

Fen ve Matematik Öğretmen Adaylarının Modellerin Bilim ve Fendeki Rolüne ve Amacına İlişkin Algıları

Perception Of Science And Mathematics Forthcoming Teachers Related With Role And Goal Of Models At Science

Nilüfer Cerit BERBER*
Hatice GÜZEL**

ÖZET

Bilimsel süreçlerin ve bilimsel okuryazarlığın ayrılmaz birer parçası olan modeller, betimledikleri sistemin basitleştirilmiş temsilleridir ve nesnelere, olayları, fikirleri ya da soyut kavramları algılanır kılan araçlardır. Fen öğretiminin amacı, öğrencilere bilimsel düşünme ve çalışma becerilerini kazandırmaktır. Bu amaca ulaşmak öncelikle öğrencilerin model ve modellemenin tabiatını anlamalarını ve bunları uygulamalarını gerektirir. Gelecek nesillere fen öğreniminde rehberlik edecek olan bu günün fen öğretmen adaylarının bu konu hakkında yeterli donanımına sahip olması önemlidir. Öğretmen adaylarının bu konuda ne derecede yeterli olduklarını ölçmek amacıyla yapılan bu çalışma yurt dışında yapılmış bir çalışmanın uygulaması niteliğindedir. Araştırma tarama modeli benimsenerek gerçekleştirilmiştir. Verilerin toplanması, çözümlenmesi ve yorumlanmasında nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışma 2005–2006 öğretim yılı ikinci yarıyılında yapılmıştır. Çalışmaya Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi, Kimya Eğitimi, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı ve İlköğretim Bölümü Fen Bilgisi Eğitimi ve Matematik Eğitimi Anabilim Dalında öğretim gören toplam 435 öğretmen adayı katılmıştır. Öğretmen adaylarına çoktan seçmeli ve yazılı açıklama gerektiren 6 sorudan oluşan bir ölçek uygulanmıştır. Kullanılan ölçüm aracı, Treagust, Chittleborough ve Mamiale (2004) tarafından geliştirilen VOMMS (My Views of Models and Modelling in Science) isimli bir ölçektir. Anket, bilimsel modellere ilişkin üç karakteristiği yani, “temsiller olarak modeller”, “modellerin çeşitliliği” ve “modellerin dinamik doğası” nı araştırmaktadır. Ayrıca ölçeğin en son kısmında bazı model örnekleri verilmiş ve öğrencilere bunlardan hangilerinin model olarak nitelendirilebileceği sorulmuştur. Sonuçlar öğretmen adaylarının modelleri gerçeğin tam kopyaları değil temsiller olarak gördüklerini ortaya koymuştur. Öğretmen adayları bilimsel bir olguyu açıklayan çok sayıda model oluşturulabileceğini düşünmektedirler. öğretmen adayları modellerin bilim adamlarının hisleri yerine modeli ve teoriyi destekleyen gerçeklere göre kabul gördüğünü, bir modelin kabulünün hem sonuçları açıklamadaki başarısına hem de aldığı desteğe bağlı olduğunu düşünmüşlerdir. Araştırma sonuçları, öğretmen adaylarının genel olarak, modellerin fenedeki rolünün farkında olduklarını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilimsel Modeller, Fen öğretimi, Öğretmen adayları, Modellerin Doğası, VOMMS.

Çalışmanın türü: Araştırma

ABSTRACT

Models, inseparable parts of scientific course and science literacy, are simplified representations of systems they describe. Those models are also tools that make objects, events, ideas and abstract concepts comprehensible. Models help to scientists for estimating, defining and explaining natural events, particles, physiques. Accordingly scientific models guide both for the products of scientific researches and for the future. Models include large variation of symbolic presentations related to scientific events such as three- dimensioned structures, equalities, diagrams, analogies, metaphors and simulations (Harrison and Treagust, 1999).

The goal of science teaching is to get the students to gain ability of scientific thinking and study. It requires students' understanding of nature of models modeling and practicing of it. Especially, forthcoming teachers of science must have sufficient knowledge about models and modeling as they are going to be guides of the next generations. Related to this fact, the study which is a practice of another study held abroad before, aims evaluation of whether the students of science teaching are eligible about modeling or not. At this study, scanning model was preferred and qualitative research method was used to collect, analyze and discuss the data. This study was held in the second semester of 2005-2006 academic year and 435 students at the departments of teaching physics, chemistry, biology, science and mathematics to primary and secondary schools students participated in the study. A kind of scale that consists of 6 items was carried out throughout the study. The scale consisted of multiple choice questions and some other question types that required a brief explanation of them. The scale was developed by Treagust, Chittleborough and Mamiale (2004) and its name is VOMMS (My Views of Models and Modelling in Science). The scale researches three characteristics related scientific models. These characteristics are “models as representations”, “variations of models” and “dynamic nature of models”. The scale was consisted of 5 items. It wants the students to choose one alternative between two alternatives related to models and explain their choices. Explanations of the forthcoming teachers were categorized and coded. Also, at the last part of the scale, samples of models were given and the students were asked which of these could be described as models.

* Arş. Gör. Dr., Selçuk Üniversitesi

** Yrd. Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi

Findings about “models as representations”

%83 of forthcoming teachers defined scientific model as “representations”, %15 of them defined “perfect copy of facts”. This result is almost the same of the results were reported by Chittleborough, Treagust, Mamiala et al. (2005) (%85, %11). Most popular explanation relevant to “models are representations” was “facts are invisible and so models make representation” (%23). Second popular explanation was “alternative modes are used while models are composing and models represent facts” (%19). Other explanations are “model are incompetent” (%19) and “models are used for testing ideas” (%9). Explanation of “models help to teaching ideas and concepts” was made by only %4 of sample. Forthcoming teachers do not think models as helpers of learning and teaching. This is remarkable.

Findings about “variations of models”

%93 of forthcoming teachers think that a lot of models, explaining a scientific concept can be formed. This result is same with the result of Chittleborough, Treagust, Mamiala et al. (2005) (%92). %25 of forthcoming teachers support variations of models with explanation of “way of arriving at a scientific fact is various and same fact is arrived by different ways”. %22 of forthcoming teachers comments this with “same concept is explained with different forms by different models”. %20 of them confirmed the variation of models with “different people have different viewpoints and different comments, so it is natural that various models appear.” Other explanations were “scientific models are open to new findings” (%17), “one model is inadequate sometimes” (%16), “if scientific idea is supported with a lot of model, its acceptance proportion increases. (%6) .

Findings about “dynamic nature of models”

While %75 of forthcoming teachers think “a model is accepted according to facts support to model and theory”, %19 of them were thinking “a model is accepted according to both facts support to model and theory and scientists’ senses. The most popular explanation of them was “science is set up tangible facts” (%46). Other explanations were, in order, “science is supported by reasoning, senses are unimportant” (%22), “to be objective and unprejudiced is necessary at science” (%18), “scientific facts are unchangeable according to person” (%7).

%42 of forthcoming teachers think of “acceptance of a scientific model is depended on its ability of explanation of results”, %11 of them think “acceptance of a scientific model is depended supporting given to it”. %46 of them think of acceptance of a scientific model is depended on both these. These results are very different from the results of Chittleborough, Treagust, Mamiala et al. (2005) (%23, %70, %7).

When written explanations of forthcoming teachers for questions 4 were analyzed, it is realized that these explanations are parallel with the answers they chose before. These explanations such as; “acceptance of model depends on the support given to the model” (%9), “model must explain results and situation” (%45), “If model explains results, support given to the model is much more” (%46).

%56 of forthcoming teachers think scientific models will change in the future. %34 of them think, they won’t change. Also, %11 of them are undecided. This results are very different from the results, reported by Chittleborough, Treagust, Mamiala et al. (2005) (%91, %7, %2). Almost half of the forthcoming teachers think that models won’t change in the future. Accordingly, forthcoming teachers have not adequate understanding related to dynamic nature of models.

%68 of written explanations done on the thought of “Science always renews itself and it improves with the new discoveries and findings. So models change as well.” %23 of forthcoming teachers think that models must not change.

Findings about examples of models

Most of the forthcoming teachers (%69) describe “atom model of Bohr” and “spiral of DNA” as models. Forthcoming teachers of all departments think like this. These models are pedagogical- analogical models (Harrison and Treagust, 2000). On the other hand, according to almost %70 of forthcoming teachers, “evolution theory”, “ $E = mc^2$ ”, “simulations” and “Pisagor theorem” are not models. This is remarkable. Accordingly, forthcoming teachers are not aware of mathematical equations, theoretical models and simulations are not models.

Suggestions

According to these result ; in order to find a solution to the forthcoming teachers’ inadequate thoughts, the old and new model may be compared. Lessons or tasks related to history of science may be organized. In the classrooms using and developing model activities must be organized. The opportunity of forming and testing their own models to forthcoming teachers must be provided.

Keywords: Scientific Models, Science teaching, Forthcoming teachers, Nature of models, VOMMS.

The type of research: Research

GİRİŞ

Model, karmaşık bir nesne veya sürecin basitleştirilmiş şekilleridir. Modeller, bir nesnenin nasıl oluştuğunu, nasıl davranacağını veya bir sürecin nasıl geliştiğini anlamamıza ve tahminler yapmamıza yardım ederler. Modeller gerçek değildir ve kabul gören modeller yeni bilgilerle değişebilir (Harrison, 2001). Modeller, karmaşık görünen olayların insanlar tarafından anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla kullanılan bilimsel ve zihinsel etkinliklerdir (Paton 1996).

Richards, Barowy ve Levin (1992), modellerin açıklamaya ve anlamaya yardım eden yapılar olmasının yanında bir durumu kolaylaştıran, genellikle görsel olan analogik araçlar olduğunu ifade eder. Bir model bir sistemin potansiyel davranışını açıklayan ya da tanımlayan bir kurallar grubudur. Atom, elektron, kuark gibi yapıları veya kimyasal reaksiyonları model kullanmaksızın nasıl açıklayabilir ya da tanımlayabiliriz? Öğretmenler öğrencilerin yüzlerinde soyut bir açıklama anında beliren endişeli bakışlar gördüklerinde ne yaparlar? İşte o zaman bir analogiye veya bir modele ihtiyaç duyarlar ve bu da fen derslerinde analogik modellerin neden ve ne sıklıkla kullanıldığını açıklar (Harrison ve Treagust, 2000).

Modeller, fencilerin doğal olguları, parçacıkları ve yapıları tahmin etmesine, tanımlamasına ve açıklamasına yardımcı olur. Bu şekliyle bilimsel modeller hem bilimsel araştırmanın arzu edilen ürünleri hem de gelecek için bir rehber niteliğindedir. Modeller üç boyutlu yapılar, eşitlikler, diyagramlar, analogiler, metaforlar ve simülasyonlar gibi bilimsel olguya ilişkin sembolik gösterimlerin geniş bir çeşitlenmesini içerir (Harrison ve Treagust, 1999).

Modeller, bilimsel düşünme ve çalışmanın bir parçasıdır. Bilim insanları bilimle uğraşırken modelleri kullanırlar. Bilimsel araştırmalarda modeller, hem ölçülecek varsayımları formüle etmede hem de bilimsel olay, kavram ve süreçleri açıklamakta kullanılır. Modeller bilim insanlarının sahip oldukları fikirleri temsil ederler. Araştırmacılar bu modelleri kullanarak teori üretirler (Özcan, 2005).

Modeller, bilimsel düşünme ve çalışmanın tamamlayıcısıdır ve Bilim ve onun açıklayıcı modelleri ayrılmaz birer bütündür. Modeller bilimin ürünleri, metotları ve onların en önde gelen öğrenme araçlarıdır (Gilbert, 1993).

Ingham ve Gilbert' e göre (1991) model, bir sistemin tipik özelliklerine dikkat çeken o sistemin sadeleştirilmiş bir sunumudur. Sadeleştirilmiş olan bu sunum, sisteme ilişkin örneklerle sunulabilir zenginleştirilebilir. Bilimsel modellerin bir başka önemli özelliği, kullanıldıkça daha iyi açıklama yapabilirlik açısından geliştirilebilir olması yanında, eklemeler yapılarak ve başka modellerle birleştirilerek derinleştirilebilir olmalarıdır.

Fen öğretiminin temel felsefesi öğrencilere bilimsel düşünme ve çalışma becerilerini kazandırmak olduğuna göre, öğrencilere sınıflarda modellerin ve modelleme işleminin tabiatını anlamalarına ve bunları bireysel çalışmalar ya da grup çalışmaları şeklinde uygulamalarına imkan sağlanmalıdır (Güneş ve diğ., 2004). Bu anlamda, geleceğin öğretmenleri olan bugünün öğretmen adaylarının model ve modelleme hakkında yeterli bilgiye sahip olmaları önemli ve gereklidir.

YÖNTEM

Bu çalışmada, fen ve matematik öğretmen adaylarının, model ve modellemeye ilişkin algılarını tespit etmek amacıyla nitel bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışma 2005-2006 öğretim yılı ikinci yarısında yapılmıştır. Çalışmaya Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü Fizik, Kimya, Biyoloji Anabilim Dalı ve İlköğretim Bölümü Fen Bilgisi ve Matematik Anabilim Dalında öğretim gören toplam 435 öğretmen adayı alınmıştır. Öğretmen adaylarına çoktan seçmeli ve yazılı açıklama gerektiren 6 sorudan oluşan bir ölçek uygulanmıştır. Ölçek, 5 maddeden oluşmaktadır ve öğrencilerin modellere ilişkin iki alternatif durumdan birini seçmeleri ve bu seçimlerini açıklamaları istenmiştir. Öğrencilerin seçimlerini destekleyen açıklamaları kategorilere ayrılarak kodlanmıştır. Kullanılan ölçüm aracı, Treagust, Chittleborough ve Mamiale (2004) tarafından geliştirilen VOMMS (My Views of Models and Modelling in Science) isimli bir ölçektir. Anket, bilimsel modellere ilişkin üç karakteristiği yani, “temsiller olarak modeller”, “modellerin çeşitliliği” ve “modellerin dinamik doğası” nı araştırmaktadır. Ayrıca ölçeğin en son kısmında bazı model örnekleri verilmiş ve öğrencilere bunlardan hangilerinin model olarak nitelendirilebileceği sorulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA**Temsiller olarak modeller ile ilgili bulgular****Tablo 1.** Fen ve matematik öğretmen adaylarının modellerin bilim ve fendeki rolüne ve amacına ilişkin görüşlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Bölüm-sınıf	Toplam	F1	F2	F3	F4	F5	K1	B1	FB1	M2	Kız	Erkek
Örneklem sayısı	435	51	34	25	41	28	50	40	86	80	219	217
	%											
1) Fen bilimlerinde modeller; a) Fikirlerin ya da olayların ve nesnelere işleyişlerinin temsilleridir.	83	82	91	76	85	79	80	75	83	87	84	80
b) Gerçeğin tam kopyasıdır.	15	12	9	24	15	14	16	15	17	13	12	17
2) Bilimsel bir fikir; a) Tek bir modelle açıklanabilir ve bu durumda başka bir model kesin olarak yanlış olur.	6	6	18	4	7	0	14	8	5	1	6	7
b) Bir modelle açıklanabildiği gibi başka modellerle de açıklanabilir.	93	94	82	96	93	100	86	85	95	98	93	91
3) Yeni bir bilimsel teori için yeni bir model önerildiğinde, bilim adamları onu kabul edip etmeyeceklerine karar verirken, onların kararı; a) Modeli ve teoriyi destekleyen gerçeklerde temellenmelidir.	75	76	85	56	64	68	66	67	80	88	81	67
b) Onların kişisel hisleri ve motivasyonlarından etkilenmelidir.	5	4	0	8	7	3	10	18	0	1	2	7
c) Her ikisi de.	20	20	12	36	29	29	22	15	20	11	16	23
	%											
Bölüm-sınıf	Toplam	F1	F2	F3	F4	F5	K1	B1	FB1	M2	Kız	Erkek
Örneklem sayısı	435	51	34	25	41	28	50	40	86	80	219	217
	%											
4) Yeni bir bilimsel modelin kabulü, a) Bilim adamlarının büyük bir kısmı tarafından desteklenmeyi gerektirir.	11	12	0	16	7	14	14	23	7	10	10	12
b) Sonuçları açıklamada başarılı olduğu zaman gerçekleşir.	42	39	53	44	51	36	46	42	40	34	42	42
c) Her ikisi de.	46	49	47	40	42	46	40	33	53	53	48	44
5) Bilimsel modeller, uzun bir zaman periyodunda, bilim adamının bilimsel olguyu anlama girişimleri içindeki çalışmaları sayesinde oluşturulur. Çünkü bu bilimsel modeller; a) Gelecekte değişmeyecektir.	34	33	41	44	24	21	58	43	17	36	34	34
b) Gelecekte değişecektir.	56	51	56	56	68	64	38	43	69	54	55	56

Tablo 1'den de görüldüğü gibi, öğretmen adaylarının % 83' ü bilimsel modelleri "temsiller" olarak tanımlarken, % 15' i "gerçeğin tam bir kopyası" olarak tanımlamıştır. Bu sonuç Chittleborough, Treagust, Mamiala ve diğ. (2005) tarafından bildirilen sonuçlarla hemen hemen aynıdır (%85, % 11). Fakat Grosslight (1991) 'ın çalışmasında bildirilen sonuçlara uzaktır (%50, % 50). Grosslight, Unger ve Jay

birçok öğrencinin modelleri gerçeklerin bir kopyası olarak nitelendirdiğini ve çok az sayıda öğrencinin modelleri düşüncelerin ya da soyut varlıkların birer temsili olarak değerlendirdiğini tespit etmiştir. Güneş, Gülçiçek ve Bağcı (2003) yaptıkları benzer bir araştırmada öğretmenlerin yaklaşık % 43' ünün, eğitim fakültelerindeki fen öğreticilerinin ise % 8' inin modellerin tam bir kopya olması gerektiğini düşündüklerini tespit etmişlerdir. Öğrenciler, modeller ve gerçeklik arasında birebir eşleşme olduğunu düşünmektedirler ve modellerin kesinlikle doğru olduğuna inanıp modellerin arkasında yatan fikirleri ve amaçları araştırmamaktadırlar. Öğrenciler, model ile kavram ya da süreç arasındaki farklılıkları fark ettiklerinde bile bunun sebeplerini araştırmamaktadırlar (Grosslight, Unger and Jay, 1991). Yine, Treagust, Chittleborough ve Mamila (2002), öğrencilerin % 43' ünün modellerin temsil ettikleri şeyin tam bir kopyası olduğu görüşünü onayladıklarını tespit etmişlerdir.

Webb (1993), modelleri, problemlerin, süreçlerin, fikirlerin ve sistemlerin formal temsilleri olarak tanımlar. Modeller asla kavram ya da olgunun tam kopyası değildir. Hiçbir model bir hedefi yüzde yüz temsil edemez. Edebilse zaten bu durumda model hedefin kendisi olur ve modele ihtiyaç kalmaz (Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2003). Öğrenciler ve hatta bazı öğretmenler bilimsel modelleri mekanik şekilde düşünmektedirler ve bilim adamlarının cevapları zaten bildiğine inanmaktadırlar. Oysa modeller doğru cevaplar olmaktan çok bilimin yöntemleri ve ürünleridir. Ayrıca öğrenciler kavrama tam uyan modeli aramaktadırlar (Harrison ve Treagust, 2000). Öğrenciler modelleri kusursuz temsiller olarak değerlendirmektedir ve öğrencilerin model kavramını anlamaları, kişisel tecrübelerine ve bilgilerine bağlı olarak gelişmektedir (Treagust, Chittleborough ve Mamiala, 2002).

Öğretmen adaylarının, modellerin birer temsil mi yoksa kopya mı olduğu ile ilgili yazılı açıklamaları 8 kategoride toplanmıştır. Fen bilimlerinde modellerin “temsil” görevi üstlenmelerine ilişkin yapılan açıklamalar arasında en popüler olanı “gerçekler görülemez, o yüzden modeller bir betimleme yapar” olmuştur (%23). Bu açıklama özellikle fizik ve fen bilgisi öğretmen adayları arasında en popüler açıklamadır. Aşağıda öğretmen adaylarının yazılı açıklamalarından birkaç örnek sunulmuştur.

- Gerçek henüz insanoğlu tarafından bilinmiyor.
- Modeller gerçeğe yaklaşamaz bile.
- Gerçekleri gerçekten bilmiyoruz.
- Belki de gerçeğe tam uyuyordur ama bunu asla bilemeyiz.
- Modeller algılanamayan olaylar için oluşturulur.
- Örneğin kuantik olayları göremeyiz. Sadece tahmin ederiz.
- Göremediğimiz bir nesnenin kopyası yapılamaz. Ancak temsili yapılabilir.
- Gözlenemeyen nesnelere ve olaylar için varsayımlara dayalı olarak benzetmeler yapılır.
- Modeller gerçeğe en fazla yaklaşabilir.

Öğretmen adaylarının getirdikleri ikinci en popüler açıklama ise, “Bir model gerçeğe dair alternatif modlar kullanılarak oluşturulur ve gerçeği temsil eder” olmuştur (%19). Öğretmen adaylarının yazılı açıklamalarından birkaç örnek aşağıda sunulmuştur.

- Modeller gerçeğe ilişkin ipuçlarıdır.
- Modeller gerçek olaylardan esinlenilerek oluşturulur.
- Modelin gerçeğe sadece bağlantısı vardır.
- Modeller bazı gerçeklere dayanılarak ortaya atılır.
- Bilim, özü bulmak için geliştirilmiş teknikler bütünüdür. Modeller ise özün temsilleridir.
- Gerçeklerden yola çıkılarak gerçeğe olmayan modeller kurulur. Örneğin; sürtünme sıfır olamaz ama biz onu da inceleriz.

Öğretmen adaylarının modellerin neden birer temsil görevi üstlendiği ile ilgili yaptıkları açıklamalarda modellere ilişkin üçüncü ve dördüncü derecede vurgular, modellerin eksik oldukları (%13) ve modellerin fikirleri test etmek için kullanıldıkları (%9) olmuştur. Chittleborough, Treagust, Mamiala ve diğ. (2005) ‘nin çalışmasında en popüler üç cevap; “Gerçekler görülemez”, “Modeller eksiktir.” ve “Modeller öğrenme amacıyla kullanılırlar” olmuştur. Bu araştırmada “Modeller, fikirleri ve kavramları öğrenmede yardımcı olurlar” açıklamasını getiren öğretmen adayları örneklemin % 4' ünü oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarının modellere öğrenme ve öğretim yardımcıları gözüyle bakmamaları dikkat çekicidir.

Modellerin Çeşitliliği ile ilgili bulgular

Tablo 1’de 2’nci soruya verilen cevaplara göre, öğretmen adaylarının %93’ ü bilimsel bir olguyu açıklayan çok sayıda model oluşturulabileceği düşüncesindedirler. Bu sonuç, Chittleborough, Treagust, Mamiala ve diğ.’ nin (2005) bulduğu sonuçlarla aynıdır (%92). Güneş, Gülçiçek ve Bağcı (2003) öğretmenlerin % 90’ dan fazlasının, fen öğretim elemanların ise % 80’ den fazlasının bir bilimsel olayın farklı yönlerini ifade etmek için birden çok model kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Treagust, Chittleborough ve Mamiala (2002), öğrencilerin % 60’ ının alternatif bilimsel modellerin gerekliliğini onayladıklarını tespit etmişlerdir.

Öğretmen adaylarının modellerin çeşitliliği ile ilgili yazılı açıklamaları 6 kategoride toplanmıştır. Öğretmen adaylarının % 25’ i “Bilimsel bir gerçeğe ulaşmanın çeşitli yolları vardır ve farklı yollardan gidilerek yine aynı gerçeğe ulaşılır” diyerek modellerin çeşitliliğini desteklemiştir. Yine öğretmen adaylarının %22’ si “Aynı kavram farklı modeller yoluyla farklı şekillerde açıklanabilir” ” yorumunu getirmiştir. Öğretmen adaylarının %20’ si ise “Farklı insanlar farklı yorumlara ve farklı bakış açılarına sahiptir ve çeşitli modellerin ortaya çıkması doğaldır” diyerek modellerin çeşitliliğini teyit etmiştir. Getirilen diğer açıklamalar ise, “bilimsel modeller yeni buluşlara ve gelişmelere açıktır” (%17), “Tek bir modelin sınırlılıkları, yetersiz kaldığı durumlar olabilir” (%16) ve “ Bilimsel bir fikir ne kadar çok sayıda modelle desteklenirse, kabul edilebilirliği o kadar artar” (%6) şeklindedir.

Aşağıda öğretmen adaylarının modellerin çeşitliliği ile ilgili olarak yaptığı açıklamalardan örnekler verilmiştir.

Gerçeğe giden çeşitli yollar;

- Aynı olay başka deneylerle de açıklanabilmektedir.
- Bir problem birçok yoldan çözülebilir.
- Bilimde özü bulmak için çeşitli yollar vardır.
- Farklı yollar aynı noktada kesişebilir.
- Bilimsel bir fikrin birçok yoldan doğrulanabilmesi gerekir.
- Bilimsel bir fikrin doğruluğu onun çeşitli modeller tarafından açıklanabilmesini de içerir.
- Farklı modeller birbirini destekleyebilir.

Çeşitli açıklamalar;

- Işık hem dalga hem parçacık modeliyle açıklanabilmektedir.
- Hız hem zamana bağlı olan hem de zamana bağlı olmayan formüllerle hesaplanabilmektedir.
- Bilimsel bir fikir değişik şekillerde sembolize edilebilir.
- Bir fikir çoğu zaman birden çok modelin kesişim kümesinde kalır.
- Molekül yapısının çok çeşitli gösterimleri vardır.
- Bir fizik konusu matematiksel sembollerle de felsefe ile de açıklanabilir.

Farklı bakış açıları;

- Bilimsel süreçlerin açıklanması kişiden kişiye değişir.
- İnsanların düşünme tarzları ve yorumları farklıdır.
- Her model farklı bir düşüncenin ürünüdür.
- Bilim adamları bir olayı kendine has bir yaklaşımla değerlendirir ve bunların hepsi de doğru olabilir.
- Farklı fikirler ve eleştirel bakış açısı olmalı ki gerçeklere ulaşılabilir.

Yeni gelişmelere açık olmak;

- Koşullar geliştikçe yeni bilgiler keşfedilir.
- Günümüzdeki bilimsel modeller gelecekte değişebilir
- Yeni gelen model öncekinin eksikliği ya da yanlışı için gelmiştir.
- Modeller kesin değildir zamanla değişebilirler.
- Bir model yeni bilgilerle çürütülebilir.
- Bilim değişime ve yeni bilgilere açıktır.

Tek model sınırlıdır;

- Işığın yapısını tek bir modelle açıklamak yetersiz kalmaktadır.
- Bilimsel bir fikri başlı başına açıklayabilecek tek bir model olamaz.
- Bir model bir fikri tam yansıtmayabilir.
- Bir modelin açıklayamadığını başka bir model açıklayabilir.

Modellerin Dinamik Doğası ile ilgili bulgular

Tablo1’de Soru 3’ e verilen cevaplara göre, öğretmen adaylarının % 75’ i bir modelin modeli ve teoriyi destekleyen gerçeklere göre kabul gördüğü, % 19’ u ise hem modeli ve teoriyi destekleyen gerçeklere göre hem de bilim adamlarının hislerine göre kabul gördüğü düşüncesindedirler. Kızların % 81’ i, erkeklerin % 64’ ü bir modelin onu destekleyen gerçekler üzerine kurulabileceği düşüncesindedirler. Erkeklerin % 34’ ü, kızların ise % 18’ i bilim adamlarının kişisel hislerinin ve motivasyonlarının da yeni modelin kabulünde rol oynaması gerektiğini düşünmektedir. Bölümler arasında bu anlamda dikkate değer bir farklılık oluşmamıştır. Sadece matematik bölümü öğretmen adayları diğer fen grubu öğretmen adaylarına göre, modellerin kabulünde kişisel his ve motivasyonların rol oynaması gerektiği konusunda daha büyük bir yüzdeye sahiptirler. Ayrıca fizik bölümü öğrencilerinin eğitim seviyesi arttıkça bilim insanlarının kişisel his ve motivasyonlarının oynadığı rolün önemine ilişkin düşünceleri de artmaktadır.

Öğretmen adaylarının modellerin kabulünde, modeli destekleyen gerçeklerin etkili olması gerektiğine dair getirdikleri yazılı açıklamalar arasında en popüler olanı % 46 ile “Bilim elle tutulur gerçekler üzerine kurulmalıdır” olmuştur. Bu açıklamanın ardından sırasıyla, % 22 oranı ile “Bilim akla ve mantığa dayanır. Hislere yer yoktur.”, % 18 ile “Bilimde objektif olmak ve önyargılardan uzak olmak gerekir”, % 8 ile “Bilimde hislerle hareket edilmez, Hisler yanıltıcı olabilir” ve % 7 ile “Bilimsel gerçekler kişiden kişiye değişmez” gelmektedir. Bilimsel modellerin kabulünde bilim insanlarının hislerinin de önemli olduğunu düşünen öğretmen adaylarının getirdikleri yazılı açıklamalar ise aşağıda verilmiştir.

- Bilim adamlarını iten güç onların hisleridir.
- Bilim adamları hislerinden yola çıkarak destekleyici gerçekleri bulur.
- Birçok bilimsel gelişme kişilerin sezgileriyle ilgilidir.
- Bilim adamı içinin sesini de dinlemelidir.
- Bilim insanı teorisini hem madden hem manen içine sindirmelidir.
- Duygular da çözüm arayışı için kısmen kullanılır.

Bilimin sadece gerçeklere dayandığı hislere yer olmadığını düşünen öğretmen adaylarının getirdikleri yazılı açıklamalardan bazıları ise şöyledir;

- Bilimsel geçerliliği olan şeyler gerçeklerdir. Model gerçeklere uyuyorsa geçerlidir. En azından onunla ilgili yeni gerçekler bulunana kadar.
- Modeli destekleyici bir dayanağı olan bilim insanı o konuda bir fikir öne sürebilir.
- Teoriyi oluşturmak ve modele dökmek için onu somut gerçeklerde temellendirmek gerekir.
- Kişisel hisler insanı yanıltıcı sürükler. Evrim teorisinin bile bazıları tarafından kabul görmesi inatçılıktan öte bir şey değildir.
- Kişisel hisler ve motivasyon değişebilir. Ama gerçekler değişmez.
- Bilim objektif nitelikler taşır. Kişilerin hislerinde bağımsız olmalıdır.
- Bilim insanının o günkü ruh haline göre bilimsel model oluşturulamaz.
- Kişisel duygularla bilimsel sonuca ulaşılamaz. Bilim kesin ve net sonuçlar gerektirir.

Tablo1’de Soru 4’ e verilen cevaplar incelendiğinde, öğretmen adaylarının % 42’ sinin yeni bir bilimsel modelin kabulünün onun sonuçları açıklama yeteneğine bağlı olduğunu düşündüğü, % 11’ inin modelin kabulünün aldığı desteğe bağlı olduğunu düşündüğü, % 46’ sının ise her ikisine de bağlı olduğunu düşündüğü görülmüştür. Bu sonuçlar Chittleborough, Treagust, Mamiala ve diğ.’ nin (2005) çalışmasındaki sonuçlarla karşılaştırıldığında oldukça farklıdır (% 23, %70, % 7). Chittleborough, Treagust, Mamiala ve diğ.’nin çalışmasından farklı olarak, öğretmen adayları tek başına bilimsel başarının modelin kabulünde

yeterli olmayacağını, profesyonel desteğin de en az onun kadar önemli olduğunu düşünmüşlerdir. Cinsiyetler arasında bu konuda dikkate değer farklılıklar oluşmamıştır.

Öğretmen adaylarının soru 4' e getirdikleri yazılı açıklamalar incelendiğinde ise, seçtikleri cevaplara paralel sonuçlar görülmüştür. Bunlar; % 9 ile “modelin kabulü verilen desteğe bağlıdır”, % 45 ile “model sonuçları ve durumu açıklmalıdır” ve % 46 ile “model sonuçları açıklıyorsa aldığı destek de fazla olur” şeklindedir.

Modelin kabulünün yalnızca verilen desteğe bağlı olduğunu düşünen öğretmen adaylarının getirdikleri yazılı açıklamalardan bazıları şöyledir;

- Tek bir kişinin açıklamasına güvenilmez. Birçok bilim adamının aynı sonuca ulaşması gerekir
- Desteklenmiyorsa doğru değildir. Çoğu destekliyorsa doğrudur.

Modelin kabulünün modelin sonuçlarına ve durumu açıklamasına bağlı olduğunu düşünene öğretmen adaylarının getirdikleri yazılı açıklamaların bazıları ise şöyledir;

- Çoğu bilim adamı tarafından kabul gören bir model, bir bilim adamı tarafından çürütülebiliyorsa, o model olarak kabul edilemez.
- Çoğunluk her zaman gerçeği göremeyebilir.
- Bilim adamları kişisel inançlarının, duygularının ve görüşlerinin etkisinde muhalefet edebilirler. Bu da bilimsellikten uzaktır.
- Kopernik de düşüncesini tek başına savunuyordu ama gerçektir. Önemli olan sonuçların başarılı bir şekilde açıklanmasıdır.
- Model pratikte işe yaramıyorsa, çoğunluğun desteklemesi önemli değildir.
- Bir yanlışa herkesin doğru demesi doğru olduğu anlamına gelmez.
- Başarılı bir modelin bilim adamlarının desteğine ihtiyacı yoktur.
- Bilim gerçeği bulma yoludur. Bilim adamına göre değişmez.

Model sonuçları açıklıyorsa aldığı desteğin de fazla olacağını düşünen öğretmen adaylarının yazılı açıklamalarından bazıları ise şöyledir;

- Modeli çoğu bilim adamı destekliyorsa sonuçları açıklamada başarılı demektir. Bunlar birbirine bağlıdır.
- Sonuçları açıklayabilen bir model farklı bilim adamları tarafından test edildikçe doğruluğu kanıtlanır ve çoğunluk tarafından kabul görür. Her ikisi de modelin kabulüne araç oluşturur.
- Çoğu bilim adamının desteklemediği bir modelde bir eksiklik vardır.
- Sonuçları başarılı şekilde açıklaması bilimselliğin gereğidir. Ayrıca farklı bakış açıları tarafından da kabul görmesi doğruluğu arttıran bir durumdur.

Tablo1’de Bilimsel modellerin değişken yapısı ile ilgili olan soru 5’ e verilen cevaplara göre; öğretmen adaylarının % 56’ sı bilimsel modellerin ileride değişeceğini, % 34’ ü değişmeyeceğini düşünürken % 11’ i bu konuda kararsız kalmıştır. Bu sonuçlar Chittleborough, Treagust, Mamiala ve diğ. (2005)’ nin bildirdiği sonuçlardan oldukça uzaktır (% 91, % 7, % 2). Öğretmen adaylarını yarıya yakın bir kısmının modellerin ileride değişmeyeceğini düşünmeleri, öğretmen adaylarının modellerin değişken doğasına ilişkin yeterli bir anlamaya sahip olmadıklarının bir göstergesidir. Ayrıca eğitim düzeyi arttıkça, modellerin değişken doğasına ilişkin anlamının arttığı söylenebilir. Güneş, Gülçiçek ve Bağcı (2003), öğretmenlerin ve fen öğreticilerinin % 92’ sini yeni buluşlar sonucunda modellerin değişebileceği düşüncesinde olduklarını tespit etmişlerdir. Herhangi bir olguyu açıklamak için zamanın şartlarında kullanılan model veya modeller, elde edilen yeni bilgiler ışığında değiştirilebilir hatta terk edilebilir. Bu durum modellerin durağan gerçekler olmadığına işaret etmektedir (Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2003). Öğrenciler, modelleri durgun gerçekler olarak görmektedir. Modellerin ihtiyaca göre ve yeni buluşlar doğrultusunda değişebileceğinin farkında değildirler. Aynı şekilde, öğretmenler de derslerinde modelleri durgun gerçekler olarak sunmaktadır. Modellerin doğası tartışılmamakta, öğrencilerin sınıf içinde ve dışında kendi modellerini yapmasına ya da var olan modeller üzerinde sorgulayarak çalışmasına fırsat verilmemektedir. Oysa öğrenilen bilginin kalıcı olması için, öğrencilerin modelleri analiz etmesi ve kendi zihinsel modellerini üretmesi teşvik edilmelidir (Van Driel ve Verloop, 1999).

Öğretmen adaylarının cevaplarına ilişkin getirdikleri yazılı açıklamalar, cevaplarına paralel olarak üç kategoride toplanmıştır. Yazılı açıklamaların % 68' i "Bilim kendini sürekli yeniler, yeni fikirler, yeni keşiflerle değişir ve gelişir. Buna bağlı olarak modeller de değişir" düşüncesi üzerine yapılmıştır. Bu açıklamalardan bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

- Değişim kaçınılmazdır. Atom modellerinde olduğu gibi.
 - Bilimdeki yenilikler hep farklı doğrular getirmektedir.
 - Olanaklar arttıkça hata yapma olasılığı azalır. Zamanla daha doğru sonuçlara ulaşılır ve modeller değişir.
 - Yüz yıl öncesinin bilimiyle bugünü karşılaştırsak, modellerin değişeceği sonucuna varırız.
 - Bilimsel modeller çağın gereklerine göre şekillenir.
 - Bilim kuşkucu olmayı gerektirir. Mutlak doğru bir bilimsel bilgi olamaz.
 - Hücre son halini zamanla almıştır. İleride de değişmeye devam edecektir.
 - Birçok model zamanla değişmiş ve yerini daha gelişmiş modellere bırakmıştır.
 - Bulunana şeyler kabulden ibarettir. Kesin doğrudur denemez. Bu yüzden değişebilir niteliktedir.
 - Eskiden atom parçalanamayan en küçük yapıtaşı idi. Şimdi ise parçalanıp inceleniliyor.
- Öğretmen adaylarının % 23' ü modellerin değişmemesi gerektiğini düşünmektedir.
- Modeller gerçekler üzerine kurulur ve gerçekler değişmez.
 - Değişecekse neden emek harcarsın?
 - Kabul gören modellerin geleceğin tüm şartlarına uyması gerekir.
 - Kabul gören bir model yeni verileri de desteklemelidir.
 - Modeller değişmez, gelişir.
 - Bilimsel bir modelin değişmemesi gerekir. Bu oyun değildir. Önemlidir.
 - Modeller değişmemek üzere tasarlanır.
 - Doğru kesindir, değişmez.

Burada öğretmen adaylarının gerçeklerle bilimsel bulgular arasındaki farklılığın farkında olmadıkları görülmektedir. Öğretmen adayları, Rukavina ve Daneman (1996) 'nın da bildirdiği gibi bilimsel bilginin gerçeklerden oluştuğu gibi acemi bir düşünceye sahiptir.

Model Örnekleri ile ilgili bulgular

Model Örnekleri ile ilgili bulgular tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Fen ve matematik öğretmen adaylarının verilen model örneklerini model olarak nitelendirme yüzdeleri

	%											
	Tüm	F1	F2	F3	F4	F5	K1	B1	FB1	M2	Kızlar	Erkekler
Newton Kanunları	30	29	3	64	27	14	20	40	40	29	26	34
Evrin Teorisi	23	25	24	24	22	32	30	20	21	18	25	21
Pisagor Teoremi	28	25	6	40	20	14	24	40	40	29	24	32
$E = mc^2$	25	20	0	44	29	18	18	28	40	21	19	31
Bohr Atom Modeli	69	61	82	64	78	71	78	50	65	72	72	65
Haritalar	41	49	56	44	37	36	36	40	41	37	46	36
Grafikler	37	37	41	44	32	43	30	33	37	38	41	32
Maketler	49	45	76	44	46	46	50	38	50	49	54	44
DNA Sarmalı	69	71	82	64	61	71	66	58	73	72	74	64
Simülasyonlar	26	24	56	32	34	43	18	23	19	18	21	30

Tablo 2 incelendiğinde, öğretmen adaylarının büyük bölümünün % 69' luk oranla "Bohr atom modeli" ve "DNA sarmalı" nı model olarak nitelendirdiği görülmektedir. Bu durum bütün bölümler için de geçerlidir. Bu modeller, gözlenemeyen varlıkları öğrenciler için ulaşılabilir yapmak üzere geliştirilmiş

“pedagojik- analogik model” örnekleridir (Harrison ve Treagust, 2000). Diğer taraftan öğretmen adaylarının % 70’ den fazlasının “Evrim teorisi”, “ $E = mc^2$ ”, “ simülasyonlar” ve “Pisagor teoremi” ni model olarak görmemesi dikkat çekicidir. Buna göre öğretmen adaylarının matematiksel eşitliklerin, teorik modellerin ve bir çeşit animasyon olan simülasyonların birer model olduğunun farkında olmadıkları söylenebilir. Öğretmen adayları, evrim teorisinin, bilim insanlarının büyük kısmı tarafından kabul görmemiş olmasının ya da sonuçları açıklamada başarılı olmadığı düşüncesiyle bir model olmadığını düşünmüş olabilirler. Çünkü, Tablo1’deki 4. soruya verilen cevaplar, öğretmen adaylarının % 57’ sinin bir modelin kabulünün aldığı desteğe bağlı olduğunu, % 42’ sinin ise modelin kabulünün onun sonuçları açıklama yeteneğine bağlı olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Fakat modelin model olması onun kabul görüp görmemesine bağlı değildir. Model düşüncelerin ve araştırma sonuçlarının açıklayıcı bir tezahürüdür. Bunun yanı sıra öğretmen adayları, simgesel- sembolik modellerin ve eşitliklerin model olmadığını düşünmektedirler. Oysa örneğin $E = mc^2$, Einstein’ ın görelilik teorilerinin matematiksel bir ifadesidir. Güneş ve diğerleri tarafından öğretmenler ve öğretim elemanları arasında yapılan çalışmada (2003), benzer şekilde öğretmenlerin % 59’ u, öğretim elemanlarının ise % 52’ si “Newton kanunları”, “Evrim Teorisi” ve “Pisagor teoremi” ni model olarak nitelendirmiştir. Yine öğretmenlerin %40’ ı, öğretim elemanlarının % 52’si formülleri model olarak görmezken, öğretmenlerin % 85’i, öğretim elemanlarının ise % 80’ i maketleri model olarak nitelendirmiştir. Bilimsel bir model, bilimsel bir teorinin tezahürü olabildiği gibi bir öğrencinin bir kavramı anlamasına yardım etmek için de kullanılabilir. Buna göre, bilimsel modellerin hem bilim sürecinde hem de öğrenme sürecinde önemli rolleri vardır.

Eğitim seviyesi arttıkça nelerin model olabileceği ile ilgili düşünce yapısında bir değişme olmamaktadır. Bölümler arasında da dikkate değer bir farklılık olmamakla birlikte, sadece biyoloji ve fen bilgisi öğretmen adaylarının diğer bölümlere göre daha büyük bir bölümünün (% 40) Newton kanunları ve Pisagor teoreminin, ayrıca fen bilgisi öğretmen adaylarının diğer bölümlere göre daha büyük bir bölümünün (%40) $E = mc^2$ ‘ nin model olduğunu düşündükleri görülmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Modeller temsil ettikleri hedefin hiçbir zaman tam bir kopyası olamaz. Sadece boyut değil birçok yönden temsil ettiği hedef ile benzeyen ve benzemeyen özelliklere sahiptir. Öğretmenler model ile hedef arasındaki benzeyen ve benzemeyen yönleri mümkün olduğunca öğrencilere açıklamalıdır.

Modellerin birer temsil mi yoksa kopya mı olduğuna ilişkin sorgulamayı yapan “Temsiller olarak modeller” boyutuna ait sonuçlar öğretmen adaylarının modelleri gerçeğin tam kopyaları değil temsiller olarak gördüklerini ortaya koymuştur. Farklı bölümlerdeki öğretmen adayları arasında bu konuda dikkate değer farklılıklar yoktur. Ayrıca akademik eğitim arttıkça fizik öğretmen adaylarının bu konudaki görüşleri arasında dikkate değer bir farklılaşma olmamıştır. Sonuçlar, öğretmen adaylarının büyük bölümünün gerçek ile modeli birbirinden ayırdığını ve bilimsel modellerin kopyalar olmayıp temsiller olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Fakat öğretmen adaylarının modellerin öğretici rolünü düşünememiş olmaları önemlidir. Modeller bilimsel fikirleri ve kavramları öğrenmede önemli yardımcılarıdır. Bu anlamda özellikle önemli öğretim materyalleridir.

“Modellerin çeşitliliği” boyutuna ait sonuçlar ise, öğretmen adaylarının bilimsel bir olguyu açıklayan çok sayıda model oluşturulabileceğini düşündüklerini göstermektedir. Farklı bölümlerdeki öğretmen adayları arasında bu konuda önemli farklılıklar oluşmamıştır. Ayrıca akademik eğitim seviyesine göre fizik öğrencilerinin düşünceleri değişmemiştir ve cinsiyete bağlı bir farklılık söz konusu olmamıştır.

“Modellerin dinamik doğası” boyutunu oluşturan soruların sonuçlarına göre ise, öğretmen adayları modellerin bilim adamlarının hisleri yerine modeli ve teoriyi destekleyen gerçeklere göre kabul gördüğünü, bir modelin kabulünün hem sonuçları açıklamadaki başarısına hem de aldığı desteğe bağlı olduğunu düşünmüşlerdi. Öğretmen adayları modellerin ileride değişebileceğini düşünmektedir. Genel olarak sonuçlar olumludur. Fizik bölümü öğretmen adayları, sadece sonuçların başarısına mı yoksa başarıyla birlikte verilen desteğe mi bağlı olduğu konusunda kararsız kalmışlardır. Kimya ve biyoloji öğretmen adayları sonuçların başarısını daha fazla önemserken, matematik ve fen bilgisi öğretmen adayları tek başına başarının yeterli olmayacağını, profesyonel desteğin de önemli olduğunu düşünmüşlerdir. Chittleborough, Treagust, Mamiala ve diğ.’ nin çalışmasında eğitim seviyesi arttıkça profesyonel desteğe verilen önemin de

arttığı görülürken, bu çalışmada belirgin bir farklılaşma oluşmamıştır fakat öğretmen adaylarının modeller hakkındaki düşüncelerinin yine de iyileştirilmeye ihtiyacı vardır. Özellikle öğretmen adaylarının % 34' ü modellerin değişmeyeceğini ifade etmiştir. Diğer taraftan kız ve erkek öğrenciler arasında bu konuda bir farklılık oluşmamıştır. Sırasıyla fen bilgisi, fizik ve matematik bölümü öğretmen adaylarının çoğunluğu modellerin ileride değişeceğini düşünmektedirler. Biyoloji bölümü öğretmen adaylarının yarısı ve kimya bölümü öğretmen adaylarının yarısında azı böyle düşünmektedir. Bu konuda fen bilgisi öğretmen adayları en doğru anlamaya sahiptir. Bu eksik düşünceyi öğretmen adaylarının aşabilmesi için eski ve yeni modellerin karşılaştırılması yapılabilir. Ya da bilim tarihi ile ilgili dersler ya da ödevler düzenlenebilir. Sınıflarda model kullanma ve model geliştirme etkinlikleri düzenlenmelidir. Öğrencilere kendi modellerini oluşturma ve test etme imkânları sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Chittleborough, G.D., Treagust, D.F., Mamiala, T.L. and Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23 (2), 195-212.
- Gilbert, J. K. (1993). *Models and modelling in science education*. Hatfield, UK: Association for Science Education.
- Güneş, B., Gülçiçek, Ç., Bağcı, N. (2003). Eğitim Fakültelerindeki Fen Öğreticilerinin Model Ve Modelleme Hakkındaki Görüşlerinin İncelenmesi. *XII. Eğitim Bilimleri Kongresi*, 15- 18 Kasım 2003, Antalya.
- Güneş, B., Gülçiçek, Ç., Bağcı, N. (2003). Fen Bilimlerinde Kullanılan Modellerle İlgili Öğretmen görüşlerinin Tespit edilmesi. *XII. Eğitim Bilimleri Kongresi*, 15- 18 Kasım 2003, Antalya.
- Güneş, B., Gülçiçek, Ç., Bağcı, N. (2004). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elemanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, Yıl 1, Sayı 1, 35-45.
- Grosslight, L., Unger, C, Jay, E. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, No.9, 799-822.
- Harrison, A.G., & Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22 , 1011-1026.
- Harrison, A. G., Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules and chemical bonds: a case study of multiple- model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352-381.
- Harrison, G. A. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 31, 401-435.
- Ingham, A., Gilbert, J. K. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *The Journal of Science Education*, 13, 193-202.
- Özcan, İ. (2005). *Ortaöğretim Fen Öğretmenlerinin Model Ve Modelleme Hakkındaki Görüşleri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Paton, R.C. (1996). On a apparently simple modelling problem in biology. *International Journal of Science Education*, 18(1), 55-64.
- Richards, J., Barowy, W. and Levin, D. (1992). Computer simulations in the science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 1(1), 67- 79.
- Rukavina, I. & Daneman, M. (1996). Intagration and its effect on acquiring knowledge about competing scientific theories from text. *Journal of Educational Psychology*, 88(2), 272-287.
- Treagust, F. D., Chittleborough, G.D. and Mamiala, L.T. (2002). Student' s understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24 (4), 357-368.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G.D. and Mamiala, T.L. (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34, 1-20.
- Van driel, H. J. Ve Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of science Education*, vol.21, no.11, 1141-1153.