



Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Organik Kimyadaki Öğrenmelerinin SOLO Taksonomisine Göre İncelenmesi: Aromatik Bileşiklerin Tepkimeleri Konusu¹

Investigation of Pre-Service Science Teachers' Learning in Organic Chemistry According to SOLO Taxonomy: The Case of Aromatic Compound Reactions

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

Öz. Öğrencilerin, kavramlarla ilgili öğrenmelerini değerlendirmede kullanılan araçlardan biri SOLO taksonomisidir. Bu çalışmada organik kimyanın temel konularından biri olan aromatik bileşiklerin tepkimelerine ilişkin, fen bilgisi öğretmen adaylarının SOLO Taksonomisine göre öğrenme düzeyleri ve zorluklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Kesitsel tarama modeli olarak yürütülen araştırmada, Ege bölgesindeki bir üniversitenin Fen Bilgisi eğitiminde 2016-2017 öğretim yılında öğrenim gören öğretmen adaylarına (N= 89), açık uçlu olarak yönetilen altı sorunun analizi yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen veriler, öğretmen adaylarının tüm sorularda en yüksek yüzdesinin yapı öncesi aşamasında olduğunu göstermektedir. Araştırmanın bulguları aynı zamanda, öğretmen adaylarının özellikle "orto-para ve meta" yönlendirici gruplara göre aromatik bileşiklerin tepkimelerini yazma ile Friedel-Crafts alkilleme- açillemesi ve yan zincir yükseltgenmesi tepkimelerinde ilişkilendirilmiş yapı seviyesinin altında kaldığını göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Aromatik bileşikler, fen bilgisi öğretmen adayları, SOLO taksonomisi

Abstract. One of the tools used in evaluating students' learning of concepts is SOLO taxonomy. This study aimed to investigate pre-service science teachers' levels of learning and learning difficulties in the context of SOLO taxonomy about the reactions of aromatic compounds, a topic that is among the most basic in organic chemistry. The study was conducted in cross-sectional survey design and an analysis was conducted of responses to six open-ended questions asked of pre-service teachers (N=89) enrolled in the Science Education Department of a university in the Aegean region of Turkey during the 2016-2017 academic year. The data obtained from the research revealed that the highest percentages of the pre-service teachers' responses to all of the questions corresponded to the "pre-structural" level. Also, the results of the study indicated that the pre-service teachers could not reach the "relational" level in writing out the aromatic compound reactions particularly according to "ortho, para, and meta" directing group, Friedel-Crafts alkylation-acylation, and side-chain oxidation reactions,

Keywords: Aromatic compound, pre-service science teachers, SOLO taxonomy

¹ Bu çalışma 2. Uluslararası Eğitimde İyi Uygulamalar ve Yenilikler Konferansında (INOVED 2017) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

SUMMARY

Introduction

Organic chemistry is widely perceived as difficult due to a variety of reasons that include its intrinsic hierarchical structure, its reference to a vast number of molecules of different structures, the fact that chemical activity varies according to these qualities, and the complexity of the symbolic representation that is so much a part of the discipline (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014; Ferguson & Bodner; 2008). The aromatic compounds are central to organic chemistry. For this reason, ensuring that students achieve a meaningful understanding of the reactions of aromatic compounds will contribute to the development of the skills of multi-directional thinking, association and problem-solving. Consequently, determining the quality of students' learning of the various concepts or phenomena in Organic Chemistry gains even more importance. One of the instruments used in the quantitative and qualitative evaluation of student learning is SOLO taxonomy (Leung, 2000). However, when research on chemistry education is reviewed, it can be seen that studies related to SOLO taxonomy are both few in number and also pursue different aims. It is because of this that a need has emerged for conducting studies that will help to determine students' learning levels regarding the basic reactions and concepts of especially Organic Chemistry through the benefits provided by SOLO taxonomy.

This study aimed to make use of SOLO taxonomy to determine the difficulties pre-service science teachers experience in learning about the reactions of aromatic compounds. Toward this objective, answers were sought in the study to the following questions:

- At what level of learning according to SOLO Taxonomy are pre-service Science Teachers with regard to learning the topic of aromatic compound reactions?
- Which aspects of aromatic compound reactions give pre-service Science Teachers the most difficulty in their learning?

Method

The study was conducted as a cross-sectional survey design, and the data of the study were collected through a document review. The data comprised the responses to six open-ended questions on aromatic compound reactions by second-year pre-service teachers (N=89) enrolled in the Science Education Department of a Faculty of Education in Turkey during the 2016-2017 academic year. The dual-coding method defined by Miles and Huberman (1994) was used in the analysis of the data. For this purpose, a faculty member expert in the field of Organic Chemistry and the researcher independently classified the responses of the pre-service science teachers according to the levels defined in SOLO taxonomy. In the last stage of the data analysis, the percentage of agreement was calculated as 0.84 using Miles and Huberman's (1994) reliability formula.

Results

In the light of research questions, the results of the analysis of the responses given to the questions by the pre-service science teachers were examined.

In the first question, it was seen that 48.3% of the pre-service science teachers had difficulty forming meaningful associations about the halogenation of aromatic compounds and side-chain oxidation reactions, producing answers that corresponded to the pre-structural level. Of the pre-service science teachers, 7.9% were only able to write down the chlorination of toluene, which left them at the uni-structural level.

In the second question, more than half of the pre-service science teachers associated Friedel-Crafts acylation, ketone reduction and bromination reactions with each other but were challenged in making sense of it all. A group of 17.9% of the pre-service science teachers were able to write down the reactions separately but instead of thinking about the meta-directing effect

of the carbonyl group, they concentrated on the ortho- or para-directing characteristics of bromine, thus remaining at the multi-structural level.

In the third question that the pre-service science teachers were asked, their task was to write down the reaction related to obtaining *o*-bromobenzenesulfonic acid from benzene, but in their pre-structural responses, it was observed that they looked at the product and tended to write down other reagents that could enter into a reaction with benzene. For example, the fact that the pre-service science teachers considered synthesis as a single step and wrote down SO_3H , Br_2 , H_2SO_4 as a reagent indicated that not only did they not think of this reaction from a multifaceted outlook but they were also unable to differentiate the types of reactions.

In the fourth question, 12.4% of the pre-service science teachers could only write down the nitration of benzene or bromination of benzene, thus remaining at the uni-structural level. In the answers on the multi-structural level, the pre-service science teachers were not able to correctly associate the directing effects as in the other questions. For example, PST-15 first wrote down benzene's bromination reaction and then its nitration reaction but instead of pointing out the ortho- and para-directing effects of bromine, the student put down the product according to the meta-directing effect of the Nitro group.

In the fifth question, the pre-service science teachers were asked to write down the reactions that produced benzoic acid from benzene. It was this question to which the pre-service science teachers provided the highest percentage, of pre-structural level answers, at a rate of 73%. A group of 16.8% of the pre-service science teachers only wrote down the oxidation of alkyl benzene. This result showed that they were unable to mentally construct the transition from benzene to alkyl benzene.

In the sixth question, a large majority (68.5%) of the pre-service science teachers provided answers that represented the pre-structural level. This finding indicates that the pre-service science teachers had difficulty with identifying and applying Friedel-Crafts acylation/alkylation.

Discussion and Conclusion

In conclusion, the results of our study revealed that the highest percentage representing the pre-service science teachers' level corresponded to the pre-structural level. This shows that the pre-service science teachers had difficulty with identifying aromatic compound reactions and consequently failed to form meaningful associations. Also, it was determined that the pre-service science teachers were challenged with higher-level reactions such as Friedel-Crafts alkylation, acylation, ketone reduction and side-chain oxidation reactions but that they could more easily form associations in the case of reactions such as halogenation.

GİRİŞ

Organik kimya, sadece kimya ile ilgili alanlar için değil mühendislik, tıp ve eczacılık gibi diğer meslekler içinde temel derslerden birisidir. Bu nedenle, bu alanlarda çalışacak bireylerin organik kimya alanında bilgilerini iyi yapılandırmış olması ve üst düzey bir anlama düzeyine sahip olmaları son derece önem taşımaktadır (Eticha & Ochonogor, 2015). Ancak organik kimya ile ilgili yürütülen araştırmalarda, bu dersin farklı öğrenim seviyelerindeki pek çok öğrenci için zor bir ders olarak algılandığı ve öğrencilerin çoğunun organik kimya konularında kavramsal zorluklarının olduğu belirlenmiştir (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014; Flynn, 2015; Karslı & Yiğit, 2017; Şendur, 2012; Şendur & Toprak, 2013). Bu durumun başlıca nedenleri olarak, organik kimya içerisinde geçen terim ve adlandırmaların diğer kimya konularından farklılık göstermesi, organik kimyanın kendi içerisinde aşamalı bir yapıya sahip olması, içeriğinde çok sayıda farklı yapısal özelliklerdeki moleküllerin olması, bu özelliklere bağlı olarak kimyasal etkinliklerinin değişmesi, moleküllerin üç boyutlu yapıları ile incelenmesi, sembolik gösterimlerin ağırlıkta olması ve bu gösterimlerin anlamlarının tam olarak anlaşılabilmesi şeklinde ifade edilmektedir (Cruz-Ramirez de Arellano & Towns, 2014; Duffy, 2006; Ferguson & Bodner, 2008; Grove, Cooper & Rush, 2012).

Organik kimya, içerik açısından son derece geniş bir alana sahip olup, aromatik bileşiklerin; elektrofilik aromatik süstitüsyon gibi bu molekül sınıfına özgü tepkimeleri vermesi ve organik kimyanın farklı molekül sınıfları ile arasındaki ilişkilerin daha kapsamlı kurulmasını sağlayan çok basamaklı sentez tepkimelerini içermeleri; merkezi bir konuma sahip olmasını sağlamıştır (Balaban, Oniciu & Katritzky, 2004; Krygowski & Cyranski 2001). Bu nedenle, öğrenenlerin aromatik bileşiklerin tepkimeleri konusunda anlamlı öğrenmeye sahip olmaları, organik kimyanın doğası gereği çok yönlü düşünme, ilişkilendirme ve problem çözme becerilerinin gelişmesine katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, özellikle öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin tepkimelerine ilişkin anlamlı bağlantılar kurup kuramadıklarının, bir bütün içerisinde ele alınması önem taşımaktadır. Hodges ve Harvey (2003), öğrencilerin belirli kavram veya olaylara ilişkin öğrenme düzeylerinin belirlenmesinde standart araçların yararlı olduğunu ancak bunların öğrenci öğrenmelerinin derinliğini belirlemede yetersiz kaldığını ifade etmiştir. Bu nedenle, Hodges ve Harvey (2003), organik kimya derslerinde öğrenci öğrenmelerinin niteliğini değerlendirmede farklı yollara başvurabileceğini, bunlardan birinin de SOLO taksonomisi olduğunu ifade etmişlerdir.

SOLO (*Structure of Observed Learning Outcomes*) taksonomisi, Biggs ve Collis (1982) tarafından gözlenebilir öğrenme çıktılarının yapısını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş bir model olup, özellikle öğrencilerin kavramlara ilişkin öğrenmelerini değerlendirmede son derece etkili bir araç olarak kullanılmaktadır (Akbaş-Ertem, 2016; Groth & Bergner, 2006). Bu taksonomi, öğrencilerin verdikleri cevapları, yapılandırma düzeylerine göre; “yapı öncesi”, “tek yönlü yapı”, “çok yönlü yapı”, “ilişkilendirilmiş yapı” ve “soyutlanmış yapı” olmak üzere beş seviyede incelemektedir. Bu seviyelerden en alt düzey olan yapı öncesi düzeyde, öğrencinin verdiği cevabın çözmeye çalıştığı soru ile ilişkisi yoktur (Brabrand & Dahl, 2009). Tek yönlü yapı düzeyinde, öğrenci kendisine yöneltilen sorunun tek bir yönüne odaklanmakta, bütün içindeki yerini kavrayamamaktadır (Groth & Bergner, 2006). Çok yönlü yapı düzeyine geçildiğinde ise, öğrenci cevaba ilişkin birden fazla noktaya odaklanmakta ancak bunlar arasında bir bağlantı kuramamaktadır (Padiotis & Mikropoulos, 2010). İlişkilendirilmiş yapı düzeyinde, öğrenci cevaba ilişkin birden fazla noktaya odaklanmakla birlikte, bunları bir bütün içerisinde ilişkilendirebilmektedir (Weyers, 2006). SOLO taksonomisinin en yüksek seviyesi olan soyutlanmış düzeyde, öğrenci mevcut bilgilerin ötesinde, farklı bir konuya ya da yeni bir alana genellemeler yapabilmektedir (İlhan, 2015). SOLO taksonomisinin bu seviyeleri incelendiğinde, “yapı öncesi”, “tek yönlü yapı”, “çok yönlü yapı” seviyelerindeki öğrenmelerin yüzeysel olduğu, niteliksel olarak değil ancak niceliksel bir artışın olduğu; “ilişkilendirilmiş yapı” ve “soyutlanmış

yapı” düzeylerinde ise derin öğrenmelerin gerçekleşip; niteliksel olarak da bir artış meydana geldiği anlaşılmaktadır (Brabrand & Dahl, 2009). Bu bağlamda, SOLO taksonomisi öğrenci öğrenmelerinin hem niceliksel hem de niteliksel değerlendirmesine olanak sağlayabilmektedir (Leung, 2000). Tablo 1’de SOLO taksonomisinin düzeylerine, bu düzeylerin özellik ve gösterge fiillerine yer verilmiştir.

Tablo 1. SOLO taksonomisinin düzeyleri ve bu düzeylerin özellikleri

	Düzye	Özellikleri	Gösterge Fiiler
Niceliksel	SOLO 1 Yapı Öncesi (YÖ)	Konu ile ilişkisiz, anlamsız ve dağınık bilgi parçalarının kullanımı söz konusudur.	—
	SOLO 2 Tek Yönlü Yapı (TYY)	Ele alınan olay ya da problemin tek yönüne odaklanma vardır. Bu yüzden cevaplar sınırlı ve eksiktir.	Açıklamak, tanımlamak, ezberlemek, adlandırmak, sıralamak
	SOLO 3 Çok Yönlü Yapı (ÇYY)	Verilen cevaplarda birbirinden bağımsız bilgi parçaları mevcuttur. Ancak bu parçalar arasında bir ilişkilendirme yapılamamıştır.	Birleştirmek, sınıflandırmak, listelemek, seçmek, planlamak,
Niteliksel	SOLO 4 İlişkilendirilmiş yapı (İY)	Bilgi parçalarının birbiri ile ilişkilendirilerek, bir bütün içinde anlamlandırılması söz konusudur. Cevaplarda tutarlılık vardır.	Analiz etmek, karşılaştırmak, ilişkilendirmek, nedenleri açıklamak, bir problemi çözmek
	SOLO 5 Soyutlanmış Yapı (SY)	Mevcut bilgilerin farklı bakış açılarından ele alınıp, yeni alanlara aktarımı söz konusudur.	Kuram oluşturmak, genellemeler yapmak, tahmin etmek, hipotez kurmak, derinlemesine incelemek.

Hiyerarşik bir yapının olduğu SOLO taksonomisinde, her seviye kendinden önceki seviyelerde kazanılan becerileri içermektedir. Örneğin, SOLO taksonomisinin en yüksek seviyesi olan soyutlanmış yapı düzeyi (SOLO 5), kendinden önceki dört alt seviyeyi içermektedir (Tomperi, 2016). Bu durum SOLO taksonomisine uygun bir şekilde soru yazımı gerçekleştirildiğinde de söz konusudur. Tablo 2’de SOLO taksonomisinin 4 basamağına karşılık gelen soru örnekleri gösterilmiştir.

Tablo 2. SOLO taksonomisinin seviyelerine göre soru örnekleri (Tomperi, 2016)

SOLO Seviyesi	Örnek Soru
Tek yönlü yapı	Suyun kimyasal formülü nedir?
Çok yönlü yapı	Suyun özellikleri nelerdir?
İlişkilendirilmiş yapı	Suyun kimyasal yapısı, özellikleri ile nasıl ilişkilidir?
Soyutlanmış Yapı	Suyu arıtmak için farklı yöntemler geliştiriniz

SOLO taksonomisinin öğretim sürecinde kullanımı, bazı avantajlar sağlamaktadır. Bunlardan birisi de öğrencinin kendisine verilen problem durumunu nasıl anladığını ve bunun çözümüne ilişkin nasıl bir yol izlediğine önem vermesi ve bu doğrultuda da öğrenme zorluklarının belirlenmesine ışık tutmasıdır (Hattie & Purdie, 1998; Jimoyiannis, 2011). Nitekim, Hodges ve Harvey (2003), SOLO taksonomisinin, öğrenci öğrenmelerindeki zorluk veya karıştırılan noktaların analiz edilmesinde; öğrencilerin spesifik konulara ilişkin anlama düzeylerindeki değişimin takip edilmesinde son derece etkili bir araç olduğunu ifade etmiştir. Özellikle, organik kimya gibi içeriğinde çok sayıda birbiri ile ilişkili soyut kavram, üç boyutlu yapı ve sembolik gösterimlerin yer aldığı bir disiplinde, öğrencilerin öğrenme zorlukları belirlenmesi, uygun öğretim stratejilerinin sınıf ortamında uygulanmasına ve öğrencilerden oluşabilecek alternatif kavramların önüne geçilmesine yardımcı olacaktır. Bu durum öğrencilerin organik kimya konularını ezbere öğrenme yerine, anlamlı bir şekilde öğrenmesine de katkı sağlayabilecektir. Özellikle ileride öğretmen olacak, fen bilgisi öğretmen adaylarının da sahip oldukları temel organik kimya kavramları açısından anlamlı bir yapıya sahip olması biyoloji gibi fen bilimlerinin diğer alanları arasında bağlantı kurmalarına yardımcı olabilmesi açısından önem taşımaktadır.

SOLO taksonomisi ile yürütülen araştırmalar incelendiğinde, bu araştırmaların ilköğretimden yükseköğretime kadar farklı eğitim kademelerinde ve farklı derslerde uygulandığı görülmektedir (Groth & Bergner, 2006; Jimoyiannis, 2011). Bu araştırmaların organik kimya dersindeki uygulamaları incelendiğinde ise, bu çalışmaların hem sınırlı hem de farklı amaçlar doğrultusunda yürütüldüğü anlaşılmaktadır. Örneğin, Holbrook (1989) yürüttüğü araştırmada, SOLO taksonomisine uygun kimya sorularının yazımını incelerken; Flynn (2015), ters-yüz edilmiş sınıf modelini incelediği araştırmasında, organik kimya derslerinin öğrenme çıktı ve etkinliklerini SOLO taksonomisine uygun bir şekilde planlamıştır. Benzer bir şekilde, Stoyanovich, Gandhi ve Flynn (2015) tarafından yürütülen araştırmada, organik kimyaya giriş dersindeki asit-bazlar konusu için SOLO taksonomisini temel alan öğrenme çıktı ve etkinlikleri düzenlenmiştir. Zou ve diğerleri (2012) tarafından yürütülen araştırmada ise, ortaöğretim öğrencilerinin kimyasal tepkimeler konusunda SOLO taksonomisine göre hazırlanan test ile öğrenme kaliteleri ölçülmüş ve öğrencilerin öğrenme kaliteleri ile öğrenme yaklaşımları arasındaki ilişki incelenip, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Öğrenci öğrenmelerinin değerlendirilmesi amacıyla SOLO taksonomisinin kullanıldığı araştırma ise Hodges ve Harvey (2003) tarafından yürütülmüştür. Araştırmacılar, molekül yapısının, organik moleküllerin fiziksel özelliklerine nasıl etki ettiğine ilişkin organik kimya dersini alan kolejdeki öğrencilerin anlamalarını ortaya koymak için öğrencilerden, polaritesi farklı üç organik molekülün kaynama noktasını, karşılaştırmalarını istemişler, öğrencilerin verdikleri cevapları SOLO taksonomisine göre incelemişlerdir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, SOLO taksonomisi ile organik kimya üzerinde yürütülen araştırmaların, daha çok öğrenme hedeflerinin belirlenmesi aşaması ile sınırlı olduğu, öğrenme düzeyleri ve öğrenme zorlukların belirlenmesine yönelik yapılan araştırma konusunun ise organik kimyaya özgü bir konu olmadığı anlaşılmaktadır. Aynı zamanda, bu araştırmaların alan bilgisi açısından belli bir düzeyde olması

beklenen öğretmen adayları ile yürütülmemiş olması da bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kapsamda bu çalışma ile organik kimyanın en temel konularından biri olan ve farklı pek çok organik molekül sınıfı ile de ilişkili olan aromatik bileşiklerin tepkimeleri konusunda fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenme düzeylerinin SOLO taksonomisi kullanılarak belirlenmesi ve bu bağlamda öğrenme zorluklarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, araştırmada şu sorulara cevap aranmıştır:

- Fen Bilgisi Öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin tepkimelerine ilişkin öğrenmeleri SOLO Taksonomisine göre hangi seviyededir?
- Fen Bilgisi Öğretmen adayları aromatik bileşiklerin tepkimelerinin hangi noktalarında öğrenme zorlukları yaşamaktadırlar?

YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmanın modeline, evren, örnekleme, veri toplama araçlarına, veri toplama süreci ve verilerin analizine yer verilmiştir.

Araştırmanın Modeli

Araştırmanı yürütülmesinde tarama araştırmalarının bir türü olan kesitsel tarama modeli kullanılmıştır. Bu model, mevcut olan bir durumun müdahalede bulunmadan fotoğrafının çekilmesi gibidir; bu nedenle veri toplama süreci bir defada gerçekleştirilerek incelenen olgunun herhangi bir andaki durumu betimlenir (Özdemir, 2014). Bu çalışmada da amacımız fen bilgisi öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin tepkimeleri konusuna ilişkin öğrenme zorluklarını ve öğrenme düzeylerini SOLO taksonomisi ile herhangi bir müdahalede bulunmadan olduğu gibi betimlemektir.

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini 2016-2017 öğretim yılında Ege bölgesindeki bir Eğitim Fakültesinde öğrenimine devam eden 391 fen bilgisi öğretmen adayları oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini ise aynı Eğitim Fakültesi'nde 2. sınıflarda öğrenim gören (N= 89), öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmanın katılımcıları, 20-22 yaş aralığında olup, 53 kız ve 36 erkek öğrenciden oluşmakta ve tamamı Genel Kimya IV (organik kimya) dersini araştırmanın yapıldığı dönemde almışlardır. Katılımcılarının seçilmesinde, kolay ulaşılabilir durum örnekleme yöntemine başvurulmuştur. Araştırmada bu örnekleme yöntemine başvurulmasının nedeni, SOLO taksonomisinin üst düzeylerine (ilişkilendirilmiş yapı) uygun olarak hazırlanmış ve aromatik bileşiklerin tepkimeleri ile ilgili soruların araştırmacı tarafından 2016-2017 öğretim yılında Fen Bilgisi Eğitimi 2. sınıflarına dönem sonu sınavında hazırlanmış olmasıdır.

Veri Toplama Aracı

Araştırmanın veri toplama aracını, 2016-2017 öğretim yılında Genel Kimya IV dersi dönem sonu sınavında öğretmen adaylarına sorulan altı açık uçlu soru oluşturmaktadır. Bu sorulardan 2 tanesinde, (1. ve 2. sorular) öğretmen adaylarından verilen tepkimelerdeki yanlışları belirtmeleri ve tepkimeyi yeniden düzenlemeleri istenmiştir. Diğer dört soruda (3., 4. ve 5. sorular) ise benzenden başlayarak farklı aromatik bileşiklerin nasıl elde edilebileceğinin tepkimelerinin de yazılarak açıklanması istenilmiştir. Veri toplama aracındaki bu sorular, araştırmacı tarafından hazırlanırken, organik kimyada uzman bir öğretim üyesinin görüşleri alınmış. Ayrıca bu soruların SOLO taksonomisinde karşılık geldiği seviyenin belirlenmesi amacıyla, araştırmacı ve organik kimyada uzman olan öğretim üyesi birlikte soruları incelemiştir. Bu işlem sonucunda, incelenen soruların tamamının ilişkisel yapı düzeyinde olduğu konusunda uzlaşıya varılmıştır.

Aynı zamanda, hazırlanan bu sorular kimya eğitiminde öğrenim gören 20 öğretmen adayına uygulama öncesi uygulanarak pilot çalışması da yapılmıştır. Araştırma kapsamında incelenen bu sorulara, bulgular kısmında yer verilmiştir.

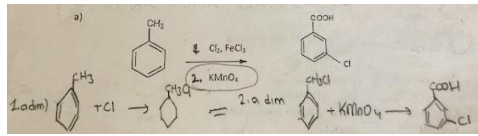
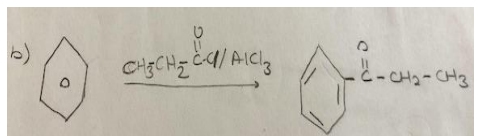
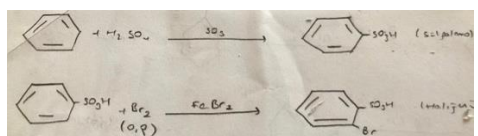
Verilerin Toplanması

Araştırma verileri, doküman inceleme yoluyla toplanmıştır. Doküman incelemesi ile araştırılması amaçlanan, olgu ya da olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin analizi gerçekleştirilebilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2005). Bu çalışmada da, veriler 2016-2017 öğretim yılında Fen Bilgisi Eğitimi 2. sınıflarına, Genel Kimya IV (organik kimya) dersi dönem sonu sınavında hazırlanmış sorulardan elde edilmiş ve katılımcılardan onay alınmıştır.

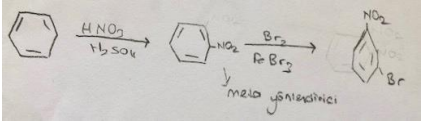
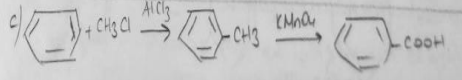
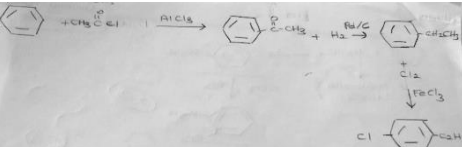
Verilerin Analizi

Verilerin analiz sürecinde, Miles ve Huberman (1994) tarafından tanımlanan çift-kodlama yöntemi temel alınmıştır. Bu amaçla, Organik Kimya'da uzman bir öğretim üyesi ile araştırmacı birbirlerinden bağımsız olarak öğretmen adaylarının verdikleri cevapları SOLO taksonomisinde karşılık gelen seviyelerine göre ayırmıştır. Soruların her biri SOLO taksonomisine göre, kendinden önceki kategorileri de içerdikleri için analiz sürecinde bu alt kategoriler de dahil edilmiştir. Sorular, analiz edilirken veri analizinin en son aşamasında, araştırmacı ve uzman arasındaki uyum yüzdesi Miles ve Huberman (1994)'ın güvenilirlik formülü kullanılarak 0,84 olarak hesaplanmıştır. Öğretmen adaylarının verdikleri cevapların, SOLO Taksonomisinde karşılık geldiği seviyeri gösteren örnekler Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. SOLO taksonomisinin seviyelerine göre öğretmen adaylarının verdikleri örnek cevaplar

Soru	Solo Seviyesi	Örnek Cevap
1. Soru	YÖ: ÖA-9'un verdiği cevap, bilimsel açıdan doğru olmayan tepkimeleri içermektedir. Bu nedenle yapı öncesi düzeyde yer almıştır.	
2. Soru	TYY: ÖA-71, sadece Friedel-Crafts açilleme tepkimesini yazabilmiştir. Bu nedenle, verdiği cevap tek yönlü yapı seviyesinde kalmıştır.	
3. Soru	ÇYY: ÖA-63, benzenin sülfolanma tepkimesinin ardından bromlanma tepkimesine geçmiş ancak -SO3H grubunun yönlendirici etkisi yerine bromun yönlendirici etkisini dikkate almıştır. Bu nedenle öğretmen adayının verdiği cevap, çok yönlü yapı seviyesinde kalmıştır.	

Tablo 3'ün devamı

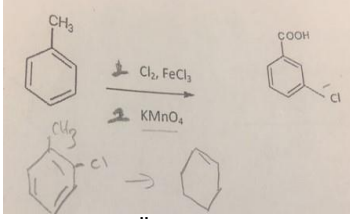
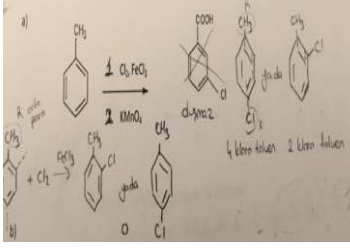
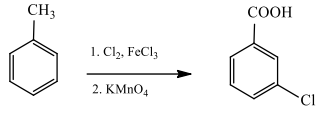
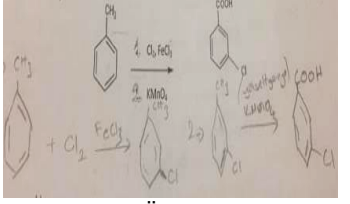
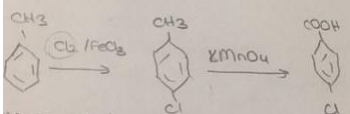
Soru	Solo Seviyesi	Örnek Cevap
4. Soru	İY: ÖA-54, benzenin nitrolanma tepkimesinin ardından, bromlanma tepkimesini, nitro grubunun meta yönlendirici etkisini dikkate alarak doğru bir şekilde yazmıştır. Bu nedenle bu cevap, sorunun en üst düzeyi olan ilişkilendirilmiş düzeyde yer almıştır.	
5. Soru	İY: ÖA-19: Sırasıyla Friedel – Crafts alkilleme ve ardından da yükseltgenme tepkimelerini yazarak benzoik asit eldesini yazabilmiştir. Öğretmen adayının verdiği bu cevap, 5. sorunun en yüksek düzeyi olan ilişkilendirilmiş düzeyde yer almıştır.	
6. Soru	İY: ÖA-32, benzenin Friedel – Crafts açilleme, indirgenme ve klorlanma tepkimelerini doğru sırada ve yönlendirici grup etkilerini de doğru şekilde dikkate alarak yazabilmiştir. Bu yüzden, öğretmen adayının cevabı bu soru için en yüksek düzey olan ilişkilendirilmiş yapı düzeyinde yer almıştır.	

BULGULAR

Araştırmanın alt problemleri ışığında, öncelikle öğretmen adaylarının sorulara verdikleri cevaplarının SOLO taksonomisine göre analiz sonuçları incelenmiş, ardından bu analiz sonuçlarına göre öğretmen adaylarının öğrenme zorluklarının neler olduğu Tablo 10'da özetlenmiştir.

Öğretmen adaylarına yöneltilen birinci soruda, toluenden, *m*-klorobenzoik asit eldesine ilişkin yanlış olan kısımlar sorulmuş ve verilen tepkimeyi yeniden düzenlemeleri istenmiştir. Öğretmen adaylarının bu soruya verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi ve örnek cevaplar Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Öğretmen adaylarının birinci soruya verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi

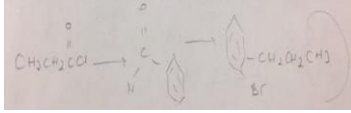
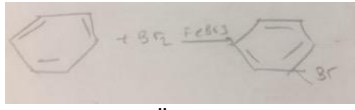
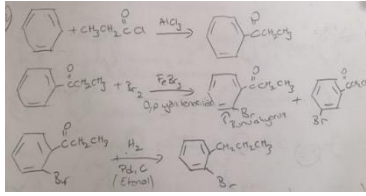
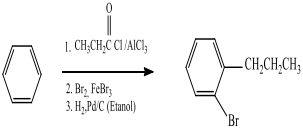
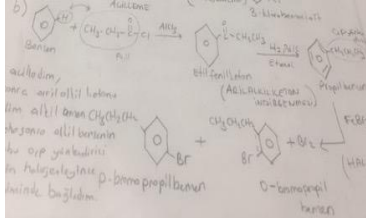
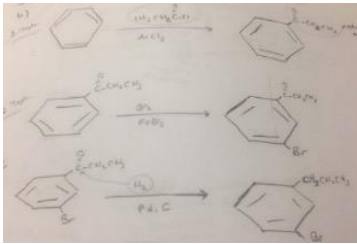
Soru	SOLO Seviyesi	f	%	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
	YÖ	43	48,3	 <p>(ÖA-37)</p>	ÖA-37'nin verdiği cevap, soru ile ilişkili değildir.
Aşağıdaki tepkimelerde yanlış olan kısımları açıklayarak, tepkimeleri tekrar düzenleyiniz.	TYY	7	7,9	 <p>(ÖA-22)</p>	ÖA-22, sadece toluenin klorlanma tepkimesini yazabilmiştir.
	ÇYY	9	10,1	 <p>(ÖA-27)</p>	ÖA-27, önce toluenin klorlanmasını sonra yükseltgenme tepkimelerini yazmıştır. Ancak metil grubunun, yönlendirici etkisini dikkate almamıştır.
	İY	30	33,7	 <p>(ÖA-23)</p>	ÖA-23, toluenin klorlanma tepkimesini sonucu oluşan ürünü, metil grubunun yönlendirici etkisini dikkate alarak yazmış; ardından yükseltgenme tepkimesi ile doğru ürünü elde etmiştir.

Tablo 4'deki analiz sonuçları, bu soruda öğretmen adaylarının büyük bir kısmının (% 48,3) yapı öncesi düzeye giren cevaplar verdiğini göstermektedir. Bu sonuç, öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin halojenlenmesi ve yan zincir yükseltgenme tepkimelerine ilişkin anlamlı bağlantılar kurmakta zorlandıklarını göstermektedir. Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplarda % 7,9 gibi son derece düşük yüzdede tek yönlü yapı seviyesi çıkmıştır. Bu seviyedeki cevaplarda, öğretmen adayları, toluenin klorlanma tepkimesini yazabilmişler ancak ikinci tepkime olan yükseltgenme tepkimesine geçiş yapamamışlardır. Çok yönlü yapı seviyesinde yer alan cevaplarda ise öğretmen adayları toluenin klorlanması ve ardından yan zincir yükseltgenmesi ile benzoik asit oluşumu tepkimelerini yazabilmişler ancak metil grubunun orto/para yönlendirici bir grup olmasını dikkate alarak ürünü oluşturamamışlardır. Öğretmen adaylarının %33,7'i ise

toluenin klorlanma tepkimesinde, metil grubunun yönlendirici etkisini yazarak orto ya da para-klorotoluen oluşumunu; ardından da yükseltgenme tepkimesi ile doğru ürün olan para ya da orto-klorobenzoik asit eldesini yazabilmişlerdir.

Benzenden, 1-bromo-2-propilbenzen eldesine ilişkin tepkimelerin verildiği 2. soruda, öğretmen adaylarına ait cevaplarının SOLO taksonomisine göre analizi Tablo 5'de verilmiştir.

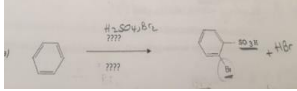
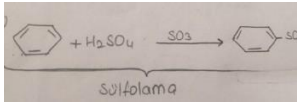
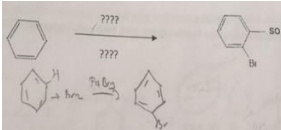
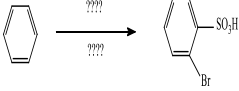
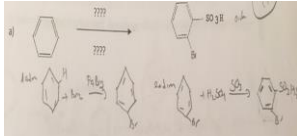
Tablo 5. Öğretmen adaylarının ikinci soruya verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi

Soru	SOLO Seviyesi	f	%	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
	YÖ	48	53,9	 (ÖA-57)	ÖA-57, tepkimedeki reaktif ve ürünleri tekrardan yazmıştır.
	TYT	8	8,9	 (ÖA-51)	ÖA-51, sadece benzenin bromlanma tepkimesini yazabilmıştır.
Aşağıdaki tepkimelerde yanlış olan kısımları açıklayarak, tepkimeleri tekrar düzenleyiniz.	ÇYY	16	17,9	 (ÖA-43)	ÖA-43, Friedel-Crafts açılması ile keton oluşturmuş, ardından bromlama ve indirgenme tepkimelerini yazmıştır. Ancak ÖA-43, bromlama tepkimesinde doğru grubun yönlendirici etkisini dikkate alamamıştır.
				 (ÖA-5)	ÖA-5, 2. ve 3. tepkimelerin yerini değiştirmiştir. Önce Friedel-Crafts açılma tepkimesi ile etilfenilketonu oluşturmuş ardından indirgenme ile propilbenzeni elde etmiştir. ÖA-5, alkil gruplarının yönlendirici etkisine bağlı olarak ürünü elde etmiştir.
	İY	17	19,1	 (ÖA-17)	ÖA-17, verilen tepkimelerin sıralarında bir değişiklik yapmamış ancak yönlendirici grup etkilerini doğru şekilde ilişkilendirerek ürünü elde etmiştir. Bu amaçla, 1. basamakta Friedel-Crafts açılma tepkimesi ile etilfenilketonu oluşturmuş, ardından bromlama ve indirgenme tepkimesi ile ürünü elde etmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde, öğretmen adaylarının yarısından fazlasının bu soruda yapı öncesi düzeye giren cevaplar verdikleri anlaşılmaktadır. Üç aşamada gerçekleşen bu tepkimede, yapı öncesi düzeydeki yüzdenin yüksek oluşu, öğretmen adaylarının Friedel-Crafts açılması, ketonların indirgenmesi ve bromlama tepkimelerini birbirleriyle ilişkilendirerek, anlamlandırmakta zorlandıklarını ortaya koymaktadır. Öğretmen adaylarının % 8,9'u ise bu soruda sadece bir tepkimeyi yazabilmiş ve tek yönlü yapı seviyesinde kalmışlardır. Öğretmen adaylarının bu cevapları incelendiğinde, bu tepkimenin bir halojenleme tepkimesi olan bromlama tepkimesi olduğu anlaşılmıştır. Çok yönlü yapı seviyesinde ise öğretmen adayları, Friedel-Crafts açılması, bromlama ve indirgenme tepkimelerini birbirlerinden ayrı olarak doğru yazabilmiş ancak yönlendirici grup etkisi ile ilişkilendiremedikleri için yanlış ürünü elde etmişlerdir. Bu seviyedeki cevapların tamamında, Friedel-Crafts açılması sonucu oluşan etilfenilketonun, bromlanma tepkimesinde, karbonil grubunun meta yönlendirici etkisi yerine bromun orto/para yönlendirici etkisine göre tepkime gerçekleştirilmiş. Bu sonuç, birinci soruda da olduğu gibi öğretmen adaylarının orto, para ve meta yönlendirici grupları tanımladıklarını ancak tepkimelerde hangisine öncelik vererek yönlendirme yapacaklarını anlamadıklarını göstermektedir. Öğretmen adaylarının %19, 1'lik kısmı ise hem tepkimeleri hem de yönlendirici grup etkilerini doğru bir şekilde ilişkilendirebilmiştir.

Öğretmen adaylarına sorulan üçüncü soruda benzenden, *o*-bromobenzen-sülfonik asit eldesinin gerçekleşeceği tepkimeleri yazmaları istenmiş olup, bu sorunun SOLO taksonomisine göre yapılan analiz sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

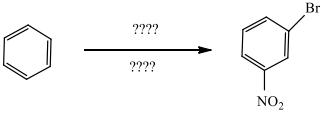
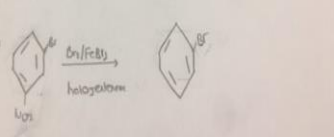
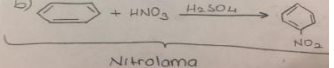
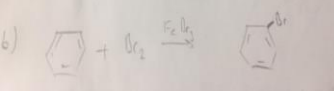
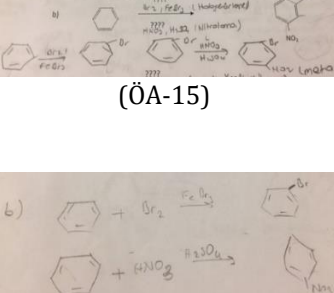
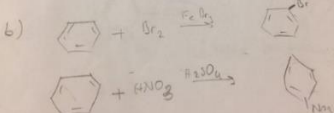
Tablo 6. Öğretmen adaylarının üçüncü soruya verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi

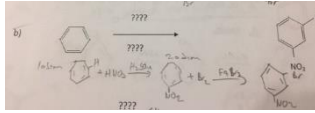
Soru	SOLO Seviyesi	f	%	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
	YÖ	41	46,1	 (ÖA-70)	ÖA-70, kendisinden istenilen tepkimeleri yazamamıştır.
	TYY	7	7,9	 (ÖA-2)  (ÖA-13)	ÖA-2, benzenin sadece sülfolanma tepkimesini; ÖA-13 ise bromlanma tepkimesini yazabilmiştir.
Benzenden başlayarak aşağıdaki organik bileşiklerin sentezlerini, nedenlerini de açıklayarak yazınız.	ÇYY	25	28,1	 (ÖA-61)	ÖA-61, önce benzenin sülfolanma tepkimesini yazmış ardından ise bromlanma tepkimesine geçmiştir. Ancak yönlendirici grup etkisini doğru ilişkilendirememiştir.
	İY	16	17,9	 (ÖA-25)	ÖA-25, istenilen ürünün eldesini gerçekleştirmek için önce bromlama tepkimesini, sonra sülfolanma tepkimesini yazmıştır.

Tablo 6'daki analiz sonuçlarına bakıldığında, diğer iki soruda olduğu gibi yapı öncesi seviyesindeki cevap yüzdesinin diğer seviyelere göre yüksek olduğu görülmektedir. Yapı öncesine giren cevaplar incelendiğinde, öğretmen adaylarının ürüne bakarak, benzen ile tepkimeye girecek reaktifleri yazma eğiliminde oldukları anlaşılmıştır. Öğretmen adaylarının özellikle, SO_3H , Br_2 ve H_2SO_4 'ü reaktif olarak yazmaları, hem bu eldeyi, tek bir basamak gibi ele aldıklarını hem de tepkime türlerini ayırt edemediklerini göstermektedir. Tek yönlü yapı seviyesinde ise öğretmen adayları benzenin bromlanması ya da sülfolanması tepkimelerinden sadece birine odaklanmışlardır. Öğretmen adaylarının %28,1'i bu soruya ilişkin sülfolanma ve bromlama tepkimelerini yazabilmişler ancak, benzen-sülfonik asit oluştuktan sonra bromlama tepkimesini yazarken, bromun yönlendirici etkisini dikkate almışlardır. Bu sonuç da, diğer sorularda olduğu gibi öğretmen adaylarının yönlendirici gruplara dikkat ederek tepkimeleri ilişkilendirmekte zorlandıklarını ortaya koymaktadır. Öğretmen adaylarının %17,9'luk kısmı yöneltilen bu soruda benzenin önce bromlanması tepkimesi yazmış ardından, bromun orto/para yönlendirici grup olmasına bağlı olarak sülfolanma tepkimesini de yazarak istenilen ürün olan *o*-bromobenzen-sülfonik asite ulaşmıştır.

Benzenen *m*-bromonitrobenzen eldesinin gerçekleşeceği tepkimelerin yazılmasının istediği dördüncü soruda, öğretmen adaylarının verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Öğretmen adaylarının dördüncü soruya verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi

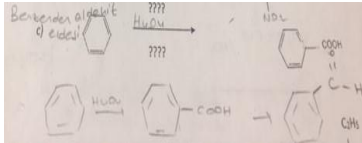
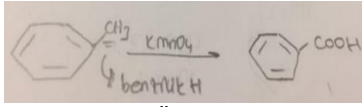
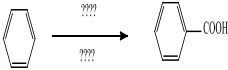
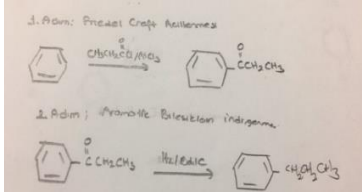
Soru	SOLO Seviyesi	f	%	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
<p>Benzenin aşağıdaki bileşiklerin nedenlerini de yazınız.</p> <p>başlayarak organik sentezlerini açıklayarak</p> 	YÖ	42	47,2	 <p>(ÖA-82)</p>	ÖA-82, verilen tepkimeyi yanlış yorumlayarak; istenmeyen bir ürünü oluşturmuştur.
	TYY	11	12,4	 <p>(ÖA-2)</p>	ÖA-2, sadece benzenin nitrolanma tepkimesini, ÖA-85 ise bromlanma tepkimesini yazabilmiştir.
				 <p>(ÖA-85)</p>	
	ÇYY	8	8,9	 <p>(ÖA-15)</p> <p>(ÖA-44)</p>	ÖA-15, benzenin bromlanması tepkimesinin ardından nitrolanma tepkimesini yazmış ancak, bromun yönlendirici etkisine dikkat etmemiştir.
				 <p>(ÖA-44)</p>	ÖA-44, birbirinden bağımsız olarak benzenin bromlanması ve nitrolanma tepkimelerini yazmış ancak bunları birbiri ile ilişkilendirememiştir.

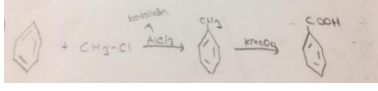
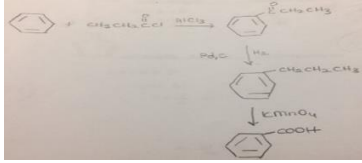
Tablo 7'nin devamı	SOLO Seviyesi	f	%	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
	İY	28	31,5		ÖA-9, ilk aşama olarak benzenin nitrolanma tepkimesini yazmış, ardından bromlanma tepkimesine geçiş yaparak ürünü elde edebilmiştir.

Tablo 7'e göre, öğretmen adaylarının %47,2'si tepkimedeki ürün ya da reaktifleri içeren ancak bir kimyasal tepkime ile ilişkisi olmayan cevaplar yazdıkları için yapı öncesi seviyede yer almışlardır. Öğretmen adaylarının %12,4'ü ise benzenin nitrolanma ya da bromlanma tepkimesini yazabilmişler ve tek yönlü yapı seviyesinde kalmışlardır. Çok yönlü yapı seviyesindeki cevaplar incelendiğinde ise, bu cevapların iki grupta yer aldığı anlaşılmaktadır. Bunlardan birincisi, ÖA-15'in cevabında da olduğu gibi benzenin önce bromlanma tepkimesi ardından nitrolanma tepkimesi yazılmış ancak bromun orto/para yönlendirici etkisi yerine nitro grubunun meta yönlendirici etkisine göre ürün yazılmıştır. Bu sonuç, öğretmen adaylarının yönlendirici grup etkilerini doğru bir şekilde ilişkilendiremediğini göstermektedir. Bir diğer grup cevapta ise ÖA-44 de olduğu gibi benzenin nitrolanma ve bromlanma tepkimeleri ayrı ayrı yazılmış, birbirinin devamı olarak bir ilişkilendirme yapılamamıştır. Öğretmen adaylarının %31,5'i ise benzenin önce nitrolanma tepkimesini yazarak nitrobenzeni oluşturmuş, ardından nitro grubunun meta yönlendirici etkisini dikkate alarak bromlama tepkimesini gerçekleştirmiş ve istenilen ürünü elde etmiştir.

Öğretmen adaylarına sorulan 5. soruda, benzenden benzoik asit eldesini gerçekleştirecek tepkimeleri yazmaları istenmiştir. Bu soruya ait verilen cevapların SOLO taksonomisine göre analizi Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Öğretmen adaylarının beşinci soruya verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi

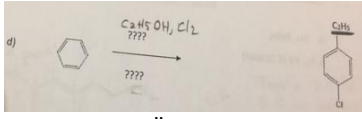
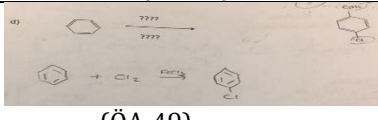
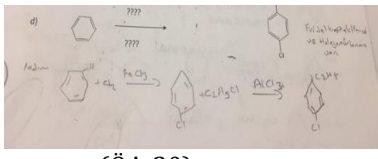
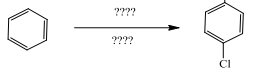
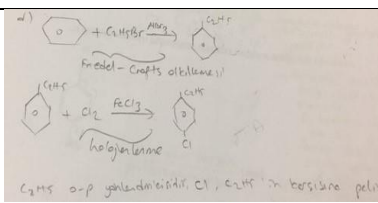
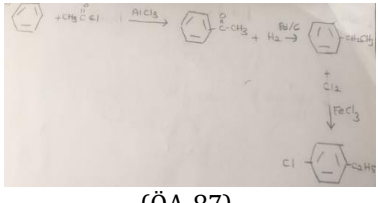
Soru	SOLO Seviyesi	f	%	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
	YÖ	65	73,0		ÖA-11, bu soruyu benzenden aldehit eldesi olarak yanlış bir şekilde yorumlamış ve H ₂ O ₄ gibi tepkimeyle ilgili olmayan bir reaktif kullanmıştır.
Benzenden başlayarak aşağıdaki organik bileşiklerin sentezlerini, nedenlerini de açıklayarak yazınız.	TYY	15	16,8		ÖA-34, tolueni yükseltgeyerek benzoik asiti elde etmiş ancak, benzenden toluen eldesinin nasıl gerçekleştiğini yazamamıştır.
	ÇYY	2	2,2		ÖA-50, Friedel-Crafts açılması ile etilfenilketon eldesini gerçekleştirmiş, ardından indirgenme tepkimesini yazarak propilbenzeni elde etmiştir. Ancak propilbenzenden benzoik aside geçişi sağlayamamıştır.

Tablo 8'in devamı	SOLO Seviyesi	f %	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
	İY	7 7,9	 <p>(ÖA-58)</p>  <p>(ÖA-6)</p>	<p>ÖA-58, Friedel-Crafts alkilleme tepkimesi sonucu tolueni elde etmiş, ardından yükseltgenme tepkimesi ile benzoik asite geçiş sağlamıştır.</p> <p>ÖA-6, benzenden Friedel-Crafts açilleme tepkimesi ile etilfenilketon, ardından indirgenme tepkimesi ile propilbenzeni elde etmiştir. ÖA-6, son basamak olarak yükseltgenme tepkimesi ile benzoik asite ulaşmıştır.</p>

Tablo 8 incelendiğinde, öğretmen adaylarının sadece %7,9'u bu soruda benzenden benzoik asit eldesini gerçekleştirebilecek tepkimeleri yazarak, ilişkilendirilmiş düzey kategorisine giren cevapları verebilmişlerdir. Bu düzeyde yer alan bu cevaplar incelendiğinde öğretmen adaylarının iki farklı tepkime üzerinden benzoik asit eldesini yazabildikleri saptanmıştır. Bunlardan birinci grupta, ÖA-58'in de yapmış olduğu gibi Friedel-Crafts alkillemesi üzerinden alkil benzen eldesi gerçekleştirilmiş, ardından yükseltgenme tepkimesi ile benzoik asit oluşturulmuştur. Diğer grup öğretmen adayı da, ÖA-6' da olduğu gibi benzenden Friedel-Crafts açillemesi yoluyla keton, ardından indirgenme ile alkil benzen ve son basamak olarak da yükseltgenme ile benzoik asiti elde etmiştir. Öğretmen adayları bu soruda %73 gibi son derece yüksek bir oranda yapı öncesine giren cevaplar vermişlerdir. Bu sonuç, öğretmen adaylarının ilişkilendirilmiş yapı seviyesine giren bu soruya uygun bir çözüm geliştirmekte zorlandıklarını göstermektedir. Öğretmen adaylarının %16,8'i ise alkil benzenin yükseltgenmesi ile benzoik asit oluşumuna ait tepkimeleri yazmasına karşın, benzenden alkil benzen sentezine ait tepkimeleri yazmadığı için tek yönlü yapı seviyesinde yer almıştır. Öğretmen adaylarının çok az bir kısmı ise (%2,2) bu soruda, benzenden alkil benzen Friedel-Crafts açillenmesi ve indirgenme tepkimeleri ile elde etmiş ancak bir sonraki basamak olan yükseltgenme tepkimesine geçemedikleri için çok yönlü yapı seviyesinde kalmışlardır.

Benzenden, 1-kloro-4-etilbenzen eldesini gerçekleştirecek tepkimelerin yazılmasının istendiği 6. soruda, öğretmen adaylarının verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Öğretmen adaylarının altıncı soruya verdikleri cevapların SOLO taksonomisine göre analizi

Soru	SOLO Seviyesi	f	%	Öğretmen Adayı Cevabı	Açıklama
	YÖ	61	68,5	 (ÖA-31)	ÖA-31, tepkimelerle ilişkili olmayan reaktifleri yazmıştır.
	TYY	11	12,4	 (ÖA-49)	ÖA-49, sadece benzenin klorlanma tepkimesini yazabilmiştir.
Benzenden başlayarak aşağıdaki organik bileşiklerin sentezlerini, nedenlerini de açıklayarak yazınız.	ÇYY	3	3,4	 (ÖA-20)	ÖA-20, benzenin klorlanma tepkimesi yazmış ardından Friedel-Crafts alkilleme tepkimesine geçmiştir. Ancak bu tepkimenin halkada elektron çekici bir grup var olduğunda gerçekleşmeyeceğini dikkate almamıştır.
	İY	14	15,7	 (ÖA-10)	ÖA-10, iki basamakta ele aldığı tepkimelerde, Friedel-Crafts alkillemesi ve klorlanma tepkimelerini yönlendirici grup etkilerini de dikkate alarak yazmıştır.
	İY	14	15,7	 (ÖA-87)	ÖA-87, üç basamak şeklinde düzenlendiği elde tepkimesinde, Friedel-Crafts açılması ile keton, ardından indirgenme tepkimesi ile etilbenzen eldesini gerçekleştirmiştir. ÖA-87, son basamak olarak da klorlama tepkimesi yazmıştır.

Tablo 9'daki analiz sonuçları, öğretmen adaylarının büyük bir yüzde ile (%68,5) bu soruda da yapı öncesi düzeye giren cevaplar verdiğini göstermektedir. Bu bulgu, öğretmen adaylarının Friedel-Crafts açılması/alkillemesi içeren tepkimeleri tanıyıp, uygulamakta zorlandıklarını ve tepkime türünün ne olabileceğini düşünmeden ürünlere bakarak reaktifleri yazma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Nitekim, Ö-31'in cevabında da benzenin C_2H_5OH ve Br_2 ile tepkimeye sokularak 1-kloro-4-etilbenzenin eldesinin gerçekleştirilmesi bu durumu desteklemektedir. Bu soruya ilişkin tek yönlü yapı seviyesinde yer alan cevaplar incelendiğinde ise öğretmen adaylarının sadece benzenin klorlanma tepkimesini yazabildikleri görülmüştür. Çok yönlü yapı seviyesindeki cevaplarda ise, öğretmen adayları ilk basamak olarak benzenin klorlanma tepkimesini yazmış, ardından Friedel-Crafts alkillemesi tepkimesini gerçekleştirmiştir. Ancak

öğretmen adayları burada, ilk basamak sonucu oluşan klorobenzende, halkaya elektron çeken bir grup bağlandığı için ardından Friedel-Crafts alkilenme tepkimesini olamayacağını dikkate alamamışlardır. Öğretmen adaylarının %15,7'si farklı tepkimeler üzerinden giderek benzenden istenilen ürün eldesini yazarak ilişkilendirilmiş yapı düzeyine giren cevap verebilmişlerdir. Bu grupta yer alan öğretmen adaylarından bazıları, ÖA-10'un yaptığı gibi öncelikle Friedel-Crafts alkilenmesi ile etilbenzen elde etmiş, ardından klorlanma tepkimesini yazarak 1-kloro-4-etilbenzeni elde etmiştir. Bazı öğretmen adayları ise, ilk basamak olarak Friedel-Crafts açılması ile fenilmetilketonu, ardından indirgenme tepkimesi ile etilbenzen eldesini gerçekleştirmiştir. Bu öğretmen adayları en son basamak olarak klorlanma tepkimesini yazarak 1-kloro-4-etilbenzeni elde etmiştir.

Araştırmanın ikinci problemi doğrultusunda öğretmen adaylarının sorulara verdikleri cevaplardan aromatik bileşiklerin tepkimelerine ilişkin hangi noktalarda öğrenme zorluklarının olduğu Tablo 10'da özetlenmiştir.

Tablo 10. Öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin tepkimelerine ilişkin öğrenme zorlukları

Öğretmen Adaylarının Zorlandıkları Noktalar	Ortaya Çıktığı Soru
	1., 2., 3. ve 4. sorular
Aromatik bir bileşikte bağlı olan grubun yönlendirici etkisini dikkate alarak, elektrofilin hangi pozisyona bağlanacağını yazabilme.	<p>1. soruda: ÖA-22, metilbenzenin, klorlanma tepkimesinde, metil grubunun orto ve para yönlendirici etkisini dikkate almak yerine, kloru meta pozisyonuna bağlanmıştır.</p> <p>2. soruda: ÖA-43 etilfenilketonun, bromlanması tepkimesinde karbonil grubunun yönlendirici etkisi yerine bromun yönlendirici etkisini dikkate almış ve bromu orta ve para pozisyonuna bağlamıştır .</p> <p>3. soruda: ÖA-61, benzen sülfonik asitin elde tepkimesinin ardından, bromlanma tepkimesini yazmış ancak SO₃H grubunun meta yönlendirici etkisi yerine bromun orto ve para yönlendirici dikkate alarak ürünü yazmıştır.</p> <p>4. soruda: ÖA-15, benzenin bromlanma tepkimesinin ardından nitrolama tepkimesini yazmış ancak, bromun orto ve para yönlendirici etkisi yerine nitro grubunun meta yönlendiricisi özelliğini dikkate almıştır.</p>
	6. soru
Friedel-Crafts alkilleme tepkimesinin halkada elektron çekici bir grup var olduğunda gerçekleşmeyeceğini dikkate alma.	ÖA-20, benzenin klorlanma tepkimesinin ardından, klorun halkadan elektron çekici grup olduğunu dikkate almadan, Friedel-Crafts alkilleme tepkimesine yer vermiş ve p-kloropropilbenzeni elde etmiştir.
	3., 4., 5. ve 6. Soru:
Tepkimeleri, uygun reaktif ve katalizörleri kullanarak tanımlayabilme.	3. soruda: ÖA-70, benzenden, o-bromobenzen-sülfonik asit eldesini tek basamak olarak ele almış ve reaktif olarak H ₂ SO ₄ ve Br ₂ birlikte kullanmıştır.

Tablo 10'un devamı

Öğretmen Adaylarının Zorlandıkları Noktalar	Ortaya Çıktığı Soru
Tepkimeleri, uygun reaktif ve katalizörleri kullanarak tanımlayabilme.	3., 4., 5. ve 6. Soru: 4. soruda: ÖA-82, m-bromonitrobenzeni, tekrar bromlama tepkimesine sokmuş ancak tepkimede nitro grubunu koparmıştır. 5. soruda: ÖA-11, benzenden, benzoik asit, eldesini aldehit eldesi olarak yanlış bir şekilde yorumlamış ve H ₄ O ₄ gibi tepkimeyle ilgili olmayan bir reaktif kullanmıştır. 6. soruda: ÖA-31, benzenden p-kloroetilbenzen sentezi için etil alkol ve kloru reaktif olarak kullanarak tepkimeyi tek basamak olarak yazmıştır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Fen bilgisi öğretmen adaylarının, aromatik bileşiklerin tepkimelerine ilişkin öğrenme zorlukları ve öğrenme düzeylerinin SOLO taksonomisine göre belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada, tüm sorularda en yüksek yüzde yapı öncesi seviyede çıkmıştır. Bu sonuç, öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin tepkimelerini tanımlamakta zorlandıklarını, bunlar arasında anlamlı bağlantı kurmada başarılı olamadıklarını göstermektedir. Nitekim, yürütülen bazı araştırmaların bulgularında aromatik bileşiklerin tepkimelerinde öğrencilerin zorlandıkları saptanmıştır (Bryan, 2007; Duffy, 2006; Flynn, 2014). Örneğin, Bryan, (2007) tarafından yürütülen çalışmada, organik kimya dersini alan yüksek okul öğrencilerinin, bir arende orto/para ve meta yönlendiricisi var iken, halkaya bir elektrofil yönlendirildiğinde, bu elektrofilin hangi pozisyona bağlanacağını kestiremedikleri ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde bu çalışmada da, fen bilgisi öğretmen adaylarının 1., 2., 3. ve 4. sorularda halkada bağlı olan grubun yönlendirici etkisini dikkate alarak, elektrofilin hangi pozisyona bağlanacağını belirlerken zorlandıkları saptanmıştır. Duffy (2006), bu durumun başlıca nedenini, orto, para ve meta yönlendirici grupların öğrencilerce ezberlenmesi ve bu sırada bu durumun temelinde olan halkadan elektron çekme ve halkaya elektron verme olaylarının yeterince anlamlandırılmaması olarak açıklamıştır. Nitekim, çalışmadaki 6. soruda, bazı fen bilgisi öğretmen adaylarının benzenin klorlanma tepkimesi sonucu oluşan klorobenzeni, ardından Friedel-Crafts alkilleme tepkimesine sokmuş ve p-kloropropilbenzeni elde etmiştir. Bu sonuç, klorun halkadan elektron çeken bir grup olduğunun tam olarak anlamlandırılmadığını ve halkada elektron çeken grup olduğunda Friedel-Crafts alkilleme tepkimesinin gerçekleşmeyeceğinin dikkate alınmadığını göstermektedir. Bu durumun bir diğer nedeni ise fen bilgisi öğretmen adaylarının çoğunluğunun Friedel-Crafts alkilleme tepkimesi ve orto, meta ve para yönlendirici kavramları ile ilk defa bu derste karşılaşmış olmaları olabilir.

Araştırmada elde edilen önemli bulgulardan birisi de, fen bilgisi öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin halojenlenme tepkimelerini; Friedel-Crafts açılmesi, alkilenmesi, yan zincir yükseltgenmesi ya da ketonların indirgenmesi gibi tepkimelere göre daha kolay anlamlandırmış olmalarıdır. Nitekim; 1. soruda fen bilgisi öğretmen adaylarının toluenin klorlanma tepkimesini; aromatik bileşiklerin yan zincir yükseltgenme tepkimesine göre; 2. soruda benzenin bromlanma tepkimesini, Friedel-Crafts açılmesi ve ketonların indirgenme tepkimesine göre; 6. soruda da benzer şekilde benzenin klorlanma tepkimesini Friedel-Crafts alkilenme, açılmesi ve ketonların indirgenme tepkimelerine nazaran daha çok yazma eğiliminde oldukları saptanmıştır. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri olarak, halojenleme tepkimelerine ortaöğretim kimya derslerinde daha sıklıkla yer verilmesi ve bunun da etkisi ile

öğretmen adaylarının bu tepkimelere ilişkin daha kolay bağlantı kurabilmeleri gösterilebilir. Nitekim, Duffy (2006) tarafından yürütülen araştırma bulgularında da üniversite öğrencilerinin özellikle aromatik bileşiklerin halojenlenme tepkimelerini daha kolaylıkla anlamlandırdıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmada belirlenen bulgulardan biri de, fen bilgisi öğretmen adaylarının aromatik bileşiklerin sentezlerini uygun reaktif ve katalizörleri kullanarak tanımlayabilmede zorlanmış olmalarıdır. Tablo 10 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarından aromatik bileşiklerin sentezlerine ilişkin tepkimeleri yazmalarının istendiği 3., 4., 5. ve 6. sorularda, uygun olmayan organik ve inorganik reaktifleri kullandıkları görülmektedir. Bu durumun başlıca nedeni, öğretmen adaylarının hem fonksiyonel grupları hem de bunların özelliklerini tanımlayarak bir yol izlemeleri gerektiren bu sorularda, bu yapılar arasında yeterince bağlantıyı kuramaması olabilir. Benzer şekilde, Flynn (2014) tarafından lisans düzeyinde organik kimya dersini alan öğrencilerle yapılan araştırma bulgularında, öğrencilerin benzenden başlayarak benzen türevlerinin elde edildiği tepkimelerde uygun reaktifleri kullanarak sentez tepkimelerini önermelerinde zorlandıkları ortaya çıkarmıştır. Benzer bir şekilde, Eticha ve Ochonogor (2015) üniversitede organik kimya dersini alan öğrenciler ile yürüttükleri araştırmada; öğrencilerden başlangıçtaki organik molekülden başlayarak, uygun organik ya da inorganik reaktifleri kullanarak verilen organik bileşikleri sentezleyecekleri tepkimeleri adım adım yazmaları istenmiş ve öğrencilerin %92,65 gibi çok büyük yüzdesi bu sentezler için uygun cevapları yazamamışlardır. Araştırmacılar, bu durumun nedenleri olarak öğrencilerin kavramlar arasında bir bütünlük kuramamasını, problem çözmeye adım adım yaklaşamamalarını ve fonksiyonel gruplarını özellikler tam olarak anlayamamalarını göstermişlerdir. Austin, Ben-Daat, Zhu, Atkinson, Barrows ve Gould (2015), çok basamaklı sentezlerin, öğrencilerin kavram ve tepkimelere ilişkin derin bir anlamaya sahip olmalarının gerektiğini, aynı zamanda bu sentezlerinin problem çözmeyi gerektirmesi ve ezberlenmelerinin de imkansız olmasından dolayı öğrenciler için zorlayıcı olduğunu belirtmişlerdir. Sloop, Tsoi ve Coppock (2016)' da, öğrencilerin organik moleküllerin sentezleri için bir plan tasarlamalarının, ezberlemenin ötesine geçip, moleküler yapı, reaktif özellikleri ve reaksiyon mekanizmalarının etkileşimlerini anlamalarının gerektirdiğini belirtmiştir. Araştırmacılar bu nedenle, öğrencilerin bu adımları takip etmesine yardımcı olabilecek kullanıcı dostu metodolojilerin kullanımının öğrencilerin organik kimyada zorlandıkları bu konuları öğrenmesini kolaylaştırabileceğini ifade etmişlerdir.

Araştırmadan elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Hattie ve Brown (2004)'ün SOLO taksonomisinin derin, bilgi ve becerileri içeren basamağı olarak ifade ettiği ilişkilendirilmiş yapı düzeyindeki cevaplarının son derece sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Diğer bir ifade ile fen bilgisi öğretmen adayları bir problem olarak karşısına çıkan aromatik bileşiklerin tepkimelerini adım adım nasıl çözebileceklerine dair çözüm yolu önermede sıkıntı yaşamışlardır. Bu durum özellikle, ileride fen bilgisi öğretmeni olacak olan bu adaylarının, karşısına çıkabilecek çok yönlü düşünme gerektiren bu tarz karmaşık problemlerin çözümüne yönelik stratejik bir yol bulmada da zorlanabileceklerinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Araştırmanın bulguları ışığında, aromatik bileşikler gibi organik kimyanın temel konularında, farklı organik moleküller, tepkimeler ve kavramlar arasında anlamlı bağlantılar kurulmasına katkı sağlayacak, sistemsel diyagram, kavram haritası gibi çeşitli etkinliklere yer verilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, çok basamaklı sentez tepkimelerinde uygun çözüm önerilerinin geliştirilmesi için problem durumuna adım adım nasıl yaklaşılacağı ele alınacağı sistematik bazı uygulama ve örneklere yer verilmesinin, öğretmen adaylarının öğrenmelerine katkı sağlayabilecektir. Bu araştırmada, öğretmen adaylarının sadece yazılı cevaplarının SOLO taksonomisine göre analizi ile aromatik bileşiklerinin tepkimelerine yönelik öğrenme zorlukları belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda, araştırma kapsamında incelenen sorular SOLO taksonomisinin en üst basamağı olan soyutlanmış yapı düzeyinde olmadığından, bu düzeye göre bir değerlendirme yapılamamıştır. Bundan ötürü, SOLO taksonomisinin tüm basamaklarına göre hazırlanmış açık uçlu sorular ve bu sorular üzerinden öğrencilerle think-aloud protokolü prensibine göre yürütülecek görüşme, öğrencilerin öğrenme zorluklarının yanında düşünme süreçlerinin de aydınlatılmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Akbaş-Ertem, A. (2016). *Meslek yüksekokulu öğrencilerinin bilgisayar destekli ortamda "limit-süreklilik" konusundaki öğrenmelerinin solo taksonomisine göre değerlendirilmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Austin, A. C., Ben-Daat, H., Zhu, M., Atkinson, R., Barrows, N. & Gould, I.R (2015). Measuring student performance in general organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 168-178.
- Balaban, A. T., Oniciu, D. C., & Katritzky A. R. (2004). Aromaticity as a cornerstone of heterocyclic chemistry. *Chemical Reviews*, 104(5), 2777-2812.
- Biggs, J.B., & Collis, K.F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy*. Academic Press.
- Brabrand, C., & Dahl, B. (2009). Using the SOLO taxonomy to analyze competence progression of university science curricula. *Higher Education*, 58(4), 531-549.
- Bryan L. C. H. (2007). *Identifying students' misconceptions in 'a-level' organic chemistry*. 01.11.2017 tarihinde <http://conference.crpp.nie.edu.sg/2007/paper/papers/SCI352.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Cruz-Ramirez de Arellano, D., & Towns M. (2014). Students understanding of alkyl halide reactions in undergraduate organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 501-515.
- Duffy, A. M. (2006), *Students' ways of understanding aromaticity and electrophilic aromatic substitution reactions*, Doctoral dissertation, Mathematics and Science Education, University of California, San Diego.
- Eticha, A.T., & Ochonogor, C.E. (2015). *Assessment of Undergraduate Chemistry Students' Difficulties in Organic Chemistry*. ISTE International Conference Proceedings, Unisa Press. 05.11.2017 tarihinde <http://uir.unisa.ac.za/handle/10500/19962?show=full> sayfasından erişilmiştir.
- 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, 198-211.
- Flynn, A. B. (2014). How do students work through organic synthesis learning activities? *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 747-762
- Groth, R.E., & Bergner, J.A. (2006). Preservice elementary teachers' conceptual and procedural knowledge of mean, median and mode. *Mathematical Thinking and Learning*, 8(1), 37-63.
- Grove, N.P., Cooper, M.M., & Rush, K.M. (2012). Decorating with Arrows: Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89 (7), 844-849
- Hattie, J.A., & Purdie, N. (1998). The SOLO method and item construction. In G. Boulton-Lewis & B. Dart (Eds.), *Learning in Higher Education*. Hawthorn, Australia: ACER.
- Hattie, J. A., & Brown, G. T. (2004). *Cognitive processes in asTTle: The SOLO taxonomy*. (asTTle Technical Report, 43). University of Auckland, Ministry of Education
- Holbrook, J.B. (1989). *Writing chemistry items using the SOLO taxonomy*. Paper Presented to the Sixth Annual Conference of the Hong Kong Educational Research Association, Hong Kong: City Polytechnic of Hong Kong, 19-21 Kasım 1989.
- Hodges L. C., & Harvey L. C. (2003), Evaluation of student learning in organic chemistry using the solo taxonomy, *Journal of Chemical Education*, 80, 785-787.
- İlhan, M. (2015). *Standart ve solo taksonomisine dayalı rubrikler ile puanlanan açık uçlu matematik sorularında puanlayıcı etkilerinin çok yüzeyli rasch modeli ile incelenmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Jimoyiannis, A. (2011). Using SOLO taxonomy to explore students' mental models of the programming variable and the assignment statement. *Themes in Science & Technology Education*, 4(2), 53-74

- Karşlı, F., & Yiğit, M. (2017). Effectiveness of the REACT Strategy on 12th Grade Students' Understanding of the Alkenes Concept. *Research in Science & Technological Education*, 35, 1-18.
- Krygowski, T. M., & Cyranski, M. K. (2001). Structural aspects of aromaticity. *Chemical Reviews*, 101, 1385-1419
- Leung, C.F. (2000). Assessment for learning: Using SOLO taxonomy to measure design performance of design & technology students. *International Journal of Technology and Design Education*, 10(2), 149-161
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. London: Sage.
- Özdemir, E. (2014). Tarama yöntemi. M. Metin (editör). *Kuramdan Uygulamaya Eğitimde Bilimsel Araştırma Yöntemleri* içinde (ss.77-97). Ankara: Pegem Akademi
- Padiotis, I., & Mikropoulos, T.A. (2010). Using SOLO to evaluate an educational virtual environment in a technology education setting. *Educational Technology & Society*, 13(3), 233-245.
- Sloop, J. C., Tsoi, M. Y. ve Coppock, P. (2016). Benefits of using a problem-solving scaffold for teaching and learning synthesis in undergraduate organic chemistry. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 10(1), Article 8, <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20429/ijstl.2016.100108>
- Stoyanovich, C. M., Gandhi, A., & Flynn, A. B. (2015). Acid-base learning outcomes for students in an introductory organic chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 92, 220-229.
- Sendur G., (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının organik kimyadaki kavram yanlışları: alkenler örneği. *J. Turkish Sci. Educ.*, 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.
- Tomperi, P. (2016). SOLO taxonomy supporting practical chemistry instruction. *LUMAT-B*, 1(3), 37-42.
- Weyers, M. (2006). *Teaching the FE Curriculum: Encouraging active learning in the classroom*. London: Continuum.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (5. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Zou, L.-H., Li, J., Chen, W.-C.; Zhong M.-L., & Wang, Z.-Y. (2012). Relationship Between Learning Quality and Learning Approaches of High School Students on the Subject of Chemistry. B. Zhang et al. (eds.). *International Conference on Science Education 2012 Proceedings: Science Education: Policies and Social Responsibilities* içinde (ss. 163-173). Heidelberg: Springer.