırıp yaygın şekilde kullanılan yakıtlara örnekler verir.	Kimya-Fizik-Çevre-Biyoloji-Yer Bilimleri
				F.6.4.4.2. Farklı türdeki yakıtların ısı amaçlı kullanımının, insan ve çevre üzerine etkilerini tartışır.	Kimya-Fizik-Çevre-Biyoloji-Yer Bilimleri
				F.6.4.4.3. Soba ve doğal gaz zehirlenmeleri ile ilgili alınması gereken tedbirleri araştırır ve rapor eder.	Kimya-Fizik-Çevre-Biyoloji
5	Ses ve Özellikleri	Fiziksel Olaylar	Sesin Yayılması	F.6.5.1.1. Sesin yayılabildiği ortamları tahmin eder ve tahminlerini test eder.	Fizik-Kimya
			Sesin Farklı Ortamlarda Farklı Duyulması	F.6.5.2.2. Sesin yayıldığı ortamın değişmesiyle farklı işitildiğini deneyerek keşfeder.	Fizik-Kimya
			Sesin Sürati	F.6.5.3.1. Sesin farklı ortamlardaki süratini karşılaştırır.	Fizik-Kimya
			Sesin Maddeyle Etkileşmesi	F.6.5.4.1. Sesin yansıma ve soğurulmasına örnekler verir.	Fizik-Kimya
				F.6.5.4.2. Sesin yayılmasını önlemeye yönelik tahminlerde bulunur ve tahminlerini test eder.	Fizik-Kimya

				F.6.5.4.3. Ses yalıtımının önemini açıklar.	Fizik-Kimya
6	Vücutumuzdaki Sistemler ve Sağlığı	Canlılar ve Yaşam	Sistemlerin Sağlığı	F.6.6.3.1. Sistemlerin sağlığı için yapılması gerekenleri araştırma verilerine dayalı olarak tartışır.	Biyoloji-Kimya
7	Elektriğın İletimi	Fiziksel Olaylar	İletken ve Yalıtkan Maddeler	F.6.7.1.1. Tasarladığı elektrik devresini kullanarak maddeleri, elektriğı iletme durumlarına göre sınıflandırır. F.6.7.1.2. Maddelerin elektriksel iletkenlik ve yalıtkanlık özelliklerinin günlük yaşamda hangi amaçlar için kullanıldığını örneklerle açıklar.	Fizik-Kimya Fizik-Kimya

Tablo 4 incelendiğinde 6. sınıf seviyesinde kimya alanı ile ilişkili 25 kazanım bulunduğu, bu kazanımların da "Madde ve Isı", "Güneş Sistemi ve Tutulmalar", "Vücutumuzdaki Sistemler", "Ses ve Özellikleri", "Vücutumuzdaki Sistemler ve Sağlığı" ile "Elektriğın İletimi" ünitelerinde yer aldığı görülmektedir. En fazla sayıda kazanımı içeren ünitenin ise "Madde ve Isı" ünitesi olduğu, burada da kazanımların en çok "Yoğunluk" ile "Madde ve Isı" konu başlıkları altında bulunduğu anlaşılmaktadır. Kimya alanı ile ilişkili kazanımlar incelendiğinde 6. sınıf seviyesindeki tüm kazanımların kimya, fizik, astronomi, biyoloji ve yer ve çevre bilimleri ile ilişkili olması sebebiyle bütünleşik birer kazanım olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan "Madde ve Isı" ünitesi haricindeki tüm üniteler doğrudan fizik, astronomi ve biyoloji alanları ile ilgili olsa da üniteler içerisindeki kazanımlar detaylı incelendiğinde bazı kazanımların, içeriğı doğrultusunda kimya alanı ile de ilişkisi kurulabildiğinden bütünleşik birer kazanım olduğu anlaşılmıştır. Örneğın "Ses ve Özellikleri" ünitesinde yer alan F.6.5.1.1., F.6.5.2.2., F.6.5.3.1., F.6.5.4.1., F.6.5.4.2. ile F.6.5.4.3. nolu kazanımlar ele alındığında doğrudan fizik alanı ile ilişki kurulmasına rağmen sesin katı, sıvı ve gaz ortamında yayılması; örneğın içi tahtadan, taştan ya da metalden yapılmış bir odada aynı ses kaynağının değışik sesler çıkarması; katı, sıvı ve gaz maddelerde sesin yayılma hızının farklı olması; maddesel olmayan bir ortam olan boşlukta hiçbir tanecik bulunmadığından sesin yayılmaması; yansıma, soğurulma, iletim gibi durumların sesin madde ile etkileşimi sonucunda oluşması; sesin yayılmasını önlemek amacıyla kullanılan yalıtım malzemelerinin yapısı ve ses yalıtımında teknolojik uygulamalara verilebilecek örnekler gibi detaylar göz önüne alınarak kimya alanı ile de ilişki kurulmuş ve kazanımların bütünleşik birer kazanım olduğu belirlenmiştir. Bir diğerk örnek olarak temelde fizik alanını ilgilendiren "Elektriğın İletimi" ünitesinde yer alan F.6.7.1.1. ile F.6.7.1.2. nolu kazanımlar incelendiğinde elektrik iletim durumlarına göre iletken (bakır, demir, altın, gümüş, kurşun, çinko vb.) ve yalıtkan (plastik, tahta, cam,

kumaş, lastik, alkol, saf su vb.) maddeler için verilecek örnekler ve yine bu örneklerin iletkenlik ve yalıtkanlık özelliklerinin kullanım alanlarındaki amaçları (örneğin elektrikli araç gereçlerde elektriğin kullanılabilmesi için iletken maddelerin; elektriğin kontrolü ile elektriğe temastan korunmada yalıtkan maddelerin tercih edilmesi) gibi hususlar dikkate alınarak her iki kazanımın da fizik alanının yanı sıra kimya alanı ile de ilişkisi kurulmuş ve bütünleşik birer kazanım olduğu anlaşılmıştır. Yine bir diğer örnek olarak da "Vücudumuzdaki Sistemler ve Sağlığı" ünitesinde yer alan F.6.6.3.1. nolu kazanım incelendiğinde ilk bakışta doğrudan biyoloji alanı ile ilişki kurulsa da kazanım açıklamasında geçen bilinçsiz ilaç kullanımının zararları vurgusu doğrultusunda kimya alanı ile de ilişki kurulmuş ve söz konusu kazanımın bütünleşik bir kazanım olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4'te yer alan kazanımların Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na temel oluşturma durumu incelendiğinde de bazı kazanımların; 9. sınıf seviyesinde "Maddenin Hâlleri", "Doğa ve Kimya"; 10. sınıf seviyesinde "Karışımlar", "Kimya Her Yerde"; 12. sınıf seviyesinde ise "Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler" ünitelerinde yer alan yine bazı konu ve kazanımlara temel oluşturacak yapıda olduğu anlaşılmıştır.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 7. Sınıf Kazanımlarının Analizine Ait Bulgular

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 7. sınıf ünite, konu ve kazanımlarının kimya alanı ile ilişkisi ve kazanımların diğer alanlarla ilişkili olma durumu dikkate alınarak yapılan analize ait bulgular Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 7. Sınıf Kazanımlarının Kimya Alanı ile İlişkisi

Ünite No	Ünite Adı	Konu Alanı Adı	Konu Adı	Kazanım	Kimya Alan İlişkisi
1	Güneş Sistemi ve Ötesi	Dünya ve Evren	Uzay Araştırmaları	F.7.1.1.1. Uzay teknolojilerini açıklar.	Astronomi-Fizik-Kimya-Biyoloji
				F.7.1.1.2. Uzay kirliliğinin nedenlerini ifade ederek bu kirliliğin yol açabileceği olası sonuçları tahmin eder.	Astronomi-Fizik-Kimya-Biyoloji-Çevre
				F.7.1.1.3. Teknoloji ile uzay araştırmaları arasındaki ilişkiyi açıklar.	Astronomi-Fizik-Kimya-Biyoloji-Yer Bilimleri

			Güneş Sistemi Ötesi: Gök Cisimleri	F.7.1.2.1. Yıldız oluşum sürecinin farkına varır.	Astronomi-Fizik-Kimya
				F.7.1.2.2. Yıldız kavramını açıklar.	Astronomi-Fizik-Kimya
				F.7.1.2.3. Galaksilerin yapısını açıklar.	Astronomi-Fizik-Kimya
				F.7.1.2.4. Evren kavramını açıklar.	Astronomi-Fizik-Kimya
3	Kuvvet ve Enerji	Fiziksel Olaylar	Enerji Dönüşümleri	F.7.3.3.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır.	Fizik-Kimya
4	Saf Madde ve Karışımlar	Madde ve Doğası	Maddenin Tanecikli Yapısı	F.7.4.1.1. Atomun yapısını ve yapısındaki temel parçacıklarını söyler.	Kimya-Fizik
				F.7.4.1.2. Geçmişten günümüze atom kavramı ile ilgili düşüncelerin nasıl değiştiğini sorgular.	Kimya-Fizik
				F.7.4.1.3. Aynı veya farklı atomların bir araya gelerek molekül oluşturacağını ifade eder.	Kimya
				F.7.4.1.4. Çeşitli molekül modelleri oluşturarak sunar.	Kimya
			Saf Maddeler	F.7.4.2.1. Saf maddeleri, element ve bileşik olarak sınıflandırarak örnekler verir.	Kimya
				F.7.4.2.2. Periyodik sistemdeki ilk 18 elementin ve yaygın elementlerin (altın, gümüş, bakır, çinko, kurşun, civa, platin, demir ve iyot) isimlerini, sembollerini ve bazı kullanım alanlarını ifade eder.	Kimya
				F.7.4.2.3. Yaygın bileşiklerin formüllerini, isimlerini ve bazı kullanım alanlarını ifade eder.	Kimya
			Karıışımlar	F.7.4.3.1. Karışımları, homojen ve heterojen olarak sınıflandırarak örnekler verir.	Kimya
				F.7.4.3.2. Günlük yaşamda karşılaştığı çözücü ve çözünenleri kullanarak çözelti hazırlar.	Kimya

				F.7.4.3.3. Çözünme hızına etki eden faktörleri deney yaparak belirler.	Kimya
			Karışımların Ayrılması	F.7.4.4.1. Karışımların ayrılması için kullanılacak yöntemlerden uygun olanı seçerek uygular.	Kimya-Fizik
			Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm	F.7.4.5.1. Evsel atıklarda geri dönüştürülebilir ve dönüştürülemeyen maddeleri ayırt eder.	Kimya-Çevre-Fizik-Biyoloji
				F.7.4.5.2. Evsel katı ve sıvı atıkların geri dönüşümüne ilişkin proje tasarlar.	Kimya-Çevre-Fizik-Biyoloji
				F.7.4.5.3. Geri dönüşümü, kaynakların etkili kullanımı açısından sorgular.	Kimya-Çevre-Fizik-Biyoloji-Yer Bilimleri
				F.7.4.5.4. Yakın çevresinde atık kontrolüne özen gösterir.	Kimya-Çevre-Fizik-Biyoloji
5	Işığın Madde ile Etkileşimi	Fiziksel Olaylar	Işığın Soğurulması	F.7.5.1.1. Işığın madde ile etkileşimi sonucunda madde tarafından soğurulabileceğini keşfeder.	Fizik-Kimya
				F.7.5.1.4. Güneş enerjisinin günlük yaşam ve teknolojideki yenilikçi uygulamalarına örnekler verir.	Fizik-Kimya
				F.7.5.1.5. Güneş enerjisinden gelecekte nasıl yararlanılacağına ilişkin ürettiği fikirleri tartışır.	Fizik-Kimya

Tablo 5 incelendiğinde 7. sınıf seviyesinde kimya alanı ile ilişkili 26 kazanım bulunduğu, bu kazanımların da en çok "Saf Madde ve Karışımlar" ünitesinde, "Maddenin Tanecikli Yapısı" ile "Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm" konu başlıklarında yer aldığı görülmektedir. Diğer kazanımların ise "Güneş Sistemi ve Ötesi", "Kuvvet ve Enerji", "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitelerinde bulunduğu anlaşılmaktadır. Kimya alanı ile ilişkili kazanımlar incelendiğinde 7. sınıf seviyesindeki "Saf Madde ve Karışımlar" ünitesinde yer alan 8 kazanımın yalnızca kimya alanı ile ilişkili olduğu; geri kalan 18 kazanımın da kimya, fizik, astronomi, biyoloji, yer ve çevre bilimleri ile ilişkili olduğu görülmektedir. En fazla sayıda kazanımı içeren ve doğrudan kimya alanını ilgilendiren "Saf Madde ve Karışımlar" ünitesi haricindeki diğer ünitelerin temelde fizik ve astronomi alanları ile ilişkili olmasına karşın, ünitelerde yer alan kazanımlar detaylı olarak incelendiğinde bazı kazanımların kimya alanı ile de ilişkisinin kurulabildiği anlaşılmıştır. Örneğin "Güneş Sistemi ve Ötesi" ünitesinde yer alan F.7.1.1.1., F.7.1.1.2., F.7.1.1.3. nolu kazanımlar ele alındığında uzay

araştırmaları sonucu ortaya çıkan ürünlerin teknolojiye ve dolayısıyla fizik, kimya, biyoloji, tıp ve endüstri gibi alanlara önemli katkılar sağlaması; uzay araclarının atmosferdeki sürtünmeden dolayı sıcaklığının artmaması için sürtünmenin azalmasını sağlayabilen teflon maddesinin geliştirilmesi; uzay araştırmaları ile uzayda enerji kaynaklarının bulunabilme ihtimali; Dünya'nın dışında uzayda bir yaşam olup olmadığının araştırılması; uzay kirliliğine yol açan uzay araclarının yakıt tankları; uzay atıklarının yapılarındaki kimyasalların atmosfer için tehlikeli olabileceği; uzay kirliliğinin zaman içinde Dünya'ya ve canlılara zarar verebilme ihtimali vb. durumlar dşnldğnde söz konusu kazanımlarla astronomi, fizik, kimya, biyoloji, yer ve evre bilimleri arasında dolaylı da olsa bir ilişkilendirme yapılarak kazanımların bütünleşik birer kazanım olduğu sonucuna varılmıştır. Yine aynı ünitelerde yer alan F.7.1.2.1., F.7.1.2.2., F.7.1.2.3., F.7.1.2.4. nolu kazanımlar incelendiğinde yıldızların, uzaydaki bulutsu adı verilen gaz ve toz bulutunun bir araya gelip sıkışması sonucu olduğu ve sıcak gaz kütelleri olduğu; büyük ktelli yıldızların bir bölümünün kara deliklere dönüştüğü ve kara deliklerin de gök cisimleri ile ışığı içerisine çekebilmesi; yıldızlar, gezegenler, uydular, meteorlar ile gaz ve toz bulutundan oluşmuş büyük sistemlere galaksi denildiği; dünya ve uzayın evreni oluşturduğu ve evrenin başlangıcını büyük patlama (big bang)'nın oluşturduğu görüşü vb. hususlar dikkate alınarak söz konusu kazanımların astronomi ve fiziğin yanı sıra kimya alanı ile de ilişkili olduğu anlaşılmış ve bütünleşik birer kazanım olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkilendirmeler yapılırken de özellikle F.7.1.2.1., F.7.1.2.2., F.7.1.2.3. nolu kazanımların, konulara ilişkin detay bilgilere vurgu yapılması yönündeki açıklamaları dikkate alınmıştır. Bir başka örnek olarak da "Saf Madde ve Karışımlar" nitesinde yer alan F.7.4.5.1., F.7.4.5.2., F.7.4.5.3., F.7.4.5.4. nolu kazanımlar incelendiğinde evsel atıkların içeriği (atık su, atık yağ, kağıt, poşet, plastik, şişe, pil vb.) ile geri dönüşümü mümkün olan (kağıt, metal, plastik ve cam ürünleri gibi) ve olmayan maddeler (naylon, yağlı kağıt, bebek bezi, elektronik cihazlar vb.); geri dönüşümün doğal kaynakların verimliliğine etkisi, enerji tasarrufu sağlanması; atık malzemelerin evre kirliliğinin önlenmesi açısından önemi vb. hususlar nedeniyle söz konusu kazanımların kimya, biyoloji, fizik, yer ve evre bilimleri ile ilişkilendirilmesi yapılarak bütünleşik birer kazanım olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 5'te yer alan kazanımların Ortaöğretim Kimya Dersi ğretim Programı'na temel oluşturma durumu incelendiğinde de bazı kazanımların; 9. sınıf seviyesinde "Kimya Bilimi", "Atom ve Periyodik Sistem", "Kimyasal Türler Arası Etkileşimler", "Doğa ve Kimya"; 10. sınıf seviyesinde "Kimyanın Temel Kanunları ve Kimyasal Hesaplamalar", "Karışımlar", "Kimya Her Yerde"; 11. sınıf seviyesinde "Modern Atom Teorisi", "Sıvı zeltiller ve znrlk"; 12. sınıf seviyesinde ise "Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler" nitelerinde yer alan yine bazı konu ve kazanımlara temel oluşturacak düzeyde konu ve kavramlar içerdiği anlaşılmıştır.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 8. Sınıf Kazanımlarının Analizine Ait Bulgular

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 8. sınıf ünite, konu ve kazanımlarının kimya alanı ile ilişkisi ve kazanımların diğer alanlarla ilişkili olma durumu dikkate alınarak yapılan analize ait bulgular Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı 8. Sınıf Kazanımlarının Kimya Alanı ile İlişkisi

Ünite No	Ünite Adı	Konu Alanı Adı	Konu Adı	Kazanım	Kimya Alan İlişkisi
1	Mevsimler ve İklim	Dünya ve Evren	İklim ve Hava Hareketleri	F.8.1.2.1. İklim ve hava olayları arasındaki farkı açıklar. F.8.1.2.2. İklim biliminin (klimatoloji) bir bilim dalı olduğunu ve bu alanda çalışan uzmanlara iklim bilimci (klimatolog) adı verildiğini söyler.	Kimya-Fizik-Yer Bilimleri-Çevre Kimya-Yer Bilimleri-Çevre
2	DNA ve Genetik Kod	Adaptasyon (Çevreye Uyum)	DNA ve Genetik Kod	F.8.2.1.1. Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramlarını açıklayarak bu kavramlar arasında ilişki kurar. F.8.2.1.2. DNA'nın yapısını model üzerinde gösterir. F.8.2.1.3. DNA'nın kendini nasıl eşlediğini ifade eder.	Biyoloji-Kimya Biyoloji-Kimya
		Mutasyon ve Modifikasyon		F.8.2.3.1. Örneklerden yola çıkarak mutasyonu açıklar. F.8.2.3.2. Örneklerden yola çıkarak modifikasyonu açıklar. F.8.2.3.3. Mutasyonla modifikasyon arasındaki farklar ile ilgili çıkarımda bulunur.	Biyoloji-Kimya-Fizik Biyoloji-Kimya-Fizik
		Biyoteknoloji		F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir.	Biyoloji-Kimya

				F.8.2.5.2. Biyoteknolojik uygulamalar kapsamında oluşturulan ikilemlerle bu uygulamaların insanlık için yararlı ve zararlı yönlerini tartışır.	Biyoloji-Kimya
				F.8.2.5.3. Gelecekteki genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının neler olabileceği hakkında tahminde bulunur.	Biyoloji-Kimya
3	Basınç	Fiziksel Olaylar	Basınç	F.8.3.1.2. Sıvı basıncını etkileyen değişkenleri tahmin eder ve tahminlerini test eder.	Fizik-Kimya
				F.8.3.1.3. Katı, sıvı ve gazların basınç özelliklerinin günlük yaşam ve teknolojideki uygulamalarına örnekler verir.	Fizik-Kimya
4	Madde ve Endüstri	Madde ve Doğası	Periyodik Sistem	F.8.4.1.1. Periyodik sistemde, grup ve periyotların nasıl oluşturulduğunu açıklar.	Kimya
				F.8.4.1.2. Elementleri periyodik tablo üzerinde metal, yarımetal ve ametal olarak sınıflandırır.	Kimya
			Fiziksel ve Kimyasal Değişimler	F.8.4.2.1. Fiziksel ve kimyasal değişim arasındaki farkları, çeşitli olayları gözlemleyerek açıklar.	Kimya-Fizik-Biyoloji
			Kimyasal Tepkimeler	F.8.4.3.1. Bileşiklerin kimyasal tepkime sonucunda oluştuğunu bilir.	Kimya
			Asitler ve Bazlar	F.8.4.4.1. Asit ve bazların genel özelliklerini ifade eder.	Kimya
				F.8.4.4.2. Asit ve bazlara günlük yaşamdan örnekler verir.	Kimya-Biyoloji
				F.8.4.4.3. Günlük hayatta ulaşılabilecek malzemeleri asit-baz ayırıcı olarak kullanır.	Kimya-Biyoloji
				F.8.4.4.4. Maddelerin asitlik ve bazlık durumlarına ilişkin pH değerlerini kullanarak çıkarımda bulunur.	Kimya

				F.8.4.4.5. Asit ve bazların çeşitli maddeler üzerindeki etkilerini gözlemler.	Kimya- Biyoloji
				F.8.4.4.6. Asit ve bazların temizlik malzemesi olarak kullanılması esnasında oluşabilecek tehlikelerle ilgili gerekli tedbirleri alır.	Kimya
				F.8.4.4.7. Asit yağmurlarının önlenmesine yönelik çözüm önerileri sunar.	Kimya- Çevre- Biyoloji- Fizik-Yer Bilimleri
		Maddenin Isı ile Etkileşimi		F.8.4.5.1. Isınmanın maddenin cinsine, kütesine ve/veya sıcaklık değişimine bağlı olduğunu deney yaparak keşfeder.	Kimya-Fizik
				F.8.4.5.2. Hâl değiştirmek için gerekli ısının maddenin cinsi ve kütesine ilişkili olduğunu deney yaparak keşfeder.	Kimya-Fizik
				F.8.4.5.3. Maddelerin hâl değişimi ve ısınma grafiğini çizerek yorumlar.	Kimya-Fizik
				F.8.4.5.4. Günlük yaşamda meydana gelen hâl değişimleri ile ısı alışverişini ilişkilendirir.	Kimya-Fizik
		Türkiye'de Kimya Endüstrisi		F.8.4.6.1. Geçmişten günümüze Türkiye'deki kimya endüstrisinin gelişimini araştırır.	Kimya
				F.8.4.6.2. Kimya endüstrisinde meslek dallarını araştırır ve gelecekteki yeni meslek alanları hakkında öneriler sunar.	Kimya
6	Enerji Dönüşümleri ve Çevre Bilimi	Canlılar ve Yaşam	Enerji Dönüşümleri	F.8.6.2.1. Bitkilerde besin üretiminde fotosentezin önemini fark eder.	Biyoloji- Kimya-Fizik
				F.8.6.2.2. Fotosentez hızını etkileyen faktörler ile ilgili çıkarımlarda bulunur.	Biyoloji- Kimya-Fizik
				F.8.6.2.3. Canlılarda solunumun önemini belirtir.	Biyoloji- Kimya

			Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları	F.8.6.3.1. Madde döngülerini şema üzerinde göstererek açıklar.	Çevre-Kimya-Biyoloji
				F.8.6.3.2. Madde döngülerinin yaşam açısından önemini sorgular.	Çevre-Kimya-Biyoloji
				F.8.6.3.3. Küresel iklim değişikliklerinin nedenlerini ve olası sonuçlarını tartışır.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik-Yer Bilimleri
			Sürdürülebilir Kalkınma	F.8.6.4.1. Kaynakların kullanımında tasarruflu davranmaya özen gösterir.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik
				F.8.6.4.2. Kaynakların tasarruflu kullanımına yönelik proje tasarlar.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik
				F.8.6.4.3. Geri dönüşüm için katı atıkların ayrıştırılmasının önemini açıklar.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik
				F.8.6.4.4. Geri dönüşümün ülke ekonomisine katkısına ilişkin araştırma verilerini kullanarak çözüm önerileri sunar.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik
				F.8.6.4.5. Kaynakların tasarruflu kullanılmaması durumunda gelecekte karşılaşılabilecek problemleri belirterek çözüm önerileri sunar.	Çevre-Kimya-Biyoloji-Fizik
7	Elektrik Yükleri ve Elektrik Enerjisi	Fiziksel Olaylar	Elektrik Enerjisinin Dönüşümü	F.8.7.3.1. Elektrik enerjisinin ısı, ışık ve hareket enerjisine dönüştüğü uygulamalara örnekler verir.	Fizik-Kimya
				F.8.7.3.2. Elektrik enerjisinin ısı, ışık veya hareket enerjisine dönüşümü temel alan bir model tasarlar.	Fizik-Kimya
				F.8.7.3.3. Güç santrallerinde elektrik enerjisinin nasıl üretildiğini açıklar.	Fizik-Kimya
				F.8.7.3.4. Güç santrallerinin avantaj ve dezavantajları konusunda fikirler üretir.	Fizik-Kimya

Tablo 6 incelendiğinde 8. sınıf seviyesinde kimya alanı ile ilişkili 45 kazanım bulunduğu, bu kazanımların da "Mevsimler ve İklim", "DNA ve Genetik Kod", "Basınç", "Madde ve Endüstri", "Enerji Dönüşümleri ve Çevre Bilimi" ile "Elektrik Yükleri ve Elektrik Enerjisi" ünitelerinde yer aldığı görülmektedir. En fazla sayıda kazanımın "Madde ve Endüstri" ünitesinde, "Asitler ve Bazlar" konu başlığında bulunduğu ve yalnızca kimya alanı ilişkili 8 kazanımın da yine bu üniteye yer aldığı anlaşılmaktadır. Diğer 37 kazanımın ise başta kimya alanı olmak üzere fizik, biyoloji, yer ve çevre bilimleri ile ilişkili olduğu da görülmektedir. Kimya alanını doğrudan ilgilendiren "Madde ve Endüstri" ünitesi dışındaki diğer ünitelerin temelde fizik, biyoloji, yer ve çevre bilimleri ile ilişkili olmasına karşın, ünitelerde yer alan kazanımlar detaylı olarak incelendiğinde bazı kazanımların kimya alanı ile de ilişkisinin kurulabildiği anlaşılmıştır. Örneğin doğrudan biyoloji alanını ilgilendiren "DNA ve Genetik Kod" adlı üniteye yer alan F.8.2.1.1., F.8.2.1.2., F.8.2.1.3. nolu kazanımlar incelendiğinde DNA'nın yapısı açıklanırken molekül olduğu vurgusu; en küçük yapı birimi olan nükleotidlerin fosfat, deoksiriboz şekeri ve organik bazın birleşmesi sonucu oluştuğu bilgisi; DNA zincirinin nasıl meydana geldiği; DNA'nın kendini eşlerken nükleotidlerin birbiriyle belirli bir kural dâhilinde eşleşmesi vb. durumlar noktasında biyoloji alanının yanı sıra kimya alanı ile de ilişki kurulabilmiş ve dolayısıyla söz konusu kazanımların bütünleşik birer kazanım olduğu düşünülmüştür. Bir diğer örnek olarak yine doğrudan fizik alanı ile ilişkili "Basınç" ünitesinde bulunan F.8.3.1.2. ile F.8.3.1.3. nolu kazanımlar incelendiğinde ise gazların da sıvılar gibi akışkan olup benzer şekilde basınç uygulaması; atmosferin uyguladığı açık hava basıncı; basıncın günlük yaşam ve teknolojideki uygulamalarına ilişkin gaz basıncından yararlanan yangın tüpü, mutfak tüpü, boya makineleri gibi örnekler nedeniyle söz konusu kazanımların fizik alanının yanı sıra kimya alanı ile de ilişkisi kurularak bütünleşik birer kazanım olduğu anlaşılmıştır. Bu ilişkilendirmeler yapılırken her ne kadar F.8.3.1.2. nolu kazanımda gaz basıncına dair bir vurgu olmasa da kazanım açıklamasında geçen; gazların da sıvılara benzer şekilde basınç uyguladığı vurgusu dikkate alınmıştır. Yine bir başka örnek olarak da doğrudan biyoloji alanı ile ilgili olan "Enerji Dönüşümleri ve Çevre Bilimi" ünitesinde yer alan F.8.6.2.1., F.8.6.2.2., F.8.6.2.3 nolu kazanımlar incelendiğinde enerji dönüşümlerinin fotosentez ve solunum üzerinden gerçekleşmesi; fotosentezin, yapısında klorofil adı verilen organel bulunduran canlıların güneş enerjisi yardımıyla su ve karbondioksit kullanarak besin ve oksijen üretmesi olayı olduğu; sıcaklık, su miktarı, ışık şiddeti, ışık rengi, karbondioksit miktarı gibi faktörlerin fotosentez hızına etki etmesi; canlıların mitokondri organelinde oksijen yardımıyla parçalanması olayına oksijenli solunum, besinlerin oksijen kullanılmadan parçalanarak enerji üretilmesi olayına da oksijensiz solunum denilmesi vb. hususlar dikkate alınarak söz konusu kazanımların biyoloji alanının yanı sıra kimya ve fizik alanları ile de ilişkilendirmesi yapılmış ve bütünleşik birer kazanım olduğu

belirlenmiştir. Yine yapılan incelemede kazanım açıklamalarındaki detaylı konu vurguları da göz önüne alınmıştır.

Tablo 6’da yer alan kazanımların Ortaöğretim Kimya Dersi ğretim Programı’na temel oluşturma durumu incelendiğinde de bazı kazanımların; 9. sınıf seviyesinde “Kimya Bilimi”, “Atom ve Periyodik Sistem”, “Kimyasal Türler Arası Etkileşimler”, “Maddenin Hâlleri”, “Doğa ve Kimya”; 10. sınıf seviyesinde “Kimyanın Temel Kanunları ve Kimyasal Hesaplamalar”, “Asitler, bazlar ve Tuzlar”, “Kimya Her Yerde”; 11. sınıf seviyesinde “Modern Atom Teorisi”, “Gazlar”; 12. sınıf seviyesinde ise “Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler” nitelerinde yer alan yine bazı konu ve kazanımlara temel oluşturacak düzeyde olduğu anlaşılmıştır.

Sınıf Düzeylerine Göre Kimya Alanı ile İlişkili Kazanımların Karşılaştırılması

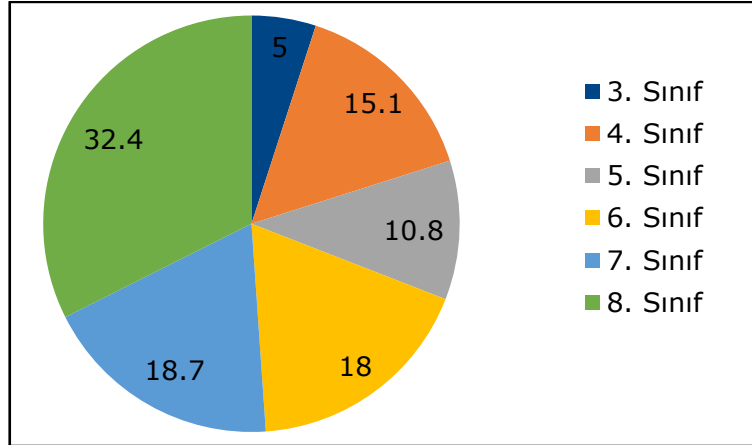
Bu bölümde, araştırma soruları doğrultusunda sınıf düzeylerine göre tespit edilen kimya alanı ile ilişkili kazanımların karşılaştırması yapılmıştır. Öncelikle kimya alanı ile ilişkili kazanımların sınıf düzeylerine göre program kazanımlarının tümüne oranı ve hemen devamında kimya alanı ile ilişkili kazanımların sınıf düzeylerine göre birbirine oranı belirlenmiştir. Kimya alanı ile ilişkili kazanımların, sınıf düzeylerine göre program kazanımlarına oranı Tablo 7’de; sınıf düzeylerine göre birbirine oranı da Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tablo 7

Fen Bilimleri Dersi ğretim Programı’ndaki Kimya Alanı ile İlişkili Olan Kazanımların Sınıf Düzeylerine Göre Tüm Program Kazanımlarına Oranı

Sınıf Düzeyi	Programdaki	Yalnızca Kimya Alanı ile		Bütünleşik Kazanım Sayısı	
	Toplam Kazanım Sayısı	İlişkili Kazanım Sayısı ve Yüzdelik Oran		(Kimya ve Diğer Alanların Birlikte Olduğu Kazanım Sayısı) ve Yüzdelik Oran	
	f	f	%	f	%
3	36	-	-	7	19,4
4	43	-	-	21	48,8
5	36	-	-	15	41,7
6	59	-	-	25	42,4
7	67	8	11,9	18	26,9
8	61	8	13,1	37	60,7
Toplam	302	16	5,3	123	40,7

Tablo 7 incelendiğinde 3. sınıf düzeyinde toplam sayısı 36 olan kazanımların 7'sinin (%19,4); 4. sınıf düzeyinde toplam sayısı 43 olan kazanımların 21'inin (%48,8); 5. sınıf düzeyinde toplam sayısı 36 olan kazanımların 15'inin (%41,7); 6. sınıf düzeyinde toplam sayısı 59 olan kazanımların 25'inin (%42,4); 7. sınıf düzeyinde toplam sayısı 67 olan kazanımların 18'inin (%26,9) ve 8. sınıf düzeyinde toplam sayısı 61 olan kazanımların 37'sinin (%60,7) kimya alanının yanı sıra fizik, biyoloji, astronomi, yer ve çevre bilimleri ile de ilişkili olup bütünlük birer kazanım olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 7. sınıf düzeyinde toplamda 8 kazanımın (%11,9), 8. sınıf düzeyinde de yine toplamda 8 kazanımın (%13,1) yalnızca kimya alanı ile ilişkili olduğu ve dolayısıyla 7 ve 8. sınıf düzeyinde kimya alanı ile ilişkili toplam kazanım sayılarının da 26 (%38,8) ve 45 (%73,8) olduğu anlaşılmıştır. Tüm verilerin ışığında sınıf düzeyleri dikkate alındığında Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda toplam 302 kazanım olduğu ve bu kazanımlardan 139'unun (%46) kimya alanı ile gerek doğrudan gerekse dolaylı olarak ilişki kurulan kazanımlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte en çok kazanıma 8. sınıf düzeyinde (45-%73,8), en az kazanıma da 3. sınıf düzeyinde (7-%19,4) yer verildiği anlaşılmıştır.



Şekil 1

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'ndaki Kimya Alanı ile İlişkili Kazanımların Sınıf Düzeylerine Göre Oransal Dağılımı

Şekil 1 incelendiğinde Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya alanı ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilişkili olduğu belirlenen toplam 139 kazanımın, sınıf düzeylerine göre oransal dağılımının, 3. sınıf düzeyinde %5; 4. sınıf düzeyinde %15,1; 5. sınıf düzeyinde %10,8; 6. sınıf düzeyinde %18; 7. sınıf düzeyinde %18,7; 8. sınıf düzeyinde ise %32,4 olduğu ve kimya alanı ile ilişkili kazanımlara en çok 8. sınıf, en az ise 3. sınıf düzeyinde yer verildiği anlaşılmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Fen bilimleri dersi, doğası gereği kapsamı çok geniş olup fizik, kimya, biyoloji, astronomi, yer ve çevre bilimleri disiplinleri ile oldukça yakından ilişkilidir. Bu nedenle tek bir disiplinmiş gibi ele alınıp tek disiplinli bir bakış açısı oluşturulmaması; özellikle fizik, kimya ve biyoloji alanlarının ayrı ayrı özel alanlar şeklinde değerlendirilmeyip bütün olarak değerlendirilmesi ve dolayısıyla bütüncül bir bakış açısının oluşturulması son derece önemlidir. Farklı alanlara ilişkin ortak konu ve kavramlar anlamlı bir biçimde ilişkilendirildiğinde bilginin doğru şekilde yapılandırılması da çok daha kolay olmaktadır. Yeterli bir fen eğitimi için öncelikle temel fen kavramlarının, ilköğretimin başından itibaren tam ve doğru olarak öğretilmesi gereklidir. Söz konusu kavramların yanlış ya da eksik öğrenilmesi, ileri seviyedeki fen konu/kavramlarının da yanlış öğrenilmesine neden olabilir (Bayram vd., 1999). Özellikle ilköğretimde oluşan ve farkedilmeyip düzeltilmesi anlamında üzerine gidilmeyen yanlış kavramalar, ortaöğretim ve hatta üniversite düzeyinde daha ciddi boyutlara ulaşip başarıyı da azaltmaktadır. Bu noktada farklı alanlara ilişkin ortak temel kavramların öğretiminde disiplinlerarası ilişkilerin kurulabilmesi oldukça önemli görülmektedir. Disiplinlerarası ilişkilerin kurulduğu bir öğretim, fen bilimlerindeki olayları bir bütün içerisinde açıklamayı kolaylaştırdığı gibi öğrenmeyi de olumlu yönde etkilemektedir (Gürdal vd., 1999). Tüm bunlardan hareketle araştırmada Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı kimya alanı ile ilişkili konu/kazanımlar yönünden incelenmiş; alanın, diğer alanlar ile ilişkisi ortaya koyularak hem fen bilimleri içerisindeki durumuna hem de Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na ne düzeyde temel oluşturduğuna dair bütüncül bir değerlendirme sunulmuştur. Söz konusu değerlendirmenin, kimya alanının programda hangi alan/alanlarla ve hangi ortak konu/kavramlar temelinde ilişkili olduğunu göstermesi ayrıca Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'nın temelinde de ışık tutması bakımından alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte bundan sonra yapılacak olan program geliştirme süreçlerine de yine katkı sağlayacağı söylenebilir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya alanı ile ilişkili toplam 139 kazanım olduğu belirlenmiştir. Kimya alanı ile ilişkili 139 kazanım içerisinde en çok kazanımın 8. sınıf, en az kazanımın ise 3. sınıf düzeyinde olduğu anlaşılmıştır. 3. sınıf düzeyindeki kimya alanı ile ilişkili kazanım sayısının diğer alanlara nazaran az oluşu dikkat çekicidir. 8. sınıf düzeyinde ise kimya alanı ilişkili kazanım sayısının tüm sınıf düzeyleri içerisinde hem en fazla oluşu hem de kazanımların büyük çoğunluğunun diğer alanlar ile yakından ilişkili oluşu, bu sınıf düzeyinin ortaöğretimin hemen bir adım gerisinde ve pek çok ortak temel konu/kavramı barındırıyor olması ile ilişkilendirilebilir. Araştırmada belirlenen 139 kazanımın 16'sının yalnızca kimya alanı ile, 123'ünün ise kimya alanı ile birlikte diğer alanlar ile de ilişkili olduğu ve bu 123 kazanımın içerisinde hemen hemen her sınıf düzeyinde çevre ile ilgili konu ve kavramlar bulunduğu

tespit edilmiştir. Yalnızca kimya alanı ile ilişkili olan 16 kazanımın da 7 ve 8. sınıf düzeyinde olduğu, kimyanın yanı sıra diğer alanlar ile ilişkili olan 123 kazanımının ise tüm sınıf düzeylerine dağıldığı anlaşılmıştır. Yalnızca kimya alanı ile ilişkili kazanımların 7 ve 8. sınıf düzeyinde oluşu, ortaöğretime yaklaştıkça alan özelinde konulara daha çok yer verilmesi; yine tüm sınıf düzeylerinde kimya alanı ile ilişkili kazanımların diğer alanlar ile ilişkili oluşu da fen bilimlerinin temelini oluşturan ortak temel kavramların çok olması ve tüm sınıf düzeylerine dağılması ile ilişkilendirilebilir. Ortak temel kavramların tüm sınıf düzeylerine dağılmış olması bütüncül bakış açısını da zorunlu kılmaktadır. Başka bir deyişle fen bilimlerinin kapsamı gereğince pek çok konu birbiriyle bütünlük gösterdiğinden özellikle bazı konuların tek bir alan yaklaşımıyla açıklanması oldukça zordur. Bu noktada farklı alan bilgilerine ve deneyimlerine ihtiyaç duyulmakta dolayısıyla disiplinlerarası yaklaşım devreye girmektedir (Arslantaş, 2006). Bununla birlikte daima bütüncül bakış açısı ile tüm konu ve kavramların ele alınması da mümkün olmamakta; bir diğer deyişle bütünleştirme işlemi, farklı disiplinler arasında ancak anlamlı ve uygun bilgiler olduğunda yapılabilmektedir (Şahin vd., 2018).

Araştırma sonuçlarına göre Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya alanı ile ilişkili pek çok kazanımın fizik, biyoloji, astronomi, yer ve çevre bilimleri ile de ilişkili olduğu ve bütünleşik birer kazanım olduğu anlaşılmıştır. Buradaki durum STEM yaklaşımına benzer şekilde de ele alınabilir. STEM; fenin matematik, mühendislik ve teknoloji ile bağlantısını ortaya çıkaracak şekilde dört farklı disiplinin harmanlanmasıyla oluşmuş disiplinlerarası bir yaklaşım olup 2018 yılında Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı içerisine de belli ölçüde yerleştirilmeye çalışılmıştır. Böylece bir nevi bütünleşik kazanımlar üzerinden bütünleşik öğretim yapılması da planlanmıştır. Fen eğitiminde bu şekilde disiplinlerarası yaklaşımın her geçen gün daha çok önem kazanması ve öğretim programlarında daha çok yer bulması, hem pek çok problemin çözümünde aynı anda birden çok disipline ihtiyaç duyulmasından hem de etkili, anlamlı ve kalıcı öğrenmeye katkı sağlamasından kaynaklanmaktadır. Disiplinlerarası yaklaşımın giderek daha çok önem kazanması ile birlikte öğretmen boyutu da dikkat çekmeye başlamıştır. Örneğin araştırma sonuçlarına göre tespit edilen bütünleşik kazanımların öğretiminde fen bilimleri dersine giren öğretmenlerin; söz konusu kazanımların içerdiği konu ve kavramların kimya, fizik, biyoloji, astronomi, yer ve çevre bilimleri ile ilişkili kısımlarını, kavramlar arasında doğru bağlantıları da kurarak bir bütün olarak işlemeleri gerekmektedir. Bu durumu yine benzer şekilde dile getiren başka çalışmalar da mevcuttur (Aydın & Balım, 2005; Şahin vd., 2018). Bu sebeple öğretmenlerin, gerek bütünleşik öğretimde gerekse STEM eğitiminde başarılı olabilmeleri için disiplinlerarası yaklaşıma dayalı eğitim konusunda yeterli bilgi ve donanıma sahip olmaları gerekmektedir. Başka bir deyişle öğretmenin her alanda nitelikli ve bilgi sahibi olması, disiplinlerarası yaklaşımın eğitimde uygulanabilirliği noktasında olmazsa olmaz bir unsurdur (Schaal vd., 2010). Özellikle belirli bir disiplin üzerine eğitim

almış öğretmenlerin, fen bilimleri gibi bütünleşik derslerin öğretiminde kendilerini yetersiz ve güvensiz hissettikleri de bilinmektedir (Geraedts vd., 2006). Bu nedenle ilköğretimde fen bilimleri dersini verecek öğretmenlerin iyi yetiştirilmesi, alan bilgisinin yanı sıra alanın etkili bir şekilde nasıl öğretilebileceğinin de kendilerine öğretilmesi son derece önem taşımaktadır (Bayram vd., 1999).

Araştırma sonuçları doğrultusunda her sınıf düzeyinde kimya alanı ile ilişkili olduğu belirlenen kazanımların, Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na belli ölçüde temel oluşturduğu belirlenmiştir. En çok temel oluşturacak nitelikte kazanımın 8. sınıf, en az kazanımın ise 3. sınıf düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. 8. sınıf düzeyindeki kimya alanı ile ilişkili kazanımların, Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'nda 9, 10, 11 ve 12. sınıf düzeyinde toplamda 11 üniteye yer alan bazı kazanımlara temel oluşturacak nitelikte; 3. sınıf düzeyindeki kazanımların ise yine programdaki 9 ve 12. sınıf düzeyinde toplamda 3 üniteye yine bazı kazanımlara temel oluşturacak nitelikte olduğu anlaşılmıştır. Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na en çok temel oluşturacak nitelikte kazanımın 8. sınıf düzeyinde olmasının; bu sınıf düzeyinde bütünleşik kazanımların yanı sıra yalnızca kimya alanı ile ilişkili kazanımlar da olması ve temel oluşturacak nitelikte pek çok farklı konu/kavrama yine bu sınıf düzeyinde yer verilmiş olması ile de ilgili olduğu söylenebilir. Bununla birlikte tüm sınıf düzeylerinde Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı 12. sınıf düzeyindeki "Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler" ünitesine temel oluşturacak nitelikte kazanım ve/veya kazanımlar bulunduğu görülmüş, bu durumun da hemen hemen her sınıf düzeyinde çevre bilimleri ile ilişkili konu/kavramlar bulunması ve benzer nitelikte konu/kavramların 12. sınıf düzeyindeki "Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler" ünitesinde de yer alması ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

Sonuç olarak bu araştırmada yapılan analiz özellikle fizik, kimya ve biyoloji alanındaki araştırmacılara göre ilginç gelebilir. Söz konusu kazanımların alan ilişkilendirmeleri zihinlerde farklı sorular oluşmasına da neden olabilir. Ancak burada yapılan çalışma bir kazanım analizinin çok ötesine gitmiş; hem çok farklı açılardan kaynak taramaları yapılmış hem de farklı alanlardaki uzman kişilerin görüşlerine başvurularak farklı bir bakış açısı ile analize yaklaşılmıştır. Bu bakış açısı, fen bilimlerinin sadece bir alana ait olmaması; bir konu/kavram açıklanırken mutlaka diğer alanın da bir şekilde işin içine girmesi ve fen bilimlerinin bir bütün olup birçok olaya farklı alanlardan yaklaşılabileceği esasına dayanmaktadır. Aynı zamanda bu tür analizlerde sadece kazanıma bakmanın çok yeterli olmadığı, kazanıma yönelik açıklamanın ne olduğu ve en önemlisi bu kazanımın sınıf ortamında öğretime nasıl yansıdığı, nasıl hayat bulduğu da işin anahtarıdır. Bu nedenle araştırmada kazanım analizlerine yönelik çalışmalar için farklı bir analiz yaklaşımı da ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Fizik, kimya, biyoloji ve fen bilimleri alanlarında uzmanlanmış kişilerin, her ne kadar farklı alanlarda uzmanlaşmış olsalar da fen

bilimlerindeki bazı konu/kavramlara, farklı alanlarla ancak bütünleştirilmiş olarak yaklaşımları başka bir deyişle disiplinlerarası yaklaşımı kullanmaları unutulmaması gereken bir gerçektir.

ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarına göre kimya alanının diğer hangi alan/alanlarla ve hangi ortak konu/kavramlara sahip olduğuna ilişkin ortaya çıkan tablo, disiplinlerarası öğretim açısından da değerlendirilmelidir. Gerek program hazırlayıcıların gerek ders kitabı yazarlarının gerekse programın uygulayıcısı olan öğretmenlerin, disiplinlerarası ilişkileri kurabilmeleri noktasında araştırma sonuçlarından faydalanabilecekleri düşünülmektedir. Başka bir deyişle program güncelleme çalışmalarında, ders kitaplarının revizyonu ile yeni ders kitaplarının yazımında ve öğretmenlerin farkındalığını artırmada araştırma sonuçlarından yararlanılarak da alana önemli katkılar sağlanabileceğine inanılmaktadır. Özellikle fen bilgisi öğretmenlerinin, öğrencilerde var olan yanlış kavramaları fark etmeleri ya da yeni oluşabilecek yanlış kavramaların önüne geçebilmeleri için gerekli tedbirleri almaları; kendilerinin de fenin kapsamı gereğince farklı alanlarla ilişkide olan temel kavramları iyi bilmeleri ve doğru ilişkilendirmeleri yaparak bu kavramları öğretmeleri gerekmektedir. Bu anlamda da fen bilimleri derslerini sınıf öğretmeni ile fizik, kimya ve biyoloji alanı öğretmenlerinin değil, fen bilgisi öğretmenlerinin vermesi önerilebilir. Özellikle sınıf öğretmenlerinin yanlış kavramaların düzeltilmesi hususunda zorlanacakları düşünülmektedir. Buna karşın ülke koşulları dikkate alındığında fen bilimleri dersinin tamamıyla fen bilgisi öğretmenleri ile gerçekleştirilmesinin zor olacağı düşünüldüğünden, bir diğer alternatif olarak fen bilimleri dersine girecek olan öğretmenler için programdaki farklı alanlar ile ilgili ortak temel kavramlara ve aralarındaki ilişkilere dair bilgilendirici ve programı nasıl daha etkili kullanabileceklerine yönelik hizmet içi uygulamalar yapılması tavsiye edilebilir. Bir diğeri de fen bilimlerinin pek çok farklı alanla ilişkili olması sebebiyle fen bilgisi öğretmenlerinin de farklı alan öğretmenleri ile devamlı iletişimde olup paylaşımlarda bulunmalarının yararlı olabileceği söylenebilir.

Yapılan çalışmalar, lisans döneminde fen bilgisi öğretmen adaylarına fizik, kimya ve biyoloji derslerinde derinlemesine bir eğitim verildiğini; bu eğitim içerisinde yer alan bazı konuların da ilköğretim düzeyindeki konularla bir ilişkisinin olmadığını göstermektedir (Büyükalan Filiz & Kaya, 2013). Oysaki öğretmenlerin ilköğretim fen bilimleri dersine yönelik basit ve temel nitelikte fizik, kimya ve biyoloji bilgisine ihtiyaçları bulunmaktadır. Bu sebeple lisans döneminde öğretmen adaylarına verilecek olan fizik, kimya ve biyoloji bilgisi; bir taraftan basit, sade, temel nitelikte ve ilköğretim fen bilimleri dersi ile ilişkilendirilerek bir taraftan da yeri geldikçe derinlemesine olacak şekilde düzenlenmelidir. Bunların yanı sıra fen bilimleri dersine girecek öğretmen adayları için

yapılabilecek en iyi Őey, kendilerine fen bilimleri dersindeki konu/kavramlar arasındaki bütünlüŐtirmeyi sağlamının ne kadar önemli olduğunu kavratmaktır. Öğretmen adaylarının, öğretmen olduklarında bütünlüŐk öğretimde başarılı olabilmeleri için disiplinler arasındaki bağlantıları da iyi kavramış olmaları gerekmektedir. Bu nedenle öğretmen adaylarının bu konudaki görüşleri de araŐtırılıp ortaya çıkacak sonuç doğrultusunda eğitimiilere dair planlamalar da yapılabilir.

Bu araştırmada 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı öncelikle kimya alanı ile doğrudan ve/veya dolaylı ilişkili konu/kazanımlar noktasında incelenmiştir. Buradan hareketle gelecekte yapılacak çalışmalarda tüm program kazanımlarının detaylı olarak incelenip her bir kazanımın sadece kimya alanı baz alınmadan hangi alan ya da alanlarla ilişkili olduğunun belirlenmesi, aynı zamanda bütüncül bir bakış açısı da sağlayabileceğinden önerilebilir. Yine bu araŐtırmadaki durum tespitine yönelik ve tüm program kazanımlarının aynı doğrultuda incelenmesine ilişkin yapılabilecek araştırma için de öğretmen görüşlerine baŐvurulup ortaya çıkacak tablonun değerlendirilmesi de disiplinlerarası ilişkiler anlamında farklı bir bakış açısı kazandırabilir. Tüm bunların yanı sıra Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda olduğu gibi fizik, kimya ve biyoloji dersi öğretim programlarında da benzer nitelikte çalışmalar yapılmasının ve ortaöğretimde de bu bir nevi üç kardeŐ alanın ortak konu ve kavramlarına dair ilişkilerin ortaya koyulmasının oldukça yarar sağlayacağı söylenebilir. Son olarak da Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda kimya alanı ile ilişkili olduğu belirlenen kazanımların, Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı'na yeterli düzeyde temel oluŐturup oluŐturmadıđı hususunun hem fen bilimleri hem de kimya programının revizyon çalışmalarında gözden geçirilip değerlendirilmesi önerilebilir.

ıkar atıŐması Bildirimi

Yazar(lar); bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar atıŐması beyan etmemiştir.

KAYNAKÇA

Akpınar, E., & Ergin, Ö. (2004). Fen öğretiminde fizik kimya ve biyolojinin entegrasyonuna yönelik örnek bir uygulama. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 19, 1-16.

Aksakal, Ő., & Yılayaz, Ö. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının fen etkinliklerinde sanata yönelik metaforik algıları. *Turkish Journal of Educational Studies*, 6(1), 1-17. <https://doi.org/10.33907/turkjes.488957>

Arslantaş, B. (2006). *İlköğretim 4. sınıf beden eğitimi dersi futbol temel becerilerinin disiplinler arası öğretim yaklaşımına göre öğretiminde model bir uygulama*

- [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ateş, M. (2004). *İşbirlikli öğrenme yönteminin ilköğretim II. kademedeki madde ve özellikleri ünitesinde öğrenci başarısına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, İzmir.
- Ayas, A. (1995) Fen bilimlerinde program geliştirme ve uygulama teknikleri üzerine bir çalışma: İki çağdaş yaklaşımın değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 149-155.
- Ayas, A., Çepni, S., & Akdeniz, A. R. (1993). Development of the Turkish secondary science curriculum. *Science Education*, 77(4), 433-440.
- Ayas, A., Çepni, S., Johnson, D., & Turgut, M. (1997). *Kimya öğretimi*. YÖK/Dünya Bankası Millî Eğitimi Geliştirme Projesi Yayınları.
- Aydın, A. (2008). Ortaöğretim öğretmenlerinin 1992'den beri uygulanan ortaöğretim kimya müfredatları hakkındaki görüşleri. *Eğitim ve Bilim*, 33(148), 87-99.
- Aydın, A., Ayyıldız, Y., & Nakiboğlu, C. (2019). 2018 yılı fen lisesi kimya dersi öğretim programı kazanımlarının yeniden düzenlenmiş Bloom taksonomisine göre incelenmesi ve kimya dersi öğretim programı ile karşılaştırılması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 13(2), 1186-1215. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.656287>
- Aydın, G., & Balım, A. G. (2005). Yapılandırmacı yaklaşıma göre modellenmiş disiplinler arası uygulama: Enerji konularının öğretimi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 38(2), 145-166.
- Ayyıldız, Y., Aydın, A., & Nakiboğlu, C. (2019). 2018 yılı ortaöğretim kimya dersi öğretim programı kazanımlarının orijinal ve yenilenmiş Bloom taksonomisine göre incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 52, 340-376. <https://doi.org/10.21764/maeuefd.540854>
- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (2010). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2) 84-86. <https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655648>
- Balbağ, M. Z., Leblebici, K., Karaer, G., Sarıkahya, E., & Erkan, Ö. (2016). Türkiye'de fen eğitimi ve öğretimi sorunları. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 12-23.
- Bayram, H., Sökmen, N., & Gürdal, A. (1999). Öğrencilerin temel fen kavramlarını anlama düzeylerinin öğretim kademesi ile değişimi ve öğrencilerin mantıksal

düşünme yetenekleri arasındaki ilişki. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11, 39-48.

Bezen, S., Başal, C., Aykutlu, I., & Bayrak, C. (2018). Fizik ve kimya ders kitaplarının karşılaştırmalı olarak incelenmesine disiplinlerarası bir bakış. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi-ENAD*, 6(3), 267-283. <https://dx.doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.6c3s13m>

Bilen Kaya, D., Öner Sünkür, M., & Sünkür, M. (2011). *Kimya dersi öğretim programı kazanımlarının fen okuryazarlığı açısından analizi* [Bildiri sunumu]. 25. Ulusal Kimya Kongresi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Bozkurt, S. (2012). *Fen ve teknoloji öğretim programında disiplinlerarası ilişkilendirmeler* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim Eğitimi Anabilim Dalı, Muğla.

Bülbül, M. Ş., Elmas, R., & Eryılmaz, A. (2019). Fizik ve kimya disiplinleri için ilgi çekici olan bağlamların bağlam disiplin ilişkisi kapsamında belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 50, 451-479. <https://dx.doi.org/10.21764/maeufd.364766>

Büyükalın Filiz, S., & Kaya, V. H. (2013). İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı ile fen bilgisi öğretmenliği lisans ve lisansüstü öğretim programının felsefe, amaç ve içerik ilişkisinin incelenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(2), 185-208.

Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçeken S., & Geban, Ö. (2004) Kimyadaki bazı yaygın yanlış kavramalar. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1), 135-146.

Cerit Berber, N., & Güzel, H. (2017). Finlandiya, Hong Kong, Kore, Singapur ve Türkiye fen öğretim programlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 63, 15-37. <https://dx.doi.org/10.9761/JASSS7455>

Cura, G., & Ercan Yalman, F. (2019). Fen bilimleri öğretmen adaylarının disiplinlerarası yaklaşıma dayalı öğretimi kullanma düzeylerinin incelenmesi. *Online Fen Eğitimi Dergisi*, 4(2), 131-153.

Çepni, S. (2014). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (7. baskı). Celepler Matbaacılık.

Çepni, S., Akdeniz, A. R., & Ayas, A. (1995). Fen bilimleri eğitiminde laboratuvarın yeri ve önemi (III): Ülkemizde laboratuvarın kullanımı ve bazı öneriler. *Çağdaş Eğitim*, 206, 24-28.

- Çıray, F. (2010). *İlköğretimde disiplinlerarası analogi tabanlı öğretimin öğrencilerin öğrenme düzeyleri üzerindeki etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Demir, E., Gacanoğlu, Ş., & Nakiboğlu, C. (2017). 2013 Kimya dersi öğretim programı'na yönelik öğretmen görüşleri doğrultusunda 2017 kimya dersi öğretim programı'nın değerlendirilmesi. *Journal of Turkish Chemical Society Section: C*, 2(2), 135-184.
- Demirbaş, M., & Yağbasan, R. (2005). Türkiye'de etkili fen öğretimi için ilköğretim kurumlarına yönelik olarak gerçekleştirilen program geliştirme çalışmalarının analizi ve karşılaşılan problemlere yönelik çözüm önerileri. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 53-67.
- Demircioğlu, G., Aslan, A., & Yadigaroglu, M. (2015). Yenilenen kimya dersi öğretim programının öğretmen görüşleri ile destekli analizi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 135-146.
- Demirel, Ö. (2011). *Kuramdan uygulamaya eğitimde program geliştirme* (16. baskı). Pegem Akademi.
- Derman, A., & Badeli, Ö. (2017). İlkokul 4. sınıf "Saf madde ve Karışım" konusunun öğretiminde 5E modeli ile desteklenen bağlam temelli öğretim yönteminin öğrencilerin kavramsal anlamalarına ve fene yönelik tutumlarına etkisinin incelenmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(4), 1860-1881.
- Deveci, İ. (2018). Türkiye'de 2013 ve 2018 yılı fen bilimleri dersi öğretim programlarının temel öğeler açısından karşılaştırılması. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 799-825. <https://doi.org/10.17860/mersinefd.342260>
- Dindar, H., & Taneri, A. (2011). MEB'in 1968, 1992, 2000 ve 2004 yıllarında geliştirdiği fen programlarının amaç, kavram ve etkinlik yönünden karşılaştırılması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 19(2), 363-378.
- Doğanay, A., Demircioğlu, T., & Yeşilpınar Uyar, M. (2014). Öğretmen adaylarına yönelik bilimin doğası konulu disiplinler arası öğretim programı geliştirmeye ilişkin bir ihtiyaç analizi çalışması. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9(5), 777-798.
- Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD), Alexandria, VA, USA.
- Durmaz, H., & Özyıldırım, H. (2005). Fen bilgisi ve sınıf öğretmenliği öğrencilerinin kimya dersine karşı tutumları ve çoklu zeka alanları ile kimya ve Türkçe derslerindeki

başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 67-76.

Elliott, B., Oty, K., McArthur, J., & Clark, B. (2001). The effect of an interdisciplinary algebra/science course on students' problem solving skills, critical thinking skills and attitudes towards mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 811-816. <https://doi.org/10.1080/00207390110053784>

Erdem, E., Yılmaz, A., & Morgil, İ. (2001). Kimya dersinde bazı kavramlar öğrenciler tarafından ne kadar anlaşılıyor? *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 65-72.

Erickson, H. L. (1995). *Stirring the head, heart, and soul: Redefining curriculum and instruction*. Corwin Press, Inc.

Eş, H., & Sarıkaya, M. (2010). A comparison of science curriculum in Ireland and Turkey. *İlköğretim Online*, 9(3), 1092-1105.

Geraedts, C., Boersma, K. T., & Eijkelhof, H. M. C. (2006). Towards coherent science and technology education. *Journal of Curriculum Studies*, 38(3), 307-325. <https://doi.org/10.1080/00220270500391589>

Güneş, M. H., & Karaşah, Ş. (2016). Geçmişten günümüze fen eğitiminin önemi ve fen eğitiminde son yıllarda yapılan çalışmalar. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 122-136.

Gürdal, A., Şahin, F., & Bayram, H. (1999). İlköğretim öğretmen adaylarının enerji konusunda bütünlüğü sağlama ve ilişki kurma düzeyleri üzerine bir araştırma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10, 382-395.

Gürkan, B., & Doğanay, A. (2016). Sosyal bilgiler dersinde disiplinler arası öğretim yaklaşımına dayalı analogi tekniği uygulamalarının kavram gelişimine etkisi: Bir durum çalışması. *Turkish Studies International Periodical for the Language, Literature and History Turkish or Turkic*, 11(19), 395-416. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.9861>

Hançer, A. H., Şensoy, Ö., & Yıldırım, H. İ. (2003). İlköğretimde çağdaş fen bilgisi öğretiminin önemi ve nasıl olması gerektiği üzerine bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 80-88.

İşman, A., Baytekin, Ç., Balkan, F., Horzum, B., & Kıyıcı, M. (2002). Fen bilgisi eğitimi ve yapısalci yaklaşım. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 1(1), 41-47.

- İzci, E., & Eroğlu, M. (2018). Yenilenen 9. sınıf kimya dersi öğretim programının öğretmen görüşlerine göre değerlendirilmesi. *E-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 14-35. <https://doi.org/10.19160/ijer.322892>
- Karasar, N. (2011). *Bilimsel araştırma yöntemi* (22. baskı). Nobel Yayın Dağıtım.
- Karakuş, M., Turhan Türkkkan, B., & Karakuş, F. (2017). Fen bilgisi ve ilköğretim matematik öğretmenlerinin disiplinler arası yaklaşıma yönelik görüşlerinin belirlenmesi. *İlköğretim Online*, 16(2), 509-524. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2017.304714>
- Karavaşin, M., & Yalçın, P. (2013). İlköğretim 8. sınıf fen ve teknoloji dersi 2008 yılı öğretim programının öğretmen görüşlerine göre değerlendirilmesi (Van ili örneği). *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 21(1), 303-320.
- Kavak, N., Tufan, Y., & Demirelli, H. (2006). Fen-Teknoloji okuryazarlığı ve informal fen eğitimi: Gazetelerin potansiyel rolü. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi (GEBD)*, 26(3), 17-28.
- Kıral, B. (2020). Nitel bir veri analizi yöntemi olarak doküman analizi. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 170-189.
- Kızılay, E., & Saylan Kırmızıgül, A. (2019). Disiplinler arasındaki ilişkiye dair fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(1), 1-9.
- Kuru, İ., & Güneş, B. (2005). Lise 2. sınıf öğrencilerinin kuvvet konusundaki kavram yanılgıları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(2), 1-17.
- Lawson, A. E. (1988). The Acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa? *Journal of Research in Science Teaching*, 25(3), 185-199. <https://doi.org/10.1002/tea.3660250304>
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual changes: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 357-380. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00037-2)
- Matthews, M. R. (2017). *Fen öğretimi: Bilim tarihinin ve felsefesinin katkısı* (Yirminci yılda gözden geçirilmiş ve genişletilmiş basım) (M. Doğan, Çev.). Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- Meriç G., & Tezcan R. (2005). Türkiye ve İngiltere'de fen bilgisi öğretmeni yetiştirme programlarının karşılaştırılması. *Abant İzzet Baysal Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(1), 123-143.

Mialaret, G. (2010). *Eğitim bilimlerinin gelişimi* (H. Izgar & M. Görsel, ev.). Nobel Yayıncılık.

Millar, R. (2008). Taking scientific literacy seriously as a curriculum aim. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(2), 1-18.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2005). *lkğretim Fen ve Teknoloji Dersi (4 ve 5. Sınıflar) ğretim Programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2013). *lkğretim Kurumları (lkokullar ve Ortaokullar) Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) ğretim Programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2018). *Fen Bilimleri Dersi ğretim Programı (lkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>

Ocak, G., & Kocaman, B. (2018). lkokul fen bilimleri ğretim programındaki kazanım ve içerik ilişkisinin değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(2), 1-14. <https://doi.org/10.7822/omuefd.311435>

Odom, A. L., & Kelley, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Science Education*, 85(6), 615-635. <https://doi.org/10.1002/sce.1029>

Okuşlug, M., & Demir, C. (2016). Fen bilimleri ğretmenlerinin fizik konularında kullandığı strateji/yöntem ve tekniklerin incelenmesi. *Eğitim ve ğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(zel sayı), 282-295.

nal, İ., & şenyurt Topçu, . (2013). Eğitimi gerçekleştirmek: Öğretim programlarında okul kütüphanelerinin yeri. *Bilgi Dünyası*, 14(2), 306-328.

zay Köse, E. (2016). Disiplinlerarası ğretim yaklaşımı ve biyoloji ğretmenliği programlarının incelenmesi. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13-2(25), 17-26.

zaydınlı Tanrıverdi, B., & Kılıç, C. (2019). Disiplinlerarası yaklaşıma ilişkin ortaöğretim ğretmenlerinin görüşleri ve ders uygulamaları. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 52(2), 301-330. <https://doi.org/10.30964/auebfd.446969>

- Öztekin, A., & Er, K. O. (2014). Ortaöğretim 10. sınıf kimya dersi öğretim programının değerlendirilmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 8(1), 128-152. <https://doi.org/10.12973/nefmed.2014.8.1.a6>
- Sağdıç, M. (2019). Türkiye'de sosyal bilgiler eğitiminde disiplinlerarası öğretim yaklaşımının tarihsel gelişimi. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 390-403. <https://doi.org/10.7596/taksad.v8i2.2121>
- Schaal, S., Bogner, F. X., & Girwitz, R. (2010). Concept mapping assessment of media assisted learning in interdisciplinary science education. *Research in Science Education*, 40(3), 339-352. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9123-3>
- Seçken, N., & Kunduz, N. (2013). 9. sınıf kimya dersi öğretim programlarının değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(Özel Sayı), 344-358.
- Şahin, F., Göcük, A., & Sevgi, Y. (2018). Fizik, kimya, biyoloji ve fen bilgisi öğretmen adaylarının disiplinlerarası ilişki kurma düzeylerinin incelenmesi: Kan basıncı. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 6(1), 73-95.
- Turna, Ö., & Bolat, M., (2015). Eğitimde disiplinlerarası yaklaşımın kullanıldığı tezlerin analizi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(1), 35-55. <https://doi.org/10.7822/omuefd.34.1.3>
- Ünal, S. (2003). *Lise 1 ve 3 öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki kavramları anlama seviyelerinin karşılaştırılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Ünal, S., Coştu, B., & Karataş, F. Ö. (2004). Türkiye'de fen bilimleri eğitimi alanındaki program geliştirme çalışmalarına genel bir bakış. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(2), 183-202.
- Ünsal, Y. (2004). Türkiye'de son yıllardaki fen müfredatı geliştirme çabaları: 1992 ve 2000 fen müfredatlarının genel görünümü. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(8), 53-67.
- Ünsal, Y., & Güneş, B. (2003). İlköğretim 6. sınıf fen bilgisi ders kitabının fizik konuları yönünden incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(3), 115-130.
- Wang, H. (2012). *A new era of science education: Science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology engineering, and mathematics (STEM) integration* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Minnesota, Minnesota.

- Yakar, A. (2016). Geleceđin eğitimi üzerine program ve tasarım modeli önerileri: "Yaşamsal eğitim programları" ve "yaşamsal öğretim tasarımları". *MSKU Eğitim Fakóltesi Dergisi*, 3(2), 1-15.
- Yıldırım, A. (1996). Disiplinlerarası öğretim kavramı ve programlar açısından doğurduğu sonuçlar. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakóltesi Dergisi*, 12, 89-94.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, F., Öner Sünkür, M., & İlhan, M. (2012). İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programında yer alan fiziksel olaylar öğrenme alanına ait kazanımlar ile fizik dersi öğretim programı kazanımlarının fen okuryazarlığı açısından karşılaştırılması. *Elementary Education Online*, 11(4), 915-926.
- Yurdatapan, M. (2011). İlköğretim 6, 7 ve 8. sınıf fen öğretim programlarının biyoloji alanı açısından tarihsel değerlendirmesi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 41-60.
- Zan, N., & Seçken, N., (2014). Ortaöğretim okullarındaki kimya öğretmenlerinin yenilenen kimya dersi öğretim programına ilişkin görüşleri. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education*, 3(3), 36-47.
- Zorluođlu, S. L., Kızılaslan, A., & Sözbilir, M. (2016). Ortaöğretim kimya dersi öğretim programı kazanımlarının yapılandırılmış Bloom taksonomisine göre analizi ve değerlendirilmesi. *Necatibey Eğitim Fakóltesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 10(1), 260-279. <https://doi.org/10.17522/nefmed.22297>

Representations in Organic Chemistry Textbooks: Nucleophilic Substitution and Elimination Reactions of Alkyl Halides

Gülten ŞENDUR

Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education, gulden.sendur@deu.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-2363-8915>

Received: 28.02.2021

Accepted: 11.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.888294>.

Abstract:

Nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides are one of the major reactions encountered many times in organic chemistry course content. It is important to include different representations of these reactions, which have an essential place in organic chemistry lessons, in the textbooks, and to integrate them. Therefore, this study aims to reveal what kind of representations are used regarding the nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides in textbooks frequently used in organic chemistry courses in the departments of Chemistry Education in Turkey. For this purpose, how these reactions were represented according to verbal, symbolic, and visual representation types in four textbooks was examined descriptively. Analysis results revealed that verbal representations were mostly used in both substitution and elimination reactions, followed by symbolic representation. Furthermore, the study showed that visual representations were given extremely little space in all textbooks, even in very abstract subject content such as stereochemistry. Finally, the study revealed that there were fewer visual representations in elimination reactions than nucleophilic substitution reactions.

Keywords: Alkyl halide, elimination reactions, nucleophilic substitution reactions, organic chemistry, textbook

EXTENDED SUMMARY

Introduction

Organic chemistry constitutes an important part of the curricula of many countries, not only at the undergraduate level but also at the high school level. This has led to the development and implementation of various teaching strategies in order to help in the

teaching of organic chemistry, and studies conducted to determine the understanding of students in organic chemistry gain importance. Numerous study has found that organic chemistry is perceived as a difficult course for many students at different education levels and most students have conceptual difficulties in organic chemistry subjects (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014; Flynn, 2015; Karslı & Yiğit, 2017; Şendur, 2012; Şendur & Toprak, 2013).

When the content of organic chemistry is examined, it is understood that the reaction types and mechanisms constitute the most comprehensive part. Reaction types and mechanisms in which symbolic representations are predominant can be challenging for students in most cases, and students may prefer to learn by rote instead of meaningful learning (Galloway et al., 2017). Although reaction mechanisms act as a very important tool in predicting and explaining how and why reactions occur in organic chemistry, they are not considered very meaningful to many students and students may prefer to learn by rote instead of meaningful learning, just as they do in reactions (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Goodwin, 2012; Grove et al., 2012a).

One of the first topics that students encounter about reaction types and mechanisms, which are extremely important in terms of organic chemistry, is the topic of alkyl halides. Nucleophilic substitution and elimination reactions involved in the reactions of alkyl halides are frequently encountered in organic chemistry and are one of the most multifaceted reactions (McMurry, 1996).

From this point of view, it is important to address the nucleophilic substitution and elimination reactions, which are extremely important in terms of organic chemistry and challenging for students in terms of learning difficulties, in a way that supports students' understanding in the learning process. One element as important as teachers in the learning process of students is textbooks that are extensively used at all levels of education (Mikk, 2000). When the representations in chemistry textbooks studies were examined, it is understood that most of these researches were conducted on general chemistry textbooks at the high school or university level (Demircan & Demirdöğen, 2019; Nyachwaya & Gillaspie, 2016; Sanger & Greenbowe, 1999). These studies reveal that there is a need for studies that examine reaction types and mechanisms in terms of representations used in organic chemistry textbooks.

In this context, this study aims to reveal what kind of representations are used regarding the nucleophilic substitution and substitution reactions of alkyl halides in organic chemistry textbooks. In this context, this study seeks to address the following problem:

- What kinds of representations are included in the nucleophilic substitution and substitution reactions of alkyl halides in Organic Chemistry textbooks studied in the Departments of Chemistry Education of Universities?

Method

The descriptive method was used in the study. The main purpose of descriptive is to reveal the current situation (Büyüköztürk et al., 2009). This study aims to evaluate a general situation by revealing what kind of representations are used regarding the reactions of alkyl halides in organic chemistry textbooks. The data of the study were collected according to the document analysis strategy. The four organic chemistry textbooks examined within the scope of the study were selected among the textbooks in the reading lists of the Organic Chemistry course information packages of the Departments of Chemistry Education of Universities. Also, the presence of chapters on the same subject in these textbooks was taken as a criterion for their selection.

The analysis of the textbooks was carried out according to the verbal, symbolic, and visual representation types listed by Gilbert (2007). For this purpose, verbal representations: descriptions in paragraphs; symbolic representations: equations, symbols, and formulas; visual representations: pictures and diagrams were evaluated. In order to ensure book analysis reliability, the representations included in the textbooks and the content were encoded by the researcher. In cases that remain contradictory in the analysis process, a faculty member specializing in organic chemistry was applied and these cases were discussed and finalized.

Results and Discussion

In this study, in which the nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides representations in organic chemistry textbooks were examined, it was determined that both types of reactions were mostly included as verbal representations in all textbooks. After verbal representations, symbolic representations were second; visual representations were the least included in all textbooks in both types of reactions. When the visual representations in the textbooks were examined, it was determined that the visuals in nucleophilic substitution reactions are much more than the elimination reactions. In particular, in the subject content, where three-dimensional structures such as the stereochemistry of E2 reaction gain importance, only one textbook (TB-3) contains visuals. It can be stated that this situation does not exactly agree with the nature of stereochemistry. In many studies, it has been stated that students have difficulties understanding stereochemistry, so it is important to include visual representations and writing in the learning process.

Recommendations

This study has been limited to examining the representation in the nucleophilic substitution and elimination reactions of alkyl halides in organic chemistry textbooks. In this respect, it is necessary to examine what kind of representations are used in other

reaction types in organic chemistry (such as electrophilic aromatic substitution) and in basic concepts that are abstract for students (such as resonance, tautomerism).

Also, in this study, the representations were examined according to the verbal, visual, and symbolic levels. Therefore, future studies can employ "macroscopic, sub-microscopic, symbolic, multiple, hybrid and hybrid" levels developed by Gkitzia et al. (2011).

Organik Kimya Ders Kitaplarındaki Gösterimler: Alkil Halojenürlerin Nükleofilik Yer Değişirme ve Ayrılma Tepkimeleri

Gülten ŞENDUR

Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, gulten.sendur@deu.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-2363-8915>

Gönderme Tarihi: 28.02.2021

Kabul Tarihi: 11.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.888294>.

Özet:

Alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimeleri, organik kimya dersi içerisinde pek çok kez karşılaşılan temel tepkimelerin başında gelmektedir. Bu açıdan ders kitaplarında organik kimya dersi açısından son derece önemli yere sahip olan bu tepkimelerde farklı gösterimlere yer verilmesi ve bunların birbiriyle bütünleştirilmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu araştırmada Türkiye'deki Kimya Eğitimi Anabilim Dallarında organik kimya derslerinde sıklıkla yararlanılan ders kitaplarında alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerine ilişkin ne tür gösterimlerin kullanıldığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, dört ders kitabında bu tepkimelerin sözel, sembolik ve görsel gösterim türlerine göre nasıl temsil edildiği betimsel olarak incelenmiştir. Analiz sonuçları, hem yer değiştirme hem de ayrılma tepkimelerinde en çok sözel gösterimlere yer verildiğini, bunun ardından sembolik gösterimin geldiğini ortaya koymuştur. Ayrıca araştırmada stereokimya gibi oldukça soyut olan konu içeriğinde dahi görsel gösterimlere tüm ders kitaplarında son derece az yer verildiği belirlenmiştir. Son olarak araştırma, ayırma reaksiyonlarında nükleofilik yer değiştirme reaksiyonlarından daha az görsel temsil olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Alkil halojenürler, ayrılma tepkimeleri, ders kitabı, nükleofilik yer değiştirme tepkimeleri, organik kimya

GİRİŞ

Organik kimya, pek çok ülkenin sadece lisans düzeyinde değil lise düzeyinde de öğretim programlarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu durum, organik kimya öğretimine yardımcı olması amacıyla çeşitli öğretim stratejilerinin geliştirilmesine, uygulanmasına ve öğrencilerin organik kimyadaki anlamalarının belirlenmesine yönelik araştırmaların önem kazanmasına yol açmıştır. Yürütülen pek çok araştırma, organik kimyanın farklı öğrenim seviyelerindeki pek çok öğrenci için zor bir ders olarak algılandığı ve öğrencilerin çoğunun organik kimya konularında kavramsal zorluklarının bulunduğunu ortaya koymuştur (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014; Flynn, 2015; Karslı & Yiğit, 2017; Şendur, 2012; Şendur & Toprak, 2013).

Öğrencilerin organik kimyadaki öğrenme zorluklarının başlıca nedenleri olarak; organik moleküllerin yapısının çok karmaşık olması, çok sayıda organik molekülün hatırlanmasının ve tepkimelerinin de anlaşılmasının zor olması olarak ifade edilmektedir (Zhou vd., 2015)

Aynı zamanda organik kimyada karmaşık kimyasal sembollerin ağırlıkta olması, çok sayıda izomer molekülün yer alması ve tepkimelerde tahminlerin dışında da farklı ürünlerin oluşabilmesi öğrenciler için organik kimyanın zorlayıcı bir ders olmasının nedenleri arasında gösterilmektedir (Grove & Bretz, 2010).

Organik kimyanın içeriği incelendiğinde, tepkime türleri ve mekanizmalarının en kapsamlı kısmı oluşturduğu anlaşılmaktadır. Sembolik gösterimlerin ağırlıkta olduğu tepkime türleri ve mekanizmaları, çoğu durumda öğrenciler için zorlayıcı olabilmekte ve öğrenciler bu durumda anlamlı öğrenme yerine ezbere öğrenmeyi tercih edebilmektedir (Galloway vd., 2017). Nitekim Grove ve Bretz (2012), öğrencilerin öğretim elemanının tahtaya yazdığı her reaksiyonu ezberlemeleri gereken bir ödev gibi gördüklerini belirtmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin tepkimelerin benzerlik ve farklılıklarını belirlemek yerine birbirinden kopuk ve bir bağlam içerisinde ele alınamayan bireysel bilgi depoları oluşturmalarına neden olmaktadır (Galloway vd., 2017; Galloway vd., 2019). Bu durumun önüne geçilmesinin yollarından biri de tepkimelerin anlamsal bir bütünlük içerisinde nasıl gerçekleştiğinin açıklanması yani o tepkimenin mekanizması ile birlikte ele alınması olacaktır. Nitekim çoğu organik kimya öğretim programında da tepkimeler ile birlikte o tepkimelerin mekanizması da ele alınmaktadır (Grove vd., 2012a; Grove vd., 2012b).

Tepkime mekanizmaları, organik kimyada tepkimelerin nasıl ve niçin oluştuğunu tahmin etme ve açıklamada çok önemli bir araç görevi görse de pek çok öğrenci için çok anlamlı görülmemekte, öğrenciler tıpkı tepkimelerde olduğu gibi ezberleme yolunu tercih edebilmektedirler (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Goodwin, 2012; Grove vd., 2012a). Bu durumun temelindeki nedenlerden biri de öğrencilerin tepkimeleri süreç odaklı değil de ürün odaklı olarak düşünmeleri gösterilmektedir (Galloway vd., 2017). Bunun yanında tepkime mekanizmalarının, organik kimyadaki bazı temel kavramlara (asitlik/bazlık; elektrofil/nükleofil; delokalizasyon vb.) hâkim olmayı ve ayrıca kıvrık oklarla sembolize edilen elektron hareketini de doğru bir şekilde yorumlama gerektirmesi de öğrencilerin zorlanmalarına neden olabilmektedir (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Grove vd., 2012b; Ferguson & Bodner, 2008).

Organik kimya açısından son derece önemli bir yere sahip olan, tepkime türleri ve mekanizmaları ile öğrenciler ilk olarak alkil halojenürler konusu içeriğinde karşılaşmaktadır. Alkil halojenürlerin tepkimeleri içerisinde yer alan nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimeleri, organik kimyada çok sık karşılaşılan ve farklı organik moleküllerin eldesinde yer alan tepkimelerin başında gelmektedir (McMurry, 1996). Dolayısıyla bu tepkimelerin gerçekleşme aşamaları ve genel özellikleri diğer fonksiyonel gruplu moleküllerin eldesinin de temelini oluşturmaktadır (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014).

Bu bakımdan değerlendirildiğinde, organik kimya açısından son derece önemli, öğrenme zorlukları açısından da öğrenciler için zorlayıcı konuların başında gelen nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerinin, öğrenme sürecinde öğrencilerin anlamalarını destekleyecek bir şekilde ele alınması önem taşımaktadır.

Öğrencilerin öğrenme sürecinde öğretmenler kadar önemli bir öge de eğitimin tüm kademelerinde yoğun bir şekilde kullanılan ders kitaplarıdır (Mikk, 2000). Ders kitapları sadece bilgi aracı olarak değil, aynı zamanda genel olarak sınıf etkinlikleri için bir yapı sağlamaktadır (Edling, 2006). Nitekim pek çok öğretmen tarafından ders kitapları dersin planlanmasında, öğrenme ortamlarının oluşturulmasında temel olarak alınabilmektedir (Tulip & Cook, 1993; Nakiboğlu & Yıldırım, 2018). Bu açıdan değerlendirildiğinde ders kitaplarının, ders içeriklerinin planlanmasında da etkisinin olduğu görülmektedir. Nitekim Yager (1983), ders kitaplarının fen konularının sırasını, anlamını, örneklerini ve uygulamalarını etkileyebileceğini belirtmiştir. Justi ve Gilbert de (2002), kimya eğitimi açısından ders kitaplarının en yaygın ve en sık kullanılan öğretim araçları olduğunu ifade etmişlerdir. Ders kitaplarının öğrenme öğretme sürecindeki bu merkezi rolü, özellikle kimya öğrenimini kolaylaştırmada destek olma niteliği kazanmasını sağlamıştır (Nyachwaya & Wood, 2014). Bu açıdan kimya ders kitaplarında kimyanın doğası gereği gösterimlere yer verilmesi, öğrencilerin kimyayı anlamalarına yardımcı olabilecektir.

Gösterimler, öğrencilerin karmaşık olabilen bilimsel bilgileri öğrenmelerine yardımcı olan güçlü araçlardır (Ainsworth, 2008). Gösterimler görsel, işitsel, dokunulabilir olabileceği gibi görsellerin video, resim, grafik, diyagram veya animasyon gibi birçok çeşidi bulunmaktadır (Kapıcı & Açıklın, 2017; Nakhleh & Postek, 2008). Kimya için de farklı gösterim türleri ve sınıflandırılmaları mevcuttur. Bunlardan biri Gilbert (2007) tarafından yapılmış ve gösterimler somut, sözel, görsel, sembolik ve jestel olarak beş sınıfa ayrılmıştır. Bir diğer sınıflandırmada ise Johnstone (1993) gösterimleri, "makroskobik, alt-mikroskobik ve sembolik" olarak kategorize edilmiştir. Kimya ders kitaplarında da bu farklı gösterimler en yaygın ve görünür unsurlardan biri hâline gelmiştir (Gkitzia vd., 2011). Ders kitaplarında bu gösterimlere yer verilmesinin yanında bunların öğrencilerin anlayabileceği bir biçimde sunulması da önem taşımaktadır. Bu durum da ders kitaplarında eksiklikleri belirlemek amacıyla yapılacak değerlendirmelerin önemini ortaya koymaktadır. Ders kitapları üzerinde yapılacak bu analizler, yeni ve daha iyi ders kitaplarının hazırlanmasında da yol gösterici olabilecektir (Mikk, 2000).

Kimya ders kitaplarındaki gösterimlerin analiz edildiği araştırmalar incelendiğinde ise bu araştırmaların büyük bir kısmının lise veya üniversite düzeyinde genel kimya ders kitapları üzerinde yapıldığı anlaşılmaktadır (Demircan & Demirdöğen; 2019; Nyachwaya & Gillaspie, 2016; Sanger & Greenbowe, 1999). Aynı zamanda incelenen bu kitaplarda

gösterimlerin analizi, Johnstone (1993) tarafından geliştirilen makroskobik, alt-mikroskobik ve sembolik gösterimler temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Organik kimya ders kitaplarının analizi ile ilgili yürütülen araştırmalar ise daha sınırlı sayıda kalmıştır. Bu çalışmalardan biri Kumi ve diğerleri (2013) tarafından yürütülmüş olup araştırmacılar ders kitaplarındaki Newman ve Fischer izdüşüm formüllerinin ne kadar doğru bir şekilde anlatılıp, oluşturulduğu ve kullanıldığını araştırmışlardır. Bir diğer araştırmada ise Anderson vd. (2020), organik kimya ders kitaplarında öğrencilerin H-NMR problemlerini çözebilmeleri için kimyasal kayma değerleri ve sinyal sayısı gibi spektral özelliklerin nasıl yer aldığını ve bunların örneklerdeki yerini incelemişlerdir. Carle ve Flynn (2020) tarafından yürütülen yine bir diğer araştırmada da organik kimya ders kitapları, delokalizasyon konusunun öğrenme çıktıları ile uyumlu olup olmadığı ve konu içeriğinde eksik ya da yanlış anlamalara neden olabilecek bölümlerin neler olduğu bağlamında incelenmiştir.

Yürütülen bu araştırmalar ortaya koymaktadır ki; organik kimya ders kitaplarının tepkime türleri ve mekanizmalarda kullanılan gösterimler açısından incelendiği araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda bu gösterimlerin, Gilbert (2007) tarafından yapılan sınıflandırma bağlamında incelenmesinin de alanyazındaki boşluğa katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle yürütülen bu araştırmada organik kimya ders kitaplarında alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerine ilişkin ne tür gösterimlerinin kullanıldığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda araştırmada şu probleme cevap aranmıştır:

- Üniversitelerin Kimya Eğitimi Anabilim Dallarında okutulan organik kimya ders kitaplarında alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimeleri konusunda ne tür gösterimler yer almaktadır?

YÖNTEM

Araştırma, betimsel araştırma modeline göre yürütülmüştür. Betimsel araştırmalarda temel amaç var olan durumu ortaya koymaktır (Büyüköztürk vd., 2009). Nitekim bu araştırmada da organik kimya ders kitaplarında alkil halojenürlerin tepkimelerine ilişkin ne tür gösterimlerin kullanıldığının ortaya çıkartılarak genel bir durum değerlendirmesinin yapılması hedeflenmiştir.

Veri Toplama

Araştırmanın verileri, doküman incelemesi stratejisine göre toplanmıştır. Doküman incelemesi, araştırılacak konu ile ilgili olay ve olgular hakkında bilgi içeren yazılı ve görsel materyallerin analizini içermektedir (Yıldırım & Şimşek, 2011). Doküman incelemesi ile

incelenen eserlerin belirli özelliklere göre sınıflandırılması sağlanmakta ve böylelikle yapılanlardan yola çıkarak genel eğilimlerin netlik kazanması söz konusu olabilmektedir (Çepni, 2010). Bu araştırmada da, organik kimya ders kitapları dokümanlar kapsamında veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Araştırma kapsamında incelenen dört organik kimya ders kitabı, üniversitelerin Kimya Eğitimi Anabilim Dallarında organik kimya ders bilgi paketlerindeki kaynaklar kısmında yer alan ders kitaplarına bakılarak seçilmiştir. Ayrıca bu ders kitaplarında aynı konu başlığında bölümlerin olması da seçilmelerinde bir kriter olarak alınmıştır. Ders kitaplarına ilişkin bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1

Araştırma Kapsamında İncelenen Ders Kitapları

Ders Kitabı	Bölüm	Bölüm Adı	Sayfa Aralığı
Ders Kitabı-1 (DK-1)	6	İyonik Tepkimeler-Alkil Halojenürlerin Nükleofilik Yer Değiştirme ve Ayrılma Tepkimeleri	229- 73
Ders Kitabı-2 (DK-2)	5	Alkil Halojenürler; Tepkimeleri: Yerdeğiştirme ve Ayrılma Tepkimeleri	181-231
Ders Kitabı-3 (DK-3)	11	Alkil Halojenürlerin Tepkimeleri: Nükleofilik Sübstitüsyon ve Eliminasyonlar	370-417
Ders Kitabı-4 (DK-4)	6	Organik Halojen Bileşikleri, Yerdeğiştirme ve Ayrılma Tepkimeleri	182-204

*Ders kitaplarının yazar ve yayınevi bilgileri Ek-1’de sunulmuştur.

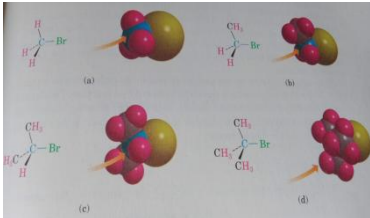
Veri Analizi

Araştırmanın veri toplama aracı olan ders kitaplarının analizi Gilbert (2007) tarafından belirtilenen sözel, sembolik ve görsel gösterim türlerine göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, sözel gösterimler paragraflardaki açıklamalar; sembolik gösterimler denklem, sembol ve formüller; görsel gösterimler ise resim ve diyagramlar bağlamında değerlendirilmiştir. Benzer analize Bergqvist vd. (2013) tarafından ders kitaplarındaki bağlar konusundaki gösterimlerin incelenmesinde de başvurulmuştur.

Kitap analizi güvenilirliğinin sağlanması için ise öncelikle araştırmacı tarafından içerik ve içerikte yer alan gösterimler kodlanmıştır. Analiz sürecinde çelişkili kalan durumlarda, organik kimyada uzman bir öğretim elemanına başvurulmuş ve bu noktalar tartışılarak sonuçlandırılmıştır. Bu şekilde elde edilen analiz sonuçları tablolandırılmıştır. Tablo 2’de yapılan analize ait örnek yer almaktadır. Araştırmaların geçerliğini sağlamak amacıyla başvurulacak yöntemlerden biri de uzman görüşünün alınmasıdır (Yıldırım & Şimşek,2011). Bu amaçla, organik kimya eğitiminde uzman bir öğretim elemanının görüşüne başvurularak araştırmanın geçerliğinin de sağlanması amaçlanmıştır.

Tablo 2

Ders Kitaplarındaki Gösterim Türleri Örnekleri

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
S_N2 Tepkimesinin Hızı	<p>"Tepkime, tepkendeki alkil grubu metil ya da birincil olduğunda en hızlı ve üçüncül olduğunda en yavaştır."</p> <p>(DK-4, s. 189)</p>	<p> $3^\circ RX$ $2^\circ RX$ $1^\circ RX$ CH_3X S_N2 reaksiyonunda artış hızı </p> <p>(DK-2, s. 195)</p>	 <p>(DK-3, s. 379)</p>

BULGULAR

Araştırmanın problemi doğrultusunda organik kimya ders kitaplarındaki öncelikle nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine ait bölümlerin analiz sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

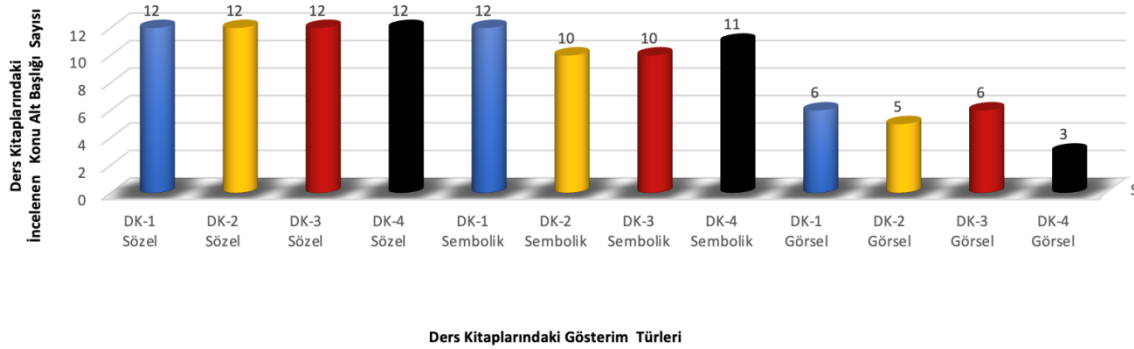
Tablo 3

Nükleofilik Yerdeğiştirme Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri

İçerik	Ders Kitabı											
	DK-1			DK-2			DK-3			DK-4		
	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel
Nükleofilik Yerdeğiştirme Tepkimelerinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N2 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N2 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	√	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N2 Tepkimesinin Stereokimyası	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-
S_N2 Tepkimesinde Enerji	√	√	√	√	-	√	√	√	-	√	√	√
S_N2 Tepkimesinin Hızı	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√
S_N1 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	√	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N1 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
S_N1 Tepkimesinin Stereokimyası	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	-
S_N1 Tepkimesinde Enerji	√	√	√	√	-	√	√	√	-	√	√	√
S_N1 Tepkimesinin Hızı	√	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	-
S_N1 - S_N2 Tepkimelerinin Karşılaştırılması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-

Şendur, G.

Tablo 3 incelendiğinde, incelenen ders kitaplarının tamamında en yoğun yer alan gösterimin sözel gösterimler olduğu anlaşılmaktadır. Sözel gösterimlerin ardından sembolik gösterim gelirken, görsel gösterimler tüm ders kitaplarında en az yer alan gösterim türü olmuştur. Bu durum, ders kitaplarında nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine ilişkin yer alan görsellerin dağılımın gösterildiği Şekil 1’de daha net bir şekilde görülebilmektedir.



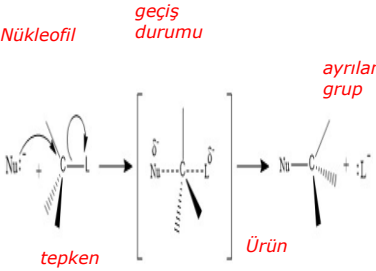
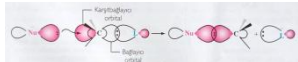
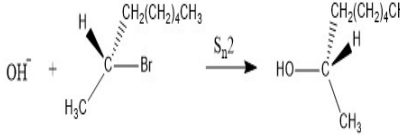
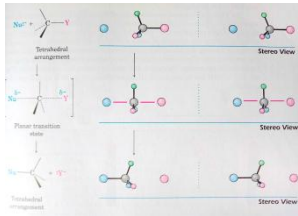
Şekil 1

Ders Kitaplarında Nükleofilik Yerdeğiştirme Tepkimelerine Ait Gösterim Türlerinin Dağılımı

Şekil 1’den tüm organik kimya ders kitaplarında incelenen 12 konu alt başlığının tamamında sözel gösterimlerin yer aldığı görülmektedir. Ancak aynı durum sembolik ve görsel gösterimler için geçerli olamamıştır. DK-1’de 12 konu alt başlığında sembolik gösterime yer verilirken, bu durum DK-2’de ve DK-3’te 10, DK-4’te 11 olmuştur. İncelenen tüm kitaplarda ise en az gösterim görsel gösterimlere aittir. DK-1 ve DK-3’te 6 gösterim, DK-2’de 5 gösterim ve DK-4’te ise 3 gösterim yer almıştır. Tablo 3’ten bu görsel gösterimlerin konu içeriklerine göre dağılımı incelendiğinde; S_N1 ve S_N2 tepkimelerinde enerji alt başlığında dört ders kitabında görsel temsillerin yer aldığı anlaşılmaktadır. Bu konuyu sırasıyla S_N2 tepkimesinin stereokimyası ve hızı alt başlıkları takip etmektedir. Tablo 4’te nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine ilişkin organik kimya ders kitaplarında yer alan gösterimlere örnekler verilmiştir.

Tablo 4

Nükleofilik Yerdeğiştirme Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri Örnekleri

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
S _N 2 Tepkimesinin Mekanizması	<p>"S_N2 tepkimelerinin mekanizmalarının temel özelliği ara ürün olmadan, nükleofilin ayrılan grubun tam zıt yönünden substrata saldırmasıyla tek basamakta gerçekleşmesidir."</p> <p>(DK-3, s. 375)</p>	 <p>(DK-4, s. 188)</p>	 <p>(DK-1, s. 235)</p>
	<p>"Her S_N2 yerdeğiştirmede konfigürasyon değişimi vardır"</p> <p>(DT-4, s.189)</p>	 <p>(R) - 2-bromoktan (S) - 2-oktanol</p> <p>(DK-2, s. 190)</p>	 <p>(DK-3, s. 377)</p>

Gösterim Türü

Konu İçeriği	Sözel	Sembolik	Görsel
S _N 2 Tepkimesinin Enerjisi	"Serbest enerji değişimi negatif ola tepkimelere eksergonik, serbest enerji değişimi pozitif ola tepkimelere endergonik tepkime denir." (DT-1, s. 237)	$\text{H}_3\text{C}-\text{Cl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{OH} + \text{Cl}^- \quad \Delta G^\ddagger = -100 \text{ kJ mol}^{-1}$	
S _N 1 Tepkimesinin Stereokimyası	"Aynı grubu taşıyan karbon kiral ve bileşik optikçe aktif ise tepkime sonunda oluşan ürün, polarize ışığı çevirmez, yani rasemleşir." (DT-4, s. 191)		
S _N 1 Tepkimesinin Hızı	"S _N 1 tepkimesi veren farklı alkil halojenürlerin göreceli tepkime hızları farklı karbokatyonların oluşmasını sağlayan aktivasyon enerjisine bağlıdır." (DT-2, s. 203)		

(DK-1, s. 237)

(DK-4, s. 188)

(DK-1, s. 249)

(DK-3, s. 390)

(DK-3, s. 93)

(DK-1, s. 248)

Alkil halojenürlerin ayrılma tepkimelerine ilişkin organik kimya ders kitaplarındaki gösterim türlerinin neler olduğu Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5

Ayrılma Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri

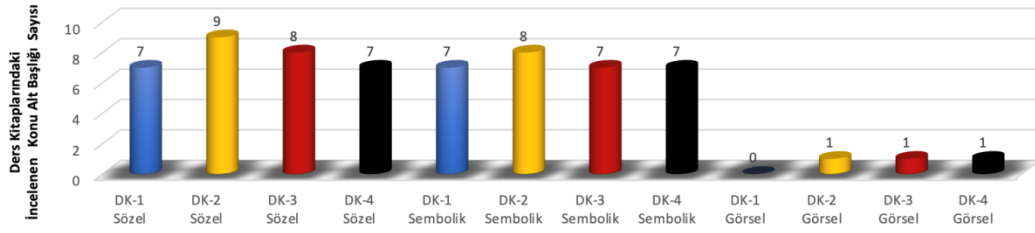
İçerik	Ders Kitabı											
	DK-1			DK-2			DK-3			DK-4		
	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel	Sözel	Sembolik	Görsel
Ayrılma Tepkimelerinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E2 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E2 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E2 Tepkimesinin Stereokimyası	-	-	-	√	√	-	√	-	√	-	-	-
E2Tepkimesinde Enerji	-	-	-	√	-	√	-	-	-	-	-	-
E1 Tepkimesinin Genel Özellikleri	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E1 Tepkimesinin Mekanizması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
E1-E2 Tepkimelerinin Karşılaştırılması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	-
Yerdeğiştirme-Ayrılma Tepkimelerinin Karşılaştırılması	√	√	-	√	√	-	√	√	-	√	√	√

Alkil halojenürlerin ayrılma tepkimelerinin incelendiği 4 organik kimya ders kitabında, DK-2 ve DK-3'te diğer kitaplardan farklı olarak "E2 tepkimesinin stereokimyası" ile sadece DK-2'de yer alan "E2 tepkimesinde enerji" konuları da analize dahil edilmiştir. Bu açıdan DK-2'de 9 konu alt başlığı incelenirken DK-3'te bu sayı 8, diğer ders kitaplarında ise 7 olmuştur. Tüm ders kitaplarının tamamında ortak olarak yer alan 7 konu alt başlıkları incelendiğinde, bu konuların tamamında sözel gösterimler yer alırken, sembolik ve görsel gösterimler için aynı durumun geçerli olmadığı Tablo 5'ten anlaşılmaktadır. Ders kitaplarındaki gösterimlerin dağılımın yer aldığı Şekil 2 incelendiğinde de, sembolik gösterimlerin sözel gösterimler kadar sıklıkla kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Örneğin DK-2'de incelenen 9 konu alt başlığından 8'inde, DK-3'te ise 8 konunun 7'sinde sembolik gösterimler yer almıştır. Görsel gösterimlere ise tüm ders kitaplarında son derece az yer verilmiştir. Sadece DK-2, DK-3 ve DK-4'te birer görsel gösterim bulunmaktadır.

DK-2, DK-3 ve DK-4'teki bu görsel gösterimler incelendiğinde ise bunlardan DK-2'deki görselin E2 tepkimesinin enerji diyagramında, daha fazla sübstitüe alkenin daha kararlı olması durumunu açıklamak için kullanıldığı; DK-3'deki görselin E2 tepkimesinin stereokimyasında yer aldığı; DK-4'teki görselinde ise ayrılma-yer değiştirme tepkimelerinin karşılaştırılmasında, nükleofilin büyük hacimli ve kuvvetli bazik olması

Şendur, G.

durumunda S_N2 yerine E2 verme eğiliminde olma durumunu açıklığa kavuşturmak için kullanıldığı belirlenmiştir.



Ders Kitaplarındaki Gösterim Türleri

Şekil 2

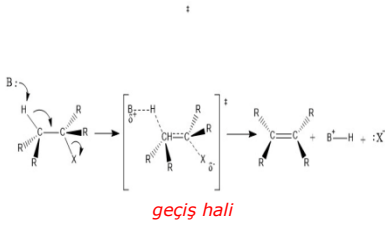
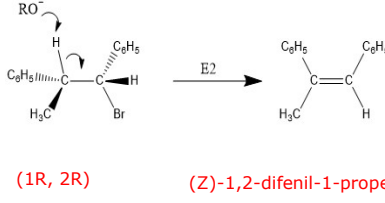
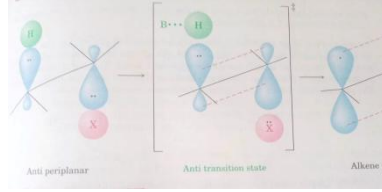
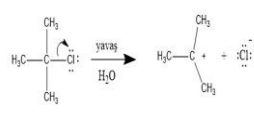
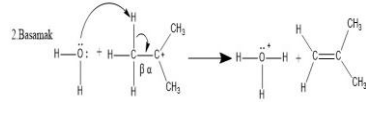
Ders Kitaplarında Ayrılma Tepkimelerine Ait Gösterim Türlerinin Dağılımı

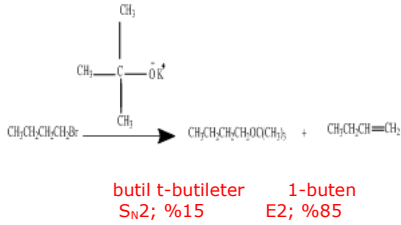
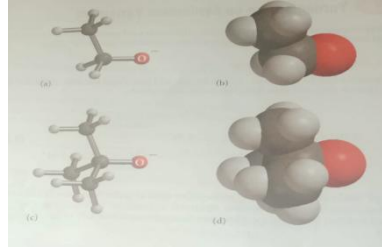
Tablo 6'da alkil halojenürlerin ayrılma tepkimelerinin ilişkin organik kimya ders kitaplarında yer alan gösterimlere örnek verilmiştir.

Tablo 6

Ayrılma Tepkimelerine Ait Ders Kitaplarında Kullanılan Gösterim Türleri Örnekleri

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
E2 Tepkimesinde Enerji	<p>"Alkenlerin oluşmasını sağlayan her iki geçiş hali de biraz çift bağ karakterinde oldukları için, daha kararlı olan alkeni veren geçiş halinin kendisi de daha kararlı ve düşük enerjilidir."</p> <p>(DK-2, s. 218)</p>	<p>(DK-2, s. 217)</p>	<p>(DK-2, s. 218)</p>

Gösterim Türü			
Konu İçeriği	Sözel	Sembolik	Görsel
E2 Tepkimesinin Mekanizması	"E2 tepkimesi karbokasyon üzerinden değil, S _N 2 gibi tek basamakta olup, toplu bir tepkimedir."	 <p style="text-align: center;">(DK-3, s. 400)</p>	-
E2 Tepkimesinin Stereokimyası	"E2 reaksiyonları daima periplanar geometride gerçeşir. İki tür geometri olasıdır: sin periplanar ve antiperiplanar geometri"	 <p style="text-align: center;">(DK-2, s. 220)</p>	 <p style="text-align: center;">(DK-3, s. 401)</p>
E1 Tepkimesinin Mekanizması	"E1 mekanizması S _N 1 tepkimesi ile aynı birinci basamağa sahip iki basamaklı bir işlemdir."	<p style="text-align: center;"><i>Tepkime</i></p> $(CH_3)_3CCl + H_2O \rightarrow CH_2=C(CH_3)_2 + H_3O^+ + Cl^-$ <p style="text-align: center;"><i>Mekanizma:</i></p> <p>1. Basamak</p>  <p>2. Basamak</p>  <p style="text-align: center;">(DK-1, s. 269)</p>	-

Konu İçeriği	Gösterim Türü		
	Sözel	Sembolik	Görsel
Yerdeğiştirme- Ayrılma Tepkimelerinin Karşılaştırılması	<p>"ter-bütoksitin hacimli metil grupları yer değiştirme yoluyla olacak tepkimeyi engeller, ayrılma tepkimelerini öne geçirir." (DK-1, s. 271)</p>	 <p>butil t-butileter S_N2; %15</p> <p>1-buten E2; %85</p> <p>(DK-4, s. 197)</p>	 <p>(DK-4, s. 198)</p>

SONUÇ VE TARTIŞMA

Alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerine ilişkin organik kimya ders kitaplarındaki gösterimlerinin incelenmesinin amaçlandığı bu araştırmada, her iki tepkime türünde de tüm ders kitaplarında en yoğun olarak sözel gösterimlere yer verildiği belirlenmiştir. Sözel gösterimlerin ardından sembolik gösterimler gelirken; görsel gösterimler her iki tepkime türünde de tüm ders kitaplarında en az yer verilen gösterim türü olmuştur. Bu durum, öğrenciler için çoğu zaman soyut ve karmaşık gelen tepkime türleri ve mekanizmaları konusunun, ders kitaplarında somutlaştırılması yoluna çok gidilmediğini göstermektedir. Diğer bir ifade ile öğrencilerin öğrenme zorlukları dikkate alınarak ders kitaplarının hazırlanamadığı sonucu çıkarılabilir. Benzer bir şekilde Bergqvist vd. (2013), kimyasal bağlar konusunda ders kitaplarının, öğrencilerin öğrenme zorluklarının dikkate alınarak hazırlanamadığını ortaya koymuşlardır.

Araştırmada, ders kitaplarındaki görsel gösterimler incelendiğinde ise eliminasyon tepkimelerindeki görsellerin, nükleofilik yer değiştirme tepkimelerine göre çok daha az olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin E2 tepkimesinin stereokimyasında, sadece bir ders kitabında (DK-3) görselle yer verilmiştir. Bu durumun, stereokimya konusunun doğası ile tam olarak uyum sağlamadığı söylenebilir. Nitekim pek çok araştırmada öğrencilerin stereokimyayı anlamakta zorlandıkları, bu nedenle görsel gösterimlere ve yazımlara öğrenme sürecinde yer verilmesinin önemli olduğu belirtilmiştir (Boukhechem vd., 2011; Jones vd., 2005; Kurbanoglu vd., 2006; Lujan-Upton, 2001). Tüm bu bulgular bağlamında, nükleofilik yer değiştirme ve ayrılma tepkimelerinde özellikle öğrencilerin

hangi noktalarda zorlandıkları, bu zorlandıkları noktalarda öğrenci anlamasının nasıl daha kolaylaştırılabileceği soruları temel alınarak organik kimya ders kitaplarında düzenlemelere gidilmesi yararlı olabilecektir.

ÖNERİLER

Yürütülen bu araştırma, organik kimya ders kitaplarındaki alkil halojenürlerin yerdeğiştirme ve ayrılma tepkimelerindeki gösterimlerin incelenmesi ile sınırlandırılmıştır. Bu açıdan organik kimya ders kitaplarında diğer tepkime türleri (elektrofilik aromatik sübstitüsyon gibi) ya da öğrenciler için soyut gelen temel kavramlarda (rezonans, tautomeri gibi) gösterimlerin incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda yürütülen bu araştırmada gösterimler sözel, görsel ve sembolik düzeye göre incelenmiştir. Bu nedenle yürütülecek diğer araştırmalarda gösterimlerin, Gkitzia ve diğerlerinin (2011) geliştirmiş olduğu "makroskobik, alt-mikroskobik, sembolik, çoklu, hibrit karma" düzeylere göre de analizi yapılabilir.

EK-1: Araştırma Kapsamında İncelenen Ders Kitapları

DK-1: Solomons, G., & Craig, F. (2002). *Organik kimya* (7. basım). (Çev. Edt. Gürol Okay, Yılmaz Yıldırım). İstanbul, Literatür Yayıncılık.

DK-2: Fessenden, R.J., Fessenden, J. S., & Logue, M. W. *Organik kimya* (6. baskı). (Çev. Edt. Tahsin Uyar). Ankara, Güneş Kitabevi.

DK-3: McMurry, J. (1996). *Organic chemistry* (Fourth Edition). Brooks/Cole Publishing Company: Pacific Grove, CA.

DK-4: Hart, H., Craine, L. E., Hart, D.J., & Hadad, C. M. (2011). *Organik kimya* (12. baskı). (Çev. Edt. Tahsin Uyar., & Recai inam). Ankara, Palme Yayıncılık.

KAYNAKÇA

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner., & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 191-208). Springer.

Anderson, S. Y. C., Ong, W. S.Y., & Momsen, J.L (2020). Support for instructional scaffolding with ¹H NMR spectral features in organic chemistry textbook problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 749-764.

- Bergqvist, A., Drechsler, M., Jong, O. D., & Rundgren S. C. (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks – help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 589 -606.
- Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005), "It gets me to the product": how students propose organic mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 82, 1402– 1407.
- Boukhechem, M.S, Dumon, A., & Zouikri, M. (2011). The acquisition of stereochemical knowledge by Algerian students intending to teach physical sciences. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 331–343.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, O. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (2. baskı). Pegem A Akademi.
- Carle, M.S., & Flynn, A. B. (2020). Essential learning outcomes for delocalization (resonance) concepts: How are they taught, practiced, and assessed in organic chemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 622-637.
- Çepni, S. (2010). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (5. baskı). Celepler Matbaacılık.
- Cruz-Ramírez de Arellano D., & Towns M. H. (2014). Students' understanding of alkyl halide reactions in undergraduate organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 501–515.
- Edling, A. (2006). *Abstraction and authority in textbooks: the textual paths towards specialized language*. Unpublished dissertation thesis, Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala.
- Ferguson, R., & Bodner, G. M. (2008). Making sense of the arrow-pushing formalism among chemistry majors enrolled in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 102-113.
- Flynn, A. B. (2015). Structure and evaluation of flipped chemistry courses: organic & spectroscopy, large and small, first to third year, English and French. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 198-211. [https://doi: 10.1039/C4RP00224E](https://doi.org/10.1039/C4RP00224E)
- Galloway, K. R., Stoyanovich, C., & Flynn, A. B. (2017). Students' interpretations of mechanistic language in organic chemistry before learning reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 353–374.
- Galloway, K. R., Leung, M. W., & Flynn, A. B. (2019). Patterns of reactions: a card sort task to investigate students' organization of organic chemistry reactions. *Chemistry Education Resesearch and Practice*, 20(1), 30-52. [https://doi: 10.1039/C8RP00120K](https://doi.org/10.1039/C8RP00120K)

- Gilbert, J. K. (2007). Visualization: a metacognitive skill in science and science education. In Gilbert J. K. (ed.), *Visualization in science education* (pp. 9–27). Springer
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5-14.
- Goodwin, W. (2012). *Mechanisms and chemical reaction*, Elsevier B.V.
- Grove, N. P., & Bretz, S. L. (2010). Perry's scheme of intellectual and epistemological development as a framework for describing student difficulties in learning organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 207–211.
- Grove, N. P., & Bretz, S. L. (2012). A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(13), 201–208.
- Grove, N. P., Cooper, M. M., & Cox, E. L. (2012a.). Does mechanistic thinking improve student success in organic chemistry? *Journal of Chemical Education*, 89(7), 850–853.
- Grove, N.P., Cooper, M. M., & Rush, K.M. (2012b). Decorating with Arrows: Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89, 844–849.
- Jones L. L., Jordan K. D., & Stillings N. A. (2005), Molecular visualization in chemistry education: the role of multidisciplinary collaboration. *Chemistry Education Research and Practice*, 6, 136-149.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Justi R. S., & Gilbert J. K. (2002). Models and modelling in chemical education. In Gilbert J., De Jong O., Justi R., Treagust D. & Van Driel J. (Ed.) *Chemical education: towards research-based practice* (pp. 213–234). Kluwer.
- Kapıcı, H. Ö., & Savaşçı-Açıklan, F. (2017). Fen eğitiminde ders kitapları ve çoklu gösterimler. İçinde Akçay B, (Ed.), *Fen Bilimleri Eğitimi Alanındaki Öğretme ve Öğrenme Yaklaşımları* (s. 227-240). Pegem A Yayıncılık.
- Karslı, F., & Yiğit, M. (2017). Effectiveness of the REACT strategy on 12th grade students' understanding of the alkenes concept. *Research in Science & Technological Education*, 35(3), 1-18. <https://doi:10.1080/02635143.2017.1295369>

Şendur, G.

- Kumi, B. C., Olimpo, J. T., Bartlett, F., & Dixon, B. L. (2013). Evaluating the effectiveness of organic chemistry textbooks in promoting representational fluency and understanding of 2D–3D diagrammatic relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 177-187.
- Kurbanoglu, N. I., Taskesenligil, Y., & Sozbilir, M. (2006). Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 13-21.
- Lujan-Upton, H. (2001). Introducing stereochemistry to non-science majors, *Journal of Chemical Education* 78, 475-477.
- McMurry, J. (1996). *Organic chemistry*. (Fourth Edition). Brooks/Cole Publishing Company.
- Mikk, J. (2000). *Textbook: research and writing*, Frankfurt am Main: Peter Lang GmbH.
- Nakhleh, M. B., & Postek, B. (2008). Learning chemistry using multiple external representati-ons. In J. K. Gilbert, M. Reiner ve M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 209-232). Springer.
- Nakiboğlu, C., & Yıldırım, Ş. (2018). Ortaokul fen bilimleri ders kitaplarında grafik düzenleyici kullanımının incelenmesi. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, UBEK-2018, 1-23.
- Nyachwaya, J. M., & Gillaspie, M. (2016). Features of representations in general chemistry textbooks: a peek through the lens of the cognitive load theory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 58-71.
- Nyachwaya, J.M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 720-728
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(6), 853-860.
- Sendur, G. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının organik kimyadaki kavram yanlışları: alkenler örneği. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(3), 160–185.
- Şendur, G., & Toprak, M. (2013). Öğretmen adaylarının organik kimya konularındaki anlama düzeylerinin ve kavram yanlışlarının bir analizi: alkoller örneği. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 7(1), 264-301.
- Tulip, D., & Cook, A. (1993). Teacher and student usage of science textbooks. *Reserach in Science Education*, 23(1), 302–307.

- Yager, R. E. (1983). The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Reserach in Science Teaching*, 20(6), 577–588.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. baskı). Seçkin Yayınevi.
- Zhou, Q., Wang, T., & Zheng, Q. (2015). Probing high school students' cognitive structures and key areas of learning difficulties on ethanoic acid using the flow map method. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 589-602.

Determination of Analogies for the Chemistry Concepts in the 7th Grade Science Textbook

Zeliha KIVANÇ¹, Abdullah AYDIN²

¹Science Teacher, Kirsehir Ahi Evran University, Kirsehir, Türkiye,
kivanczeliha@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4381-5045>

²Prof. Dr., Kirsehir Ahi Evran University, Faculty of Education, Department of
Mathematics and Science Education, Science Education, aaydin@ahievran.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-8741-3451>

Received: 11.03.2021

Accepted: 19.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.895226>.

Abstract:

In the present study, it was aimed to determine the analogies for the chemistry concepts in the 7th-grade science textbook and to examine their appropriateness according to the Teaching-With-Analogies (TWA) steps. The study was conducted using the document analysis method, one of the qualitative research methods. As a data source, the 7th-grade science textbook, which is distributed to students free of charge in the schools affiliated to the Ministry of National Education in the 2020-2021 school year and published on Education and Information Network, was used. The appropriateness of the analogies according to the TWA and the analogies used to express the concepts were determined by the joint opinions of two science experts. The study revealed that there were six analogies (atom and its nucleus, Dalton's atomic model, Thomson's atomic model, Rutherford's atomic model, representation of compounds by formula, homogeneous mixtures) for the concepts of chemistry in the 7th-grade science textbook. When the analogies were examined according to TWA steps, it was determined that in five analogies, the first four steps of TWA were applied, the fifth step was skipped and passed to the last step. On the other hand, an analogy was found to be prepared in accordance with all TWA steps.

Keywords: Science education, science textbook, analogy

Corresponding author: Zeliha KIVANÇ, Kirsehir Ahi Evran University, Master of Science

EXTENDED SUMMARY

Introduction

It is among the general purposes of science to be able to explain the problems encountered in daily life, natural phenomena, and technological developments using proper expressions. In the curriculum, subjects and learning outcomes are included by repeating at different grade levels with a spiral approach (Ministry of National Education [MoNE], 2018). According to the principle of spiraling, basic concepts and topics are associated with the life experiences of the students, the depth and scope of the subjects are increased as the grade level increases, and the learning outcomes in the curriculum are associated with the acquisitions in other subject areas so that the new knowledge is structured based on the prior knowledge in the student's mind (Özata Yücel, 2008).

An analogy is described as a technique of defining the known properties of concepts and comparing with their shared similarities (Coll et al., 2005) to explain the difficult, complicated, or first-time encountered knowledge (Dagher & Cossman, 1992) by establishing a conceptual bridge between the new knowledge and learner's prior knowledge (Gylnn, 2007).

While applying analogies, attention should be paid to the relationship between the target concept and the analog concept, because not only similar characteristics but also dissimilar characteristics of the analog concept can be transferred to the target concept by the learners (Treagust et al., 1998). This transfer can lead to false learning or misconceptions (Didiş 2015, Harman & Çökelez, 2017). Thus, the analogies are likened to double-edged swords (Harrison & Treagust, 2006). Therefore, when using the analogy, similar aspects, as well as dissimilar aspects between the source and the target, should be taken into account (Harrison & Treagust, 1993). Hence, how analogies are included in the course and textbooks is vital in concept teaching. There are many studies in the literature about the use of analogies in science courses and science textbooks (Azizoğlu vd., 2014; Glynn & Takahashi, 1998; Güler & Yağbasan, 2008; Hıdır, 2018; Hıdır & Korhasan, 2018; Ketenci, 2019; Öztürk & Aydın, 2013; Thiele & Treagust, 1994; Thiele vd., 1995).

In the present study, it was aimed to determine the analogies for the chemistry concepts in the 7th-grade science textbook and to examine their appropriateness according to the Teaching-With-Analogies steps, and the appropriateness of these analogies to TWA was examined. Within the scope of this purpose, answers were sought to the following questions.

1. What are the analogies for the chemistry concepts in the 7th-grade science textbook?

2. Is the analogies appropriateness according to the Teaching-With-Analogies steps?

Method

The document analysis method that was defined by Best (1959) as a systematic analysis of written sources containing information about the cases to be investigated, was used to determine the analogies for the concepts of the course in the 7th-grade science textbook. The validity of the analogies used in the textbook to the TWA steps was conducted according to the Teaching Model with Analogies steps developed by Glynn (1994).

Results and Discussion

Six analogies for the concepts of chemistry in the 7th-grade science textbook were determined in the study. Glynn & Takahashi (1998) stated that the analogies in textbooks and science texts play a vital role in meaningful learning. The target and analog were described and their shared characteristics were specified in all analogies determined in the study. While the shared characteristics of the target and analog were grouped in all analogies, different aspects between the target and the analog were specified in only a single analogy.

In the TWA steps (Harrison & Treagust 2006), which are used as the most appropriate model in determining analogy, the targets of the concepts should be specified, the analog should be stated/recalled, the similarities should be grouped by finding shared characteristics, and the different aspects between the analog and the target should be determined, respectively, to reach the target from the analog (Glynn, 1994). Not specifying different aspects between the target and the analog may cause misconception or false learning in the learner by conveying the characteristics that are not similar to the target from the analog (Harrison & Treagust, 2006).

Recommendations

In the present study, the analogies for the chemistry concepts in the 7th-grade science textbook and the appropriateness of those analogies according to the TWA steps were examined by two science experts. The following suggestions can be made based on the data obtained in the study.

- The quality of analogies in printed materials can be increased.
- Differences between the target and the analog can be included in the concepts explained by analogy.

7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında Kimya Kavramlarına Yönelik Analogilerin Tespiti

Zeliha KIVANÇ¹, Abdullah AYDIN²

¹Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye, kivanczeliha@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-4381-5045>

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi
 Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, Kırşehir, Türkiye, aaydin@ahievran.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-8741-3451>

Gönderme Tarihi: 11.03.2021

Kabul Tarihi: 19.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.895226>.

Özet:

Bu çalışmada 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında yer alan kimya kavramlarına yönelik analogilerin tespit edilerek analogilerin, Analogilerle Öğretim Modeli (Teaching-With-Analogies, TWA) basamaklarına göre uygunluk durumlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi yöntemi ile yapılmıştır. Veri kaynağı olarak 2020-2021 eğitim öğretim döneminde Millî Eğitim Bakanlığına bağlı okullarda öğrencilere ücretsiz dağıtılan 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabı kullanılmıştır. İfade edilen kavramlara yönelik analogiler ve analogilerin TWA uygunluk durumu iki fen bilimleri uzmanın ortak görüşleri ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda 7. sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında kimya kavramlarına yönelik 6 analogi (atom ve çekirdeği, Dalton atom modeli, Thomson atom modeli, Rutherford atom modeli, bileşiklerin formülle gösterimi, homojen karışımlar) bulunduğu belirlenmiştir. Belirlenen analogiler, TWA basamaklarına göre incelendiğinde beş analogide TWA'nın ilk dört basamağı uygulanırken beşinci basamak atlanarak son basamağa geçildiği tespit edilmiş, bir analoginin ise TWA basamaklarının tamamına uygun şekilde hazırlandığı anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Fen bilimleri, fen bilimleri ders kitabı, analogi

Sorumlu yazar: Zeliha KIVANÇ, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Bilim Uzmanı

GİRİŞ

Günlük hayatta karşılaşılan problemlerin, doğa olaylarının ve teknolojik gelişmelerin doğru ifadeler ile açıklanabilmesi fenin genel amaçları arasında yer almaktadır. İfade edilen amaç doğrultusunda birey; problem çözebilen, eleştirel düşünebilen, girişimci, kararlı, iletişim becerisine sahip, bilgiyi üreten ve bilgiyi hayatta yararlı bir şekilde kullanabilen niteliklere sahip olmalıdır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). İfade edilen niteliklerde bireylerin yetiştirilmesi için fen öğretimi 3. sınıftan itibaren öğretim programlarında yer almaktadır.

Öğretim programlarında konu ve kazanımlar sarmal bir yaklaşımla farklı sınıf düzeylerinde tekrar ederek yer almaktadır (MEB, 2018). Sarmallık ilkesine göre temel kavram ve konular öğrencilerin hayat deneyimleri ile ilişkilendirilir, konuların derinlik ve

kapsamı sınıf seviyesi yükseldikçe artırılır ve öğretim programındaki kazanımlar diğer konu alanlarındaki kazanımlarla bağdaştırılır. Böylece öğrencinin zihnindeki ön bilgilere dayanarak yeni bilgi yapılandırılmış olur (Özata Yücel, 2008). Yeni bilgi ile eski bilgi arasında kavramsal köprü kurarak (Glynn, 2007) anlaşılması güç, karmaşık veya ilk defa karşılaşılan durumun açıklanması (Dagher & Cossman, 1992) için kavramların bilinen özelliklerini tanımlama ve benzerlikleri ile karşılaştırma tekniği analogi olarak adlandırılır (Coll vd., 2005).

Glynn (1989)'e göre analogi; kavram, ilke ve formüller arasında ifadelerin benzer özelliklerden yararlanılarak yapılan haritalamalardır. Glynn & Takahashi (1998) tarafından bilinen kavram analog/kaynak, bilinmeyen kavram ise hedef şeklinde ifade edilmektedir. Kesercioğlu vd. (2004)'e göre analogiler, ön bilgiler ve yeni bilgiler arasında anlamlı ilişki kurma tekniğidir. Kayhan (2009), analogiyi bireyin daha önce karşılaşmadığı ya da hakkında herhangi bir fikrinin olmadığı konu veya durumun, bireyin önceden bildiği konu veya durumla ilişkilendirilerek öğrenme sürecine katkı sağlayan fikir yürütme aşaması olarak nitelendirmektedir. Analogiler, bilginin uzun süreli bellekte yer almasına olanak sağlayarak (Çalık, 2017) soyut kavramları somutlaştırmak (Dagher, 1998), zor kavramları kolaylaştırmak (Dilber & Düzgün, 2008), bilgileri organize ederek aralarında bağlantı kurmak (Rule vd. 2008), kavramları görselleştirmek (Orgill & Bodner, 2004), kavramsal değişimi gerçekleştirmek (Aykutlu & Şen, 2011) ve bilginin anlaşılmasını kolaylaştırmak (Korgancı vd., 2015) için kullanılmaktadır.

Analogiler uygulanırken hedef kavram ve analog kavram ilişkisine dikkat edilmelidir çünkü öğrenenler tarafından analog kavramın sadece benzer özellikleri değil benzemeyen özellikleri de hedef kavrama transfer edilebilmektedir (Treagust vd., 1998). Belirtilen bu transfer yanlış öğrenmelere veya kavram yanılgılarına yol açabilmektedir (Didiş, 2015; Harman & Çökelez, 2017). İşaret edilen transfer sonucu Harrison & Treagust (2006), analogileri iki tarafı keskin kılıca benzetmişlerdir. Dolayısı ile analogi kullanılırken kaynak ve hedef arasında benzer yönlerle birlikte benzemeyen yönler de dikkate alınmalıdır (Harrison & Treagust, 1993). İfade edilen durum neticesinde kavram öğretiminde analogilerin derste ve ders kitaplarında nasıl yer aldığı önem taşımaktadır.

Alanyazında analogilerin fen dersleri ve fen ders kitaplarında bulunma durumları ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Thiele & Treagust (1994), lise kimya ders kitaplarını analogi kullanımı bakımından incelemişlerdir. Thiele vd. (1995) lise kimya ve lise biyoloji ders kitaplarını analogi kullanımına göre karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Glynn & Takahashi (1998), fen ders kitaplarında analogi kullanımının anlamlı öğrenmede olumlu etkisini olduğuna yönelik çalışma yapmışlardır. Orgill & Bodner (2006), biyokimya kitabını analogi kullanımı açısından incelemişleridir. Güler & Yağbasan (2008), 4 ve 8. sınıflar arası ders kitaplarındaki analogileri belirleyen bir çalışma yürütmüştür. Kayhan (2009), 8.

sınıf fen bilimleri dersi madde ve değişim ile enerji ünitelerinde analogi yönteminin akademik başarıya etkisini incelemiştir. Öztürk & Aydın (2013), 7. sınıf fen ve teknoloji ders kitabındaki analogilerin kullanılma sıklığı üzerine çalışma yapmışlardır. Azizoğlu vd. (2014) 9 ve 12. sınıflar arası fizik ders kitaplarında bulunan analogilerin belirlemesi ve sınıflandırılması üzerine çalışma yapmışlardır. Vendetti vd. (2015) öğrencilerin analogik akıl yürütmelerini nasıl gerçekleştirilebileceklerine yönelik çalışma yapmışlardır. Hıdır (2018), fen bilimleri ders kitaplarında bulunan analogilerin etkin kullanımına yönelik çalışma yapmıştır. Hıdır & Körhasan (2018), fen bilimleri ders kitapları analogileri hakkında öğretici görüşlerini incelemişlerdir. Ketenci (2019), madde ve ısı konularında kullanılan analogileri incelemiştir.

Bilindiği üzere fen bilimleri dersi içeriğinde bulunan soyut kavramların öğretiminde sıklıkla analogilerden yararlanılmaktadır. Analogilerin belirlenmesinde ve analogi kullanımında en uygun model ise Glynn tarafından 1994'te geliştirilmiş olan Analogilerle Öğretim Modeli (Teaching-With-Analogies [TWA]) olarak nitelendirilmektedir (Glynn, 2007; Harrison & Treagust, 2006). Varlığı bilinen fakat gözle görülemeyen atom, atom çekirdeği, katman, proton, elektron, nötron gibi kavramların öğretiminde de kullanılan analogilerin TWA'ya göre hazırlanması öğrencide yanlış öğrenme ya da kavram yanılgısı oluşmasını önlemede etkili olacaktır.

Ülkemizde öğrenciler ifade edilen kavramları okullarda 7. Sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı dâhilinde öğrenmektedirler. Böylesi soyut kavramların öğretiminin pandemi sürecinde uzaktan eğitim ile gerçekleştiriliyor olması durumu, öğretim programlarında kullanılan basılı ve görsel materyallerin niteliğini ve etkililiğini daha önemli hâle getirmeye başlamıştır. İfade edilen nitelik ve etkililiğin artırılması için Millî Eğitim Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen çalışmalar ile Eğitim Bilişim Ağı (EBA) ve Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH) projeleri ile öğrenciler buldukları ortamlardan bağımsız hareketle öğretim süreçlerine devam edebilmektedirler (MEB, 2020). Ayrıca Millî Eğitim Bakanlığının uygulamış olduğu 'Ücretsiz Ders Kitabı Projesi' ile pandemi sürecinde de basılı materyaller/ders kitapları tüm öğrencilere ücretsiz bir şekilde ulaştırılmıştır (MEB, 2020).

Ülkemizin coğrafi koşulları ve pandemi süreci göz önüne alındığında yeterli alt yapıya sahip olmayan bölgelerde öğrenciler görsel materyallere (EBA, online ders vb.) ulaşamamakta ve eğitimlerini basılı materyallerle (ders kitapları vb.) devam ettirmek durumundadırlar. Bu durum niteliği artırılmış kitaplara duyulan ihtiyacı görünür hâle getirmektedir.

Bu çalışmada 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında yer alan kimya kavramlarına yönelik analogiler tespit edilmeye çalışılmış ve bu analogilerin TWA'ya uygunluğu incelenmiştir. Bu şekilde bu çalışma ile ifade edilen görünürlüğe katkıda bulunabilmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın Önemi

Son zamanlarda içinde bulunduğumuz pandemi süreci yüz yüze eğitimi büyük oranda gerçekleştirilemez bir hâle getirmiştir. Özellikle soyut kavramları barındıran ders içeriklerinin uzaktan eğitim ile gerçekleştirilmesi oldukça güç bir durumdur. İfade edilen güçlüğü aşmak için öğretim programlarında kullanılan basılı ve görsel materyallerin niteliğinin artırılması gerekmektedir. Alanyazında basılı öğretim materyalleri ile ilgili birçok araştırma olmasına karşın (Azizoğlu vd., 2014; Glynn & Takahashi, 1998; Güler & Yağbasan, 2008; Hıdır, 2018; Öztürk & Aydın, 2013; Thiele & Treagust, 1994; Thiele vd., 1995), ders kitaplarında bulunan analogilerin niteliği (Fizik, Kimya, Biyoloji vb.) ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın ders kitabı hazırlanması sürecinde bulunan yazarlar, yayın evleri ile Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığına fikir verebilme açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmanın Amacı

Bu araştırmada, 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında yer alan kimya kavramlarına yönelik analogilerin tespit edilmesi ve TWA'ya uygunluk durumunun fen eğitim uzmanlarının görüşleri alınarak belirlenmesi ve ayrıca adı geçen ders kitabının içeriğinin geliştirilmesine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Bu amaç kapsamında aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

1. 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında kimya kavramlarına yönelik analogiler nelerdir?
2. Mevcut analogiler TWA basamaklarına uygun mudur?

YÖNTEM

Bu çalışmada, 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında yer alan kimya kavramlarına yönelik analogiler ve ifade edilen analogilerin TWA basamaklarına göre uygunluğu incelenmiştir. Adı geçen ders kitabında ifade edilen dersin kavramlarına yönelik analogilerin tespitinde doküman analizi yöntemi kullanılmıştır. Doküman analizi, Best (1959) tarafından araştırılmak istenen olgulara yönelik bilgi içeren yazılı kaynakların sistemli bir şekilde analizi olarak ifade edilmiştir. İşaret edilen ders kitabında, vurgulanan analizle saptanan analogilerin TWA basamaklarına uygunluğu Glynn (1994) tarafından geliştirilmiş olan Analogilerle Öğretim Modeli (TWA) basamaklarına göre yapılmıştır. Bu basamaklar;

- Hedef tanıtlır.
- Öğrencinin analog hakkındaki ön bilgileri yoklanarak hatırlatılır.
- Analog ve hedef arasında benzer özellikler tespit edilir.

- Bu benzerlikler haritalandırılır/planlandırılır.
- Analog ve hedefin benzemeyen yönleri tartışılır.
- Hedef kavrama yönelik sonuca ulaşılır.

şeklindedir.

Veri Toplama Aracı

Araştırmada veri kaynağı olarak 2020-2021 eğitim öğretim döneminde Millî Eğitim Bakanlığına bağlı okullarda öğrencilere ücretsiz dağıtılan 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabı kullanılmıştır (Akdemir & Çetin Atasoy, 2019). Adı geçen ders kitabına ilgili kurumun resmî web sitesinden (EBA) ulaşılmıştır.

Veri Analizi

İfade edilen ders kitabında belirtilen kavramlar kimya eğitimi ve fen eğitimi uzmanları tarafından incelenmiş ve işaret edilen kavramlara yönelik analogiler tespit edilmiştir. Tespit edilen analogilerin Glynn'nin (1994) geliştirmiş olduğu TWA basamaklarına göre uygunluk durumu, ifade edilen uzmanların ortak görüşü ile belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye örnek aşağıda sunulmuştur. TWA basamaklarında bulunan maddeler '*tanıtılan hedef, hatırlanan analog, benzer yönler, benzerlik grubu, farklı yönler ve ulaşılan hedef*' başlıkları altında gruplandırılarak tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan tablo bulgular kısmında Tablo 2 olarak sunulmuştur.

Çalışmada ifade edilen uzmanlar, birbirlerinden bağımsız bir şekilde belirtilen kitapta bulunan analogileri işaret edilen basamaklar doğrultusunda incelemiş ve elde ettikleri bulguları Tablo 1 örneğinde yer alan madde başlıklarına göre yerleştirmişlerdir. Her iki uzmanında belirlemiş olduğu analogiler birleştirilerek Tablo 2 oluşturulmuştur.

Tablo 1

Analogilerin TWA Basamaklarına Göre Belirlenmesine Yönelik Örnek

Tanıtılan Hedef	Hatırlanan Analog	Benzer yönler	Benzerlik grubu	Farklı yönler	Ulaşılan Hedef
Homojen karışım	Tek bir madde	Şekil	Homojen karışım tek bir madde gibi görünür	Homojen karışım tek bir madde değildir, farklı maddeler karışımı ile oluşur	Homojen karışımlar

BULGULAR

7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında yer alan kimya kavramlarına yönelik analogiler ve ifade edilen analogilerin TWA basamaklarına göre belirlenmesi/karşılıkları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

7.Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında Yer Alan Kimya Kavramına Yönelik Analogilerin TWA Basamaklarına Göre Belirlenmesi

Tanıtılan Hedef	Hatırlanan Analog	Benzer yönler	Benzerlik grubu	Farklı yönler	Ulaşılan Hedef
Atom ve çekirdeği	Stadyum ve bilye	Şekil	Atom stadyum ve çekirdek stadyum içinde bir bilye	-	Atom çekirdeği atomdan çok küçüktür
Atom	İçi dolu küre	Şekil	Atom içi dolu bir küre	-	Dalton Atom Modeli
Atom	Üzümlü kek	Şekil	Atom pozitif yüklü kek ve Elektronlar keke gömülü üzüm taneleri	-	Thomson Atom Modeli
Atomun yapısı	Güneş sistemi	Şekil ve İşlevsellik	Atom çekirdeği güneş, Elektronlar gezegenler ve yörünge etrafında dönüşü	-	Rutherford Atom Modeli
Bileşik formülü	Element sembolü	Soyutluk	Formül ve semboller bilimsel iletişim kolaylığı sağlar	-	Bileşiklerin formülle gösterimi
Homojen karışım	Tek bir madde	Şekil	Homojen karışım tek bir madde gibi görünür	Homojen karışım tek bir madde değildir, farklı maddelerin karışımı ile oluşur	Homojen karışımlar

Tablo 2 incelendiğinde, 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında bulunan temel kimya kavramlarına yönelik analogiler –atom ve çekirdeği, atom, atomun yapısı, bileşik formülü ve homojen karışım– şeklindedir. Bu kavramlara yönelik hatırlanan analoglar –stadyum, bilye, içi dolu küre, üzümlü kek, güneş sistemi, element sembolü, tek bir madde– biçimindedir. Hedef ve analog arasında benzer yönler –şekil, şekil ve işlevsellik ve soyutluk– şeklindedir.

Hedef ve analogların benzerlik grupları; atom stadyuma çekirdeği stadyum içindeki bilyeye, atom içi dolu bir küreye, atom pozitif yüklü kek ve elektronlar keke gömülü üzüm tanelerine, atom çekirdeği güneşe elektronlar gezegenlere benzetilerek elektron hareketi gezegen hareketine benzetilmiştir. Bilimsel iletişim kolaylığı yönünden formüller sembollere ve homojen karışımlar görüntü olarak tek bir maddeye benzetilmiştir. Hedef ve analog arasındaki farklı yönler ise sadece homojen karışımın tek bir madde olmadığını belirtmek için kullanılmıştır.

Kullanılan analogiler sonucu ulaşılan hedefler; –Atom çekirdeği atomdan çok küçüktür, Dalton Atom Modeli, Thomson Atom Modeli, Rutherford Atom Modeli, Bileşiklerin formülle gösterimi ve Homojen karışımlar– biçimindedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Araştırma sonucunda 7. sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında kimya kavramlarına yönelik 6 analogi tespit edilmiştir. Ders kitapları ve fen metinlerinde bulunan analogilerin anlamlı öğrenmede önemli bir oynadığı Glynn & Takahashi (1998) tarafından belirtilmektedir. Çalışma sonucunda belirlenen analogilerin tamamında hedef ve analog tanıtılmış, benzer özellikler belirtilmiştir. İfade edilen analogilerin hepsinde analog ve hedef tanıtılarak aralarındaki benzerlikler gruplandırılırken, sadece bir analogide hedef ve analog arasında farklı yönler belirtilmiştir. Analogi belirlemede en uygun model olarak kullanılan TWA basamaklarında (Harrison & Treagust 2006); analogdan hedefe ulaşmak için sırasıyla kavramların hedefleri tanıtılmalı, analog belirtilmeli/hatırlatılmalı, benzer özellikler verilerek benzerlikler gruplandırılmalı, analog ve hedef arasındaki farklı yönler belirlenmelidir (Glynn, 1994).

İşaret edilen analogilerde atom ve çekirdeği, stadyum ve stadyumda bir bilyeye benzetilerek iki temel kavram arasındaki oransal büyüklük belirtilmiş, benzerlikler ifade edilmiş, hedef ile analog arasındaki farklı yönlere değinilmemiştir.

Atom modelleri tanımlanırken bilim adamlarının kendi teorilerini açıklamak için kullanmış olduğu analogilere yer verilmiştir. Dalton Atom Modelinde atom içi dolu küreye, Thomson Atom Modelinde atom pozitif yüklü kek ve elektronlar keke gömülü üzüm tanelerine ve Rutherford Atom Modelinde atom çekirdeği güneşe ve elektronlar ise güneş etrafında kendi yörüngelerinde dönen gezegenlere benzetilmiştir (Adı geçen kitapta bu analogilere

aynen yer verilmiştir). Belirtilen analogilerde hedef ve analog arasındaki benzerlikler ifade edilirken hedef ve analog arasındaki farklı yönler yer verilmemiştir.

Bileşik formülü gösterimi, adı geçen ders kitabının aynı ünitesinin içinde öğretimi yapılan elementlerin sembollerle gösterimine benzetilerek bilimsel iletişimi kolaylaştırması bakımından benzedikleri belirtilmiş, hedef ve analog arasındaki farklı yönler ise belirtilmemiştir. Homojen karışım görüntüsünden dolayı tek bir maddeye benzetilmiş ve aralarındaki farklı yönler belirtilerek tek bir madde olmadığı ifade edilmiştir.

Hedef ve analog arasında farklı yönlerin belirtilmemesi, öğrenenin analogdan hedefe benzemeyen özelliklerin de aktararak kavram yanılgısına ya da yanlış öğrenmesine neden olabilmektedir (Harrison & Treagust, 2006).

ÖNERİLER

Bu çalışmada, 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabında yer alan kimya kavramlarına yönelik analogiler ve ifade edilen analogilerin TWA basamaklarına göre uygunluk durumu iki fen bilimleri uzmanı tarafından incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere dayanarak şu önerilerde bulunulabilir.

- Basılı materyallerde bulunan analogilerin niteliği artırılabilir.
- Analjisi yapılan kavramlarda hedef ve analog arasındaki farklara yer verilebilir.

Çıkar Çatışması Bildirimi

Yazarlar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

KAYNAKÇA

Akdemir, E., & Çetin Atasoy, D. (2019). Saf madde ve karışımlar, İçinde Kalkan H. (Ed.), *Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu 7. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabı (s.106-148)*. Devlet Kitapları.

Aykutlu, I., & Şen, A. İ. (2011). Lise öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesinde ve giderilmesinde analogilerin kullanılması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 5(2), 221-250.

Azizoğlu, N., Çamurcu, M., & Kırtak Ad, V. N. (2014). Ortaöğretim fizik ders kitaplarında analogilerin kullanımı: Belirleme ve sınıflandırma çalışması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(2), 39-62.

- Best, J. (1959). *Research in Education*, New Jersey: Prentice Hall.
- Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
- Çalık, M. (2017). Kimya Öğretiminde Analojilerin Kullanımı: Temas Yüzeyi ve Karıştırmanın Çözünürlüğe Etkisi Örneği, <http://docplayer.biz.tr/2488485-Kimya-ogretiminde-analojilerin-kullanimi-temas-yuzeyi-ve-karistirmanın-çözünürlüğe-etkisiörnegi-doc-dr-muammer-calik.html>
- Dagher, Z. R. (1998). The Case for Analogies in Teaching Science for Understanding, in Mintzes, J. J., Wandersee, J. H, Novak J. D., (Eds.) *Teaching Science for Understanding; A Constructivist View*, Academic Pres.
- Dagher, Z., & Cossman, G. (1992). Verbal explanations given by science teacher: Their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 361-374.
- Didiş, N. (2015). The analysis of analogy use in the teaching of introductory quantum theory. *Chemistry Education: Research and Practice*, 16, 355 - 376.
- Dilber, R., & Düzgün, B. (2008). Effectiveness of analogy on students' success and elimination of misconception. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(3), 174-183.
- Glynn, S. M. (1989). The Teaching-with-Analogies (TWA) Model: Explaining concepts in expository text children's comprehension of text. In K. D. Muth (Ed), *Researching to Practice*. (pp. 185-204). Newark, DE: International Reading Association.
- Glynn, S. M. (1994). *Teaching science with analogies: a strategy for teachers and textbook authors*, Athens, GA: National Reading Research Center.
- Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogyenhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1129-1149.
- Glynn, S. M. (2007). Method sand strategies: The teaching with analogies model science and children, 44(8), 52-55. http://www.coe.uga.edu/twa/PDF/Glynn_2007_article.pdf
- Güler, P., & Yağbasan, R. (2008). Fen ve teknoloji ders kitaplarında kullanılan analogjilerin ve analogjilere ilişkin sorunların betimlenmesi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(16), 105-122.
- Harman, G., & Çökelez, A. (2017). Analojilerin fen eğitimindeki yeri ve önemi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 11(1), 340-363.

- Harrison, A. G., & Treagust, D.F. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291–1307.
- Harrison, A. G., & Treagust, D.F. (2006). Teaching and learning with analogies, in Aubusson P. J., Harrison A. G. and Ritchie S. M. (ed.), *Metaphor and Analogy in Science Education*, Netherlands: Springer, 11–24.
- Hıdır, M. (2018). *Fen Öğretiminde Analoji Kullanımı: Ders Kitaplarındaki Analogilerin Öğretimde Yeniden Ele Alınması*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Hıdır, M., & Körhasan N. D. (2018). Examination of the analogies in science textbooks and opinions of science educators about the effective use of analogies. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)* 12(2), 415-453.
- Kayhan, E. (2009). *Sekizinci sınıf fen bilgisi dersi maddedeki değişim ve enerji ünitesinde analogi yöntemine dayalı öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına ve kalıcılığa etkisi*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Kesercioğlu, T., Yılmaz, H., Huyugüzel Çavaş, P., & Çavaş, B. (2004). İlköğretim fen bilgisi öğretiminde analogilerin kullanımı: Örnek uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 5, 35-44.
- Ketenci, Ö. (2019). *Madde ve Isı Konusunda Uygulanan Analoji (Benzeşim) Üzerine Bir Araştırma*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Korgancı, N., Miron, C., Dafinei, A., & Antohe, S. (2015). The importance of inquiry-based learning on electric circuit models for conceptual understanding. *WCES 2014, Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2463-2468.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB), (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)* <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB), (2020), <http://www.meb.gov.tr/ders-kitaplari-il-ve-ilce-millli-egitim-mudurluklerine-gonderildi/haber/21222/tr>
- Orgill, M., & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research & Practice*, 5(1), 15–32.
- Orgill, M., & Bodner, G. (2006). An analysis of the effectiveness of analogy use in collegelevel biochemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(10), 1040–1060.

- Özata Yücel, E. (2008). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi programının uluslararası karşılaştırmalı incelenmesi*, Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Öztürk, F. N., & Aydın, A. (2013). 7. Sınıf fen ve teknoloji müfredat modülasyonu: Öğretmenlerden gelen özgün anlamlar/anojiler. *International Journal of Social Science*, 6(1), 299-309.
- Rule, A. C., Baldwin, S., & Schell, R. (2008). Second graders learn animal adaptations through form and function analogy object boxes. *International Journal of Science Education*, 30(9), 1159-1182.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22, 61-74.
- Thiele, R. B., Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1995). A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221-230.
- Treagust, D. F., Harrison, A. G., & Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: an approach for preservice and in service teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), 85-101.
- Vendetti, M. S., Matlen, B. J., Richland, L. E., & Bunge, S. A. (2015). Analogical reasoning in the classroom: Insights from cognitive science. *Mind, Brain and Education*, 9(2), 100-106.

Systems Thinking Approach in Science Education

Rıdvan ELMAS¹, Harika Özge ARSLAN², Savaş PAMUK³, Haki PEŞMAN⁴, Mustafa SÖZBİLİR⁵

¹ Afyon Kocatepe University, Faculty of Education, relmas@aku.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0001-7769-2525>

² Duzce University, Faculty of Education, harikaarslan@duzce.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-1620-6559>

³ Akdeniz University, Faculty of Education, savaspamuk@akdeniz.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0001-8661-4262>

⁴ Fırat University, Faculty of Education, haki@firat.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-4778-2735>

⁵ Atatürk University, Faculty of Education, sozbilir@atauni.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0001-6334-9080>

Received: 01.03.2021

Accepted: 24.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.889340>.

Abstract:

Currently, humans are faced with severe ecological and social problems. The complex nature of these problems (climate change, water crisis, social and economic injustices etc.) creates an issue regarding how to approach these problems. Obviously, these problems are challenging to solve with a single discipline, but a holistic perspective is necessary. It is a serious situation with which skills individuals should be raised in order to solve these problems. Different educational approaches have come to the fore and are aimed to achieve these skills. Within this study's scope, the systems thinking approach's potential to be one of the innovative approaches suitable for these problems is emphasized. In this context, based on the existing literature, the definition of the systems thinking approach, its short historical development, the skills that can be evaluated within this scope and how these skills can be developed are explained. The relationship between the STEM education approach and context-based learning approach, and systems thinking approach was briefly discussed in the conclusion part. Authors think it will be valuable and explanatory for researchers who wonder what the systems thinking approach is and what skills it is associated with.

Keywords: System, systems thinking, systems thinking skills, STEM education approach, context-based learning approach

EXTENDED SUMMARY

Introduction

The fragmentary structural weakness of educational programs and the complex nature of the problems we face in our era also leave our students in a weak position regarding the solution to these problems (Logan, 2020; Nagarajan & Overton, 2019). These complex problems usually require a holistic perspective (Karaarslan Semiz & Teksöz, 2020). Until today, significant developments have been made in science due to the division of science into many disciplines, even many sub-disciplines. Science has progressed and gained momentum thanks to many experts trained in these various disciplines and sub-disciplines. Today, a holistic approach is required for the complex structure and solution of the problems we encounter.

This study aims to introduce the systems thinking approach to science researchers and those interested, emphasizing the systems thinking approach's potential to be one of the innovative approaches suitable for solving these complex problems. For this purpose, the literature was analyzed and synthesized depending on the search for meaningful explanations. The definition of the systems thinking approach, its brief historical development, the skills required to become a systems thinker and some studies to develop these skills were used.

What is Systems Thinking?

In its simplest definition, systems thinking can be expressed as a broad perspective that considers all aspects, parts and the relations of parts while focusing on a problem (Senge, 2006). Ben-Zvi Assaraf and Orion (2005) defined the system as a structure that maintains its existence and functions through all its parts' interactions. In other words, it will not be wrong to conclude that knowing the parts that make up a system is not enough to understand it as a whole. It is possible to derive this point of view from three basic features emphasized by Arnold and Wade (2015) for systems. These; (1) It has a part-whole relationship, (2) has relationships between parts, and (3) has a purpose.

In a definition made by Batzri et al. (2015), it is expressed as the ability to understand and interpret systems' properties and behavior in depth. Richmond (1994) defined systems thinking as the art and science of making reliable inferences about the system's behavior to understand the system in depth. This and many other definitions are available in the literature (e.g., Kopainsky et al., 2011); Stave & Hopper, 2007; Sweeney & Sterman, 2000). Arnold and Wade (2015) stated that a commonly accepted and complete definition of systems thinking was not made, and after examining many definitions of systems thinking, they proposed a new definition. According to this;

“Systems thinking is a set of analytical skills used to develop the ability to define systems, understand and predict their behavior, and make changes to the system to produce desired effects. These skills work together as a system” (p. 675).

Systems thinking progresses on three primary features (Evagorou et al., 2009).

1. Demonstration of special and general relationships between parts of the system
2. Determining the dynamic behavior of the system that changes over time
3. Examining how system-level events arise from interactions between parts of the system.

Some characteristic features of the systems thinking approach are essential in the application (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2010; Orgill et al., 2019). Understanding these characteristics is critical to systems thinking. These features, which are considered in different studies, have been compiled as follows:

1. Considering the system as a whole
2. Understanding that the operation of the system can change over time
3. Understanding the variables that cause the system to function
4. Understanding the organization and relationships of the parts within the system
5. Determining what kind of organization and relationship exists between the parts for the functioning at the system level.
6. Understanding the cyclic structure of the system
7. Revealing the implicit relationships and functioning of the system in the process
8. Understanding how the system relates to its environment.

Systems Thinking Skills and the Development of These Skills

Systems take us from order, or in other words, from the world of orderly knowledge that we are used to being presented, and drag us into chaos. Because systems are inherently complex and dynamic, logical and straightforward explanations can help us understand them. At this point, the challenge of systems is to discover simplicity in complexity (Boardman & Sauser, 2008).

Barry Richmond (1993; 1997), one of the researchers who first used the term systems thinking, and a systems scientist, defined seven systems thinking skills. These;

1. Dynamic thinking: To examine how the behavior of a system changes over time
2. System-as-cause thinking: To consider the causes of system behavior
3. Forest thinking: To consider system behavior as a whole

4. Operational thinking: Focusing on the variables in a system and how they cause a change in the system's behavior.
5. Closed-loop thinking: To consider the cyclical effect of system-related variables on each other.
6. Quantitative thinking: Examining the relative effects of system variables as opposed to their absolute effects
7. Scientific thinking: Testing models and hypotheses about the behavior of a system

These skills are based not only on understanding the system but also on predicting the behavior of complex and complex systems. Similar skills are involved in other studies. For example, Sweeney and Sterman (2000) grouped systems thinking skills under six headings.

1. To be able to understand the behavior of the system from the interaction of the elements of the system over time (understanding dynamic complexity)
2. To be able to explore the feedback processes (both positive and negative) that underlie observed system behavior.
3. To be able to determine the stock (the total of existing assets) and flow relationships.
4. To be able to define delays and understand their effects.
5. To be able to understand nonlinear relationships.
6. To be able to recognize the limits of mental (and formal) models and to be able to challenge them.

Efforts to provide students with systems thinking skills date back to the 1960s. Forrester (1968) created "system dynamics" in computer modeling of systems thinking to understand complex phenomena of time. He has developed simulations and computer-aided models based on the concept of "change," representing the complex relationships between variables. Mandinach (1989) and Steed (1992) reported that STELLA (Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation), which is computer software, contributes to determining the relationships between system operation and its parts. Therefore, these studies examine system dynamics; in other words, it is the work done to improve the understanding of the relationships between the elements that make up a system and how they affect the whole system. Besides, Mandinach (1989) reported his project named STACI (Systems Thinking and Curricular Innovation). STELLA simulation-modeling software was used to improve the field-specific knowledge and problem-solving skills of high school students.

Discussion and Conclusion

The systems thinking approach can be evaluated in terms of its relationship with the STEM education approach, one of the current approaches. A product is created by entering a design process with the theoretical framework of the engineering design process used in the STEM education approach (Moore et al., 2013). It can be clearly said that the STEM education approach is product, process and design-oriented (Aranda et al., 2020). The STEM education approach uses a need-to-know basis to learn concepts with applications (Kelley & Knowles, 2016). In other words, rather than direct concept learning, there is concept learning as needed (Aranda et al., 2020). Beyond this part, systems thinking looks at the process from a broader perspective in terms of emphasizing the place of products in the system, their role and their relationship with the whole (Mahaffy, Krief, Hopf, Mehta & Matlin, 2018). Besides, there is not necessarily a concern of matching concepts with one application at a time in system thinking.

Another difference between the STEM education approach and the systems thinking approach is the use of multiple contexts (Elmas, 2020). What is meant by the use of multiple contexts is to present the information about science to the student in a learning environment designed using multiple contexts to understand the whole system. There is product development in the STEM education approach through the design made for the problem's solution, usually set up in a single context. In the systems thinking approach, a subject is evaluated in different dimensions using very different contexts (For example, Orgill et al., 2019).

It is clear that contexts will be used in the systems thinking approach. Still, unlike the routine applications of the context-based approach, systems thinking requires the use of multiple contexts, as it deals with integrating an event (Elmas, 2020; Orgill et al., 2019; Gilissen et al., 2020). As a current example of this, the study in which system thinking and context-based approach are used together can be given as an example (Armstrong & Poë, 2020). In the related study, the integrative feature of system thinking was presented to the student using a context-based approach. Also, it is seen that systems thinking takes a more holistic view of the process and progresses by addressing different dimensions due to the effort to understand the system. The systems thinking approach can also be used in areas such as social sciences and economics (Davidsen et al., 1993; Zaraza, 1995).

Fen Eğitiminde Sistemsel Düşünme Yaklaşımı

Rıdvan ELMAS¹, Harika Özge ARSLAN², Savaş PAMUK³, Haki PEŞMAN⁴, Mustafa SÖZBİLİR⁵

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, relmas@aku.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0001-7769-2525>

² Düzce Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, harikaarslan@duzce.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-1620-6559>

³ Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, savaspamuk@akdeniz.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0001-8661-4262>

⁴ Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, haki@firat.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-4778-2735>

⁵ Atatürk Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, sozbilir@atauni.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0001-6334-9080>

Gönderme Tarihi: 01.03.2021

Kabul Tarihi: 24.03.2021

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.889340>.

Özet:

Günümüzde ekolojik ve toplumsal alan ile ilgili ciddi sorunlar ile karşı karşıya kalmış durumdayız. İklim değişikliği, su krizi, sosyal ve ekonomik adaletsizlikler gibi sorunların karmaşık yapısı bu sorunlara nasıl yaklaşılması gerektiği ile ilgili belirsizliklere neden olmaktadır. Çünkü söz konusu sorunların tek bir disiplin bağlamında çözümü zordur; bu sorunların çözümü için bütüncül bir bakış açısının gerekli olduğu aşikârdır. Sorunların çözülebilmesi için bireylerin hangi beceriler kapsamında yetiştirilmesi gerektiği önemli bir husustur. Bireylere bu becerileri kazandırabilmek için farklı eğitim yaklaşımları gündeme gelmiştir ve kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, sistemsel düşünme yaklaşımının ekolojik ve toplumsal konularda karşılaşılan sorunların çözümü için yenilikçi yaklaşımlardan biri olma potansiyeli üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, var olan alanyazına dayanılarak sistemsel düşünme yaklaşımının tanımı, kısa tarihsel gelişimi, bu kapsam da değerlendirilebilecek olan beceriler ve bu becerilerin nasıl geliştirilebileceği açıklanmıştır. Ayrıca, STEM eğitimi yaklaşımı ve bağlam temelli öğrenme yaklaşımı ile sistemsel düşünme yaklaşımının ilişkisi de çalışma kapsamında kısaca ele alınmıştır. Çalışmanın; sistemsel düşünme yaklaşımının ne olduğunu ve hangi beceriler ile ilişkilendirildiğini merak eden araştırmacılar için faydalı ve yol gösterici olacağı, alanyazın birikimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Sistem, sistemsel düşünme, sistemsel düşünme becerileri, STEM eğitimi yaklaşımı, bağlam temelli öğrenme yaklaşımı

Sorumlu yazar: Savaş Pamuk, Eğitim Fakültesi, Akdeniz Üniversitesi, savaspamuk@akdeniz.edu.tr

GİRİŞ

Değişen koşullara ve hızlı teknolojik gelişmelere ayak uydurma çabası, günümüzde bütün ülkelerin karşı karşıya olduğu bir durumdur. Eğitim sistemlerinin bu değişime yeterince hızlı tepki veremediği açıktır. Sistemdeki paydaş sayısının fazla olması bu adaptasyon

sürecini zorlaştıran etmenlerin başında gelmektedir. Eğitim sistemleri bu değişim ve dönüşümlerden farklı şekillerde etkilenmektedir. Öğretim programlarını değiştirmek veya yeni eğitim öğretim yaklaşımları ortaya koymak, değişim ve dönüşüm sürecinin eğitim sistemi üzerindeki etkisi olarak değerlendirilmektedir (García-Carmona, 2020).

Değişim ve dönüşüm sürecine adaptasyon amacıyla geliştirilen fen, fizik, kimya ve biyoloji programları incelendiğinde çok paydaşlı geliştirme sürecinin de ötesinde göz ardı edilen yapısal sorunlar olduğu söylenebilir (Elmas vd., 2014). Özellikle fen alanlarına ait öğretim programlarının parçalı kavramsal yapısı ve öğrencilerin bu kavramsal parçalı yapıdan bütünsel zihinsel bir şema oluşturabileceğine olan inanç, program geliştiricilerin önemli bir varsayımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Mahaffy vd., 2018). Öğrencilerin, bu parçalı kavramsal yapıdan kendi zihinlerinde bütünsel bir bakış açısı geliştirmesi, sistemde sıkıntılı bir süreç olarak belirgin bir şekilde görülmektedir (Gould-Kreutzer, 1993). Ayrıca öğrencilerin bütün kavramsal parçaların birbiriyle ilişkisini anlaması beklenmekte ve onların zihinlerinde bir sistemsel bütün oluşturduğu düşünülerek ölçme değerlendirme süreçleri de buna göre planlanmaktadır.

Eğitim programlarının bu parçalı yapı zafiyetine ek olarak çağımızda yüzleştığımız problemlerin karmaşık yapısı da öğrencilerimizi bu problemlerin çözümü ile ilgili zayıf bir durumda bırakmaktadır (Logan, 2020; Nagarajan & Overton, 2019). Bu karmaşık problemlerin çözümü genellikle disiplinler üstü bir perspektif gerektirmektedir (Karaarslan Semiz & Teksöz, 2020). Bugüne kadar fen bilimlerinin birçok disipline hatta çok sayıda alt disipline ayrılması neticesinde bilimde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Çeşitli disiplin ve alt disiplinlerde yetişen birçok uzman sayesinde bilim ilerlemiş ve ivme kazanmıştır. Günümüzde gelinen noktada ise karşılaştığımız problemlerin karmaşık yapısının çözümü için bütüncül bir yaklaşım gerekmektedir. Örneğin; sürdürülebilir bir yaşam sürmeyi hedeflediğimizde geri dönüşümden iklime, tüketim alışkanlıklarımızdan kaynakları doğru kullanmaya ve benzeri birçok faktörü birlikte ele almamız gerekmektedir. Öyle ki, sürdürülebilirlik konusu Birleşmiş Milletler tarafından da üzerinde önemle durulan, 17 amaç ve 169 hedef belirlenerek 2030 yılına kadar çalışılması hedeflenen küresel bir süreç olarak görülmektedir (UNDP Türkiye, 2021). Benzer şekilde Dünya'nın gezegensel sınırı tanımları da sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında değerlendirilen karmaşık ilişkileri içeren süreçleri barındırmaktadır (The nine planetary boundaries). İklim değişikliği, nesli tükenen hayvanlar vb. konuları ele almada, sürdürülebilirlik bağlamında bütüncül bir bakış açısına ihtiyacımız olduğu açıktır (Mahaffy vd., 2019). Bu gibi konularda kararlar alacak olan sorumlu kişilerin de bütüncül bir bakış açısına sahip olması toplumlar için ciddi bir avantaj sağlayacaktır. Örneğin COVID-19 salgını sürecinde birçok farklı ülkede farklı yöneticiler farklı tepkiler vermiştir. Bütün sistemi girdi, çıktı ve etkileşimleri ile bütüncül olarak ele almadan verilen kararlar, küresel salgın sürecinde bazı ülkelerde çok ciddi krizlerin yaşanmasına sebep olmuştur. Bu örneklerden hareketle, günümüzde

süreçlerin bütünsel ve sistemsel olarak yetkin bir şekilde değerlendirilmesinin önem arz ettiği söylenebilir.

Bilim felsefesinin sıklıkla tartışılan konularından olan indirgemeci yaklaşım, bilimin ilerlemesinde sorunlar arasında neden-sonuç ilişkisinin kurulmasına ve Dünya'nın doğrusal bir düzlemde ilerlediği varsayımına dayanmaktadır. Bu yaklaşımın uzun bir süre işe yaradığını da kabul etmek gerekir. Çünkü problemler küçük parçalara bölündüğünde, her bir parçayı anlamak için çabalamak, bir bakıma bütünü kavramış hissiyatını yaşatabilir. Ancak her zaman parçaları birleştirerek bir bütün elde edilememektedir. Mesela bu şekilde canlıları anlamaya çalışmak muhtemelen çok yetersiz açıklamalara neden olacaktır. Benzer şekilde bir hikâyedeki farklı kahramanları tanımak ve hikâyede geçen olayları ayrı ayrı bilmek hikâyenin tamamının anlaşılması için yeterli olmayacaktır (Zaraza, 1995). Altı kör adamın bir filin neye benzediğini anlamak için kulaklarına, bacaklarına, hortumuna, kuyruğuna, dişlerine ve gövdesine dokunması sonrasında her birinin fil ile ilgili farklı çıkarımlarda (Filin bacağına dokunanın fili bir sütun gibi zannetmesi vb.) bulunması hikâyesi birçoğumuz tarafından duyulmuştur. Benzer bir şekilde insanın bütün organları tek tek öğrenilebilir ancak bütünün işleyişi her bir uzvun işleyişinin ötesinde anlamlar ifade eder. Diğer bir örnek neredeyse herkes tarafından bilinen bir teknoloji şirketinden verilebilir. Boardman ve Sauser (2008), Google firmasının kuruluş ve gelişim sürecini detaylı bir şekilde analiz etmiş ve kurucuların sistemsel düşünceye sahip olmasının şirketin bugünlere gelmesinde önemli bir etken olduğunu ifade etmişlerdir. Günümüz dünyasında karmaşık problemler ile mücadele etmeye başlıyor olmamız, bu indirgemeci yaklaşımın yavaş yavaş yetersiz kaldığı konusunda zihnimizde daha çok soru işareti oluşmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sistemsel düşünme yaklaşımının bu problemlerin çözümü için uygun olan yenilikçi yaklaşımlardan biri olma potansiyeli üzerinde durmak; böylelikle fen araştırmacılarına ve ilgilenenlere yaklaşımı tanıtmaktır. Bu amaçla alanyazın incelemesi yapılmış ve sistemsel düşünme yaklaşımının tanımı, kısa tarihsel gelişimi, sistemsel düşünür olabilmek için gerekli beceriler ve bu becerileri geliştirmek için yürütülmüş bazı çalışmalar açıklanmıştır.

Sistemsel Düşünme Nedir?

Giriş bölümünde söz edilen problemlere farklı bir bakış açısıyla çözüm olabilecek yaklaşımlardan birisi sistemsel düşünme yaklaşımıdır. Sistemsel düşünme, en basit tanımı ile bir probleme odaklanırken tüm yönleri, parçaları ve parçaların birbirleri ile ilişkilerini ele alan geniş bir bakış açısı olarak ifade edilebilir (Senge, 2006). "Systems Thinking" teriminin Türkçe karşılığı olarak kullanılan "Sistemsel Düşünme" terimi, bu

kullanımının (Karaaslan-Semiz & Teksöz, 2019) dışında ulusal bazı çalışmalarda "Sistem Düşüncesi" (Şenaras & Sezen, 2018; Tecim, 2004) olarak da kullanılmıştır. Ancak sistemsel düşünmenin alanyazında bir beceriler bütünü (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005) olarak ele alındığı düşünülürse bu becerilerin ifade ediliş şekli açısından "Sistem Düşüncesi Becerileri" yerine "Sistemsel Düşünme Becerileri" kullanımının daha uygun olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada uluslararası alanyazında "Systems Thinking" olarak kullanılan teriminin karşılığı olarak "Sistemsel Düşünme" terimi tercih edilmiştir.

Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005), sistemi, bir bütün olarak kendisini oluşturan tüm parçaların etkileşimleri üzerinden varlığını devam ettiren ve işleyen bir yapı olarak tanımlamışlardır. Birbirine bağımlı bu parçalar grubu belirli bir amaç dâhilinde bir bütün olarak işlevini yürütür. Öte yandan Meadows (2008), parçaların bir araya gelerek oluşturduğu sistemin, parçaların tamamından fazla olduğunu vurgulamıştır. Yani bir sistemi anlamak için onu oluşturan parçaları bilmenin yeterli olmadığı çıkarımı yanlış olmayacaktır. Bu bakış açısını Arnold ve Wade (2015)'in sistemler için vurguladığı üç temel özellikten de çıkarmak mümkündür. Bunlar; (1) parça-bütün ilişkisi olması, (2) parçalar arası ilişkiler olması ve (3) bir amacının olmasıdır. Bu perspektiften bakıldığında da her bir parça grubunu bir problem olarak tek başına ele almak sistemi anlamak için yeterli olmayacaktır.

Sistemsel düşünme yaklaşımının tarihsel gelişimi incelendiğinde de benzer bir çıkış noktası dikkat çekmektedir. Özellikle doğası gereği sistem düşüncesi ile yakından ilişkili olan biyoloji alanında yapılan çalışmalarda parçalı bakış açısının canlı sistemlerini anlamada yeterli olmadığı fikri, sistemsel düşünme yaklaşımının temel taşı olarak görülebilir. Avustralyalı biyolog Ludwig von Bertalanffy, indirgemeci yaklaşımın parçalı bakış açısının biyolojiye uymadığını fark etmiştir. Çünkü ona göre bir canlıyı bütüncül olarak anlamak için sadece parçaları bilmek yetmeyecektir. Her bir parça bireysel işlevi dışında sistem içinde farklı roller alabilmektedir. Bertalanffy, bu fikirlerini 1937 yılında Genel Sistem Teorisi ismi ile açıklamış ve alanda özellikle sistemler üzerine çalışan bilim insanlarının dikkatini çekmiştir. Temeli 1900'lü yılların başlarına dayanan sistemsel düşünme yaklaşımı, birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Forrester (1994), net bir tanımının olmadığını ifade etse de sistemsel düşünmenin sistemler hakkında düşünmekten, onlar hakkında konuşmaktan ve önemli olduklarını kabul etmekten biraz daha fazlasını ifade ettiğini belirtmiştir. Forrester, bu ifadeden yola çıkarak sistemsel düşünmenin, sistemler hakkında genel ve yüzeysel bir farkındalığı temsil ettiğini vurgulamıştır. Orgill vd. (2019) ise sistemsel düşünmeyi, "karmaşık davranışları ve olayları daha bütünsel bir bakış açısıyla inceleyen bir yaklaşım" (s. 2720) olarak tanımlamışlardır. Batzri vd. (2015) tarafından yapılan bir tanımda ise sistemlerin özelliklerini ve davranışını derinlemesine anlama ve yorumlama becerisi olarak ifade

edilmiştir. Richmond (1994), sistemsel düşünmeyi, sistemi derinlemesine anlayabilme açısından sistemin davranışı hakkında güvenilir çıkarımlar yapma sanatı ve bilimi olarak tanımlamıştır. Bu ve bunun gibi birçok tanım alanyazında bulunmaktadır (Kopainsky vd., 2011; Senge, 1990; Squires vd., 2011; Stave & Hopper, 2007; Sweeney & Sterman, 2000). Arnold ve Wade (2015), ortak kabul gören ve tam bir sistemsel düşünme tanımının yapılmadığını belirtmiş ve birçok sistemsel düşünme tanımı inceledikten sonra yeni bir tanım önermişlerdir. Buna göre;

“Sistemsel düşünme; sistemleri tanımlama, anlama, davranışlarını tahmin etme ve istedik etkileri üretmek için sistemde değişiklikler yapma yeteneğini geliştirmek için kullanılan bir dizi analitik beceridir. Bu beceriler bir sistem olarak birlikte çalışır” (s. 675).

Sistemsel düşünme, üç temel özellik üzerinden ilerler (Evagorou vd., 2009).

1. Sistemin parçaları arasındaki özel ve genel ilişkilerin gösterilmesi
2. Sistemin zamanla değişen dinamik davranışlarının belirlenmesi
3. Sistem düzeyindeki olayların, sistemin parçaları arasındaki etkileşimlerden nasıl ortaya çıktığının incelenmesi

Bu üç özellik temelinde sistemsel düşünme yaklaşımı kullanılırken iki farklı şekilde ele alınması mümkün olmaktadır: İşlev temelli (function-oriented) ve yapı temelli (structure-oriented) (Liu & Hmelo-Silver, 2009; Pazicni & Flynn, 2019). İşlev temellide sistemsel düşünme, sistemin görevleri ve işleyişi üzerine vurgu yaparak başlar ve ilerler. Yapı temellide ise sistemsel düşünme, sistemin yapısı ve parça-bütün ilişkisi vurgusunu önde tutar.

Sistemsel düşünme yaklaşımında bazı karakteristik özellikler, bu yaklaşımın uygulanması açısından oldukça önemlidir (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2010; Orgill vd., 2019). Bu karakteristik özelliklerin anlaşılması sistemsel düşünme açısından kritik bir önem arz etmektedir. Farklı çalışmalarda ele alınan bu özellikler aşağıda belirtilmiştir:

1. Sistemin bir bütün olarak ele alınması
2. Sistemin işleyişinin zaman içinde değişebilir olduğunun anlaşılması
3. Sistemin işleyişine neden olan değişkenlerin anlaşılması
4. Sistem içindeki parçaların organizasyonunun ve ilişkilerinin anlaşılması
5. Sistem düzeyinde işleyişin gerçekleşmesi için parçalar arasında nasıl bir organizasyon ve ilişki mevcut olduğunun belirlenmesi
6. Sistemin döngüsel yapısının anlaşılması

7. Sistemdeki örtük ilişkilerin ve işleyişin süreç içerisinde ortaya çıkarılması

8. Sistemin çevresi ile nasıl bir ilişki içinde olduğunun anlaşılması

Bu karakteristik özellikler sistemsal düşünme yaklaşımının uygulanması açısından önemlidir. Ponto ve Linder (2011) tarafından hazırlanan öğretmen kılavuz kitabında sistemsal düşünme basit bir örnek ile şu şekilde açıklanmıştır: Bir çayır ekosisteminde tilkiler ve tavşanlar yaşamaktadır. Tilki tavşanları avlayarak beslediği için tavşan sayısı arttıkça tilki sayısı da artmaktadır. Burada değişkenler arasındaki ilişki zaman içerisinde değişiklik göstermektedir. Örneğin yaşanabilecek bir kuraklıktan dolayı tavşan sayısı azalır, tilki sayısı da azalmaktadır. Bu basit parça ve ilişki ağı bir sistemdir. Bu basit sistem, bulunduğu çayır ekosisteminin küçük bir parçası olmakla birlikte daha büyük sistemlerle de ilişki içerisindedir. Hem büyük sistemlerden etkilenmekte hem de onları etkilemektedir. Bu yapıyı bütünüyle anlayabilmek kolay olmamakla birlikte birçok araştırmada bu yaklaşım bir grup beceriyle ilişkilendirilmiştir (Arnold & Wade, 2017; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2010; Richmond 1993; 1997; Sweeney & Stermann, 2000). Bu becerilere sistemsal düşünme becerileri adı verilmektedir.

Sistemsal Düşünme Becerileri

Sistemler, bizi düzenden başka bir ifadeyle bize sunulmasına alışık olduğumuz düzenli bilgi dünyasından alıp karmaşaya sürükler. Çünkü sistemler doğası gereği karmaşık ve dinamik davranışlar sergiler; buna rağmen mantıklı ve basit açıklamalar sistemleri anlamamızı sağlayabilir. Bu noktada sistemlerin zorluğu, karmaşıklıkta basitliği keşfetmektir (Boardman & Sauser, 2008). Bu nedenle sistemsal düşünür olabilmek için çeşitli beceriler gerekir. Sistemsal düşünme becerileri adı verilen bu beceriler üst düzey düşünme becerileri arasında yer almaktadır. Sistemin değişkenleri arasında var olan ilişkileri daha iyi anlamak için kavramları bir bütün hâlinde inceleyen ve insanların karmaşık problemleri anlayıp çözmelerine yardımcı olan bir eleştirel düşünme türüdür (Ritchie, 2017). Bu bağlamda günümüzde sistemsal düşünme becerilerinin gerekliliğini tartışmak anlamsız olacaktır. Fakat bu becerilerin neler olması gerektiği tartışılabilir.

Alanyazında bu becerilerin neler olması gerektiği ile ilgili bir fikir birliği olmadığı daha önce ifade edilmiştir (Arnold & Wade, 2015; Orgill vd., 2019). Sistemsal düşünme terimini ilk kullanan araştırmacılardan birisi ve bir sistem bilimci olan Barry Richmond (1993, 1997) yedi sistemsal düşünme becerisi tanımlamıştır:

1. Dinamik Düşünme (Dynamic thinking): Bir sistemin davranışının zaman içinde nasıl değiştiğini incelemek
2. Nedensel Düşünme (System-as-cause thinking): Sistem davranışının nedenlerini dikkate almak

3. Bütüncül Düşünme (Forest thinking): Sistem davranışını bir bütün olarak ele almak
4. İşlevsel Düşünme (Operational thinking): Bir sistemdeki değişkenlere ve bu değişkenlerin sistemin davranışında nasıl bir değişikliğe neden olduğuna odaklanmak
5. Döngüsel Düşünme (Closed-loop thinking): Sistemle ilgili değişkenlerin birbirleri üzerindeki döngüsel etkisini dikkate almak
6. Nicel Düşünme (Quantitative thinking): Sistem değişkenlerinin mutlak etkilerinin aksine, göreceli etkilerinin incelenmesi
7. Bilimsel Düşünme (Scientific thinking): Bir sistemin davranışıyla ilgili modellerin ve hipotezlerin test edilmesi

Richmond, 1985-2000 yılları arasında birçok kez basılan "Sistemsel Düşünmeye Giriş" isimli kitabında bu becerileri okul öncesinden lise düzeyine kadar her seviyeden öğrenci ve öğretmene kazandırmayı hedef alan bir yazılımı (STELLA) tanıtmıştır. Richmond tarafından tanımlanan bu yedi sistemsel düşünme becerisi birçok bilimsel çalışmada kullanılmıştır (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Maani & Maharaj, 2004; Stave & Hopper, 2007).

Bu beceriler yalnızca sistemi anlamaya değil aynı zamanda karmaşık sistemlerin eylemlerini tahmin etmeye de dayanmaktadır. Benzer beceriler başka çalışmalarda da yer almaktadır. Örneğin Sweeney ve Sterman (2000), sistemsel düşünme becerilerini altı başlık altında toplamıştır:

1. Sistemin elemanlarının zaman içindeki etkileşiminden sistemin eylemlerini anlayabilmek (dinamik karmaşıklığı anlamak),
2. Gözlenen sistem davranışlarının altında yatan geri bildirim süreçlerini (hem olumlu hem de olumsuz) keşfedebilmek,
3. Stok (mevcut varlıklar bütünü) ve akış ilişkilerini belirleyebilmek,
4. Gecikmeleri tanımlayıp etkilerini anlayabilmek,
5. Doğrusal olmayan ilişkileri anlayabilmek,
6. Zihinsel (ve biçimsel) modellerin sınırlarını fark edebilmek ve bunlara meydan okuyabilmek.

Arnold ve Wade (2017) ise geliştirdikleri sistemsel düşünme tanımı çerçevesinde ve daha önce başka araştırmacılar tarafından önerilmiş olan dört farklı sınıflamadan yararlanarak sistemsel düşünme becerilerinin dört temel alana bölünmesini önermiştir. Bu dört alan ve ilgili sistemsel düşünme becerileri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1

Sistemsel Düşünme Beceri Alanları ve Beceriler

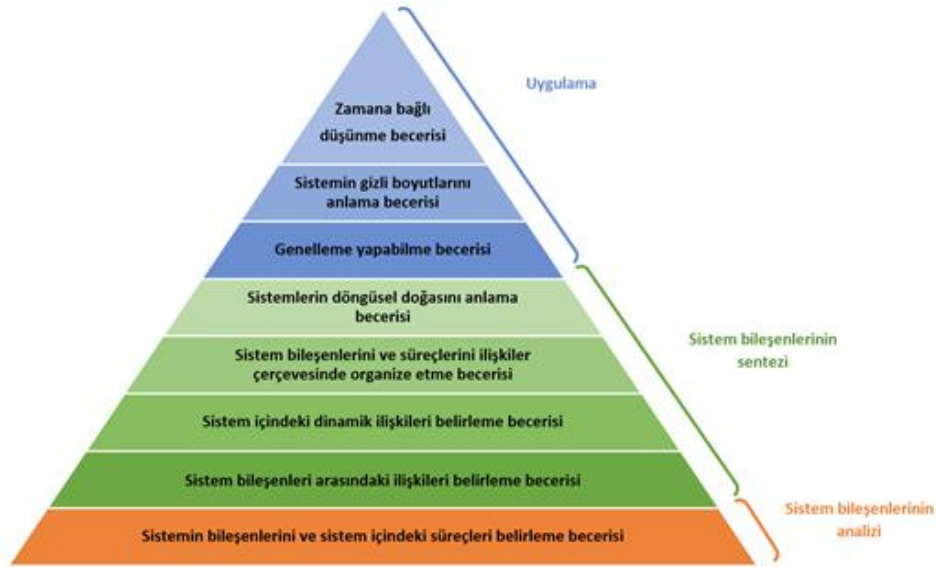
Beceri Alanı	Beceriler
1. Mantıksal yapı - Sistemik problemlere nasıl yaklaşılır?	1.1 Birden çok perspektifi keşfetme 1.2 Bütünü ve parçaları düşünme 1.3 Belirsizliğe etkili şekilde yanıt verme 1.4 Durumu uygun şekilde değerlendirme 1.5 Zihinsel modelleme ve soyutlamaları kullanma
2. İçerik - Sistemde neler var?	2.1 Sistemleri tanıma 2.2 Sistem sınırlarını bilme 2.3 Sistem elemanlarını farklılaştırma ve ölçme
3. Yapı - Sistem nasıl organize edilir?	3.1 İlişkileri tanımlama 3.2 İlişkilerin ayırt edici özelliklerini belirleme 3.3 Geri bildirim döngülerini tanımlama 3.4 Geri bildirim döngülerinin ayırt edici özelliklerini belirleme
4. Davranış - İçerik ve yapı etkileşime girdiğinde ne olur?	4.1 Geçmiş sistem davranışını tanımlama 4.2 Gelecekteki sistem davranışını tahmin etme 4.3 Zaman içindeki değişikliklere yanıt verme 4.4 Etki oluşturmak için gerekli noktaları kullanma

Not. Arnold & Wade, 2017, s.11' den alınmıştır.

Araştırmacılar, aynı zamanda her bir beceri için düşükten yükseğe doğru beş seviyeden meydana gelen gelişim basamakları oluşturmuşlardır. Bu gelişim basamaklarında bireylerde olması gereken özellikler tek tek tanımlanmıştır. Sistemsel düşünme becerileri ile sistemsel düşünebilen bireylerin sahip oldukları çeşitli bilişsel özelliklerin birbirine karıştırılmaması gerektiğine vurgu yapmışlardır.

Genel olarak bakıldığında farklı araştırmacıların tanımladığı sistemsel düşünme becerilerinin bazı noktalarda örtüştükleri görülebilir. Özellikle sistem davranışını anlama ve yorumlama becerilerinin, sistemin elemanları arasındaki ilişkileri kavramaktan geçtiği açıktır. Sistemsel düşünme becerileri ile karar verme becerilerinin ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada, sistem aktivitesi uygulanan öğrencilerden yüksek başarı gösteren öğrencilerin öncelikle sistemin yapısı ile ilgili anlama becerilerini, daha sonra geliştirme ve uygulamaya yönelik becerilerini ve son olarak sistemsel davranış hakkında verdikleri kararları değerlendirme becerilerini geliştirdikleri raporlanmıştır (Maani & Maharaj, 2004). Bu sonuç, akla bu becerilerin hiyerarşik olabilirliğini getirmektedir. Nitekim sistemsel düşünme becerilerini hiyerarşik bir model içerisinde tanımlayan Ben-Zvi Assaraf ve Orion

(2005) daha önce alanyazında yapılmış çalışmalarda raporlandırılmış toplam sekiz beceriyi üç seviye altında incelemişlerdir. "Sistemsel Düşünme Hiyerarşik Modeli" adını verdikleri model; Orgill vd. (2019) tarafından görselleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1

Sistemsel Düşünme Hiyerarşik Model Piramidi (Orgill vd., 2019, s. 2726).

Sistemsel düşünme hiyerarşik modelinde sistem bileşenlerinin analizi, sentezi ve uygulama olmak üzere üç beceri seviyesi belirlenmiştir. Modelde en altta ilk beceri olan sistemin bileşenlerini ve sistem içerisindeki süreçleri belirleme becerisi yer almaktadır. Bu beceri "sistem bileşenlerinin analizi" seviyesindedir. Görselde yeşil renk ile gruplanmış 4 beceri, sistem bileşenlerinin arasındaki ilişkiler üzerinedir ve "sistem bileşenlerinin sentezi" seviyesindedir. Son seviye olan uygulama seviyesinde ise 3 beceri yer almaktadır. Bu beceriler genelleme yapabilme, sistemin gizli boyut ve bileşenlerini anlama ve zamana bağlı düşünme olarak ifade edilmiştir. Bu becerileri anlamayı kolaylaştıracak sorular Orgill vd. (2019, s. 2727) tarafından aşağıdaki gibi hazırlanmıştır:

1. Sistemin bileşenlerini ve sistem içerisindeki süreçleri belirleme becerisi: Sistemin bileşenleri ve özellikleri nelerdir?
2. Sistem bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme becerisi: Sistemin hangi bileşenleri ilişkili ya da bağlantılıdır?
3. Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme becerisi: Sistemin bileşenleri nasıl ilişkilidir, zaman içerisinde birbirlerini nasıl etkilerler?
4. Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde organize etme becerisi: Bir sistem içindeki tüm ilişkiler nasıl birbirine bağlıdır?

5. Sistemin döngüsel doğasını anlama becerisi: Sistemin davranışında tekrar eden örüntüler nelerdir? Bu tekrar eden döngüsel davranışlara ne sebep oluyor olabilir?
6. Genelleme yapabilme becerisi: Bir sistemdeki genel örüntülerden hangileri diğer sistemlere uygulanabilir?
7. Sistemin gizli boyutlarını anlama becerisi: Sistemin davranışına hangi görünmez bileşenler ve süreçler katkıda bulunuyor olabilir?
8. Zamana bağlı düşünme becerisi: Geçmiş eylemler sistemin şu anki davranışını nasıl etkiledi? Şu an gerçekleşen eylemler sistemin gelecekteki davranışını nasıl etkileyebilir (tahmin etme)?

Araştırmacılar, sistemsel düşünme becerilerinin gelişimsel bir sıra izlediğini ve her beceri seviyesinin bir sonraki seviyede yer alan becerilerin geliştirilmesi için temel teşkil ettiğini vurgulamışlardır (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2010). Buna göre bir sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme becerisinde (analiz düzeyi) başarılı olamayan bir öğrencinin, sistemler hakkında anlık düşünmesi (uygulama düzeyinde) söz konusu olmayacaktır. Sistemsel düşünme hiyerarşik modelinin piramit yapıda olmasının nedeni ise ilk basamaklarda yer alan sistemsel düşünme becerilerine sahip öğrenci sayısının fazla ancak üst basamaklardaki becerilere sahip öğrenci sayısının daha az olmasıdır. Hiyerarşik modelde yukarı doğru ilerlerken, her basamakta daha az öğrenci ilgili becerileri gösterir. Elbette talep edilen, öğrencileri en üst seviyeye ulaştırarak sistemsel düşünen bireyler yetiştirmektir.

Her ne kadar "Sistemsel Düşünme Hiyerarşik Modeli" sistemsel düşünme ile ilgili en çok yararlanılan model olsa da alanyazında sistemsel düşünme becerilerini kategorize eden başka çalışmalara da rastlamak mümkündür. Bunlar arasında dikkat çekenlerden bir tanesine daha burada yer vermek bu becerilere farklı bakış açılarından bakabilmek adına faydalı olacaktır. Stave ve Hopper (2007), Bloom'un taksonomisindeki öğrenme kazanımlarının seviyeleriyle sistemsel düşünme becerilerinin özelliklerini karşılaştırarak "Sistemsel Düşünme Sürekliliği" adını verdikleri bir taksonomi geliştirmişlerdir. Buna göre sistemsel düşünme becerileri temel, orta ve ileri seviye olmak üzere üç seviyede incelenmiştir. Toplamda yedi beceriden oluşan bu beceriler bir sayı doğrusu üzerinde sıralanmış şekilde gösterilmiştir (Şekil 2). Bu modelde temel beceriler olarak öncelikle sistemin birleşenlerinin anlaşılması ve daha sonra geri bildirimlerin tanımlanmasının gerektiği belirtilmiştir. Orta seviyedeki beceriler sistemin dinamik davranışını anlama, değişken ve akış tiplerini ayırt etme ve kavramsal modeller kullanma becerileridir. Son olarak ileri seviye beceriler ise sistemin davranışlarına dair simülasyon modelleri oluşturma ve sistem bileşenlerinin değişmesi durumunda sistem davranışında ortaya çıkan değişikliklerin test edilmesi ve yorumlanması şeklindedir. Bu becerilerin Bloom taksonomisi ile nasıl örtüştüğü şekil üzerinde belirtilmiştir (Şekil 2). Bu yedi becerinin

ölçülmesi, Plate ve Monroe (2014) tarafından Amerikan Ulusal Eğitim İstatistikleri Merkezinin okuryazarlık için tanımladığı 4 yeterli seviyesi (Başlangıç seviyesinin altında, başlangıç, orta ve ileri) çerçevesinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Örneğin geri bildirimleri tanımlama becerisi için bakıldığında başlangıç seviyesinin altında yeterli gösteren bir birey geri bildirim bir sistemde oynadığı rol hakkında ya hiç bilgi sahibi değildir ya da çok az bilgi sahibidir. Aynı beceri için ileri seviyede yeterli gösteren birey ise bir sistemde farklı zamanlarda etki gösteren çoklu geri bildirim mekanizmalarının etkisini tahmin edebilir.



Şekil 2

Sistemsel Düşünme Sürekliliği (Stave & Hopper, 2007, s. 12)

Buraya kadar özetlenen sistem becerilerine genel olarak bakıldığında sistemsel düşünen bireylerin sahip olması gereken ortak beceriler olduğu sonucuna ulaşılabılır. Bunlardan sistemsel düşünmenin tanımında da yer alan bütüncül düşünme becerisi en dikkat çekendir. Diğerleri, sistem bileşenlerini ve aralarındaki gerek doğrusal gerek döngüsel ilişkileri kavrama, bu ilişkilerden yola çıkarak sistemlerin dinamik ve karmaşık eylemlerini anlama ve açıklama ile çeşitli sistem birleşenlerinin zamana bağlı değişiminin sistem davranışını nasıl etkileyeceği üzerine tahminlerde bulunma becerileridir. Bu becerilerin gelecek nesiller tarafından edinilmesi geçmişte verdiğimiz kararların sonucu olarak bugün karşılaştığımız sorunları (küresel iklim değişikliği, atık sorunu) çözmeleri için olduğu kadar yeni sorunlar ile karşılaşmalarına da engel olacak olması nedeniyle oldukça önemlidir.

Bireylerin, sistem düşünme becerilerini sadece deneyim yoluyla geliştirmedikleri bilinmektedir (Sweeney & Sterman, 2000). Öğretmenler, öğrencilerinin gelecekte karşılaşacakları dünyanın gerçekliğini daha iyi kavramaları için karmaşık ve zor görünen sistemleri öğrenme araçları olarak kullanabilirler. Sistemsel düşünme, öğrencilerin bütüncül olarak düşünmelerine, kendilerine sormaları gereken ve "farz edelim" ile

başlayan sorularının yanıtlarını bulabilmelerine yardımcı olur (Maani & Maharaj, 2004). Sistemsel düşünen bireylerin, 21. yüzyıl problemlerini çözme ve disiplinlerarası çalışma yapabilmeye başarılı olmaları beklenmektedir.

Sistemsel Düşünme Becerilerini Geliştirme

Sistemsel düşünme bilim, teknoloji ve günlük yaşamda üst düzey bir beceri olmasına rağmen fen eğitiminde sistemsel düşünme hakkında bilinenler sınırlıdır (Senge, 1990). Fen eğitimcileri, yaşam temelli bağlamlardaki sistemler hakkında öğrencilerin düşünmelerine en iyi şekilde olanak verecek etkinlikler geliştirmelidirler. Özellikle de alana özgü bilgiler ve açıklayıcı yorumların sistemler hakkında öğrenmeyi ne şekilde sağladıkları üzerinde de çalışılmalar yapılmalıdır (Penner, 2000).

Sistemsel düşünme özellikle kimya eğitiminde son yıllarda popüler bir konu olsa da aslında yeni bir kavram değildir. Öğrencilere sistemsel düşünme becerilerinin kazandırılması çalışmaları 1960'lı yıllara kadar dayanmaktadır. Forrester (1968), zamana bağlı karmaşık olguları anlamak amacıyla sistemsel düşünmenin bilgisayar modellemesi alanında "sistem dinamiklerini" oluşturmuştur. Değişkenler arasındaki karışık ilişkileri temsil eden, "değişim" kavramına dayalı simülasyonlar ve bilgisayar destekli modeller geliştirmiştir. Mandinach (1989) ve Steed (1992), bir bilgisayar yazılımı olan STELLA'nın (Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation – Animasyonlarla Sistemsel Düşünme Deneysel Öğrenme Laboratuvarı) sistem işleyişi ve parçaları arasındaki ilişkileri belirlemeye katkı sağladığını bildirmişlerdir. Dolayısıyla bu çalışmalar sistem dinamiklerini yani bir sistemi oluşturan elemanlar arasındaki ilişkileri ve onların sistemin bütününe nasıl etkilediklerini anlamayı geliştirmek amacıyla yapılmış çalışmalardır. Ayrıca Mandinach (1989), lise öğrencilerinin alana özgü bilgilerini ve problem çözme becerilerini geliştirmek amacıyla STELLA simülasyon-modelleme yazılımının kullanıldığı STACI (Systems Thinking and Curricular Innovation – Sistemsel Düşünme ve Öğretim Programı Yenilikçiliği) isimli projesini rapor etmiştir. Sistemsel düşünmeyi geliştirme amacı doğrultusunda geliştirilen başka bir bilgisayar destekli öğretim çalışması da Penner (2000) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Penner az sayıdaki ortaokul öğrencisini ani değişim olan sistemleri anlamaya çalışırken gözlemlenmiştir. Bu sistemlerde, parçalar arasında mikro düzeyde meydana gelen etkileşimler neticesinde makro düzeyli özellikler ortaya çıkmaktadır. Öğrencilerin bu sistemlerle ilgili ilk anlamaları ve sistemsel düşüncülerinin yansıttığı aşağıdaki yorumlar ortaya çıkmıştır:

1. Sistemin altında yatan tek bir nedensel kuvvet olmayabilir,
2. Mikro ve makro düzeydeki analizleri ayırt etmek,

3. Mikro düzeydeki küçücük bir değişimin makro düzeyde önemli değişimlere neden olabileceğini anlamak.

Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005), sekizinci sınıfta öğrenim gören 50 öğrencinin katılımıyla sistemsel düşünme becerilerini geliştirmek üzerine bir araştırma tasarlamışlardır. Deney grubu lehine, birçok öğrencinin sistemsel düşünme becerilerinin anlamlı düzeyde geliştiği; özellikle de deney grubu öğrencilerinin üçte birinin üst düzey sistemsel düşünme becerileri kazandıkları çalışmada araştırmacılar, "su döngüsü" hakkında bir öğretim programı geliştirmişlerdir. Bu program disiplinlerarası çevre odaklı 45 saatlik sorgulamaya dayalı etkinlik içermektedir ve "Mavi Gezegen" olarak adlandırılmıştır. Mavi Gezegen Öğretim Programı'nın esas özellikleri şu şekilde sunulmuştur:

- a. Gerçekçi bir Çevresel "Giriş Hikâyesinin" Tanımlanması – Programın giriş hikâyesi "Su kaynaklarımızı korumak için nasıl davranmalıyız?" sorusuydu. Soruyu cevaplamak amacıyla öğrencilerin Dünya sistemleri ile her bir sistemle insanlar arasındaki ilişkileri araştırmaları gerekmektedir.
- b. Anlamlı Öğrenme için Bir Bağlam Olarak Gerçek Dünya Olgusu – Okul dışı öğrenme ortamları programın merkezi bir parçası olmuştur. Program süresince öğrenciler bir su kaynağı, bir dikt mağarası, yakınlarda kirli bir nehir ve bir su arıtma tesisini araştırmışlardır.
- c. Dünya'daki Su Sisteminin Bütüncül Doğasını Anlamak – Su döngüsünün bileşenlerini araştırmak bileşenler arası ve bileşenlerle insanlar arasındaki ilişkileri anlamayı gerektirir. Farklı mekanlardan alınan su örneklerinin kalitelerini kıyaslayan öğrenciler "Çeşmeden içtiğimiz suyla satın aldığımız içme suyu arasındaki fark nedir?" "Dünyadaki suyun özellikleri nelerdir?" ve "İçtiğimiz yeraltı sularını kim etkiliyor?" şeklinde günlük hayatla ilgili soruları da sınıfta tartışmışlardır.
- d. Bilgi-Entegrasyon Etkinlikleri – Öğrenciler dinamik ve döngüsel bir sistem olarak su döngüsünü yapılandırmaları için kavram haritaları, çizimler ve okul dışı etkinlikleri özetleme gibi entegrasyon etkinliklerine katılmışlardır.

Sonuç ve Tartışma

Sistemsel düşünme yaklaşımı; genel özellikleri itibarıyla bütüncül bir yaklaşım olması, kavram öğrenimini ön planda tutması, küresel sorunlara çözüm bulmada yol gösterici olması ve bilimsel okur-yazar bireyler yetiştirme gibi hedefleri destekleyen bir öğrenme yaklaşımı olması sebebiyle ciddi bir potansiyele sahiptir (Richmond, 1993). Bu noktada eğitim sistemlerindeki değişim ve dönüşümün bu anlamda anahtar kavramlarından biri

olma ihtimali yüksektir (Mandinach & Cline, 1993). Amerika, Kanada ve Almanya gibi farklı ülkelerde bu konularla ilgili çalışmalar yapan bilimsel ekipler olduğu alanyazında görülmektedir (Orgill vd., 2019; Mahaffy vd., 2018; Schuler vd., 2018). Yukarıda da ayrıca ilgili başlıklarda sistemsel düşünme becerileri detaylıca açıklanmıştır. Bu becerilerin günümüz toplumu için önemi yadsınamayacak bir gerçekliktir.

Sistemsel düşünme yaklaşımı, güncel yaklaşımlardan biri olan STEM eğitimi yaklaşımı ile ilişkisi bağlamında genel olarak değerlendirilebilir. STEM eğitimi yaklaşımında kullanılan mühendislik tasarım süreci, teorik çerçevesi ile bir tasarım sürecine girilerek bir ürün oluşturulmaktadır (Moore vd., 2013). STEM eğitim yaklaşımının özellikleri şu şekilde sıralanmıştır (Akarsu vd., 2020): Disiplinlerarası bir yaklaşımdır. Gerçek hayattan sosyal değeri olan ilginç bir bağlam ile kurgulanır. Mühendislik tasarım sürecini (MTS) kullanır. Kanıta dayalı karar verme sürecini içerir. Tekrarlı bir tasarım sürecini içerir. Öğrenme adım adım yapılandırılır. Hatalardan öğrenilir. Ürün değil süreç odaklı bir eğitimi içerir. Çözümde çeşitliliğe ve farklı alternatif cevaplara izin verir. Öğrenciler gruplar hâlinde çalışır. STEM eğitimi yaklaşımının ürün, süreç ve tasarım odaklı olduğu açıkça söylenebilir (Aranda vd., 2020). Bu özellikleri sebebiyle güncel fen programında da kendine yer bulmuştur (Elmas & Gül, 2020). STEM eğitim yaklaşımının eğitim süreçlerine bakıldığında daha çok uygulama için gerektiği kavram öğrenimi gibi bir husus da vardır (Kelley & Knowles, 2016). Yani doğrudan kavram öğreniminden ziyade gerektiği kadar kavram öğrenimi mevcuttur (Aranda vd., 2020). Sistemsel düşünme bu kısmın ötesinde ürünlerin sistem içindeki yerini, görevini ve bütün ile olan ilişkisini de vurgulaması açısından sürece daha geniş bir perspektiften bakmaktadır (Mahaffy vd., 2018). Ayrıca sistem düşüncesinde kavramların öğrenimi için her seferinde bir uygulama ile eşleştirilmesi gibi bir kaygı yoktur.

Sistemsel düşünme yaklaşımının STEM eğitimi yaklaşımından bir diğer farkı ise çoklu bağlam kullanımındır (Elmas, 2020). Burada çoklu bağlam kullanımından kasıt, verilecek olan fen ile ilgili bilgilerin sistemin bütünü için birden çok bağlam kullanılarak tasarlanan bir öğrenme ortamında öğrenciye sunulmasıdır. STEM eğitimi yaklaşımında genellikle tek bir bağlamda kurgulanan sorunun çözümü için yapılan tasarım üzerinden ürün gelişimi vardır. Sistem düşüncesi yaklaşımında ise bir konu çok farklı bağlamlar kullanılarak farklı boyutlarda değerlendirmelere tabii tutulur (Bir örneği için: Orgill vd., 2019). Tabii ki bu sistemin bütüncül bir şekilde anlaşılması için önemlidir. Sistem düşüncesinin STEM alanlarında nasıl uygulanacağını alanyazında birçok örneği bulunmaktadır (York vd., 2019).

Belirtilen özelliklerden de açık bir şekilde anlaşılmaktadır ki böyle bir sistemin fen eğitiminde kullanımında bağlam kullanımı kaçınılmaz görünmektedir (Kali vd., 2003). Bu noktada sistemsel düşünme yaklaşımının bağlam temelli öğrenme ile ilişkisi gündeme

gelmektedir. Bağlam temelli öğrenme yaklaşımına ders tasarımından soru tasarımına kadar birçok çalışmada yer verilmiş ve alanyazında ciddi sayıda çalışma, bu yaklaşımın eğitim süreçlerinde etkili olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Çiğdemoğlu & Geban, 2015; Peşman & Özdemir, 2012; Elmas & Geban, 2016; Elmas & Eryılmaz, 2015). Sistemsel düşünme yaklaşımında bağlamın kullanılacağı açıktır ama bağlam temelli yaklaşımın rutin uygulamalarından farklı olarak sistemsel düşünme bir olayı bütünlemesine ele aldığı için yukarıda açıklandığı gibi çoklu bağlam kullanımına ihtiyaç duymaktadır (Elmas, 2020; Orgill vd., 2019; Gilissen vd., 2020). Bu konuya güncel bir örnek olarak sistem düşüncesi ve bağlam temelli yaklaşımın birlikte kullanıldığı insan sağlığı ve refahı konusunun ele alındığı çalışma verilebilir (Armstrong & Poë, 2020). İlgili çalışmada sistem düşüncesinin bütünleştirici özelliği bağlam temelli bir yaklaşım kullanılarak öğrenciye sunulmuştur. Ayrıca sistemsel düşünmenin sürece daha bütünsel baktığı ve sistemi anlama çaba ve gayretinden dolayı farklı boyutları ele alarak ilerlediği görülmektedir. Sistem düşüncesi yaklaşımının sadece fen alanlarında kullanılabilmesi gibi bir yanılgıya da düşülmemesi gerekir. Sosyal ve ekonomi gibi alanlarda da kullanımına rastlamak mümkündür (Davidsen vd., 1993; Zaraza, 1995).

Çıkar Çatışması Bildirimi

Yazarlar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

KAYNAKÇA

- Akarsu, M., Okur Akçay, N., & Elmas, R. (2020). STEM eğitimi yaklaşımının özellikleri ve değerlendirilmesi. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 37, 155-175.
- Aranda, M. L., Lie, R., & Guzey, S. S. (2020). Productive thinking in middle school science students' design conversations in a design-based engineering challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(1), 67-81.
- Aranda, M. L., Lie, R., Guzey, S. S., Akarsu, M., Johnston, A., & Moore, T. J. (2020). Examining teacher talk in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education*, 50(2), 469-487.
- Armstrong, D., & Poë, J. C. (2020). The science of human health—a context-based chemistry course for non-science majors incorporating systems thinking. *Journal of Chemical Education*, 97(11), 3957-3965.
- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669-678. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050>

- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2017). A complete set of systems thinking skills. *Insight*, 20(3), 9-17. <https://doi.org/10.1002/inst.12159>
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2010). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1253-1280.
- Boardman, J., & Sauser, B. (2008). *Systems thinking*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420054927>
- Çiğdemoğlu, C., & Geban, Ö. (2015). Improving students' chemical literacy levels on thermochemical and thermodynamics concepts through a context-based approach. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 302-317.
- Davidson, P. I., Bjurklo, M., & Wikström, H. (1993). Introducing system dynamics in schools: the Nordic experience. *System Dynamics Review*, 9(2), 165-181.
- Elmas, R., & Eryılmaz, A. (2015). Bağlam temelli fen soru yazımı: Kriterler ve efsaneler. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, 8(4), 564-580.
- Elmas, R., & Gül, M. (2020). STEM Eğitim yaklaşımının 2018 fen bilimleri öğretim programı kapsamında uygulanabilirliğinin incelenmesi. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 5(2), 224-247.
- Elmas, R. (2020). Bağlamın anlamı ve nitelikleri ve öğrencilerin fen eğitiminde bağlam tercihleri. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 5(1), 53-70.
- Elmas, R., & Geban, Ö. (2016). The effect of context-based chemistry instruction on 9th grade students' understanding of cleaning agents topic and their attitude toward environment. *Eğitim ve Bilim*, 41(185), 33-50.
- Elmas, R., Öztürk, N., Irmak, M., & Cobern, W. W. (2014). An investigation of teacher response to national science curriculum reforms in Turkey. *International Journal of Physics & Chemistry Education*, 6(1), 2-33.
- Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2009). An investigation of the potential of interactive simulations for developing system thinking skills in elementary school: a case study with fifth-graders and sixth-graders. *International Journal of Science Education*, 31(5), 655-674.
- Forrester, J. W. (1968). *Principles of systems*. Wright-Allen Press.

- Forrester, J. W. (1994). System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*, 10(2-3), 245-256.
- García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Science & Education*, 29(2), 443-463.
- Gilissen, M. G., Knippels, M. C. P., & van Joolingen, W. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 42(8), 1253-1280.
- Gould-Kreutzer, J. M. (1993). Foreword: System dynamics in education. *System Dynamics Review*, 9(2), 101-112.
- Kali, Y., Orion, N., & Eylon, B. S. (2003). Effect of knowledge integration activities on students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 545-565.
- Karaarslan Semiz, G., & Teksöz, G. (2020). Developing the systems thinking skills of pre-service science teachers through an outdoor ESD Course. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 20(4), 337-356.
- Karaaslan-Semiz, G., & Teksöz, G. (2019). Sistemsel düşünme becerilerinin tanımlanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi üzerine bir çalışma: Kavram haritaları. *Başkent University Journal of Education*, 6(1), 111-126.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- Kopainsky, B., Alessi, S. M., & Davidsen, P. I. (2011). Measuring Knowledge Acquisition in Dynamic Decision Making Tasks. In *The 29th International Conference of the System Dynamics Society* (pp. 1-31). Washington, DC.
- Liu, L., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(9), 1023-1040.
- Logan M. (2020) Challenging the Anthropocentric Approach of Science Curricula: Ecological Systems Approaches to Enabling the Convergence of Sustainability, Science, and STEM Education. In: Cutter-Mackenzie-Knowles A., Malone K., Barratt Hacking E. (eds) *Research Handbook on Childhoodnature. Springer International Handbooks of Education*, p. 1181-1208. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67286-1_99
- Maani, K. E., & Maharaj, V. (2004). Links between systems thinking and complex decision making. *System Dynamics Review*, 20(1), 21-48. <https://doi.org/10.1002/sdr.281>

- Mahaffy, P. G., Krief, A., Hopf, H., Mehta, G., & Matlin, S. A. (2018). Reorienting chemistry education through systems thinking. *Nature Reviews Chemistry*, 2(4), 1-3.
- Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Holme, T. A., & MacKellar, J. (2019). Systems thinking for education about the molecular basis of sustainability. *Nature Sustainability*, 2(5), 362-370.
- Mandinach, E. B. (1989). Model-building and the use of computer simulation of dynamic systems. *Journal of Educational Computing Research*, 5(2), 221-243. <https://doi.org/10.2190/7w4f-xy0h-l6fh-39r8>
- Mandinach, E. B., & Cline, H. F. (1993). Systems, science, and schools. *System Dynamics Review*, 9(2), 195-206.
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A Primer*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing.
- Moore, T. J., Miller, R. L., Lesh, R. A., Stohlmann, M. S., & Kim, Y. R. (2013). Modeling in engineering: The role of representational fluency in students' conceptual understanding. *Journal of Engineering Education*, 102(1), 141- 178.
- Nagarajan, S., & Overton, T. (2019). Promoting systems thinking using project-and problem-based learning. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2901-2909.
- Orgill, M. K., York, S., & MacKellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720-2729. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00169>
- Pazicni, S., & Flynn, A. B. (2019). Systems Thinking in Chemistry Education: Theoretical Challenges and Opportunities. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2752-2763.
- Penner, D. E. (2000). Explaining systems: Investigating middle school students' understanding of emergent phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 784-806. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200010\)37:8<784::AID-TEA3>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200010)37:8<784::AID-TEA3>3.0.CO;2-E)
- Peşman, H., & Özdemir, Ö. F. (2012). Approach-method interaction: The role of teaching method on the effect of context-based approach in physics instruction. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2127-2145.
- Ponto, C. F., & Linder, N. P. (2011). *Sustainable tomorrow: A teachers' guidebook for applying systems thinking to environmental education curricula*. Association of Fish & Wildlife Agencies.

- Richmond, B. (1993). Systems thinking: Critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review*, 9(2), 113-133. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203>
- Richmond, B. (1994). Systems Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It. In *International Systems Dynamics Conference*. Sterling, Scotland.
- Richmond, B. (1997). The "Thinking" in systems thinking: How can we make it easier to master? *Systems Thinker*, 8(2), 1-5.
- Ritchie, T. A. (2017). *Developing and Measuring Systems Thinking Skills in Students and Teachers* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Florida.
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess, W. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD)-a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(2), 192-204.
- Şenaras, A. E., & Sezen, H. K. (2017). Sistem düşüncesi. *Journal of Life Economics*, 4(1), 39-58.
- Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art & practice of the learning organization*. Currency Doubleday. <https://doi.org/10.1201/9780429196607-10>
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Random House, London, UK.
- Squires, A., Wade, J., Dominick, P., & Gelosh, D. (2011). Building a Competency Taxonomy to Guide Experience Acceleration of Lead Program Systems Engineers. In *9th Annual Conference on Systems Engineering Research (CSER)* (pp. 1-10). Redondo beach, CA.
- Stave, K. A., & Hopper, M. (2007, July 29 - August 2). *What Constitutes Systems Thinking? A Proposed Taxonomy* [Conference presentation]. 25th International Conference of the System Dynamics Society, Boston, MA, United States. <https://systemdynamics.org/wp-content/uploads/assets/proceedings/2007/2007proceed.html>
- Sweeney, L. B., & Sterman, J. D. (2000). Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamics Review*, 16(4), 249-286. <https://doi.org/10.1002/sdr.198>
- Tecim, V. (2004). Sistem yaklaşımı ve soft sistem düşüncesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(2), 75-100.

The nine planetary boundaries. (2021). Retrieved March 22, 2021, from <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html>

UNDP Türkiye. (2021). Retrieved March 22, 2021, from <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home.html>

Verhoeff, R. P., Knippels, M. P. J., Gilissen, M. G. R., & Boersma, K. T. (2018). The theoretical nature of systems thinking. Perspectives on systems thinking in biology education. *Frontiers in Education*, 3(40). Sayfa? <https://doi.org/103389/feduc.2018.00040>

York, S., Lavi, R., Dori, Y. J., & Orgill, M. (2019). Applications of systems thinking in STEM education. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2742-2751.

Zaraza, R. (1995). Systems thinking in the classroom. *Curriculum Technology Quarterly*, 5(1). www.ascd.org/publications/ctq/1995fall/zaraza.html

