



International Refereed Journal

Karaelmas Journal of Educational Sciences

Journal Homepage: ebd.beun.edu.tr

Prospective Chemistry Teachers' Mental Models Concerning Metallic Structure and Conceptions about Metallic Bonding¹

Canan NAKİBOĞLU²

Received: 01 June 2019, Accepted: 12 June 2019

ABSTRACT

In this study, it was aimed to identify the prospective chemistry teachers' mental models about the metallic structure and metallic bonding firstly. The second aim was that how the prospective chemistry teachers' conceptions about metallic bonding. The sample consisted of 64 prospective chemistry teachers who were drawn from the Chemistry Education department at the Education Faculty. All participants were taught the metallic bonding theories and metallic structure in both General Chemistry and Inorganic Chemistry courses. The data were collected by an instrument with two open-ended questions. In the first question, prospective chemistry teachers were asked to explain the bonding in the structure of the copper metal by drawing. In the second question, they were asked to define what the metallic bonding is. The analysis of PCTs' responses was based on the Phenomenographic method. It was revealed that prospective chemistry teachers thought about the metallic bonding in the qualitatively different ways and most of the students' mental models were simple, and some of them had hybrid models of the bonding theories.

Keywords: Prospective Chemistry Teachers, Metallic Structure, Metallic Bonding, Mental Model.

EXTENDED ABSTRACT

The metallic bonding is one of the fundamental issues in the all-level chemistry teaching and needs to use a variety of models during instruction. The sea of electrons metaphor for the metallic bond is used in teaching metallic bonding in secondary education. Chemistry students are taught metallic bonding in both General Chemistry and Inorganic Chemistry courses by using both sea of electrons model and the band theory of metals that the band theory is a more sophisticated theory of metal bonding. Several studies have revealed that students have a poor understanding of the bonding in metals and models for metallic structure (Coll & Taylor, 2002; Coll & Treagust, 2003; Coll, 2008; Taber, 2003). Taber (2003) indicated that while some of the students did not think the metallic substance represented would have any bonding, other students thought there was some form of interaction in metals, but this was not proper bonding. He also found that students seemed to accept the "sea" metaphor uncritically, and to develop images of cations and/or electrons floating, swimming, etc. in the sea without thinking through the consequences of such a model.

Purpose and Aim

Students can be taught different models and theories concerning a topic together at the same time. Metallic bonding is one of these kinds of subject. The representations of different scientific models of metallic bonding are placed in their textbooks or teachers' descriptions concerning metallic bonding. So, students can integrate them, which they treat as coherent, and finally, they can generate their mental models in their mind. Besides the explanation of the metallic bonding is done depending on these models, which are based on a theory. For this reason to grasp how students visualize the metallic structure and conceptualize the metallic bonding are essential. This study aims to

¹ Some part of this research was presented at the International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology, 2016. Research reported in this publication was supported by Balıkesir University BAP with the project number 2016/63.

² Prof. Dr., Balıkesir University, Necatibey Education Faculty, canan@balikesir.edu.tr

identify the prospective chemistry teachers' mental models about the metallic bonding and metallic structure, and how they conceptualize the metallic bond.

Methods

The sample consisted of 64 (43 female and 21 male) prospective chemistry teachers (PCTs) who were the second year chemistry education students at the Education Faculty. They were taught more sophisticated models of metallic bonding in both General Chemistry and Inorganic Chemistry courses. The data were collected by an instrument with two open-ended questions. In these questions, PCTs were asked to provide a drawing of structure and bonding in the copper metal and written explanations of metallic bonding. The drawing task question designed to probe into PCTs' mental models concerning the metallic bonding. In the second question, PCTs' mental, verbal descriptions about metallic bonding were investigated. The analysis of PCTs' responses was based on the phenomenographic method, which was developed by Marton (1981). He described phenomenography as a "research method for mapping the qualitatively different ways in which people experience, conceptualize, perceive, and understand various aspects of, and phenomena in, the world around them." To determine the reliability of analysis was used intra-judge reliability which would involve a single judge scoring at the same test at two different times (Gay and Airasion, 2000, p.176).

Results

From the analyses of PCTs' drawings about the metallic structure of copper asked in the first question, seven different types of mental models were found. The most important of them are the simple particle model, close-packing model, a unit cell model, covalent bonding model, and electron-sea-model. In the second questions, PCTs' were asked to describe what the metallic bonding was. It was obtained that nearly 40% of them described metallic bonding as "The bonding which is occurred among metal atoms is called as metallic bonding".

Discussion and Conclusions

It was concluded that most of the PCTs' mental models were simple, in contrast with the sophisticated complex models taught. Some of the PCTs also had multiple models of metallic bonding theories together. It was found that PCTs' still used the Simple Particle Model they brought from elementary school science courses. It can be said that the PCTs' prior knowledge influences how new knowledge is constructed.

From results above it can be recommended followings: First of all, the main problem about difficulties concerning the all bonding type and metallic bonding are that learners do not make sense why the atoms come together to occur the chemical bonds. For this reason, the learners should be presented fundamental conditions of the bond occasion in generally taking into account electrostatic attraction and energy. It should be avoided that the simple explanations about bonding such as electron sharing or transferring. While using different models to explain the same topic, why these different models used should be clarified first.

Kimya Öğretmen Adaylarının Metalik Yapı ile ilgili Zihinsel Modelleri ve Metalik Bağ ile ilgili Kavramaları¹

Canan NAKİBOĞLU²

Başvuru Tarihi: 01 Haziran 2019, **Kabul Tarihi:** 12 Haziran 2019

ÖZET

Bu çalışmanın amacı kimya öğretmen adaylarının metalik yapı ve metalik bağ hakkındaki zihinsel modellerinin belirlenmesidir. Örneklem, Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Programına devam eden 64 kimya öğretmen adayından oluşmaktadır. Tüm katılımcılar hem Genel Kimya hem de Anorganik Kimya dersleri sırasında metalik bağ teorileri ve metalik yapıyı görmüşlerdir. Veriler, açık uçlu iki soru içeren bir ölçekle toplanmıştır. İlk soruda, Kimya öğretmen adaylarından bakır metalinin yapısındaki bağı çizerek açıklamaları istendi. İkinci soruda, metalik bağın tanımı sorulmuştur. Veriler, araştırmacı tarafından fenomenografik analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Kimya öğretmen adaylarının metalik bağ ile ilgili nitel olarak farklı şekillerde düşündükleri ve öğrencilerin çoğunun zihinsel modellerinin basit olduğu ve bazılarının bağ teorilerinin melez modellerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kimya Öğretmen Adayları, Metalik Yapı, Metalik Bağlanma, Zihinsel Model.

1. Giriş

Kimyasal bağlanma, kimyanın en temel ve önemli konularından biri olup birçok konunun öğrenilmesi için ön koşul bilgi niteliğindedir. Kimyasal bağ türlerinden biri olan metalik bağlanma, metallerin özellikleri, iletkenlik, yarı iletkenler gibi konularının iyi anlaşılmasında da son derece önemli olup öğretilmesi sırasında farklı modeller kullanılmayı gerektirir. Öğrencilerin bu modelleri kolayca anlayacakları düşünülse de farklı model kullanımı öğrencilerde farklı zihinsel modeller gelişmesine neden olabilmektedir. Zihinsel modeller, nesne, fikir veya süreçlerin gerçek temsilcileri olup kişilerin öğrenme sürecinde gelişir. Zihinsel modeller kişiye has olup, tamamlanmamış ve eksik olabilirler. Öğrencilerin sonraki öğrenmeleri için önemli bir role sahip olan bu zihinsel modellerin ortaya çıkarılması ve eksiklerin giderilmesi, tam öğrenmenin sağlanabilmesi için son derece önemlidir.

Ortaöğretim öğrencilerine çok ayrıntılı bilimsel modelleri göstermek uygun olmadığından, öğrencilerin soyutluk seviyesine uygun şekilde tasarlanmış modeller kullanılır ve bazen öğretilen konunun basitleştirilmesi gerekir. Bu basitleştirme bazen modelin bilimsel geçerliliğini kaybedebilmesi gibi bir soruna neden olabilir. Bu nedenle metalik bağlanma ile ilgili sorunlardan birisi ilköğretim ve ortaöğretim düzeyinde kullanılan öğretim modellerinin basitleştirilmiş olması, öğrencilerin hem metalik bağı tam kavramalarına engel olabilmekte hem de üniversite düzeyinde kimya derslerinde konunun doğru şekilde öğrenilmesine engel oluşturmaktadır. Bu durumdaki öğrenciler bazen de zihinlerinde konu veya kavrama yönelik kendilerine has zihinsel modeller geliştirebilmektedirler.

1.1. Kavramsal Çerçeve

Bağlar konusu Ortaokuldan itibaren öğretilen bir konu olmasına rağmen üniversite düzeyinde bile öğrencilerin hala bağ türlerinin tanımlamaları ve farklı bağ türlerinin oluşumlarının anlaşılması ile ilgili yanlış kavramalara ve öğrenme güçlüklerine sahip oldukları görülmektedir. Kovalent ve iyonik bağlama ile ilgili epeyce çalışma bulunmasına rağmen, metalik yapı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, diğer kimyasal bağlar ile ilgili yapılan çalışmalara göre metalik bağlanma üzerine nispeten daha az çalışma yapıldığı görülmüştür. Özellikle bu konuda Taber (2003)'ün çalışmaları ile Coll (2008)'ün tek başına ve grup olarak yaptığı çalışmaların ön plana çıktığını görmekteyiz (Coll and Taylor, 2002; Coll and Treagust, 2003).

¹ Bu çalışmanın bir kısmı International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology 'da sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Çalışma 2016/63 nolu proje olarak Balıkesir Üniversitesi BAP birimi tarafından desteklenmiştir.

² Prof. Dr., Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi canan@balikesir.edu.tr

Coll ve Taylor (2002), Yeni Zellandalı Ortaöğretim, üniversite ve lisansüstü öğrencilerinin kimyasal bağlarla ilgili zihinsel modellerini inceledikleri çalışmalarında, Ortaöğretim öğrencileri tarafından metalik bağlanma ile ilgili en fazla tercih edilen modelin “elektron-denizi” modeli olduğunu belirlemişlerdir. Öğrencilerin bir kaçının çok karışık ya da belirsiz modellere sahip olduğu görülmüştür. Bazı öğrencilerin kovalent bağa benzer oktet modeline sahip oldukları belirlenirken, bazılarının da tanecikli yapı içeren metalik bir bağ tanımlaması yerine metallerin makroskopik fiziksel özelliklerinin listesini içeren tanımlar yaptıkları belirlenmiştir. Üniversite öğrencilerinin de bir kısmı, ortaöğretim öğrencileri ile benzer modele yani “elektron-denizi” modeline yönelik açıklamalarda bulunmuşlardır. Ancak üniversite öğrencilerinin beklendiği gibi “elektron-denizi” ile ilgili modellerinin daha ayrıntılı açıklamalar içerdiği belirlenmiştir. Örneğin şekil çiziminde metal katyon kısmını göstererek elektronların delokalizasyonundan bahsetmişlerdir. Lisansüstü öğrencilerinin en fazla tercih ettikleri modelin yine “elektron-denizi” modeli olduğu ve ortaöğretim öğrencilerinininkinden daha ayrıntılı açıklama yaptıkları belirlenmiştir. Bazı öğrencilerin de “elektron bulutu” ve “moleküler orbital” modellerinden bahsettikleri görülmüştür.

Taber (2003) İngiltere’deki A-seviye öğrencilerinden oluşan grubun metallerin yapısını açıklarken metalik bağ nasıl tanımları ile ilgili açıklamalarını ikili görüşmeler ile incelemiş ve öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemeye çalışmıştır. Özellikle bu çalışmada ön bilgilerinin, öğrenmelerine nasıl bir etkisi olduğunu ve iki yıllık öğretimin sonucunda neler değiştiğini öğrencilerle ikili görüşmeler yaparak araştırmıştır. Çalışma sonunda, öğrencilerin metallerdeki bağlanma ile ilgili genel olarak şu fikirlere sahip olma eğiliminde olduklarını belirtmiş olup bu fikirler şunlardır: Metallerde bağlanma yoktur; Metallerde bağlanmanın bir türü vardır, ancak bu gerçek bir bağlanma değildir; Metaller kovalent ve/veya iyonik bağlara sahiptirler; Metaller elektron denizi şeklinde metalik bağa sahiptir. Taber (2003), iki yıllık öğretimin sonunda öğrenci düşüncelerinin öğretim programında yer alan modellere sahip olma yönünde farklı düzeylerde ilerleme kaydettiğini belirlemiştir. Öğrencilerin metalik bağ farklı bir bağ olarak kabul ettikleri ve metal katyon örgüsü ile delokalize elektronlar arasındaki elektrostatik etkileşimleri ifade ettiklerini belirtmiştir. Öğrencilerin bir kısmı kovalent ve iyonik bağlardaki açıklamaları metalik yapıları açıklamada da kullanmak istemektedir. Bu nedenle de eğer elektron transferi veya elektron alışverişi yoksa burada bağlanma yoktur diye düşündükleri görülmüştür. Çalışmada, bazı öğrencilerin metalik örgü oluşmasının nedenini elektrostatik kuvvetlerden çok soy gaz düzeni oluşumuna bağladıkları belirlenmiştir.

Redfors (2001), üniversite fizik öğrencilerinin metaller ve elektromanyetik radyasyon arasındaki etkileşimleri içeren durumlara ait açıklamalarında modelleri nasıl kullandıklarını incelemiştir. Bu alanda birçok bilimsel model bulunmasına rağmen, öğrencilerin açıklamalarında bilimsel modelleri pek fazla kullanmadıklarını ve bir kısmının açıklama yaparken Bohr atom modelini kullandığını belirlemiştir.

Metalik bağlar ve metalik yapı ile ilgili diğer bir çalışma Posada (1997) tarafından yürütülmüştür. De Posada (1997), 10. Sınıftan 12. Sınıfa kadar İspanyol öğrencilerin metallerin içyapısı ve elektrik iletkenlikleri ile ilgili kavramalarının ne olduğunu öğretim öncesi, öğretim sırası ve sonrasında araştırmıştır. Çalışma sonunda öğrencilerin kendilerine öğretilenlerle, kavramaları arasında önemli farklar olduğunu belirlemiştir. Daha sonra, ortaöğretimdeki ders kitaplarında metalik bağın nasıl öğretildiğini araştırmıştır (de Posada, 1999). Kitapları analiz ederken kitapların öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini geliştirecek şekilde yazılıp yazılmadığını da incelemiştir.

Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalardan birinde Cheng ve Gilbert (2014), 14-15 yaş arası üç öğrencinin metalik bağ ile ilgili zihinsel modelleri ile metallerin dövülebilirliği ile ilgili düşüncelerini incelemişlerdir. İkili görüşmeler sırasında öğrencilerin kendi çizimlerine yönelik açıklamaları ve daha önce öğretmenleri tarafından kullanılan diyagramları yorumlamaları yoluyla düşünceleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonunda öğrencilerin metalik bağ tanımını hatırlayıp yazabildiklerini ancak bu tanımlamaya uygun bilimsel gösterimleri çizemediklerini belirlemişlerdir. Çalışmada, ikili kodlama teorisine dayanarak, öğrencilerin derslerde konuyu görsel ve sözlü olarak eşzamanlı gördüklerinde, ilgili elektrostatik kuvveti daha iyi anlayabilecekleri önerilmiştir.

Cheng ve Oon (2016), 3006 tane 10-12 öğrencilerin metalik bağlanmayı anlamaları üzerine bir başka çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma verilerini yazılı bir ölçek ile toplamışlardır. Bu ölçek, Chi’nin ontolojik bilimsel kavramlar kategorisine ve alan yazındaki öğrencilerin metalik bağlanma ile ilgili belirlenen kavramalarına dayanarak geliştirilmiştir. İki kısımdan oluşan ölçme aracının ilk kısmında öğrencilerin metalik bağa yönelik *yapı*, *süreç* ve *etkileşim* kategorilerine yönelik anlayışları ikinci kısımda da

metallerin dövülebilme özelliği incelenmiştir. Çalışma sonuçları öğrencilerin *yapı, süreç ve etkileşim* anlayışlarının tek boyutlu ve artan zorluk derecesinde olduğunu ortaya koymuştur.

1.2. Çalışmanın Amacı

Metalik bağlanmanın öğretilmesi sırasında ilk olarak basit tanecikli model kullanılırken lise düzeyinde elektron denizi modeli kullanılır. Ayrıca, elektron denizi modeli ile metalik bağ açıklanırken tüm örgüyü bir arada tutan elektrostatik etkileşimlerin de bağ oluşumunda dikkate alınması gerekir. Üniversite düzeyinde gerek Genel Kimya gerekse Anorganik Kimya derslerinde metalik bağın açıklanmasında elektron denizi modeli yanında *Band Kuramı* gibi daha üst düzey teoriler de kullanılır. Özellikle metallerde ve yarı iletkenlerdeki iletkenliğin sıcaklıkla değişimini açıklamak için *Band Kuramı* son derece önemlidir. Metalik bağ yanında metalik yapının açıklanması için de sıkı istiflenme modelleri ve birim hücre gösterimleri kullanılır. Bütün bu farklı model ve gösterimler öğrencilerin zihinlerinde bir modeli tam anlamıyla canlandırmasında sorunlar olmasına zaman zaman da melez modeller gelişmesine neden olabilir. Diğer taraftan metalik bağlanma ve metallerin özelliklerinin Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programlarının önemli bir konusu olması nedeniyle kimya öğretmen adaylarının bu konuları doğru bir şekilde anlamaları ve zihinlerinde yapılandırmaları önemlidir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada öncelikle öğretmen adaylarının metalik bağlanma ile ilgili zihinsel modellerinin nasıl olabileceği ve metalik bağ nasıl kavramsallaştırdıklarının belirlenmesi, önceki öğrenmelerinin zihinsel modellerinin oluşumuna bir etkisinin olup olmadığının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

2. Yöntem

2.1. Araştırma Deseni

Bu çalışmada *tarama modeli* kullanılarak var olan durum betimlenmeye çalışılmıştır. Tarama modeli, geçmişte ya da halen var olan bir durumu ortaya çıkarmayı amaçlayan bir çalışma olarak tanımlanır Karasar (2005). Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz & Demirel (2008) *tarama araştırmasını* için "bir grubun belirli özelliklerini belirlemek için verilerin toplanmasını amaçlayan çalışma (s. 16)" olarak tanımlamışlardır.

2.2. Örneklem

Çalışmanın örnekleminin belirlenmesinde *uygun örnekleme yöntemi* kullanılmıştır. *Uygun örnekleme yöntemi*, zaman ve işgücü açısından oluşan sınırlılıklar nedeniyle örneklemin kolay uygulama yapılabilecek birimden seçilmesi olarak açıklanmıştır (Büyüköztürk vd., 2009). Bu şekilde belirlenen çalışmanın örneklemini, bir devlet üniversitesinin Kimya Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda farklı yıllarda 2. sınıfa devam eden 43'ü kadın 21'i erkek olmak üzere 64 öğretmen adayı oluşturmaktadır.

2.3. Veri Toplama Aracı

Cheng ve Oon (2016), *İkili Kodlama Teorisinin* görsel ve sözlü temsil sistemlerinin birlikte çalışabilmesine rağmen, bağımsız olarak da çalışabileceğini ifade ettiğini belirterek, öğrencilerin metalik bağ ile ilgili düşüncelerinin ortaya çıkarılmasında hem görsellerden yararlanmış hem de yazılı açıklama yapmalarını istenmiştir. Bu çalışmada da benzer düşünceden yola çıkarak öğrencilerin hem çizim hem de sözel şekilde metalik bağ nasıl kavramsallaştırdıkları ve zihinsel modelleri araştırılmıştır. Bu amaçla iki açık uçlu sorudan oluşan bir yazılı test kullanılarak veri toplanmıştır. İlk soruda, öğretmen adaylarından bakır metalindeki bağlanmayı çizerek açıklamaları, ikinci soruda ise metalik bağın ne olduğunun yazılı olarak tanımlanmaları istenmiştir.

2.4. Verilerin Toplanması

Veri toplanmasından önce öğretmen adaylarına çalışmanın amacı hakkında kısaca bilgi verildikten sonra çalışmaya katılmak için gönüllü olup olmadıkları sorulmuş ve isimleri her hangi bir yerde geçmeyeceği konusunda teminat verilerek verilerinin aynen kullanımı konusunda izinleri alınmıştır. Bu açıklamalar sonrasında veriler araştırmacı tarafından toplanmıştır.

2.5. Verilerin Analizi

Çalışmanın ilk sorusunda yer alan çizimlerin analizinde ilk olarak metalik bağın ve metalik yapıların öğretiminde kullanılan tüm model ve teorileri, Anorganik Kimya doktorasına sahip araştırmacı tarafından incelenerek belirlenmiştir. Daha sonra toplanan verinin tamamı analiz edilerek, daha önce belirlenen kategorilerden öğretmen adaylarının yanıtlarının girmediği farklı bir kategori varsa (örn. Melez modeller) bunların eklenmesi ile analiz kategorileri son hale getirilmiştir. Analiz kategorileri belirlenirken çizimler ile beraber öğrencilerin çizimlerin üzerinde yazdıkları ifadelerinde dikkate alınması ile belirlenen kategoriler ve bu kategorilere yönelik açıklamalar Şekil 1’de verilmiştir.

Kategori	Gösterim	Açıklama
Basit Tanecik Modeli		Metal atomlar katı küreler halinde çizilip, sıkı istiflenme olduğuna ilişkin bir ifade yazılmamış sadece atomların bir arada bulunduğu belirtilmiş olması.
Sıkı istiflenme Modeli		Şekil olarak basit tanecik modeli veya farklı sıkı istiflenmeyi gösteren çizimlerin yapıлып yan tarafına "sıkı istiflenmeye" işaret eden açıklamaların yazılması durumu
	Birim Hücre ile beraber 	Çizimle gösterilmiş veya birim hücre çizilip yanına sıkı istiflenme olduğu yazılmış
	Elektron denizi modeli ile beraber 	Sıkı istiflenme modeli çizilip aynı zamanda açıklama da elektron denizinden bahsedilmiş olması durumu.
Birim Hücre Modeli		Sadece bir tane birim hücre çizilmiş ve/veya yanına birim hücre olduğunu belirten bir ifade yazılması durumu.
Elektron denizi modeli		Metal atomlarından oluşan katyonlar ile elektronların yer aldığı çizim ve açıklamalar bulunması durumu.
Kovalent Bağ	Elektron bulutu modeli 	İki metal atomunun orbitallerinin kovalent bağdakine benzer şekilde elektron bulutu şeklinde çakıştırılması
	d Orbital çakışması 	Bakır atomlarının d orbitallerinin çakışarak kovalent bağdakine benzer bağ yapması
	Molekül oluşumu 	İki bakır atomunun molekül oluşumundaki gibi birbirine bağlanması.
	Molekül oluşumu ile sıkı istiflenme birlikte 	Bakır molekülü (Cu ₂) oluşumunun gösteri ve ayrıca sıkı istiflenme gösterimi birlikte olması durumu.
	Molekül oluşumu ve Birim Hücre 	İki bakır atomunun molekül oluşumundaki gibi birbirine bağlanması ile birim hücre gösteriminin birlikte olması durumu.
Kafes veya örgü modeli		
Elektronik diziliş	$^{29}\text{Cu}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$	

Şekil 1. Bakır Metali Yapısının Değerlendirme Kategorileri ve Açıklamaları

Şekil 1'den de görüldüğü gibi bakır metalinin yapısı ile ilgili öğrencilerin zihinsel modelleri yedi kategori altında toplanmıştır. Bu kategorilerden “sıkı istiflenme” kategorisi altında 3 alt kategorinin, “kovalent bağ” kategorisi altında da 5 alt kategori yer almaktadır. Son olarak belirlenen kategorilere göre veri analizi araştırmacı tarafından iki farklı zamanda yapılarak *iç tutarlılık* sağlanmıştır (Gay and Airasion, 2000, p.176).

İkinci sorunun analizinde fenomenografik yaklaşım kullanılmıştır. Fenomenografik araştırma yaklaşımı, insanların bir fenomeni anlama, anlamlandırma, kavrama, haberdarlık veya deneyimleme yollarındaki çeşitliliğin ortaya çıkartılması olarak tanımlanır (Akerlind 2002). Bireylerin bir fenomenle ilgili tanımlamaları doğru veya yanlış olarak değerlendirilmez. Bireylerin araştırılacak olan fenomenle ilgili olarak ortaya attıkları tanımlar kategorilere ayrılır. Tanımların kategorilere ayrılması bireylerin ne düşündüklerini açıkça ortaya koyar (Koballa vd., 2000). Kodlamaların güvenilirliğinin sağlanması amacıyla araştırmacı verilerin tümünü farklı zamanda iki kez analiz ederek karşılaştırmıştır. Miles ve Huberman'ın (1994) göre hesaplanmış ve 0.95 değeri elde edilmiştir. Ayrıca bir kimya öğretim üyesi tarafından kodlamalar incelenerek onaylanmıştır. Frekansın bir ve iki olduğu çizim ve açıklamalar, eğer bir anlam ifade ediliyorsa değerlendirmeye alınmıştır. Metalik bağ tanımlaması ile ilgili analiz sonuçları bir kavram haritası oluşturularak sunulmuştur.

3. Bulgular

3.1. Öğretmen Adaylarının Bakır Metal Yapısına ait Zihinsel Modellerine İlişkin Bulgular

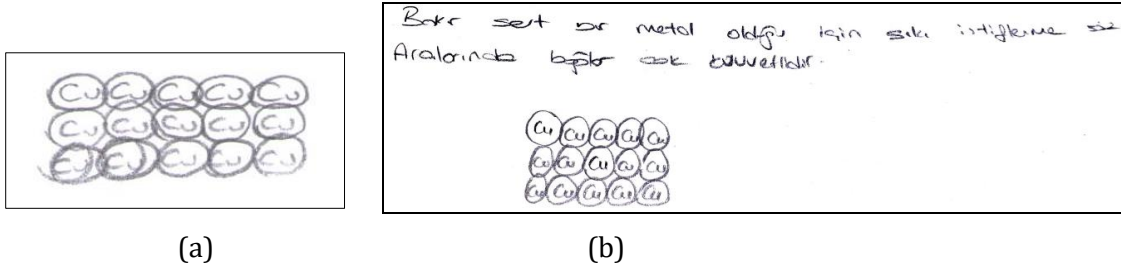
Şekil 1'de yer alan kategorilerin dikkate alınması ile gerçekleştirilen analiz sonucunda kimya öğretmen adaylarının metalik yapıya ilişkin zihinsel modellerine ait bulgular Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1
Kimya Öğretmen Adaylarının Zihinsel Modellerine İlişkin Bulgular

Kategori	Alt Kategori	f	%
Basit Tanecik Modeli	-	12	18.8
	Birim Hücre ile beraber sıkı istiflenme	6	10
Sıkı istiflenme Modeli	Sıkı istiflenme	3	
	Elektron denizi modeli ile beraber sıkı istiflenme	1	
	d orbitallerinin çakışması	3	9
	Elektron bulutu modeli	2	
Kovalent Bağ	Molekül oluşumu	2	
	Molekül oluşumu ile beraber birim hücre	1	
	Molekül oluşumu ile birlikte sıkı istiflenme	1	
Birim Hücre Modeli	-	7	10.9
Elektron denizi modeli	-	6	9.4
Elektronik dizilişi	-	4	6.2
Kafes veya örgü modeli	-	1	1.6
Yanıt yok	-	15	23.4
Toplam		64	100

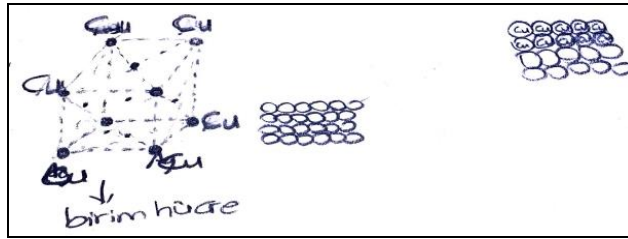
Tablo 1 incelendiğinde kimya öğretmen adaylarının bakır metalinin yapısına yönelik çizimlerinin 7 ana kategoride toplandığı ve bunlardan en fazla tercih edilen kategorinin (%18.8) “basit tanecik modeli” kategorisi olduğu görülür. Bu en temel kategori öğrencilere Ortaokul düzeyinde gösterilen bir çizim şeklidir. Her ne kadar 2018 yılı Ortaokul Fen Bilimleri dersi öğretim programından bağlar konusu çıkarılmış olsa da, örnekleme yer alan öğretmen adaylarının Ortaokulda okudukları yıllardaki fen bilimleri derslerinde bağlar konusunun yer alması nedeniyle öğretmen adayları bu modeli daha önceki öğretimlerinde görmüşlerdir. Bu kategoride genel olarak kimya öğretmen adaylarının metalin yapısını ya

yan yana sıralanmış boş küreler şeklindeki atomlardan oluşmuş şekilde ya da içinde bakır atomunun simgesi "Cu" yazan yan yana sıralanmış küreler şeklinde çizdikleri görülmüştür. Bu kategoriye ait örnek bir çizim Şekil 2.a'da verilmiştir. İkinci en fazla tercih edilen çizim olan "sıkı istiflenme" kategorisinde (%15.6), 3 alt kategorinin yer aldığı belirlenmiştir. Bunlardan ilki basit sıkı istiflenme kategorisidir. Bu kategoride yer alan çizimler genellikle "basit tanecik modeli" kategorisi çizimlerine benzemekle birlikte, burada çizim yanına bir açıklama eklenerek bu yapının "sıkı istiflenme" olduğu yazılı olarak ifade edilmiştir. Şekil 2.b'de yer alan çizim ve hemen üzerinde yer alan açıklama bu durumu açıkça göstermektedir.



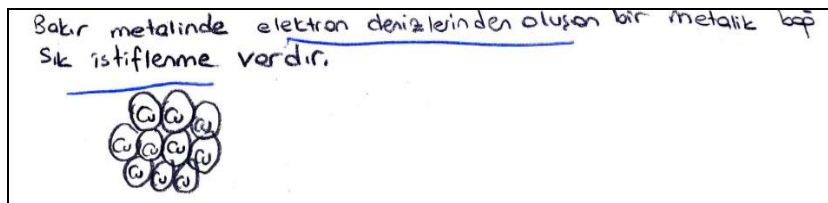
Şekil 2. Örnek öğretmen adayları çizimleri (a) Basit tanecikli model kategorisi (b) Sıkı istiflenme alt kategori

Sıkı istiflenme kategorisinde en fazla tercih edilen alt kategorisi olan "Birim Hücre ile beraber sıkı istiflenme" alt kategorisine ait çizimlerde öğretmen adaylarının sıkı istiflenme modeli çizdikten sonra yanına bir birim hücre çizdikleri belirlenmiştir. Bu çizim genellikle üniversite düzeyi derslerde metal veya genel olarak kristal katılar anlatılırken izlenen yola benzer bir gösterimdir. Şekil 3'de bu alt kategoride yer alan çizimlere ait bir öğretmen adayının çizimi örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3. Birim Hücre ve Sıkı İstiflenmenin Birlikte Yer aldığı alt kategoriye ait bir örnek çizim

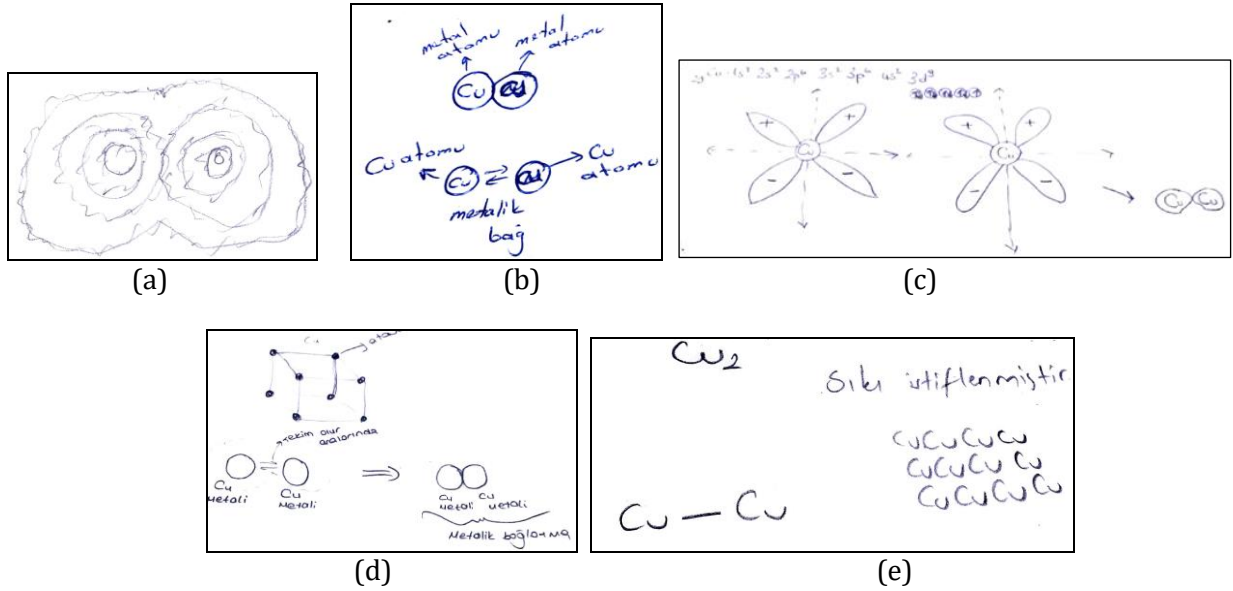
Sıkı istiflenme kategorisinin diğer bir alt kategorisi olan "elektron denizi modeli ile beraber sıkı istiflenme" modeli, tek bir öğretmen aday tarafından çizilmiştir. Şekil 4'de yer alan çizimde görüldüğü gibi, öğretmen adayları sıkı istiflenme modeli çizerek, bu modelde yer alan atomların elektron denizi modeline göre bağ yaptığını belirtmektedir.



Şekil 4. Elektron denizi modeli ile beraber sıkı istiflenme alt kategorisine ait bir örnek çizim

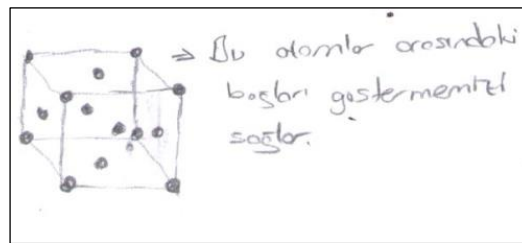
Tablo 1'den görüldüğü gibi, üçüncü önemli kategori "kovalent bağ" şeklinde etiketlenen kategoridir (%14.1). Bu kategoride bakır atomlarının kovalent bağdakine benzer moleküllerden oluştuğunu gösteren çizimler yer almaktadır. Beş farklı alt kategoriden oluşan bu kategorideki çizimlerin, "elektron bulutu" alt

kategorisinde yer alan öğretmen adaylarının çizimleri incelendiğinde, kovalent bağdaki elektron bulutu şeklinde gösterilen orbitallerin çakışmasına benzer şekilde iki bakır atomunun orbitallerini çakıştırdıkları görülmüştür (Şekil 5a). İkinci alt kategoriye alınan çizimlerde “molekül oluşumu” ‘nun genel olarak küre şeklinde iki bakır atomunun molekül şeklinde çizildiği gösterimlerdir (Şekil 5.b). Şekil 5.b’de yer alan molekül çizimi ile birlikte farklı çizim ve açıklamaların yer aldığı çizimler, bu farklılıklar dikkate alınarak farklı alt kategoriler olarak alınmıştır. Şekil 5. c ve d’de bu şekilde gruplandırılan diğer iki alt kategorilerin her biri için örnek öğrenci çizimleri verilmiştir. Son olarak “kovalent bağ” kategorisinin altında yer alan “molekül oluşumu ile birlikte sıkı istiflenme” kategorie ait örnek bir öğrenci çizimi Şekil 5.e’ de verilmiştir. Burada bakır atomlarından Cu_2 şeklinde bir molekül oluştuğu direkt gösterilmiştir.



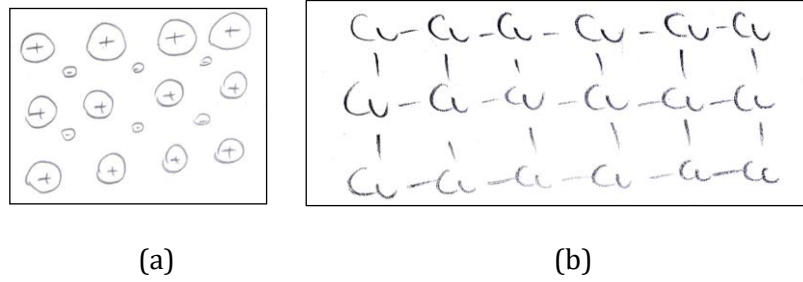
Şekil 5. Kovalent bağ kategorisinin alt kategorilerine yönelik örnek çizimler (a)Elektron bulutu modeli (b) Molekül oluşumu (c) d orbitallerinin çakışması (d) Molekül oluşumu ile birlikte birim hücre (e) Molekül oluşumu ile sıkı istiflenme

Dördüncü kategori olan “birim hücre kategorisinde”, öğretmen adaylarının % 10.9’ unun sadece birim hücre çizdikleri ve bakır atomlarını bu birim hücrelerin üzerinde gösterdikleri belirlenmiştir. Şekil 6’da örnek bir çizim verilmiştir.



Şekil 6. Birim hücre kategorisine ait örnek bir çizim.

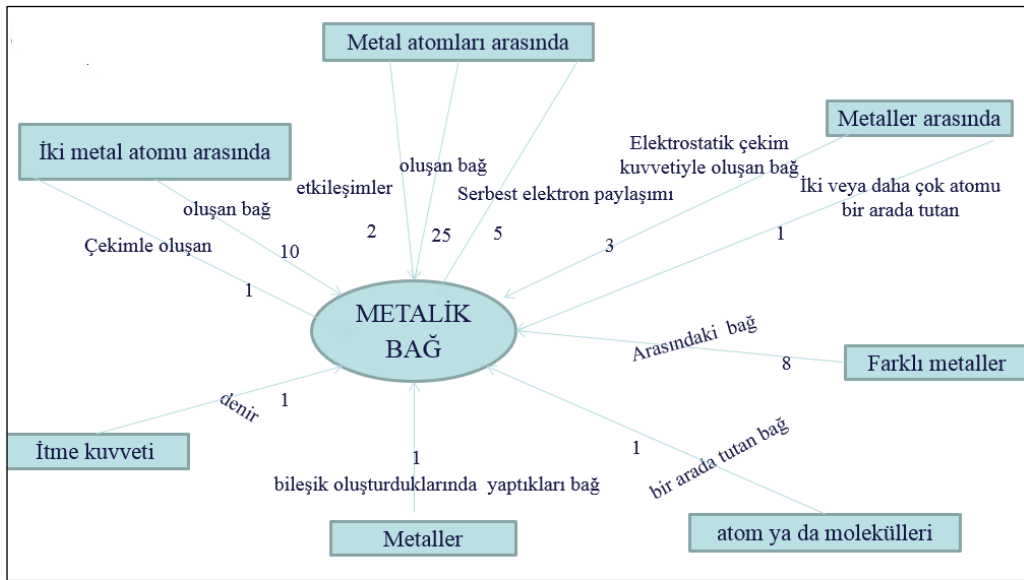
Öğretmen adaylarının tarafından çizilen modellerden % 9.4’ ünün “elektron denizi modeli” şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu modelde, bakır atomları pozitif yüklü küreler şeklinde gösterilirken, aralarına serbest elektronlar çizilmiştir (Şekil 7a). Öğretmen adaylarından % 6.2’ sinin her hangi bir çizim yazmadığı, sadece bakır atomuna ait elektronların orbitallere dağılımını gösteren bakır atomu elektron dağılım dizilişini yazdıkları belirlenmiştir. Bu kategorilerdeki çizimlerin dışında bir öğretmen adayının “kafes veya örgü modeli” şeklinde adlandırılan ve kitaplarda yer almayan kendine özgü bir çizim yaptığı görülmüştür. Şekil 7b’de yer alan bu çizimde bakır atomlarının bir örgü oluşturacak şekilde birbirine çizgiler ile bağlandığı görülmektedir.



Şekil 7. (a) Birim hücre kategorisine ait örnek bir çizim. (b) Kafes veya örgü modeli kategorisine ait örnek bir çizim.

3.2. Öğretmen Adaylarının Metalik Bağ ile ilgili Tanımlamalarına İlişkin Bulgular

Öğretmen adaylarının metalik bağ ile ilgili tanımlamalarının analizi sonucunda, frekans değerlerinde yola çıkarak metalik bağ betimleri haritalanmıştır. Oluşturulan betimleme modeli Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Kimya Öğretmen adaylarının metalik bağa yönelik betimlemeleri

Şekil 8 incelendiğinde, öğretmen adaylarının yarıya yakınının (25) metalik bağ “metal atomları arasında oluşan bağ olarak” kavramsallaştırdıkları görülmektedir. Bu betimlemenin çizimlerinde yer alan sıkı istiflenme ve tanecik modeli çizimleri ile örtüştüğü görülmektedir. Benzer şekilde ikinci sıradaki betimleme olan (10 öğretmen adayı) “iki metal atomu arasında oluşan bağ” betimlemesi, çizim kategorisinde yer alan “kovalent bağ” ile örtüşmektedir.

Betimleme ifadelerinden 5 öğretmen adayı tarafından belirtilen “serbest elektron paylaşımı” ile 3 öğretmen adayının belirttiği “elektrostatik çekim kuvveti ile oluşan bağ” ifadeleri elektron denizi modeli düşüncesine karşı gelmektedir.

Şekil 8’de yer alan öğrenci betimlemelerinden metalik bağın “farklı metaller arasındaki bağ” (8 öğretmen adayı) ile “metaller arasındaki bağ” ifadeleri yanlış kavrama ifadesi olarak değerlendirilebilir. Bu tür düşünceye sahip öğretmen adaylarının metalik bağ aynı veya farklı metaller arasında oluştuğu şeklinde bir düşünceye sahiptirler.

4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Çalışmanın sonunda, öğretmen adaylarının metalik yapı ile ilgili zihinsel modellerinin yedi farklı grup altında toplandığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu modellerden biri olan “basit parçacık” modelinin hala önemli

bir düzeyde öğrenci zihninde yer alması, öğretmen adaylarının ortaokul düzeyinde gördükleri basit modellerin hala etkisinde kaldığını göstermektedir. Benzer şekilde üst düzey modeller gösterilmesine rağmen “elektron denizi modeli” de öğrencilerin çizimlerinde yer alan diğer bir basit modeldir. Bu durum öğrencilerin metalik yapıyı açıklamada kullanılan zihinsel modelleri oluşturken geçmiş öğrenmelerinin etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Taber (2003) öğrencilerin mental modellerini belirlemeye çalışmasında, özellikle ön bilgilerinin, zihinsel modellere etkisini incelemiştir. Her ne kadar öğrencilerin zihinsel modellerinde öğretim ile değişiklik olsa da, ilk öğrenmelerinin bu modeller üzerinde önemli etkisi olduğunu belirlemiştir.

Coll ve Taylor (2002), Ortaöğretim öğrencilerinin metalik bağlanma ile ilgili en fazla tercih edilen modelin “elektron-denizi” modeli olduğunu, üniversite öğrencilerinin ve lisansüstü öğrencilerinin de bir kısmının, “elektron-denizi” modeline yönelik açıklamalarda bulunduğunu belirtmiştir. Ancak çizimlerinin biraz daha ayrıntılı olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada da benzer şekilde üniversite düzeyinde ders almış öğretmen adaylarının çizimleri Band kuramı gibi daha üst düzey kuramlara dayansa bile, hala “elektron denizi modeli” tercih edilen bir model olma özelliğini sürdürmektedir. Ancak Coll ve Taylor (2002)’in çalışmasından farklı olarak, buradaki öğretmen adaylarının çizimleri çok fazla ayrıntılı değildir. Öğretmen adaylarının çizimleri incelendiğinde lise kitaplarında yer alan elektron denizi modeli çizimleri ile benzer olduğu görülür. Bu durum zihinsel modellerin geçmiş deneyimlerinin etkisinin yanında ders kitaplarında kullanılan çizimlerinde zihinsel model oluşumunda önemli bir etkiye sahip olduğu göstermektedir.

Coll ve Taylor (2002) çalışmalarında lisansüstü öğrencilerin de en fazla tercih ettikleri modelin yine “elektron-denizi” modeli olması yanında bazı öğrencilerin “elektron bulutu” ve “moleküler orbital” modellerinden bahsettiklerini belirlemiştir. Bu çalışmanın bulgularında da öğretmen adaylarının bir kısmının elektron bulutu modelini kullandıkları belirlenmiştir. Ancak bunu kovalent bağ ile karıştırmaktadırlar. Bu durum metalik bağın Band kuramına göre açıklanmasında kovalent bağa benzer şekilde açıklamaların yapılması ve bu durumun öğrencinin zihnini biraz karıştırdığı şeklinde yorumlanabilir. Öğretmen adaylarından hiç biri Band kuramından bahsetmemiştir ve bir kısmı metal atomları arasında moleküller oluştuğu şekilde bir düşünceye sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada ulaşılan diğer bir sonuç, öğretmen adaylarının zihinlerinde metalik yapı ile ilgili “sıkı istifleme” ve “birim hücre” kavramının da yer alıyor olmasıdır. Bu durum öğretmen adaylarının lisans düzeyinde öğretilen konuların da zihinlerindeki modeli önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Ancak sıkı istiflenme ile birlikte farklı modelleri birleştirerek melez modeller oluşturmaları, öğretmen adaylarının birkaç modeli bir arada kullanabildiğini göstermektedir.

Öğretmen adaylarının metalik bağ ile ilgili tanımlamalarında genel bağlanmanın temelinde yer alan bir atomun çekirdek ile diğer atomun elektronları arasındaki çekimlerden hiç bahsetmedikleri görülmektedir. Bu durum bütün bağ türleri için öğrencilerin açıklamalarında bu tür etkileşimleri pek dikkate almadıkları yönünde alan yazında belirlenen sonuçlar ile örtüşmektedir (Taber, Tsapalis ve Nakiboğlu, 2012). Gerek bağ kuramının temelinde yer alan etkileşimlerin öğrenciler tarafından tam anlaşılması gerekse arka arkaya birçok modelin sunulması öğretmen adaylarının zihninde metalik yapı ve metalik bağ oluşumunu tam yapılandıramadıklarını göstermektedir.

Araştırma sonunda şu öneriler sunulabilir;

- Öncelikle temel bağ kuramı iyi açıklanmalı bir başka değişle bağ oluşumunun temelinde yatan elektrostatik etkileşim çok iyi vurgulanmalı ve bu açıklamalar her bağ türü öğretilirken o bağ türüne özgü olacak şekilde tekrar ele alınmalıdır.
- Modeller kullanılırken, farklı modellerin birbiri ile ilişkisi ve neden farklı modellerin var olduğu öğrenciye iyi açıklanmalıdır.
- Bağların elektron ortaklaşması veya elektron transferine dayanarak açıklanacağı fikrinden uzaklaşılmalı, enerji değişimleri ve çekim kuvvetleri üzerinden açıklamalar yapılmalıdır.
- Öğretilen konuların bilimsel yeterliği ile öğrencinin anlayabileceği düzeyde olması arasında bir denge sağlanmalıdır.

Kaynaklar

- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (21. Baskı). Pegem Akademi: Ankara.
- Cheng, M. M. W. & Gilbert, J. K. (2014) Students' visualization of metallic bonding and the malleability of metals, *International Journal of Science Education*, 36(8), 1373-1407, DOI: 10.1080/09500693.2013.867089
- Cheng, M. M. W. & Oon, P.-T. (2016). Understanding metallic bonding: Structure, process and interaction by Rasch analysis. *International Journal of Science Education*, 38(12), 1923-1944, DOI: 10.1080/09500693.2016.1219926.
- Coll, R. K. & Taylor, N. (2002). Mental models in chemistry: Senior chemistry students' mental models of chemical bonding. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2), 175-184.
- Coll, R. K. & Treagust, D. F. (2003). Learners' mental models of metallic bonding: A cross-Age study. *Science Education*, 87: 685-707.
- Coll, R. K. (2008). Chemistry learners' preferred mental models for chemical bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5(1), 22-47.
- De Posada, J. M. (1997). Conceptions of high school students' concerning the internal structure of metals and their electric conduction: Structure and evolution. *Science Education*, 81: 445-467.
- De Posada, J. M. (1999). The presentation of metallic bonding high school science textbooks during three decades: Science Educational reforms and substantive changes of tendencies. *Science Education*, 83: 423-447.
- Gay L. R. and Airasion P. (2000). *Educational research: competencies for analysis and application*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Karasar, N., (2005). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Nobel Yayın Dağıtım Ltd.Şti: Ankara.
- Marton F. (1981). Phenomenography – describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10, 177-200.
- Redfors, A. (2001). University physics students' use of models in explanations of phenomena involving interaction between metals and electromagnetic radiation. *International Journal of Science Education*, 23(12), 1283-1301.
- Taber, K. S. (2002). *Misconceptions in chemistry: prevention, diagnosis and cure?* (2 volumes) The Royal Society of Chemistry: London.
- Taber, K. S. (2003). Mediating Mental Models of Metals: Acknowledging the priority of the learners' Prior learning. *Science Education*, 87: 732-758.
- Taber, K. S., Tsaparlis, G. & Nakiboğlu, C. (2012). Student conceptions of ionic bonding: Patterns of thinking across three European contexts. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2843-2873.