



# Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi

Başvuru/Received: 26.03.2018 Kabul/Accepted: 27.10.2018

## Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Elektriksel Alan Tasvirleri

Işık Saliha KARAL<sup>1</sup>, Salih UZUN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi, İlköğretim Bölümü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, i\_sa\_kar@hotmail.com

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Uşak Üniversitesi, İlköğretim Bölümü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, salih.uzun@usak.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışma ile fen bilimleri öğretmen adaylarının elektriksel alanı nasıl betimlediklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın katılımcılarını bir devlet üniversitesinin 2015-2016 eğitim-öğretim yılında fen bilgisi öğretmenliği bölümünde okuyan 146 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Tarama yönteminin kullanıldığı çalışmada, veriler Genel Fizik II dersi kapsamında başarı testi ile toplanmış ve tümdengelim analizi ile çözümlenmiştir. Bulgular, fen bilimleri öğretmen adaylarının elektriksel alan kavramına ilişkin bazı alternatif kavramaları ve öğrenme zorlukları olduğunu göstermektedir. Elektriksel kuvvet kavramının elektriksel alan kavramını açıklamada ağırlıklı olarak kullanılmasının, konuya ilişkin kavramların kısa bir süre içinde hızlı bir şekilde sunulmasının ve yazılı kaynaklardaki sınırlı gösterimlerin bu duruma neden olabileceği düşünülmektedir. Kütle çekim alanı kavramının ilk olarak mekanik konularında tanıtılarak elektriksel alan kavramının öğretimi sırasında ise tekrarlanmasının alan kavramının anlaşılmasına katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Ayrıca elektriksel alan kavramının elektriksel kuvvet kavramından önce vektör kavramına dayalı olarak açıklanmasının ve yazılı kaynaklardaki gösterimlerin çeşitlendirilmesinin bu alternatif kavramaları azaltmada ve alan kavramının daha iyi anlaşılmasında alınabilecek önlemler olduğu düşünülmektedir. Çalışma, öğretmen adaylarının elektrik alan kavramına ilişkin bazı kazanımlar elde ettiğini gösterse de, amaçlanan yeterlilikte olmadığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektriksel alan, fen bilimleri, öğretmen adayı.

## **Pre-service Science Teachers' Descriptions of the Electric Field**

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to determine how pre-service science teachers describe the electric field. The participants were 146 pre-service science teachers attending a state university in the 2015-2016 academic year. In the study the survey method and an achievement test with open ended questions were used. The data were analyzed deductive way. Findings show that pre-service science teachers had some alternative conceptions and learning difficulties about electric field. Possible causes for developing alternative conceptions may be the use of electrical force in teaching the electric field the delivering of the subject in a short time and the limitations in the presentations in text-books. To minimize the formation of alternative conceptions and learning difficulties one may suggest making the pre-service science teachers familiar with gravitational field vectors before introducing the electric field, to describe the electric field using vectors instead of field lines, and to improve the graphical representations in the textbooks. The study showed that although pre-service science teachers had achieved some learning outcomes about the electric field, they were not at the desired level.

**Key Words:** Electric field, science, pre-service teacher.

### **GİRİŞ**

Bireylerin öğretim ortamlarında ve günlük hayatta yaşadıkları kişisel deneyimler özellikle soyut kavramlar açısından anlamlı öğrenmenin önünde bir engel teşkil edebilmektedir. Bu kavramlardan biri olan “elektiriksel alan” hem ortaöğretim hem de üniversite seviyesinde temel fizik eğitimi için önemli kavramlardan biri olarak görülmektedir (Li & Singh, 2017). Elektiriksel alan, elektrik yükleri tarafından üretilen, uzayda dağılan ve kaynağı olan yük ile deneme yükü arasında büyüklüğü ve yönü olan bir araç gibi davranmaktadır. Elektiriksel alan ve özelliklerinin öğretiminde ise genellikle matematiksel formüller, benzetimler ve geometrik şekillerden faydalanılmaktadır (Cao & Brizuela, 2016). Bu geometrik şekillerden biri olan ve gerçekte var olmayan elektrik alan çizgileri, elektrik alanın tanımlanması ve tasvirinde sıkça kullanılan standart gösterimlerden birisidir. Kavramsal model kapsamındaki bu gösterimler çoğunlukla bilimsel bilgi ile tutarlı olup somut ve sadeleştirilmiş gösterimlerdir. Greca & Moreira (2000)'a göre öğretim sırasında öğrencilerin kendilerine sunulan bu kavramsal modellerin aynısını zihinlerinde yapılandırdıkları kabul edilmektedir. Ancak öğrenciler gerekli alanı bilgisine sahip olmadıkları için

bu kavramsal modelleri olması gerektiği gibi görüp algılayamazlar ve bir kavramsal modeli anlamaya çalışırken, önbilgilerini veya sunulan modelle ilgili olduğunu düşündükleri unsurları dikkate alarak çıkarım yaparlar (Greca & Moreira, 2000). Bu nedenle çoğunlukla oluşturulan bu zihinsel modeller kavramsal modellerle gerektiği gibi benzerlik göstermez (Greca & Moreira, 2000; Silva, 2007). Kavramsal modellerin öğrencilerin zihninde aslına benzer yapılandırılabilmesi için öğretimde kullanılan gösterim, benzetim ve geometrik şekiller bilimsel bilginin yapılandırılmasında ve öğrencilerin sahip oldukları bilgiyi yansıtmada önemli araçlar olarak görülmektedir (Silva, 2007). Bu nedenle elektriksel alanın alan çizgileri ile gösteriminin, öğrencilerin elektrik kavramına ilişkin bilgilerinin ve zihinsel yapılanmalarının belirlenmesine yardımcı olacağı ifade edilmektedir (Cao & Brizuela, 2016).

Elektriksel alan kavramının öğretimine ilişkin yapılan çalışmalar bu kavrama ilişkin öğrenme zorluklarını ortaya koymaktadır. Sağlam & Millar (2006) lise öğrencilerinin elektriksel alanı manyetik alanla karıştırdıklarını, alanı çizgilerini tıpkı elektrik devresinde akımın anottan katoda akışına benzer şekilde pozitif yüklerden negatif yüklere doğru bir akış olarak gördüklerini ortaya koymuştur. Tornkvist, Pettersson & Transtromer (1993)'in elektromanyetizma dersi alan üniversite öğrencilerinin elektriksel alan çizgilerine yönelik algılarını araştırdıkları çalışma, öğrencilerin, elektriksel alan çizgilerini hız ile kuvvet vektörleri ve yörüngeleriyle karıştırdıklarını ortaya koymuştur. Sadece boş bir uzaydaki alan çizgilerine odaklanan araştırma, öğrencilerin gerçek olmayan alan çizgilerine çok fazla gerçeklik yüklemeye eğilimli olduklarını göstermiştir. Maloney, O'Kuma, Hieggelke & Van Heuvelen (2001) üniversite öğrencilerinin elektromanyetizma konusunun fizik dersi öncesi ve sonrası anlaşılma düzeyini araştırdıkları çalışma, öğrencilerin ders sonrasında bile değişmesi zor ve devam eden bazı fikirlere sahip olduklarını göstermiştir. Örneğin, öğrenciler iki yükün birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvetlerin eşit ve zıt yönlü olduklarını açıklayamamış onun yerine büyük yükün daha fazla kuvvet uyguladığını belirtmişlerdir. Goswami & Parida (2015), lisans seviyesi öğrencilerinin elektriksel alan ve elektriksel alan çizgileri kavramını yorumlamadaki eksikliklerini belirlemek amacıyla elektriksel alan çizgilerinin çizilmesini ve bazı durumlar için yorumlanmasını kapsayan bir test kullanmışlardır. Öğrenciler tarafından çizilen şekiller, yük miktarı ile alan çizgi sayısı arasındaki ilişkiyi gösterememe şeklinde elektriksel alan çizgileriyle ilgili kavramların zihinde canlandırılması ve gösterilmesine ilişkin çeşitli zorlukları ortaya koymuştur. Furio & Guisasola (1998) ise

üniversite öğrencilerinin elektriksel alan ve elektriksel kuvvet kavramları arasındaki farkı anlamakta zorluk yaşadıklarını ifade etmişlerdir.

Literatüre bakıldığında elektriksel alan kavramına ilişkin çalışmaların birçoğunun öğrencilerin alan ve alan çizgileri kavramıyla ilgili bilimsel anlayış geliştirmede başarısız olduklarını gösterdiği ve çoğunlukla yurt dışında yapıldığı görülmektedir. Ancak yapılan çalışmaların da çoğunlukla basit elektrik devrelerini anlamaya yönelik olduğu, elektrik alanın anlaşılmasına yönelik yapılan çalışmaların ise sınırlı olduğu (Pocovi, 2007) ve tek başına araştırmaların merkezinde olmadığı vurgulanmaktadır (Viennot & Ranson, 1992). Ülkemizde elektrik konusunda yapılan çalışmaların ise ortaöğretim düzeyinde olduğu ve genellikle elektrik akımı (Yıldırım, Yalçın, Şensoy & Akçay, 2008), basit elektrik devreleri (Karal, Alev & Yiğit, 2009), elektrik ve elektronik-diyot, bobin ve kondansatör (Salar, Uzun, Karaman & Turgut, 2016) gibi konular üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Yürütülen birçok çalışmaya karşın bu konudaki kavram yanlışlarının ve sorunların devam ettiği, öğrencilerin elektrik akımı, direnç gibi kavramları anlamalarına yardımcı olması beklenen su akışı modeli gibi benzetimlerin yetersiz olduğu (Karal & Alev, 2016) görülmektedir. Chabay & Sherwood (2007) ile Stockmayer (2010) bu problemlerin çözümü için ilk ve ortaöğretim seviyesinde elektrik devreleri konusunda elektron akışı modeli yerine alan modelinin kullanılması önermektedir. Elektrostatik olayları anlamadaki önemi (Pocovi & Findley, 2003) göz önüne alındığında, elektriksel alan modelinin elektrostatik ve elektrik devreleri konuları arasında eşsiz bir bağlantı kuracağı, ortaöğretim düzeyinde öğretime alan kavramının dâhil edilmesiyle birlikte, alan terimlerinin yerçekimi, manyetizma ve elektrik teorilerinin öğrenilmesine katkı sağlayacağı ifade edilmektedir (Stockmayer, 2010). Ancak elektrik devrelerinde akım oluşumu, elektriksel kuvvet, elektrik potansiyel ve sığa gibi birçok konu ve kavramın anlaşılması için temel olan (Chabay & Sherwood, 2007; Saarelainen, 2011; Stockmayer, 2010) elektriksel alan kavramına yönelik çalışmaların ülkemizde oldukça sınırlı olduğu (Bilal & Erol, 2009; Dinçer & Özcan, 2017; Yılmaz, Şimşek & Gürel 2013) belirlenmiştir. Bu nedenle elektriksel alan kavramına ilişkin yürütülen bu çalışmanın literatürdeki bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca üniversitelerin ilk yıllarında alınan fizik derslerinde sergilenen başarısızlıklar (Akdeniz, Yiğit & Karal, 2004; Demirci, 2006), geleceğin öğretmenlerinin olumsuz tutum geliştirmelerine neden olabileceğinden üniversitelerde temel fizik derslerindeki başarı-başarısızlık durumlarının araştırılmasının önem olduğu belirtilmektedir (Yiğit, Alev, Tural & Bülbül, 2012). Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı bu çalışma

ile fen bilgisi öğretmenliği 1.sınıf öğretmen adaylarının Genel Fizik II dersi sonunda elektriksel alan kavramını nasıl betimlediklerini belirlemeyi amaçlamıştır.

## **YÖNTEM**

Bu çalışmada, betimsel araştırmalarda en çok kullanılan yöntemlerden biri olan ve amacı var olan bir durumu inceleyerek tanımlamak olan tarama yöntemi kullanılmıştır (Koh & Owen, 2000). Bu yöntemde, katılımcılar kendilerine yöneltilen soruları cevaplar, araştırmacılar ise bu cevapları betimlerler (Jackson, 2009). İnceleme yapılan ortamda herhangi bir değişiklik yapılmadan, kendi doğal ortamında araştırmaya olanak tanıyan bu yöntemin sınırlılığı ise neden-sonuç ilişkilerine değil var olan durumun ortaya konmasına olanak sağlamasıdır (Jackson, 2009).

### **Katılımcılar**

Çalışma Genel Fizik II dersinde durgun elektrik, elektrik yükleri ve elektrik alan konularının öğretiminden sonra yürütülmüştür. Çalışmanın katılımcılarını bir devlet üniversitesinin 2015-2016 eğitim-öğretim yılında fen bilgisi öğretmenliği bölümünde Genel Fizik II dersine kayıtlı 146 öğretmen adayı oluşturmaktadır.

### **Veri Toplama Aracı**

Ölçme ve değerlendirme, eğitim-öğretim faaliyetleri sırasında ve sonrasında öğrencilerin öğrenme eksiklerini gidermede, öğretim amaçları hakkında bir yargıya varmada ve öğrencilerin başarı düzeyleri ile derslerde elde edilen kazanımları ölçmede önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle bu çalışmada, öğretmen adaylarının belirli bir ders kitabı takip edilerek yürütülen öğretim sonrasında elektriksel alanı nasıl tasvir ettiklerini belirlemek için açık uçlu sorulardan oluşan bir başarı testi kullanılmıştır. Test sorularının hazırlanmasında, öğretim sırasında üzerinde durulan yük sistemleri dikkate alınmıştır. Bunlar, pozitif nokta yükün, negatif nokta yükün, iki eşit veya farklı pozitif yüklerin, iki eşit ve zıt yüklerin, yüklü iletken kürenin, yüklü ve sonsuz uzunluktaki bir telin, düzgün yüklü sonsuz levhanın oluşturduğu alanlar şeklindedir. Hazırlanan test, elektriksel alanın kaynağına ve elektriksel alan çizgilerinin çizim kurallarına yönelik 2 açık uçlu ve çeşitli elektriksel yük sistemlerinin oluşturduğu elektriksel alanın gösterilmesine dayalı 5 çizim sorusu içermektedir. Elektriksel alan kavramının soyut doğası nedeniyle test sorularının çoğunluğu çizim

sorularından oluşmaktadır. Ayrıca tek başına yazma yönteminin kullanıldığı ölçme-değerlendirme yöntemlerinde öğrencilerin teorik bilgilerini ifade etmede zorlandıkları, çizim yönteminin öğrenciler tarafından anlaşılan bilginin nitelik ve niceliğini göstermesi açısından etkili olduğu düşünülmektedir (Kara, 2007; Yiğit vd., 2012).

Testin geçerlik ve okunabilirliğinin belirlenmesi için uzman görüşüne başvurulmuş ve bu doğrultuda yapılan düzenlemelerden sonra araştırmacılardan biri tarafından uygulanmıştır.

### **Verilerin Analizi**

Tümdengelim analizi ile çözümlenen veriler doğru, kısmen doğru, yanlış ve boş şeklinde sınıflandırılmıştır. Doğru kategorisi tamamen doğru, yanlış kategorisi ise tamamen yanlış cevapları içermektedir. Kısmen doğru kategorisi doğru ama eksik cevapların yanında düzgün olması gereken alan çizgilerinin eğri çizilmesi veya alan çizgilerinin yönlerinin yanlış gösterilmesi şeklindeki yanlış cevapları da içermektedir. Örneğin, katılımcılar yüklü bir çubuk ya da levha etrafındaki elektriksel alan çizgilerini doğru bir şekilde çizerken yönü yanlış göstermiş olsalar da, bu gösterimler kısmen doğru kategorisinde sınıflandırılmıştır.

Veriler iki araştırmacı tarafından ayrı olarak analiz edilmiş elde edilen sınıflandırmalar karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda Miles & Huberman'ın (1994, s.64) önerdiği güvenilirlik formülü kullanılarak araştırmacıların kodlamaları arasındaki uzlaşma hesaplanmış ve %85 oranında olduğu bulunmuştur. Öğretmen adaylarının çizim ve cevaplarına örnekler verilerek okuyucuya ham veri sunulması amaçlanmıştır.

## **BULGULAR**

Bu bölümde elektriksel alanın kaynağına, elektriksel alan çizgilerinin çizim kurallarına ve durgun elektrik kapsamında çeşitli elektriksel yük sistemlerinin oluşturduğu elektriksel alanların alan çizgileriyle gösterilmesine yönelik sorulardan elde edilen bulgular yer almaktadır. Yük sistemleri etrafındaki bölge sınırlandırılarak alan çizgilerinin sadece bu bölge içinde gösterilmesi istenmiştir.

### **Elektriksel Alanın Kaynağı**

Öğretmen adaylarının 'elektriksel alan oluşturmak için neye ihtiyaç vardır, elektriksel alanın kaynağı nedir?' sorusuna verdikleri cevap örnekleri ve bunların sınıflandırılması Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Elektriksel alan kaynağı için cevap kategorileri, örnekleri, frekans ve yüzdeleri

Cevap Kategorisi	Cevap örneği	Frekans (f)	Yüzde (%)
Doğru	Pozitif veya negatif yük	30	20
Kısmen Doğru	Sadece pozitif yük	3	55
	Sadece negatif yük		
	Pozitif ve negatif yük birlikte	31	
	Kondansatör veya iki iletken levha	19	
	Güç kaynağı	13	
Yanlış	Yük, güç kaynağı, iletken tel	14	12
	Mıknatis	12	
	Akım	1	
	Elektrik alan çizgileri	1	
	Kodlanamayan	3	
Boş		19	13

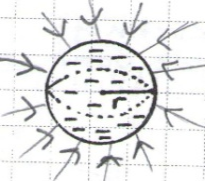
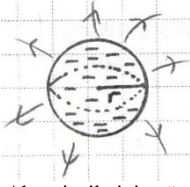
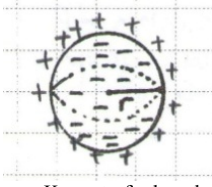
Tabloya göre katılımcıların %20'si elektriksel alanın kaynağının pozitif veya negatif yükler olduğunu ifade ederek soruyu doğru olarak cevaplandırmıştır. Kısmen doğru kategorisinde yer alan cevaplara bakıldığında ise bu oranın %55 olduğu görülmektedir. Kondansatör, iki iletken levha, batarya ve yük, güç kaynağı ve iletken cevaplarının kısmen doğru kategorisinde yer almasının nedeni, bu devre elemanları içinde bir elektrik alan oluşması bir gerçek iken, elektriksel alan oluşması için hem pozitif hem de negatif yükün bir arada olma zorunluluğunun zorunlu olmamasıdır.

Mıknatis ve akım manyetik alan kaynakları olduğundan, elektriksel alan çizgileri ise elektriksel alanın kaynağı değil elektriksel alanı göstermede kullanılan ve gerçekte var olmayan gösterimler olduğundan bu cevaplar yanlış (%12) kategorisinde sınıflandırılmıştır.

### **Negatif Yüklü Küresel Kabuk Etrafındaki Elektriksel Alan**

Öğretmen adaylarından negatif yüklü bir küresel kabuk etrafındaki elektriksel alanı alan çizgileri ile göstermelerinin istenildiği sorudan elde edilen bulgular Tablo 2'de görülmektedir.

**Tablo 2.** Negatif yüklü kürenin alanı için gösterim çeşitleri, frekans ve yüzdeleri

Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Boş
f=90	f=15	f=28	f=13
% 62	% 10	% 19	% 9
Şekil 1	Şekil 2	Şekil 3	
			
	Alan çizgilerinin yönü yanlış	Küre etrafında yük dağılımı (f=17)	

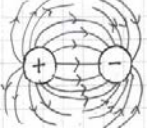
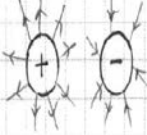
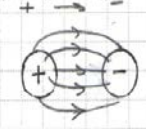
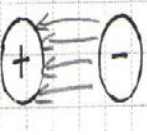
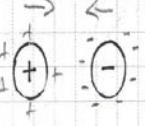
Tablo 2'ye göre katılımcıların yarısından fazlası bu soruyu doğru olarak cevaplamışlardır. Kısmen doğru cevap kategorisinde ise elektriksel alan çizgilerinin doğru, çizgilerin yönünün yanlış olarak gösterildiği cevaplar yer almaktadır. Adayların %19'unun yanlış cevap verdiği bu kategoride, negatif yüklü küresel kabuk etrafındaki elektriksel alan çizgileri yerine çoğunlukla pozitif yüklerin + sembollerinin (Şekil 3) yazıldığı görülmektedir.

### Farklı Cins İki Noktasal Yük Etrafındaki Elektriksel Alan

Öğretmen adaylarından yük miktarı eşit biri pozitif diğeri negatif yüklü iki noktasal yük etrafındaki elektriksel alanın gösterilmesi istenmiş ve elde edilen bulgular Tablo 3'de gösterilmiştir.



**Tablo 3.** İki noktasal (pozitif-negatif) yükün alanı için gösterim çeşitleri, frekans ve yüzdeleri

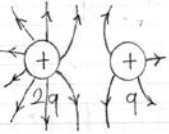
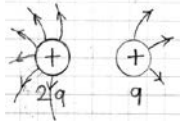
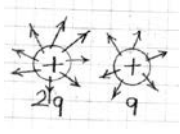
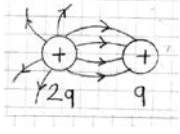
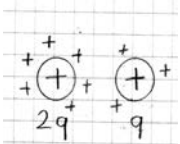
Doğru	Kısmen Doğru		Yanlış	
f=63	f=46		f=37	
% 43	% 32		%25	
Şekil 4	Şekil 5.a	Şekil 5.b	Şekil 6.a	Şekil 6.b
				
Yükler etrafında bazı bölgelerde alan çizgileri eksik				

Tablo 3'e göre katılımcıların yarıya yakını soruyu doğru olarak cevaplarken, dörtte biri yanlış olarak cevaplamışlardır. Kısmen doğru kategorisindeki cevaplar, yükler arasındaki ya da etrafındaki elektriksel alan çizgilerinin gösterilmediği çizimleri kapsamaktadır. Şekil 5.a'da çizim kurallarının dikkate alındığı ve çizgilerin pozitif yükten çıkıp negatif yükte son bulacak şekilde çizildiği, ancak iki yük arasında bulunan bölgede alan çizgilerinin gösterilmediği dikkati çekmektedir. Şekil 5.b'de ise iki yük arasında kalan bölgede alan çizgileri çizilirken yüklerin diğer taraflarında herhangi bir alan çizgisi gösterilmemiştir. Yanlış kategorisinde yer alan cevap örneklerinden olan Şekil 6.a, alan çizgilerini negatif yükten pozitif yüke doğru çizen bazı katılımcıların (f=9) gösterimlerden biridir. Şekil 6.b küresel kabuk sorusuna verilen yanlış cevap tarzı ile (Tablo 2, Şekil 3) benzer çizimleri göstermektedir.

### İki Pozitif Noktasal Yük Sisteminin Elektriksel Alanı

Öğretmen adaylarından farklı büyüklükteki iki pozitif noktasal yük etrafındaki elektriksel alanın gösterilmesi istenmiş, elde edilen bulgular Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** İki noktasal pozitif yükün alanı için gösterim çeşitleri, frekans ve yüzdeleri

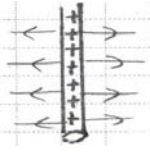
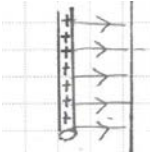
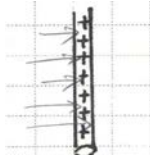
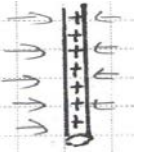
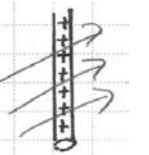
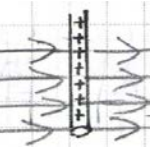
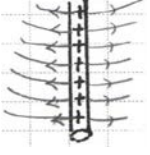
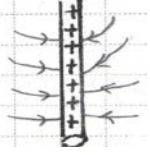
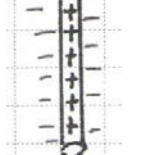
Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış	Boş
f=32	f=52	f=58	f=4
% 22	% 36	%40	% 2
Şekil 7	Şekil 8.a	Şekil 8.b	Şekil 9.a
			
	Yük etrafında bazı bölgelerde alan çizgilerinin eksik olması (f=27)	Birbirini iten alan çizgilerinin gösterilmemesi (f=25)	Şekil 9.b
			
			Alan çizgilerinin yönü yanlıştır (f=36)

Tablo 4 incelendiğinde, iki pozitif noktasal yük için elektriksel alan çizgilerini doğru cevaplayan katılımcı sayısının (f=32) pozitif-negatif yük sisteminin alan çizgilerini doğru gösteren katılımcı sayısının (f=63) yarısı kadar olduğu görülmektedir. Bu katılımcılar iki pozitif yük etrafındaki alan çizgilerini, yönlerini ve alan çizgilerinin birbirini nasıl etkilediğini doğru olarak göstermişlerdir. Bunun yanı sıra yüklerle orantılı olarak büyüyen alanı daha çok çizgi ile sembolize etmişlerdir. Kısmen doğru kategorisindeki diğer cevapların (Şekil 8a ve 8b) 3. sorudaki (Tablo 3, Şekil 5a, 5b) cevaplarla benzer olduğu dikkat çekmektedir. Katılımcılar yükler etrafındaki bazı bölgelerde, özellikle iki yük arasında, elektriksel alan çizgilerini çizmemişlerdir. Yanlış kategorisindeki çizimlerin çoğunluğunun (f=36) alan çizimi kuralları ile uyumsuz olarak pozitif yükten çıkıp pozitif yükte son bulacak şekilde olduğu görülmektedir (Şekil 9.b). Yanlış kategorisindeki diğer cevapların (Şekil 9.a) küresel kabuk ve zıt yüklü noktasal yükler sorularındaki yanlış cevap şekline (Tablo 2, Şekil 3, Tablo 3, Şekil 6.b) benzediği görülmektedir.

## Yüklü Çubuk Etrafındaki Elektriksel Alan

Öğretmen adaylarından pozitif yüklü sonsuz uzunluktaki bir çubuk etrafında oluşan elektriksel alanın gösterilmesi istenmiştir. Bulgular Tablo 5'teki gibi sınıflandırılmıştır.

**Tablo 5.** Pozitif yüklü sonsuz çubuğun elektriksel alanı için gösterim çeşitleri, frekans ve yüzdeleri

Doğru f=68 %47	Kısmen Doğru f=37 %25	Yanlış f=34 %23	Boş f=7 %5	
Şekil 10 	Şekil 11.a 	Şekil 11.b 	Şekil 11.c 	Şekil 12.a 
	Bir tarafta yön doğru düzgün elektrik alanı (f=20)	Bir tarafta yön yanlış düzgün elektrik alanı (f=1)	Her iki tarafta yön yanlış düzgün elektrik alanı (f=3)	
	Şekil 11.d 	Şekil 11.e 	Şekil 11.f 	Şekil 12.b 
	Bir tarafta yanlış yönde düzgün elektrik alanı (f=10)	Yönü doğru düzgün olmayan elektrik alanı (f=2)	Yönü doğru düzgün olmayan elektrik alanı (f=1)	

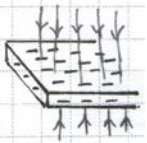
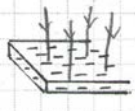
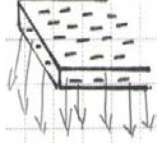
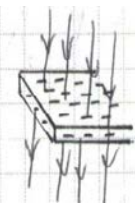
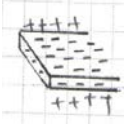
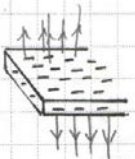
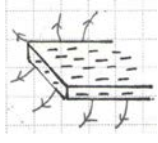
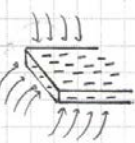
Tablo 5'e göre katılımcıların yarıya yakını soruyu tam doğru, %25'i kısmen doğru, %25'e yakını ise soruyu yanlış olarak cevaplandırmıştır. Kısmen doğru cevap kategorisinde bulunan çoğu cevapta (Şekil 11.a) katılımcılar çubuğun bir tarafında elektriksel alanı doğru olarak gösterirken, diğer tarafında alan çizgileri çizmemişlerdir. Bu kategorideki diğer cevaplarda (Şekil 11.d) ise katılımcılar çubuğun her iki tarafında alan

çizgilerini çizmişler ancak çizgileri çubuğun bir tarafında doğru diğer tarafında yanlış yönlendirmişlerdir. Yanlış kategorisinde yer alan ve Şekil 12.b ile çizilen cevap tarzı, küresel kabuk, aynı ve zıt yüklü noktasal yükler sorularındaki tarz ile (Tablo 2, Şekil 3; Tablo 3, Şekil 6.b; Tablo 4, Şekil 9.a) benzerlik göstermektedir.

### Yüklü Levha Etrafındaki Elektriksel Alan

Öğretmen adaylarının negatif yüklü sonsuz genişlikteki levha etrafında oluşan elektriksel alan gösterimleri Tablo 6'daki gibidir.

**Tablo 6.** Negatif yüklü sonsuz levhanın elektriksel alan için gösterim çeşitleri, frekans ve yüzdeleri

Doğru f=31 % 21	Kısmen Doğru f=77 % 53	Yanlış f=27 % 18	Boş f=11 % 8	
Şekil 13 	Şekil 14.a 	Şekil 14.b 	Şekil 14.c 	Şekil 15 
	Bir tarafta yönü doğru düzgün elektrik alanı (f=16) Şekil 14.d 	Bir tarafta yönü yanlış düzgün elektrik alanı (f=5) Şekil 14.e 	Bir tarafta yön doğru diğerinde yanlış düzgün elektrik alanı (f=14) Şekil 14.f 	
	Her iki tarafta yanlış düzgün elektrik alanı (f=6)	Yönü yanlış düzgün olmayan elektrik alanı (f=9)	Yönü doğru düzgün olmayan elektrik alan (f=27)	

Tablo 6'ya göre, katılımcıların %21'i soruyu doğru cevaplandırırken yarıdan fazlası kısmen doğru kategorisinde yer almıştır. Kısmen doğru cevap kategorisindeki katılımcılar, Şekil 14.a ve 14.b'ye göre, elektriksel alan çizgilerini, yüklü çubuk sorusunda olduğu gibi, levhanın tek tarafında göstermiştir. Kısmen doğru kategorisindeki bazı alan çizgilerinin yönlerinin doğru bazılarının yanlış gösterilmesi ve alan çizgilerinin eğrisel olması yüklü çubuk cevapları ile benzerlik göstermektedir. Şekil 15'teki cevap tarzı, küresel kabuk, aynı ve zıt yüklü noktasal yükler ve yüklü levha sorularındaki yanlış cevap tarzı ile (Tablo 2, Şekil 3; Tablo 3, Şekil 6.b; Tablo 4, Şekil 9.a; Tablo5, Şekil 12.b) benzerlik göstermektedir.

### Elektriksel Alan Çizgileri Çizim Kuralları

Bu soruda öğretmen adaylarından elektriksel alanı gösteren çizgilerin çizim kurallarından üç tanesini yazmaları istenmiştir. Bu kurallar, i) çizgiler pozitif yükten çıkıp negatif yükte son bulur, ii) çizgiler birbirini kesmez, iii) çizgilerin sıklığı alanın şiddeti ile orantılıdır şeklindedir. Tablo 7, çizim kurallarına ve elektriksel alan gösterim sorularının tümüne verilen cevapların kategorilerini karşılıklı olarak göstermektedir.

**Tablo 7.** Çizim kurallarına ve elektriksel alan gösterim sorularının tümüne verilen cevapların kategori, frekans ve yüzdelerinin karşılaştırılması

Alan çizim kuralları cevap kategorisi	Frekans (f)	Yüzde (%)	Alan çizimleri cevap kategorisi		
			Frekans (f)	Yüzde (%)	
Doğru (üç kural)	33	23	Doğru	14	10
			Kısmen doğru	19	13
Kısmen doğru	İki kural doğru	39	Doğru	14	10
			Kısmen doğru	25	16
	Tek kural doğru	38	Doğru	4	3
			Kısmen doğru	32	22
Yanlış	24	16	Yanlış	2	1
			Doğru	4	3
			Kısmen doğru	7	5
Boş	12	8	Yanlış	13	9
			Kısmen doğru	6	4
			Yanlış	6	4

Tablo 7'ye göre katılımcıların büyük çoğunluğu kısmen doğru kategorisinde yer almaktadır. Çizim kurallarından sadece bir tanesini doğru olarak yazan katılımcıların çoğunlukla i) kuralını, iki kuralı doğru yazanların i) ve ii) kurallarını verdikleri belirlenmiştir.

Üç çizim kuralını doğru olarak ifade eden katılımcılardan ( $f=33$ ), sadece 14'ünün elektriksel alan çizgi gösterimlerinin de tamamını doğru olarak gösterdikleri görülmektedir. Kısmen doğru kategorisindeki diğer 19 katılımcının çizimleri bazı yük sistemleri için doğru iken diğer sistemler için yanlıştır. Örneğin, bu 19 katılımcının 13'ü çizim kurallarında alan çizgi yönünün pozitiften çıkıp negatifte son bulacağını doğru bir şekilde ifade ederken, çizim sorusunda iki pozitif yük arasındaki alan çizgilerini, Tablo 4, Şekil 9.b'deki gibi, pozitiften çıkıp pozitifte son bulacak şekilde göstermiştir. Üç kuralın hepsini doğru şekilde ifade eden katılımcıların çizimlerinin de doğru ve kısmen doğru kategorisinde olduğu, yanlış kategorisinde hiçbir adayın olmadığı görülmektedir. Çizim kurallarını tamamen yanlış ifade eden katılımcıların yaklaşık yarısının çizimlerinin de yanlış kategorisinde olduğu dikkat çekmektedir. Çizim kurallarını kısmen doğru ifade eden katılımcıların alan çizimlerinin üç kuralı doğru ifade eden katılımcılarla benzerlik gösterdiği, cevapların çoğunluğunun doğru ve kısmen doğru kategorisinde yer aldığı görülmektedir. Çizim kuralları sorusunu cevapsız bırakan katılımcıların doğru kategorisinde yer alan çizimleri bulunmamaktadır.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Fen bilimleri öğretmen adaylarının Genel Fizik II dersi sonrası elektriksel alan tasvirlerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmanın bulguları, katılımcıların en fazla (%62) doğru cevap verdiği sorunun negatif yüklü küre olduğunu göstermektedir. Bunu %47 ile pozitif yüklü çubuk ve %43 ile pozitif-negatif noktasal yük sistemi sorusu izlemektedir. Alan çizim kuralları %23, elektriksel alanın kaynağı, negatif yüklü sonsuz levha ile iki pozitif noktasal yük soruları ise %20 civarında tam olarak doğru cevaplandırılmıştır. Pozitif-negatif yük sistemi etrafındaki elektriksel alan çizgilerinin, iki pozitif yükün etrafındaki çizgilere göre iki kat daha doğru olarak gösterilmesinin nedeninin iki farklı kutbun manyetik ve iki farklı yükün elektriksel alanlarının yazılı kaynaklarda daha sık gösterilmesi olduğu söylenebilir. Negatif yüklü küre sorusunun kısmen doğru bilgi kategorisindeki %10'luk cevaplarında alan çizgilerinin sadece yönünün yanlış gösterildiği dikkate alındığında, katılımcıların büyük çoğunluğunun soruyu doğru cevaplandırıldığı görülmektedir. Küre etrafındaki elektriksel

alanın konusunun ortaöğretim düzeyinde yer almaması nedeniyle katılımcıların lisans seviyesindeki konuya ön bilgisiz girmelerinin böyle bir sonucu doğurduğu düşünülebilir.

Pozitif yüklü çubuk ve negatif yüklü levha etrafındaki elektriksel alan sorusu ile elektriksel alanın kaynağı sorusuna verilen kısmen doğru veya yanlış kategorisindeki cevaplar, katılımcıların elektriksel alan kavramına ilişkin bazı alternatif kavramalar geliştirdiklerine işaret etmektedir. Örneğin, elektriksel alan kaynağı sorusuna, Tablo 1’de yer alan ‘hem pozitif hem de negatif yük’, ‘kondansatör veya iki iletken levha’ vb. şeklindeki kısmen doğru cevaplar, katılımcıların %53’ünün elektriksel alanın oluşması için pozitif ve negatif yükler arasında bir etkileşme olması gerektiği şeklinde bir düşünce geliştirmiş olabileceğini göstermektedir. Bu duruma tek bir yük ya da yük çeşidinin elektriksel alan ürettiği bilgisinden sonra çoklu yük sistemleri üzerinde fazla sayıda örnek sunulmasının neden olduğu söylenebilir. Chabay & Sherwood (2006) ise üniversite seviyesinde temel fizik derslerinde soyut elektrik kavramlarının kısa sürede hızlı bir şekilde tanıtılmasının, derslerin sonunda öğrencilerin tek bir nokta yükün elektriksel alan üreteceğini ve diğer yükleri etkileyeceğini unutabilecekleri gibi sonuçlara neden olduğunu ifade etmektedir. Buna benzer bir algıya fizik öğretmen adaylarının ‘tek bir noktasal yükün elektriksel alan oluşturamayacağı’ düşüncesinden kaynaklı alternatif kavramalara sahip olduğunu belirten Dinçer & Özcan’ın (2017) çalışmasında rastlanmaktadır. Bu soruya verilen kısmen doğru kategorisindeki cevaplardan biri olan ‘yük, güç kaynağı, iletken tel’ yanlış cevabı adayların (%10) elektrik akımı ile elektriksel alan kavramları arasında bir karışıklık yaşadıklarına dikkat çekmektedir. Benzer bir bulgu, ortaöğretim fen öğretmenlerinin elektriksel alan kaynağı ile ilgili olarak ‘akım taşıyan telin etrafında elektriksel alan oluşturduğu kavram yanlışlığı’ sergilediğini gösteren Hekkenberg’in (2012) çalışmasında yer almaktadır. Sağlam & Millar (2006) ise lise öğrencilerinin elektriksel alan çizgilerini tıpkı elektrik devresinde akımın anottan katoda akışına benzer şekilde pozitif yüklerden negatif yüklere doğru bir akış olarak gördüklerini ifade etmektedir. Bu soruda yanlış kategorisindeki 12 katılımcının elektriksel alan kaynağının mıknatis olduğunu ifade etmesi lise öğrencilerinin elektriksel alanı manyetik alanla karıştırdıklarını gösteren çalışma Sağlam & Millar (2006) ile benzerlik göstermektedir. Boş kategori oranı ise %13 oranındaki katılımcının elektriksel alanın kaynağına ilişkin bir fikirleri olmadığını işaret etmektedir. Hekkenberg’in (2012) çalışma sonuçları da öğretmenlerin yaşadıkları kavramsal zorlukların büyük çoğunluğunun elektrik ve manyetik alanın kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle elektriksel alan kavramının öğretiminde kaynağa dayalı alan

kavramı gibi alternatif mikroskobik modellerin kullanılması önerilmektedir (Chabay & Sherwood, 2006).

Katılımcıların sergilediği bir diğer alternatif kavramanın pozitif yüklü çubuk ve negatif yüklü levha ile noktasal yükler etrafındaki elektriksel alanın gösterilmesinin istendiği sorularda (3.4.5 ve 6) olduğu belirlenmiştir. Elektriksel alan çizgilerinin levha ya da çubuğun sadece bir tarafında (Tablo 5, Şekil 11.a) nokta yükler etrafında ise bazı bölgelerde gösterilmesi, katılımcıların uzayı kaplayan elektriksel alanın üç boyutlu özelliğini dikkate almadıklarını göstermektedir. Yüklü levha etrafındaki tek taraflı benzer gösterimler biyoloji öğretmen adayları ile yürütülen bir çalışmada (Karal Eyüboğlu, 2016) da yer almaktadır. Bu gösterim şekline pozitif ve negatif yüklü iki levha arasındaki düzgün elektriksel alanı gösteren çizimlerin yazılı kaynaklarda sıkça yer almasının neden olduğu düşünülmektedir. Bu çizimlerde yüklü levhaların dışında elektriksel alanın süperpozisyonu nedeniyle elektriksel alan olmadığından levha dışında alan çizgileri gösterilmemektedir. Bu gösterim şeklinin öğrencilerin levhanın sadece bir tarafında elektriksel alanın üretildiği düşüncesinin oluşmasında etkili olabileceği söylenebilir. Yapılan araştırmalar da yazılı kaynaklardaki sınırlı gösterim ve açıklamaların elektriksel alan kavramının anlaşılmasını etkilediğini ve kavram yanlışlarının oluşmasına neden olduğunu belirtmektedir (Bagno & Eylon, 1993; Pocovi & Findlye, 2003; Raduta, 2005; Tornkvist, Pettersson & Transtromer, 1993). Tornkvist, vd. (1993) çalışmasında belli bir noktada elektriksel alan vektörünün çizilmesinin istendiği soruda, katılımcılar o noktada belli aralıklarda düzgün elektriksel alan vektörleri çizmişlerdir. Araştırmacılar bu çizimlerin nedenini yazılı kaynaklarda yer alan paralel levhalar arasındaki homojen elektriksel alan gösterimlerine bağlamışlardır.

İki pozitif yük etrafındaki elektriksel alan çizgilerinin gösterilmesinin istendiği soruda katılımcıların %25'i iki pozitif yük etrafındaki elektriksel alan çizgilerinin birbirini ittiği gerçeğini göz ardı ederek elektriksel alan çizgilerinin yönünü pozitif yükten çıkıp diğer pozitif yükte son bulacak şekilde göstermiştir (Tablo 4). Öğretmen adaylarının %17'si ise elektriksel alan çizgi yönlerini doğru olarak gösterse de, iki pozitif yük için alan çizgilerinin birbirini itecek şekilde nasıl büküldüğünü göstermemişlerdir. Yükler etrafındaki alan etkileşimlerini göstermeye yönelik benzer bulgular Goswami & Parida'nın (2015) çalışmasında görülmektedir. Araştırmacılar, öğrencilerin mülakatlar sırasında izole yük etrafındaki alan çizgilerini doğru olarak gösterdiklerini, aynı veya zıt yükler birbirinin yakınına getirildiğinde alan çizgilerinin neden özel bir desende büküldüğüne cevap veremediklerini tespit etmişlerdir. Bu durum,



öğrencilerin birden fazla yükün bir araya getirilmesi durumunda elektriksel alan çizgilerinin nasıl değişeceğine ilişkin öğrenci zorluklarına işaret etmektedir. Maloney, O’Kuma, Hieggelke & Van Heuvelen (2001) ise öğrencilerin ortama giren yeni bir yükün alan çizgilerinin yönünü nasıl etkileyeceğine dair karmaşa yaşadıklarını ifade etmektedir. Bu çalışmada öğretmen adaylarının yarısı ( $f=73$ ) bu soruda pozitif yüklerin yük oranının  $2q$  ve  $q$  olduğunu dikkate alarak,  $2q$  yükünden diğer yüke oranla iki kat elektriksel alan çizgisi çıkarmışlardır. Bu bulgu ise Goswami & Parida’nın (2015) öğrencilerin ‘birbirine yaklaştırılan  $+4q$  ve  $+q$  yükleri etrafındaki alan çizgi sayısının yük miktarları ile orantılı olduğunu’ anlamadıkları ifadesi ile farklılık göstermektedir. Öğretim sırasında bu duruma ilişkin örneklerle fazla vurgu yapılmasının bu sonuca neden olabileceği düşünülmektedir.

Elektriksel alanın negatif yüklü levha ve küre etrafında pozitif yüklerin, pozitif yüklü çubuk etrafında da negatif yüklerin toplanması şeklindeki gösterimine (Tablo 2, Şekil 3; Tablo 3, Şekil 6b; Tablo 4, Şekil 9.a; Tablo 5, Şekil 12.b ve Tablo 6, Şekil 15), katılımcıların durgun elektrik yüklerine ilişkin önceki bilgilerinin etki ettiği düşünülebilir. Öğrencilerin gerekli alanı bilgisine sahip olmadıkları bu gibi durumlarda kavramsal modeli anlamaya çalışırken önbilgilerini dikkate alarak çıkarım yaptıkları vurgulanmaktadır (Greca & Moreira, 2000).

Alan çizim kuralları ifadeleri ile alan çizimlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular, çizim kurallarını doğru olarak ifade eden katılımcıların çizimlerinin hepsinin doğru olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde çizim kuralları sorusunu cevapsız bırakan katılımcıların alan çizimlerinin bazılarının doğru olması, katılımcıların yazılı ifadeleri ile çizimlerinin tam olarak örtüşmediğini göstermektedir. Bu durum Kara’nın (2007) ‘yazılı ifadelerin çizimleri doğruladığını’ gösteren bulguları ile kısmen farklı olsa da bir açıdan benzerlik göstermektedir. Çünkü çizim kuralları için doğru kategorisindeki katılımcıların yanlış kategorisinde çizimlerinin olmadığı, çizim kurallarında boş kategorisinde olan katılımcıların ise doğru kategorisinde çizimlerinin olmadığı görülmektedir. Çizim kuralları sorusunu yanıtızsız bırakan katılımcıların bir kısmının bazı çizimleri doğru olarak göstermesinin, öğretim sırasındaki görsel sunumların etkisinden kaynaklanabileceği söylenebilir. Çizim kurallarını doğru ifade eden katılımcıların bazılarının da çizim sorularındaki yanlışlarının bu kuralların yetersizliğinden veya öğrencilerin sahip oldukları bilgiyi uygulamaya koyma becerilerinin sınırlı olmasından ileri geldiği düşünülebilir. Örneğin, alan çizgilerinin pozitif yükten çıkıp negatif yükte son bulacağını ifade eden bazı katılımcıların ( $f=10$ ) pozitif yüklü iki noktasal yük etrafındaki alan çizgilerini bu ifade ile uyumlu olarak çizmedikleri ve alan çizgisi yönünü

pozitif yükten diğer pozitif yüke doğru çizdikleri görülmüştür (Tablo 4, Şekil 9.b). Benzer şekilde Saarelaeen (2011) öğrencilerin yüke yakın yerde alanın büyüklüğünün daha fazla olacağını ifade ettiklerini fakat bu bilgiyi alan çizgilerinin sunumuna uyarlayamadıklarını ifade etmişlerdir. Bu durum elektriksel alan kavramının öğretiminde ve öğretimin değerlendirmesinde görsel sunumların ve çizim metotlarının etkisini göstermektedir.

Çalışma sonuçları bazı katılımcıların elektriksel alan kavramına ilişkin bilgi sahibi olmadıklarını, birçoğunun ise çeşitli öğrenme zorlukları ile alternatif kavramaları olduğunu göstermektedir. Bu nedenle katılımcıların çoğunun öğretim sonrası elektriksel alan kavramına yönelik bazı kazanımlar elde etseler de, bu kavramı elektrik ve manyetik alanlarının alan çizgileriyle gösterildiği teorik (kavramsal) modeller ile tam olarak uyumlu olmayacak şekilde betimledikleri görülmektedir.

## **ÖNERİLER**

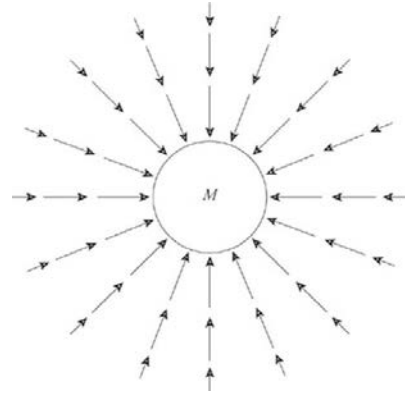
Üniversite seviyesinde elektromanyetizma ile ilgili öğretim genellikle birbirlerine elektriksel kuvvet uygulayan durgun elektrik yükleri ile başlamakta (Young & Freedman, 2008) ve öğrencilerden somut olan kuvvet kavramından daha soyut olan alan kavramını zihinlerinde şekillendirmeleri beklenmektedir (Saarelaeen, 2011). Fakat çoğu öğrenci için elektriksel kuvvetten elektrik alana kayma kolay bir süreç olarak görülmemektedir (Dunn & Barnabel, 2000). Elektriksel alanın negatif yüklü levha ve küre etrafında pozitif yüklerin, pozitif yüklü çubuk etrafında da negatif yüklerin toplanması şeklinde gösteren çizimler bu sürecin zorluğuna işaret etmektedir. Nousiainen & Koponen (2017)'e göre elektriksel alan kavramına ilişkin yeterli alan bilgisi olmayan öğrenciler kuvvetle ilgili kavramları kullanmaya daha yatkın olmaktadır. Öğrenciler elektriksel alan ve özelliklerine ilişkin bilgilerini arttırdıkça, kuvvet, enerji ve alan kavramlarına ilişkin daha dengeli anlayış geliştirmektedir (Chabay & Sherwood, 2006). Bu nedenle elektriksel alanın kuvvete dayalı geleneksel sunumu eleştirilmekte (Chabay & Sherwood, 2006) ve öğrencilerin elektriksel alan ve elektriksel kuvvet kavramları arasındaki farkı anlamakta zorluk çekmelerine neden olan (Furio & Guisasaola, 1998) yazılı kaynaklardaki kuvvete dayalı alan açıklamaların olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması önerilmektedir (Nousiainen & Koponen, 2017). Çoğu ders kitabı öğrencilerin alan, kuvvet ve alan kaynağına ilişkin güçlü bir anlayış geliştirilmesini sağlayacak bilgileri üstü kapalı şekilde içerdiğinden bu yazılı kaynaklar bu gelişimi yeterince sağlayamamaktadır (Nousiainen &

Koponen, 2017). Bu nedenle öğretim sırasında yapılabilecek bazı düzenlemelerin alan kavramının anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bunlardan biri kuvvet ve alan kavramlarını somutlaştırmada vektör kavramının kullanılması (Saarelæen, 2011) ve nokta yükler etrafındaki elektriksel alan vektörlerinin belirli aralıklarla gösterildikten sonra (Purcell, 1965) vektörlerin birleştirilmesi ile alan çizgilerinin oluşturulmasıdır (Serway & Beichner, 2002; Fishbane, Gasiorowicz & Thornton, 2003).

Bir diğeri ise alan kavramının sunulmasının elektrik konularının öğretimine kadar geciktirilmemesidir. Alan kavramı, kuvvet kavramının öğretildiği kütle çekim, yer çekimi ivmesi, ağırlık ve atış problemleri gibi mekanik konularına çekilerek kütle çekim (gravitasyon) alanı olarak öğrencilere sunulabilir.

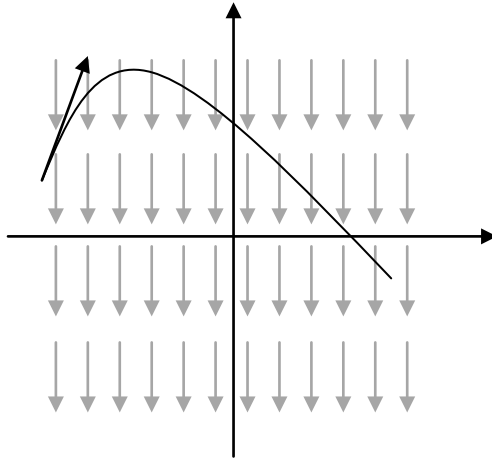


Şekil 16a. Alan çizgisel gösterim



Şekil 16b. Vektörel gösterim

Örneğin, yer küresinin çekim alanı çizgileri, küresel ölçekte (Şekil 16.a ve Şekil 16.b) çizilebilir veya sınırlı bir bölge için düzgün bir kütle çekim alanı olarak çizilerek (Şekil 17) bir eğik atış yörüngesinin açıklanmasının, hareketin her noktasında alanının varlığının hissedilmesine katkı sağlayacağı söylenebilir.



**Şekil 17.** Eğik atış hareketi

Böylece kütle-çekim alanı ile ilgili konuların güncelliği ve öneminin uzay ve uydu çalışmalarına paralel olarak artmasıyla öğrencilerde, uzayın her noktasında bir etkinin veya bir kuvvetin var olduğuna yönelik bir anlayış geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Akdeniz, A.R., Yiğit, N., & Karal, I.S., 2004. Fizik öğretmen adaylarının konu alanı bilişsel yeterlilikleri ve bunları etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 34-41.
- Bagno, E., & Eylon, B., 1997. From problem-solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. *American Journal of Physics*, 726-735.
- Bilal, E., & Erol, M., 2009. Investigating students' conceptions of some electricity concepts. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(2), 193-201.
- Cao, Y., & Brizuela, B.M., 2016. High school students' representations and understandings of electric fields. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 1-19.
- Chabay, R., & Sherwood, B., 2006. Restructuring the introductory electricity and magnetism course. *American Journal of Physics*, 74, 329-336.

- Demirci, N., 2006. Geleneksel öğretim yönteminin öğrencilerin elektrik ve manyetizma konularında başarılarına etkisi. *G.Ü.Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(2), 215-231.
- Dinçer, T., & Özcan, Ö., 2017. *Examination of pre-service physics teachers' cognitive structures of electric field*. AIP Conference Proceedings 1815, 070003: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4976424>
- Dunn, J., & Barnabel, J., 2000. One Model for integrated math/physics course focusing on electricity and magnetism and related calculus topics. *American Journal of Physics*, 68(8), 749-757.
- Fishbane, P.M., Gasiorowicz, S., & Thornton, S.T., 2003. *Temel Fizik Cilt 2*. Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- Furio, C., & Guisasola, J., 1998. Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, 82(4), 511-526.
- Furio, C., & Guisasola, J., 2003. Learning the electric field concept as oriented research activity. *Science Education*, 87(5), 640-662.
- Goswami, M., & Parida, B.K., 2015. *Exploring students' thought processes involved in the interpretation of electric field lines*. EpiSTEME 6: Emerging Computational Media and Science Education, 15-18 December, TIFR, Mumbai.
- Greca, I.M., & Moreira, M.A., 2000. Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science*, 22(1), 1-11.
- Hekkenberg, A., 2012. *Addressing misconceptions about electric and magnetic fields: A variation theory analysis of a lecture's learning space*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Utrecht University, Hollanda.
- Jackson, S.L., 2009. *Research methods and statistics: A critical thinking approach*. 3rd edition. Belmont, CA: Wadsworth.
- Kara, İ., 2007. Revelation of general knowledge and misconceptions about Newton's laws of motion by drawing method. *World Applied Sciences Journal*, 2(S), 770-778.
- Karal, I.S., Alev, N., & Yiğit N., 2009. Öğretmen adaylarının elektrikte alan bilgisi. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 4(4), 1450-1467.
- Karal, I.S., & Alev, N. (2016). Development of pre-service physics teachers' pedagogical content knowledge (PCK) throughout their initial training. *Teacher Development*, 20(2), 162-180.
- Karal Eyüboğlu, I.S., 2016. *Student teachers' electric field lines representations*. International Conference on Research in Education & Science, ICRES, 19-22 Mayıs, Bodrum, TURKEY.

- Koh, E.T., & Owen, W.L., 2000. *Introduction to Nutrition and Health Research*. Eunsook T. Boston, MA, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Li, J., & Singh, C., 2017. Developing and validating a conceptual survey to assess introductory physics students' understanding of magnetism. *European Journal of Physics*, 38(2), 025702: doi:10.1088/1361-6404/38/2/025702
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A., 2001. Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69, 12-23.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M., 1994. *Qualitative Data Analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks: Sage.
- Nousiainen, M., & Koponen, I.T., 2017. Pre-service physics teachers' content knowledge of electric and magnetic field concepts: Conceptual facets and their balance. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 74-90.
- Pocovi, M. C. & Finley, F. N., 2003. Historical evolution of the field view and textbook accounts. *Science and Education*, 12, 387-396.
- Pocovi, M. C., 2007. The effects of a history-based instructional material on the students' understanding of field lines. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 107-132.
- Purcell, E., 1965. *Electricity and Magnetism, Berkeley Physics Course-Volume 2*. Newyork: Mcgraw-Hill Book Company.
- Raduta, C., 2005. *General students' misconceptions related to electricity and magnetism*. 24 Aralık 2017, <http://cds.cern.ch/record/828008/files/0503132.pdf>
- Saarelaen, M., 2011. *Teaching and learning of electric and magnetic fields at university level*. Dissertation in Forestry and Natural Science. University of Eastern Finland.
- Sağlam, M., & Millar R., 2006. Upper high school students' understanding of electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 28(5), 543-566.
- Salar, R., Uzun, E., Karaman, İ., & Turgut, Ü., 2016. Fizik öğretmeni adaylarının 12.sınıf elektrik ve elektronik konusunu ile ilgili bilgi düzeylerinin belirlenmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 41-54.
- Serway, R.A., & Beichner, R.J., 2002. *Fen ve mühendislik için fizik II*. Ankara: Palme Yayınevi.
- Silva, C. C., 2007. The role of models and analogies in the electromagnetic theory: A historical case study. *Science & Education*, 16(7-8), 835-848.

- Stocklmayer, S., 2010. Teaching direct current theory using a field model. *International Journal of Science Education*, 32(13), 1801–1828.
- Tornkvist, S., Pettersson, K. A., & Transtromer, G., 1993. Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept. *American Journal of Physics*, 61, 335-338.
- Viennot, L., & Rainson, S., 1992. Student's reasoning about the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, 14, 475-87.
- Yıldırım, H.İ., Yalçın, N., Şensoy, Ö., & Akçay, S., 2008. İlköğretim 6, 7 ve 8.Sınıf öğrencilerinin elektrik akımı konusunda sahip oldukları kavram yanlışları. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 6(1), 67-82.
- Yılmaz Z.A., Şimşek Ö., & Gürel Z., 2013. Fen bilgisi öğrencilerinin elektriksel alanlar ve kuvvetler konusundaki kavram yanlışlarının tespit edilmesi. 30. Uluslararası Fizik Kongresi, 2-5 Eylül 2013, İstanbul, Türkiye.
- Yiğit, N., Alev, N., Tural, G., & Bülbül, M.Ş., 2012. Fen bilgisi 1.sınıf öğretmen adaylarının elektrik konusundaki problemleri anlama ve çözme durumları üzerine bir araştırma. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 1(2),18-36.
- Young, H. D., & Freedman, R., 2008. *University physics with modern physics* (12 ed.). San Francisco: Pearson Addison Wesley.

## EXTENDED ABSTRACT

Electric field is one of the important concepts of basic physics in both secondary and high level (Li & Singh, 2017). But its abstract character causes various difficulties in meaningful learning during teaching. In teaching of this concept and its properties, mathematical formulas, analogies, geometrical drawings are used generally (Cao & Brizuela, 2016). The virtual electric field lines are frequently used as a visual definition of the field. These concrete and simplified representations within the conceptual model are usually compatible with scientific knowledge. It is accepted that students have constructed mental models that are copies of conceptual models submitted to them (Greca & Moreira, 2000). But students are not able to percept these conceptual models as correctly as it should be since they do not have the necessary subject matter knowledge. The constructed mental models are not usually similar to conceptual models. Representations, analogy and geometric drawings used in teaching to construct conceptual models like the original ones in students' minds are considered as important tools (Silva, 2007). Thus it is expressed that the representation of electric field with electric field lines will help students in shaping their knowledge level and mental constructions (Cao & Brizuela, 2016).

The aim of this study is to find out how 146 pre-service science teachers describe the electric field concept after they took part in General Physics II lectures, with an expectation that the findings will indicate the difficulties in student learning and their elimination during teaching.

This work carried out in the 2015-2016 academic year employed the survey method and a questionnaire with two open-ended and five figure drawing questions as data collection instrument. The drawing questions demanded sketching the field lines of charge distributions such as charged sphere, rod, plane, two positive point charges and oppositely charged two points. The first open ended question asked the source of electric field, the second asked writing down the rules for drawing electric field lines. The data classified as true, partially true, false and unanswered, were analyzed using the deductive method. The classification was done by two researchers independently, thus results were compared and justified.

The question about the negative charged sphere was the first in collecting the correct answer by the ratio 62%. This was followed by positively charged rod with 47% and by oppositely charged pair with 43%. The questions ‘properties of electric field lines’, ‘the source of electric field’, ‘negatively charged infinite plane’ and ‘two positive point charges’ received the least correct answers between ratios from 21% to 23%. The answers to the latest questions showed also that pre-service science teachers displayed various alternative conceptions.

Answers to the question ‘the source of the electric field’ showed that pre-service science teachers displayed alternative conceptions such as ‘magnets are sources of electric field’, ‘to create electric field oppositely charged pairs are necessary’ and ‘a single electric charge cannot produce an electric field. The electric field lines drawn by pre-service science teachers at only one side of a charged rod and plane indicate that the three dimensional aspect of the field was not evaluated by those participants. It is thought that drawings in the textbooks which show a uniform electric field between oppositely charged parallel conducting plates with no field outside may be one of the causes for this type of thinking. It may be interesting to note that the electric field around parallel non-conducting charged planes are not discussed in many text books. Similarly the electric field lines around point charges are shown at only certain limited regions in written sources and the repetition of these figures during teaching may cause the development of such kind of alternative conceptions.

It is seen that the percentage of drawing the electric field lines of two point charges correctly is twice for like charges of that of the unlike charges. The question of two positive charge, some pre-service science teachers ( $f=36$ ) field lines emanated from one positive charge terminated at the other positive charge. 25 pre-service science teachers drew radial field lines near the charges correctly but did not extend the lines enough thinking probably that it would violate the non-crossing rule, i.e. they did not know how the lines would curve. These types of answers of the participants point at certain learner difficulties about how the electric field lines will be modified when several charges are present in the system. One additional finding



is that the numbers of field lines emanating from charge  $+2q$  and charge  $+q$  were drawn proportional to the magnitudes of charges.

The pre-service science teachers, drawing all electric field lines correctly wrote the drawing rules also correctly. But a number of pre-service science teachers, writing the drawing rules correctly were not able to apply these rules to drawings. For example ten pre-service science teachers stated that field lines start from a positive charge and end at a negative charge drew figures with field lines starting from a positive charge and ending at another positive charge.

To eliminate learning difficulties about the electric field, it may be suggested that the gravitational field concept be introduced in the previously taught subject of mechanics and when in the subject of electricity the field concept be introduced before the electric force. In addition to concretize the field concept a vector representation where the field vectors at selected points are shown can be used and then, by joining the field vectors, the field lines can be formed. In written materials the electric field is shown only at a few points causing the missing of the overall picture. Drawing the field pattern more complete and in two or three dimensions is thought to improve the quality of learning.

This study showed that the representation of electric field lines by pre-service science teachers did not comply satisfactorily with conceptual model of the field.

