



# Lise Öğrencilerinin Mekanik Dalgalar Konusu Kavram Yanılgıları: Öğrenciler Bildikleri ve Bilmediklerinin Farkındalar mı?

Erdal Taşlıdere<sup>i</sup>

*Bu çalışma 10. sınıf öğrencilerinin mekanik dalgalar konusunda sahip oldukları (1) doğru/yanlış bilgi farkındalıklarını, (2) farklı direnç seviyelerindeki kavram yanılgılarını tespit etmeyi amaçlamıştır. Araştırmada kesitsel tarama modeli kullanılmış olup, başka bir çalışma kapsamında geliştirilmiş olan Dört-Aşamalı Kavram Yanılgısı Testi Türkçeye çevrilerek Burdur il merkezinde öğrenim görmekte olan 275 öğrenciye uygulanmıştır. Veriler betimleyici istatistik, frekans analizleri ve bağımlı grup t-testi ile çözümlenmiştir. Sonuçlar testin geneli dikkate alındığında öğrencilerin mekanik dalgalar konusunda doğru cevapladıkları sorulardan emin, fakat yanlış cevapladıkları sorulardan emin olmadıklarını göstermiştir. t-testi sonuçları ise öğrencilerin yalnız cevap ve yalnız açıklama aşamalarına atfettikleri güven puanlarının ortalamaları arasında cevap puanları lehine anlamlı bir farkın bulunduğunu göstermiştir. Yalnız cevap, yalnız açıklama ve her ikisi birlikte dikkate alınarak elde edilen toplam puanlar üzerinden yürütülen betimleyici istatistik sonuçları öğrencilerin mekanik dalgalar konusu kavramsal anlama düzeylerinin oldukça düşük olduğunu göstermiştir. Yanılgı puanları üzerinden gerçekleştirilen frekans analizleri ise adayların; (1) dalgaların genel özelliği ve dalga hareketinin grafiksel gösterimi, (2) dalga-parçacık hareketi, (3) frekans, kaynak ve ortam, (4) özellikleri sabit bir ortamdaki dalga hızı, konularına ait farklı direnç seviyelerinden 15 kavram yanılgısına sahip olduklarını göstermiştir. Söz konusu yanılgıların üçü yüksek dirençli, beşi orta dirençli ve yedisi ise suni yanılgı kategorisinde bulunmuştur.*

**Anahtar Sözcükler:** mekanik dalgalar, kavram yanılgısı, kavramsal anlama, dört-aşamalı kavram yanılgısı testi, fizik eğitimi.

## GİRİŞ

Son zamanlarda fizik eğitimi alanında yürütülen birçok çalışmada öğrencilerin zihinlerine bilimsel tanımlarından farklı anlamlar yüklenerek yerleşen kavramların tespit edilmesi ve açığa çıkarılması amaçlanmaktadır. Alan yazında söz konusu kavramlar; ön kavramlar, alternatif kavramlar, alternatif yapı, ortak algı kavramaları, kendiliğinden oluşan bilgiler, yetersiz kavrama veya kavram yanılgısı gibi çeşitli terimler ile ifade edilmektedir (Caleon ve Subramaniam, 2010a, 2010b; Clement, 1982; Driver ve Easley, 1978; Driver ve Erickson, 1983; Engelhardt ve Beichner 2004; Gilbert, Watts ve

<sup>i</sup> Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, etaslidere@mehmetakif.edu.tr

Osborne, 1982; Hammer 1996; Pines ve West, 1986). Bu çalışmada söz konusu kavramlardan Kavram Yanılgısı olarak bahsedilecektir.

Kavram yanılgıları, öğrenci mülakatları, kavram haritaları, anketler, çoktan seçmeli testler gibi çeşitli yöntemlerle tespit edilebilmektedir (Arslan, Cigdemoglu ve Moseley, 2012; Aykutlu ve Şen, 2012; Beichner, 1994; Engelhardt ve Beichner, 2004; Hestenes, Wells ve Swackhammer, 1992; Kızılcık ve Güneş, 2011; McDermott ve Shaffer, 1992; Peşman ve Eryılmaz, 2010; Tan, Goh, Chia ve Treagust, 2002; Wuttiptom, Sharma, Johnston, Chitaree ve Soankwan, 2009). Son yıllarda çoktan seçmeli kavram yanılgısı testlerinin ekonomik, kolay uygulanabilir ve sonuçların geniş kitlelere uygulanabilir olması gibi nedenlerden dolayı çok tercih edilmeye başlanmıştır (Beichner, 1994; Wuttiptom ve diğ., 2009). Çoktan seçmeli sorular içeren testler zaman içerisinde tek aşamalı, iki aşamalı, üç aşamalı ve dört aşamalı olarak gelişim göstermiştir. Tek aşamalı testler öğrencilerin verdikleri doğru cevapların gerçekten bilimsel düşünceden mi, yoksa bilimsel olmayan düşünceden mi kaynaklandığını açıklayamamaktadır. Bu temel eksikliği ortadan kaldırmak için iki aşamalı testler önerilmiştir (Treagust, 1988). İki aşamalı testte sorunun ilk aşamasında normal çoktan seçmeli bir soru, ikinci aşamasında ise ilk aşamadaki cevabı destekleyecek açıklama seçenekleri bulunmaktadır. İki aşamalı testler araştırmacılara doğru cevapların altındaki nedenleri ortaya çıkarabilme imkanı vermelerine rağmen, bilgi eksikliğini gerçek kavram yanılgısından ayırt edememe ve doğru cevapların şans faktöründen mi yoksa bilimsel anlamadan mı kaynaklandığını belirleme imkanı verememektedir (Hasan, Bagayoko ve Kelley, 1999, Eryılmaz ve Sürmeli, 2002).

Hasan Bagayoko ve Kelley (1999) iki aşamalı testlerde var olan bu eksiklikleri telafi etmek için ilk iki aşamaya verilen cevaplardan ne kadar emin olduğunu sorgulamaya yönelik üçüncü bir aşamanın (güven-aşamasi) eklenmesini önermiş ve üç aşamalı testi geliştirmiştir. Alan yazında güven düzeyinin belirlenmesi kişinin performansının kalitesi (veya doğruluğu) hakkında değerlendirme yapması olarak tanımlanmaktadır (Stankov ve Dolph, 2000). Psikoloji alanında anlama ya da zekâ testlerinden algıya dayalı sonuç çıkarma uzun yıllardan beri kullanılan bir tekniktir (Shaughnessy, 1979). İlgili alanda yapılan bazı araştırmalarda öğrencilerin test performansları ile güven düzeyleri arasındaki ilişkiler analiz edilmiş ve doğru cevap skorları ile cevabın doğruluğuna yönelik güven düzeyi puanları arasında anlamlı (0.4 ile 0.6 arasında) ilişkilerin bulunduğu görülmüştür (Koriat, Lichtenstein ve Fischhoff, 1980; Shaughnessy, 1979; Kleitman ve Stankov, 2007). Renner ve Renner (2001) cevaplanan soruların doğruluğuna yönelik güven düzeyi ile akademik başarı arasında yakın ilişkinin bulunduğunu, Caleon ve Subramaniam (2010b) ise güven düzeyinin kavramsal anlama düzeyini ve kavram yanılgısının varlığını destekleyen önemli bir gösterge olduğunu belirtmektedirler.

Fen eğitiminde öğrenci cevaplarına yönelik güven düzeylerinin belirlenmesi ve sonuçların kullanılmasına ancak son on yılda başvurulmaya başlanmıştır (Clement, Brown ve Zietsman, 1989; Hasan, Bagayoko ve Kelley, 1999). Özellikle üç aşamalı test verilerinin analiz edilmesinde; öğrencinin ilk iki aşamada kavram yanılgısını destekleyen seçenekleri işaretleyerek üçüncü aşamada bu seçimlerinden emin olduğu tespit edilirse, bu öğrencinin kavram yanılgısına sahip olduğu kabul edilmektedir. Eğer öğrencinin ilk iki aşamada işaretlediği yanlış seçeneklerinden emin olmadığı tespit edilirse bu defa bu öğrencinin kavram yanılgısından ziyade bilgi eksikliğine sahip olduğu kabul edilmektedir. Benzer şekilde, öğrencinin ilk iki aşamada bilimsel cevapları işaretleyip bu seçimlerinden emin olduğu tespit edilirse gerçek anlamda bilimsel anlamaya sahip olduğu, fakat emin olmadığı tespit edilirse bu defa öğrencinin doğru cevaba tesadüf ya da şans faktörü ile ulaştığı kabul edilmektedir (Arslan, Cigdemoglu ve Moseley, 2012; Peşman ve Eryılmaz, 2010).

Fizik eğitimi alanında üç aşamalı testler (Caleon ve Subramaniam, 2010a, Demirci ve Efe, 2007; Eryılmaz ve Sürmeli, 2002, Hasan, Bagayoko ve Kelley, 1999; Kanli, 2014; Kızılcık ve Güneş, 2011; Korur, 2015; Peşman ve Eryılmaz, 2010) yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak her ne kadar üç aşamalı kavram yanılgısı testlerinin diğer testlere göre daha etkili olduğu kabul edilse de, son zamanlarda üçüncü aşamadaki güven düzeyinin her iki aşamayı ne kadar sağlıklı temsil ettiği tartışma konusu olmuştur (Caleon ve Subramaniam, 2010b; Tsai ve Chou, 2002, Kaltakci Gurel,

Eryılmaz ve McDermott, 2015). Öğrencilerin her aşamayı farklı birer soru gibi algılayma ihtimallerinin bulunduğu (Grifford ve Wanderssee, 2001), dolayısıyla ilk ve ikinci aşamaya verilen cevaplara ait güven düzeylerinin de ayrı ayrı ölçülmesi gerekliliği savunularak, kavram yanılgısı testlerinin dört-aşamalı hale getirilmesi önerilmiştir (Caleon ve Subramaniam, 2010b). Dört-aşamalı kavram yanılgısı testlerinin birinci aşamasında normal çoktan seçmeli soru, ikinci aşamasında ilk aşamaya verilen cevaptan ne kadar emin olunduğu, üçüncü aşamada ilk aşamaya verilen cevabın nedeni ile ilgili açıklama ve dördüncü aşamada ise üçüncü aşamadaki açıklama aşamasına verilen cevaptan ne kadar emin olunduğu sorulmaktadır. Alan yazın incelendiğinde, fen eğitiminde dört aşamalı kavram yanılgısı testlerinin sayısının oldukça az olduğu ve araştırmalarda yeni yeni kullanılmaya başlandığı göze çarpmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi Caleon ve Subramaniam (2010b) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar mekanik dalgalar konusunda dört aşamalı bir kavram yanılgısı testi geliştirmiş ve 598 orta öğretim öğrencisine uygulayarak sonuçları değerlendirmişlerdir. Diğer bir çalışma ise Kaltakçı (2012) tarafından yapılmıştır. Söz konusu çalışmada fizik öğretmen adaylarının geometrik optik konusundaki kavram yanılgılarını tespit etmek için dört aşamalı bir test geliştirilip Türkiye'deki 12 devlet üniversitesinden toplam 243 fizik öğretmen adayına uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

### *Mekanik dalgalar konusu ile ilgili yürütülen çalışmalar*

Fizik eğitimi alanında kavram yanılgılarını tespit etmeye yönelik çalışmalar incelendiğinde, öğrencilerin genelde çeşitli konuları kavramakta zorlandıkları ve birtakım yaygın yanılgılara sahip oldukları görülmektedir. Bu konulardan biri mekanik dalgalar konusudur. Konu kapsamında gerek yurt içi gerekse yurt dışında yürütülen çalışmalar öğrencilerin dalgalar fiziğini anlamakta zorlandıklarını ve çeşitli yanılgılara sahip olduklarını göstermektedir (Caleon ve Subramaniam, 2010a; 2010b; Şengören, Tanel ve Kavcar, 2009; Kennedy ve de Bruyn, 2011; Küçüközer, 2010; Kryevskaia, Stetzer ve Heron, 2012; Maurines, 1992; Menchen ve Thompson, 2003; Palacios, Cazorla ve Cervantes, 1989; Tongchai, Sharma, Johnston, Arayathanitkul ve Soankwan, 2009; Wittmann, 2002; Wittmann, Steinberg ve Redish, 1999; 2003).

Maurines (1992) 1300 üniversite öğrencisinin mekanik dalgaların oluşması, yayılması, hızı ve ortamdaki bir noktanın hareketi, dalga özellikleri-hız arasındaki ilişkinin yorumlanmasındaki kavramsal anlama durumlarını incelemiştir. Sonuçlar öğrencilerin dalganın ortamdaki hareketini tanımlarken mekanik temelli bir yaklaşımı temel aldıklarını göstermiştir. Başka bir anlatımla öğrenciler büyük kuvvet uygulanarak elde edilen atmanın büyük hıza sahip olacağına; dalganın yayılma hızının atmanın şekline bağlı olduğuna ve dalgaların birer nesne gibi hareket ettiği inancına sahip olduklarını göstermiştir. Öğrencilerin atmanın yayılma hızı, genişliği ve zaman arasındaki ilişkileri incelerken değişkenlerden sadece bir tanesi üzerine yoğunlaşarak fikir yürüttükleri görülmüştür. 1300 öğrencinin 700'ünün mekanik dalgalar konusunda eğitim almış olmalarına rağmen, diğer eğitim almayan 600 öğrencideki gibi benzer yanılgılar sergiledikleri görülmüştür. Wittmann, Steinberg ve Redish (1999; 2003) ve Wittmann (2002) öğrenci mülakatları, açık uçlu sorular ve teşhis testleri kullanarak üniversite öğrencilerinin ortamdaki dalgaların ilerlemesi ve üst üste binmesi konularındaki kavramsal anlama düzeylerini incelemişler. Çalışma sonuçları, Maurines' in (1992) bulgularını desteklemekle birlikte öğrencilerin dalgaların oluşturulma biçiminin dalga hızını etkilediğine inandıklarını ve atmaların üst üste binmesi ilkesini yanlış yorumladıklarını göstermiştir. Tongchai ve diğ. (2009) Mekanik Dalgalar Kavramsal Tarama Testi (Mechanical Waves Conceptual Survey) geliştirmişler. Test lise seviyesinden üniversite ikinci sınıf seviyesine kadar 632 Avusturyalı ve 270 Taylandlı lise öğrencisine uygulanarak, elde edilen veriler analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları öğrencilerin yay üzerindeki dalga hızının dalgayı oluşturan el hareketine bağlı olduğuna; el hareketi ile farklı dalga boyları ve genliklerde dalgalar oluşturularak, farklı hızlarda atmalar elde edilebileceğine inandıklarını göstermiştir. Ayrıca, atma oluşturulurken uygulanan kuvvetin ve el hızının da dalga hızını etkileyeceği inancı yaygın olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar bir diğer çalışmalarında (Tongchai, Sharma, Johnston, Arayathanitkul ve Soankwan, 2011) öğrencilerin gerek

ses gerekse yay dalgaları hızının frekansa bağlı olduğu yönünde bir yanılıya sahip olduklarını raporlamışlardır. Kennedy ve de Bruyn (2011) Maryland Üniversitesi Fizik Eğitimi Araştırma Grubu tarafından geliştirilen Dalga Teşhis Testini (University of Maryland Wave Diagnostics Test) kullanarak üniversite birinci ve ikinci sınıf fizik öğrencilerinin dalgalar konusundaki kavramsal anlamalarını ve geliştirdikleri Tutorial ve çeşitli öğretim etkinliklerinin ilgili yanılıları ortadan kaldırmaya etkisini incelemişler. Araştırma sonuçları, diğer kültürlerdeki öğrencilerde var olan yanılıların kendi öğrencilerinde de tespit edildiğini, öğretimler sonrasında bile bazı yanılıların öğrencilerde halen bulunduğunu göstermiştir.

Mekanik dalgalarla ilgili yurtiçinde yürütülen çalışmalar incelendiğinde de yurt dışında yürütülen çalışma sonuçlarına benzer sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. Küçüközer (2010) fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin mekanik dalgaların oluşturulması, yayılması ve girişimi konularındaki kavramsal anlamalarının tanımlanması, varsa kavram yanılılarının tespit edilmesine yönelik bir araştırma gerçekleştirmiştir. Ölçüm aracı olarak beş adet açık uçlu sorudan oluşan bir anketi 53 öğrenciye uygulamıştır. Sonuçlar, öğretmen adaylarında mekanik dalgaların temel olgu ve kavramlarına yönelik kavram yanılılarının bulunduğunu göstermiştir. Şengören, Tanel ve Kavcar (2006; 2009) ve Tanel, Şengören ve Kavcar (2008) 147 fizik öğretmen adayı ile çalışmalar yürüterek, adayların mekanik dalgalar konusundaki kavramsal anlama düzeyleri ve kavram yanılılarını tespit etmeye çalışmışlardır. Şengören, Tanel ve Kavcar (2006) adaya yay üzerinde ilerleyen atmaların üst üste binmesi ilkesi ile ilgili düşüncelerini açığa çıkarmak için sekiz adet test sorusu sormuş ve 21 aday ile mülakat yapmışlardır. Sonuçlar fizik öğretmeni adaylarının dalgaların üst üste binme ilkesini anlama ve uygulama konusunda sıkıntılar yaşadıklarını göstermiştir. Araştırmacılar diğer bir çalışmada (Şengören, Tanel ve Kavcar, 2009) ise öğretmen adaylarının homojen bir halat üzerinde ilerleyen dalganın hızını etkileyen faktörlerle ilgili düşüncelerini tespit etmek için açık uçlu bir soru ve çoktan seçmeli üç soruya verilen cevapları incelemişler. Sonuçlar adayların dalga kavramını ve dalganın ortamda ilerlemesini açıklayamadıklarını, atmayı bir nesne gibi algıladıklarını ve hız, genlik, frekans arasındaki ilişkileri yanlış yorumladıklarını göstermiştir. Diğer bir çalışmada (Tanel, Şengören ve Kavcar, 2008) ise öğretmen adaylarının yay üzerinde oluşturulan atmaların yansıması ve iletilmesi ile ilgili düşüncelerini tespit etmişlerdir. Sonuçlar adayların yay üzerinde ilerleyen bir atma ile ilgili olarak her hangi bir engel ile karşılaştığında engelin serbest veya sabit olmasına bakmadan buradan ters dönerek yansıyacağına veya serbest uçtan yansıdıktan sonra sönümlemeye uğrayacağına, inandıklarını göstermiştir. Ayrıca adayların farklı bir yaya geçen atmanın iletileni ile yansıyanını karıştırdıklarını ve genişlik ile genlik kavramlarını yeterince anlayamadıklarını göstermiştir. Tortop, Çiçek Bezir, Uzunkavak ve Özek (2007) V-diyagramları ile ikinci sınıfta öğrenim gören 32 fizik öğrencisinin dalgalar ve titreşim konuları ile ilgili kavram yanılılarını ve diyagram kullanımının öğrencilerin Dalgalar Laboratuvarı dersine karşı tutumuna etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, V-diyagramı kullanımının öğrencilerin derse karşı tutumunu değiştirmesine karşın, elektromanyetik dalga ve özellikleri, dalga çeşitleri ve dalgaların yansıma, kırılma, kırınım ve girişim olayları, ses dalgaları ve özellikleri ile ilgili konularda kavram yanılılarına sahip olduklarını göstermiştir.

Kennedy ve de Bruyn (2011) ve Tongchai ve diğ. (2009) basit dalgalar konusunun iyi bir şekilde anlaşılmasının, optik, elektromanyetik teori, kuantum mekaniği ve akışkanlar dinamiği gibi ileri fizik konularının da sağlıklı olarak anlaşılmasına temel teşkil edeceğini ifade etmektedir. Ancak alan yazında mekanik dalgalar konusunda üniversite öğrencilerinin kavramsal anlama ve kavram yanılılarını tespit edilmesine yönelik çeşitli çalışmaların bulunduğu fakat özellikle orta öğretim öğrencilerinin bu konudaki kavram yanılılarını belirlemeye yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtmektedir (Küçüközer, 2010). İlgili konudaki eksikliklerin lise çağlarında tespit edilerek ortadan kaldırılmasının, öğrencileri yükseköğretim fizik konularını öğrenmeye daha sağlıklı şekilde hazırlayacağı düşünülmektedir (Tanel, Şengören ve Kavcar, 2008). Ancak ülkemizde lise öğrencilerinin mekanik dalgalar konusundaki kavramsal anlama düzeyleri, kavram yanılıları ve sahip oldukları bilgilerin doğru veya yanlışlığı konusundaki algı düzeylerini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu nedenle bu çalışmada Türkiye’de 2014-2015 eğitim-öğretim yılı

bahar döneminde öğrenim görmekte olan 10. sınıf öğrencilerinin mekanik dalgalardan yay dalgaları konusunda sahip oldukları;

1. doğru/yanlış bilgi farkındalıkları ne düzeydedir?
2. kavram yanılgıları ve direnç seviyeleri nedir?

araştırma sorularına cevap bulunması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçların Türk fizik eğitiminde yukarıda belirtilen boşluğu dolduracağına inanılmaktadır. Araştırmada başka bir çalışma için geliştirilmiş olan dört aşamalı kavram yanılgısı testi kullanılmıştır. Bu çalışma ile diğer araştırmacılara söz konusu testlerin uygulama sonuçlarının analizi ve değerlendirilmeleri konularında bir takım pratik bilgiler sunulacaktır.

## YÖNTEM

### *Araştırma modeli*

Araştırmada 10. sınıf öğrencilerinin mekanik dalgalar konusundaki kavramsal anlama düzeyleri ve kavram yanılgılarını tespit etmek için tarama modellerinden kesitsel tarama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde geniş grupları ilgilendiren durumlarda evrenin tamamı üzerinden değil evreni temsil edecek gruplar üzerinden veriler toplanır (Karakaya, 2009). Çalışmada ölçüm aracı olarak kullanılan dört aşamalı kavram yanılgısı testi öğrencilere araştırmacı tarafından uygulanarak veriler toplanmış ve analizler yapılmıştır.

### *Evren ve örneklem*

Burdur il merkezindeki Fen, Anadolu ve Anadolu Öğretmen Liselerinin sayısal alanlarına devam eden tüm 10. sınıf öğrencileri araştırmanın evrenini oluşturmaktadır. İl merkezinde birer tane Fen ve Anadolu Öğretmen Lisesi ile üç adet Anadolu Lisesi bulunmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü dönemde iki Anadolu Lisesinde mekanik dalgalar konusunun henüz bitirilememiş olmasından dolayı, bu liselerdeki öğrenciler araştırma kapsamı dışında tutulmuştur. Bunların dışındaki mevcut üç liseden toplam 275 öğrenci çalışmanın örneklemini oluşturmuştur. Evrende yaklaşık 500 civarında öğrenci bulunmakta olup örneklem evrenin %55'ini temsil etmektedir.

**Tablo 1.** Araştırmaya katılan adayların lise türü ve cinsiyete göre dağılımları

Lise Türü	Cinsiyet			Toplam
	Kız	Erkek	Boş Bırakanlar	
Fen Lisesi	49	47	3	99
Anadolu Öğretmen Lisesi	63	23	5	91
Anadolu Lisesi	55	27	3	85
Toplam	167	97	11	275

Tablo 1 den görüldüğü gibi genel olarak kız öğrencilerin sayısı erkek öğrencilerin sayısına göre daha fazladır. Öğrenciler tabloda belirtilen okullara merkezi bir seçme sınavı ile yerleştirilmiştir. Genel olarak Fen lisesinden Anadolu lisesine doğru okulların öğrenci kabul puanları azalmaktadır. Bu durum araştırmaya her başarı seviyesinden öğrencinin katıldığını ve homojen bir katılım sağladığını göstermektedir.


### *Veri toplama aracı*

Araştırmada veri toplama aracı olarak Caleon ve Subramaiam (2010b) tarafından lise öğrencilerinin mekanik dalgalar konusundaki kavram yanılgılarını tespit etmek amacıyla geliştirilmiş Dört-Aşamalı Kavram Yanılgısı Testi (DAKYT) kullanılmıştır. Testin içerisindeki sorular özellikle küçük genlikli ve ideal ortamlarda (doğrusal, dağılmayan ve esnek) ilerleyen dalgaların genel özelliklerini ele almaktadır. DAKYT 12 adet dört aşamalı sorudan oluşmakta olup toplam 19 kavram yanılgısını ölçmektedir. Şekil 1'de test içerisinde bir soru örnek olarak verilmiştir.

Testin ölçtüğü kavram yanlışları ve bu yanlışları ölçen soruların aşama ve seçenekleri Caleon ve Subramaniam'ın (2010b, s.326-327) çalışmalarından olduğu gibi alınmış ve değerlendirmeler bu seçenekler üzerinden yapılmıştır. Çalışma kapsamında ölçülen kavram yanlışları ile söz konusu yanlışları ölçen sorular ve aşamaları ayrıca Tablo 4'te verilmiştir. Orijinali İngilizce olan DAKYT alanında uzman bir öğretim üyesi tarafından Türkçeye çevrilmiştir. Fen Bilgisi Öğretmenliği programı üçüncü sınıfında öğrenim gören ve Genel Fizik-III dersi kapsamında ilgili konuları görmüş olan iki lisans öğrencisi testi inceleyerek anlaşılıp anlaşılmadığı hakkında geri bildirimler vermiştir. Test daha sonra özel bir kolejde fizik derslerini İngilizce olarak anlatan deneyimli bir fizik öğretmeni tarafından incelenmiş ve önerileri doğrultusunda bazı değişiklikler yapılmıştır. Sonrasında DAKYT tekrar uzman bir öğretim üyesi ve farklı liselerde görev yapan deneyimli iki fizik öğretmeni tarafından incelenmiş, geri bildirim ve düzeltmeler sonrasında nihai halini almıştır. Son halini alan DAKYT, 275 lise öğrencisine uygulanarak veriler toplanmıştır.

**Not:** Soru 5 ile 14 arasındaki tüm sorularda kullanılan tel/halatın homojen, esnek ve yeterince uzun olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca gerilmeden dolayı tel/halatın boyundaki uzama ve üzerinde dalga ilerlerken enerji kaybının olmadığı kabul edilmektedir.

5.1. Pınar ve Ahmet gergin bir halatın iki ucundan tutmaktalar. Ahmet halatı sabit tutarken Pınar dalga oluşturmak için yukarı aşağı sallamaktadır. Halat gerginliği sabit tutulurken Pınar dalgaların frekansını artırıyor. Oluşturulan dalgaların dalga boyu ve hızı nasıl değişir?



	Dalga boyu	Dalga hızı
A	Kısalır	Artar
B	Aynı kalır	Artar
C	Kısalır	Aynı kalır
D	Uzar	Aynı kalır

5.2. Güven Derecesi	(1) Sadece tahmin	(2) Çok emin değilim	(3) Emin değilim	(4) Eminim	(5) Çok eminim	(6) Kesinlikle eminim

5.3. Cevabının bilimsel nedeni:

- Halatın özellikleri (kütle, gerginlik) değişmediği için, dalganın hızı değişmeyecek.  $v = \lambda * f$  formülüne göre daha yüksek frekans daha kısa dalga boyu demektir.
- Halatın özellikleri (kütle, gerginlik) değişmediği için, dalganın hızı değişmeyecek.  $v = \lambda * f$  formülüne göre daha yüksek frekans daha uzun dalga boyu demektir.
- Frekans dalga kaynağı tarafından belirlendiği için, frekans dalga boyunu etkilemeyecektir. Ama  $v = \lambda * f$  formülüne göre daha büyük frekans daha büyük dalga hızı demektir.
- Daha büyük frekanslı dalgalar daha çok enerji taşır ve daha hızlı hareket ederler. Bu dalgalar daha küçük dalga boyuna sahip olma eğilimindedirler.

5.4. Güven Derecesi	(1) Sadece tahmin	(2) Çok emin değilim	(3) Emin değilim	(4) Eminim	(5) Çok eminim	(6) Kesinlikle eminim

Şekil 1. DAKYT'den örnek bir soru

### Verilerin Analizi

Çalışmada doğru cevaplar ve kavram yanlışları üzerinden tanımlayıcı istatistik analizleri gerçekleştirildi. Doğru cevaplar üzerinden toplam puanlar hesaplanırken, her sorudaki cevap ve açıklama aşaması doğru yanıtları için '1' ve yanlış yanıtlar için '0' ile kodlandı. Öğrencilerin yalnızca cevap aşamaları, yalnızca açıklama aşamaları ve hem cevap hem de açıklama aşamaları birlikte tek soru gibi değerlendirilerek üç farklı toplam puanları hesaplandı. Cevap ve açıklama aşamaları birlikte değerlendirilirken her iki aşamadaki yanıtlar doğru ise bu soru '1', diğer tüm alternatifler için '0' ile kodlanarak toplam puanlar bulundu. Güven puanları ise altı puan üzerinden değerlendirildi. Sadece tahmin seçeneğine 1 puan verilirken, kesinlikle eminim seçeneğine altı puan verildi. Cevap ve açıklama aşamalarına verilen güven puanlarının ayrı ayrı ortalaması alındı. Her iki soru tek soru gibi

değerlendirilirken ise hem cevap hem de açıklama aşamasına verilen güven puanlarının aritmetik ortalaması alınarak genel ortalama bulundu. Daha sonra Caleon ve Subramaniam'ın (2010b) çalışmalarında olduğu gibi güven puanları kullanılarak çeşitli değişkenler elde edildi. Bu değişkenler;

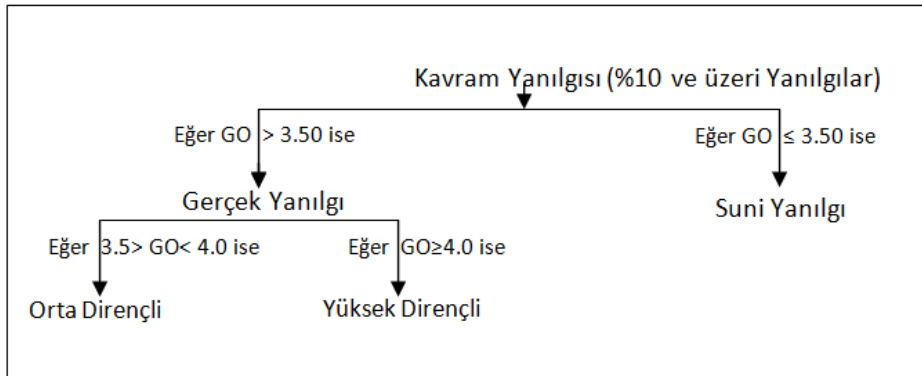
*Güven Puanı Ortalaması (GO):* Öğrencilerin cevaplarının doğruluğuna yönelik inançlarını gösteren algı puanı ortalaması.

*Doğru Cevap Güven Puanı Ortalaması (DGO):* Doğru seçenekleri işaretleyen öğrencilerin güven puanı ortalaması.

*Yanlış Cevap Güven Puanı Ortalaması (YGO):* Yanlış seçenekleri işaretleyen öğrencilerin güven puanı ortalaması.

*Güven Ayrım Katsayısı (GAK=[DGO-YGO]/Güven Puanları Standart Sapması):* Caleon ve Subramaniam (2010b) öğrencilerin doğru/yanlış bilgilerinin ne kadar farkında olduklarını tespit etmek amacıyla GAK değeri hesaplanmışlardır. GAK değerinin pozitif bulunması doğru seçeneği işaretleyen ve bu seçeneğin doğruluğuna yönelik yüksek güvene sahip öğrencilerin bulunduğunu göstermektedir. GAK'ın negatif çıkması ise yanlış seçeneği işaretleyen ve bu yanlış seçeneğin doğru olduğuna yönelik yüksek güvene sahip öğrencilerin bulunduğunu göstermektedir. Başka bir anlatımla, pozitif GAK değeri öğrencilerin bildikleri veya bilmediklerinin farkında olduklarını, negatif GAK değeri ise farkında olmadıklarını göstermektedir. Bu analizlere ilaveten, adayların cevap aşaması ve açıklama aşamasına verdikleri güven puanlarının ne kadar farklılaştığını tespit etmek için frekans ve devamında bağımlı grup t-testi analizi yapılmıştır.

Kavram yanılgıları tespit edilirken Tablo 4'te verilen yanlış seçenekleri işaretlendi ise öğrencinin söz konusu soruda ya da soru aşamasında kavram yanılgısına sahip olduğu düşünülerek bu soru "1" ile kodlandı. Diğer tüm olasılıklar için soru "0" ile kodlandı. Ayrıca, yanılgılara düşen adayların yüzdeleri ve gösterdikleri GO değerleri hesaplandı. Alan yazında kavram yanılgılarının tespit edilmesine yönelik yürütülen çalışmalarda genelde %10 ve üzerinde tespit edilen kavram yanılgılarının dikkate alındığı görülmektedir (Arslan, Cigdemoglu ve Moseley, 2012; Caleon ve Subramaniam, 2010a; Kanli, 2014; Korur, 2015; Taşlıdere, 2013). Bu çalışmada da aynı değer eşik değer olarak belirlendi ve %10 ve üzerinde öğrencilerin sahip olduğu yanılgılar dikkate alındı. Sonrasında Caleon ve Subramaniam'ın (2010b) çalışmalarında belirtildiği gibi söz konusu yanılgılara atfedilen GO değeri üç-buçuk üzeri olanlar "Gerçek Yanılgı" ve üç-buçuk ve altında olanlar ise "Suni Yanılgı" olmak üzere iki kategori altında toplandı (Şekil 2). Caleon ve Subramaniam'a göre Gerçek Yanılgılar öğrencilerin kavramları yeterince kavrayamamaları ve yanlış muhakeme yürütmelerinden, Suni Yanılgılar ise öğrencilerin bilgi eksikliği ya da soruları tahmin ederek (kestirim ya da şanslı atış) cevaplamalarından kaynaklanmaktadır.



**Şekil 2.** Kavram yanılgılarının sınıflandırılması (GO: Güven puanı ortalaması)

Gerçek kavram yanılgıları kendi içerisinde "Yüksek Dirençli" ve "Orta Dirençli" olmak üzere iki alt kategoriye ayrıldı. *Yüksek Dirençli* yanılgılar kendilerine atfedilen GO değeri dört ve üzerinde olan

( $GO \geq 4.0$ ) yanılığın olup, *Orta Dirençli* yanılığın  $GO$  değeri üç-buçuk ve dört ( $3.50 < GO < 4.0$ ) arasında olan yanılığın olarak tanımlandı.

## BULGULAR

### *Doğru cevaplar üzerinden betimleyici istatistik sonuçları*

Adayların yalnızca cevap, yalnızca açıklama ve hem cevap hem açıklama aşamaları birlikte tek bir soru gibi değerlendirildiğinde elde edilen toplam puanlar üzerinden tanımlayıcı istatistik analizleri gerçekleştirildi. Sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Doğru yanıtlar üzerinden elde edilen puanlara ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

	Cevap Aşaması Puanı	Açıklama Aşaması Puanı	Her iki Aşama Puanı
Katılımcı sayısı	275	275	275
Ortalama	4.47	3.94	2.43
Standard Sapma	2.13	1.96	2.09
Çarpıklık (Skewness)	0.54	0.42	1.06
Basıklık (Kurtosis)	-0.11	0.16	0.94
Minimum puan	0.00	0.00	0.00
Maksimum puan	11.00	10.00	10.00
Alınabilecek maksimum puan	12.00	12.00	12.00
Cronbach alpha	0.45	0.39	0.66

Tablo 2 incelendiğinde, soruların dikkate alınan aşama sayısı arttıkça toplam puanlara ait genel ortalamaların azaldığı (4.47, 3.94 ve 2.43) görülmektedir. Bu durum soruların hem cevap hem de açıklama aşamalarını doğru ve tutarlı cevaplandırmanın yalnızca cevap ya da yalnızca açıklama aşamalarına göre doğru cevaplandırmaktan daha zor olduğunu göstermektedir. Her iki aşama dikkate alınarak hesaplanan toplam puanlara bakıldığında minimum puanın 0, maksimum puanın ise 10 olduğu görülmektedir. 2.43 olan genel ortalama ise lise öğrencilerinin mekanik dalgalar konusundaki kavramsal anlama düzeylerinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Aşamalar bazında verilen cevaplar dikkate alındığında testin iç güvenilirliğinin göstergesi olan Croanbach alpha katsayı değerleri ( $\alpha$ ) 0.45, 0.39 ve 0.66 olarak bulunmuştur. Kendi çalışmalarında aynı stratejiyi kullanan Caleon ve Subramaniam (2010b) aynı değerleri 0.40, 0.19 ve 0.50 olarak raporlamışlardır. Bu durum her iki aşama (cevap ve açıklama) dikkate alınarak ölçüm yapıldığında geçerliliğin artacağı (ölçülmek istenen davranışın daha doğru ölçüleceği) ve dolayısıyla test puanlarının daha güvenilir olacağı şeklinde yorumlanabilir (Kaltakçı, 2012). Yukarıdaki genel tanımlayıcı analizlere ilave olarak, Tablo 3’te görüldüğü gibi, bireysel sorular bazında ilk aşama olan cevap aşaması, üçüncü aşama olan açıklama aşaması ve her iki aşamayı tek bir soru gibi değerlendirerek ilgili soruya doğru yanıt veren öğrenci yüzdeleri hesaplandı. Ayrıca aşamalar bazında sorulara ait  $GO$ ,  $DGO$ ,  $YGO$  ve  $GAK$  değerleri bulundu.

Tablo 3’te tüm sorular dikkate alındığında, yalnız cevap, yalnız açıklama ve her iki aşamaya göre doğru cevap veren öğrenci yüzdelerinin (%37, %33 ve %20) azaldığı görülmektedir. Sadece Soru-2 ve Soru-11 de açıklama aşamadaki doğru cevap yüzde ortalamalarının (%58, %38), cevap aşamadaki yüzde ortalamalarından (%51, %22) büyük olduğu görülmektedir. Soru-2’de Şekil 3’te verildiği gibi halat üzerinde ilerleyen bir dalga için Yer değiştirme-Konum ( $y-x$ ) grafiği (halat üzerindeki taneciklerin belli bir andaki yer değiştirmeleri ile taneciklerin halatın ucundan ölçülen uzaklığı arasındaki ilişki) verilmiştir. Grafik üzerinde gösterilen “Y” ok uzunluğunun neyi temsil ettiği sorulmaktadır.

Derslerde ve kitaplarda, dalga boyu kavramı genellikle enine dalga olan sinüs dalgasının  $y-x$  grafiği üzerinden verilmekte ve ardışık iki tepe veya iki çukur arasındaki uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Yukarıdaki sonuç bazı öğrencilerin dalga boyu tanımını teorik olarak açıklama aşamasında bulmuş



fakat grafik üzerinde bu mesafe tam olarak tepe-tepe arasında verilmediği için cevap aşamasında bu aralığı dalga boyu olarak tanımlamada tereddüt yaşamış olabilirler.

**Tablo 3.** Doğru cevap yüzde analiz sonuçları

Soru	Doğru Cevap Yüzdesi (%)			Cevap Aşaması			Açıklama Aşaması			Tüm Aşamalar					
	Cevap Aşaması	Açıklama Aşaması	Her İki Aşama	GO	DGO	YGO	GAK	GO	DGO	YGO	GAK	GO	DGO	YGO	GAK
1	20	11	6	5.15	4.89	5.21	-0.47	4.77	4.16	4.85	-1.17	4.97	5.16	4.95	0.32
2	51	58	43	4.04	4.60	3.47	1.65	3.95	4.37	3.35	1.73	4.03	4.63	3.56	1.69
3	27	26	9	2.67	3.04	2.52	0.76	2.61	2.86	2.52	0.58	2.65	3.41	2.58	1.31
4	28	22	7	2.49	2.19	2.61	-0.61	2.58	2.84	2.51	0.56	2.54	2.50	2.55	-0.07
5	34	33	22	3.66	4.15	3.40	1.10	3.63	4.44	3.22	2.07	3.63	4.78	3.31	2.31
6	44	25	18	3.57	4.04	3.20	1.23	3.43	3.72	3.33	0.66	3.51	4.40	3.33	1.68
7	43	25	9	3.25	3.40	3.14	0.38	3.12	2.65	3.27	-1.05	3.18	2.56	3.25	-1.08
8	35	34	23	3.66	4.10	3.41	1.01	3.34	3.81	3.10	1.21	3.50	4.33	3.24	1.71
9	41	36	27	3.43	3.84	3.13	1.04	3.32	3.94	2.96	1.66	3.40	4.20	3.07	1.78
10	40	32	17	3.03	2.93	3.09	-0.23	3.06	2.86	3.15	-0.49	3.05	3.19	3.02	0.28
11	22	38	16	3.57	4.21	3.39	1.20	3.29	3.43	3.20	0.39	3.44	4.49	3.23	1.99
12	63	55	48	3.76	4.32	2.79	2.24	3.66	4.16	3.02	1.94	3.70	4.52	2.89	2.56
Ort.	37	33	20	3.52	3.81	3.28	0.77	3.40	3.60	3.21	0.67	3.47	4.01	3.25	1.21

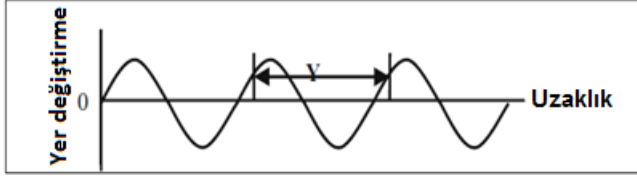
GO: Güven Puanı Ortalaması

DGO: Doğru Cevap Güven Puanı Ortalaması

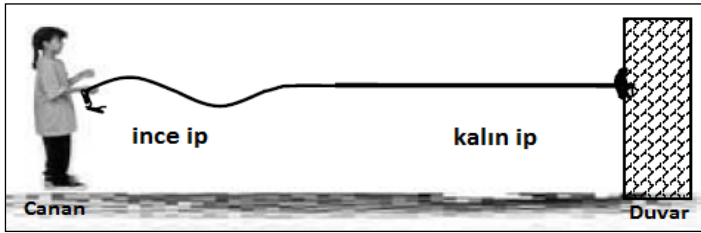
YGO: Yanlış Cevap Güven Puanı Ortalaması

GAK: Güven Ayrım Katsayısı ( $GAK = \frac{DGO - YGO}{Güven Puanları Standart Sapması}$ )

Soru-11’de ise Şekil 4’te görüldüğü gibi birbirine bağlı kalın ve ince iplerin kalın tarafı duvara sabitlenmiş, ince tarafı da Canan isimli öğrenciye verilmiştir. Canan iplerin gerginliğini sabitledikten sonra ince ipin ucunu yukarı ve aşağı doğru sallayarak sabit frekanslı dalgalar oluşturmaktadır. Öğrencilerden dalgaların ince ve kalın ipteki frekanslarını karşılaştırmaları istenmektedir.



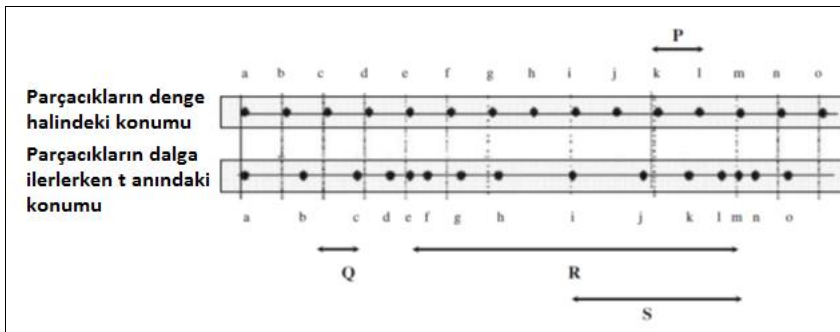
Şekil 3. Soru-2’de verilen durum



Şekil 4. Soru-11 için verilen durum

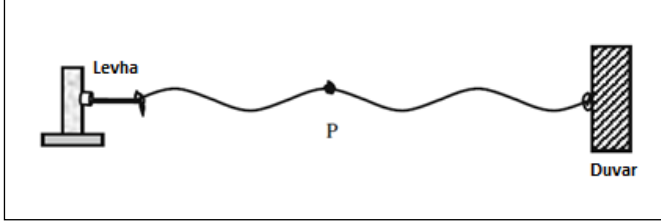
Bu soruda öğrencilerin %38’i dalga frekansının dalga kaynağına bağlı olduğunu, ortamın özelliklerine bağlı olmadığını ve her iki dalganın aynı kaynak tarafından üretildiğini belirtmelerine rağmen, cevap aşamasında ancak %22’si her iki dalga frekansının aynı olacağını gösteren seçeneği işaretlemişlerdir. Yukarıdaki iki soruya ait durumlar bazı öğrencilerin söz konusu soruların çözümü için gerekli bilimsel bilgilere sahip olmalarına rağmen, çözüm için uygulayamadıklarının bir göstergesi olabilir. Hestenes ve Halloun (1995) cevap aşamasında verilen doğru cevabın, açıklama aşamasında yanlış açıklama seçeneği ile desteklenmesini “yanlış açıklamalı doğru cevap” anlamına gelen “false positive” kavramı ile tanımlamaktadır.

Aşamalar bazında GO puanları incelendiğinde toplam altı puan üzerinden genel ortalamanın cevap aşaması için 3.52, açıklama aşaması için 3.40 ve her iki aşama için ise 3.47 olduğu görülmektedir. Bu durum öğrencilerin genel olarak cevap aşamasına verdikleri yanıtlara daha çok güven duyduklarını göstermektedir. İstisnai olarak Soru-4 ve Soru-10 da açıklama aşamasına verilen güven puan ortalamalarının (2.58 ve 3.06) cevap aşamalarına verilenlerden (2.49 ve 3.03) yüksek olduğu görülmektedir. Soru-4’te Şekil 5’te verildiği gibi katı bir çubuğa sürekli sol taraftan vurularak boyuna dalgalar üretilmekte olup çubuktaki taneciklerin denge ve dalga varken durumları gösterilerek dalganın genliğini hangi ok’un temsil ettiği sorulmaktadır.



Şekil 5. Soru-4 için verilen durum

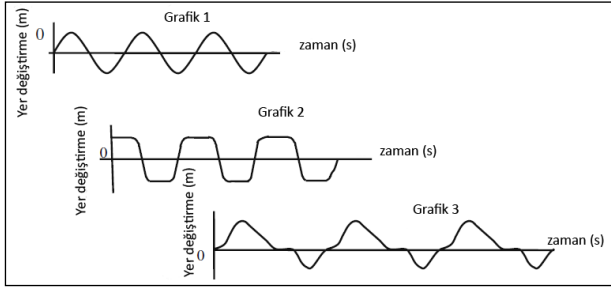
Yukarıda da belirtildiği gibi, öğrenciler genelde dalga özelliklerini sinüs dalgası üzerinde görmeye alışıklardır. Boyuna dalgalarla ilgili görsel şekiller ders kitaplarında ve derslerde genelde kullanılmamakta. Çok büyük bir olasılıkla öğrenciler teorik olarak genlik kavramının tanımını açıklama aşamasında kolayca bulmuş ve bundan dolayı da bu aşamaya daha yüksek güven puanı atfetmiş olabilir. Şekil 6'da verilen Soru-10 da ise gergin halatın bir ucu titreşen metal levhaya diğer ucu da bir duvara bağlanmıştır. Halat üzerinde, sabit frekans ve genlikte yukarı aşağı titreşim hareketi yapan metal plaka tarafından, enine dalgalar oluşturulmaktadır. Soruda dalga duvara çarpmadan önce noktasal P taneciğinin hareket ve hız durumu sorulmaktadır.



Şekil 6. Soru-10 için verilen durum

Tablo 3'den görüldüğü gibi, Soru-10 için cevap aşamasında doğru cevap veren öğrenci yüzdeliğinin (%40) açıklama aşamasında doğru cevap veren yüzde ortalamasına (%32) göre yüksek olmasına rağmen, çok az da olsa açıklama aşamasında güven puan ortalaması yüksek çıkmıştır. Ancak bu farklılık (0.03) önemsenecek bir fark değildir.

Aşamalar bazında sorulara atfedilen GO katsayılarındaki azalma DGO ve YGO katsayılarında da görülmektedir. Bununla birlikte cevap ve açıklama aşaması birlikte dikkate alınarak hesaplanan DGO ve YGO katsayıları incelendiğinde, genelde DGO değerlerinin YGO değerlerine göre daha yüksek oldukları dikkat çekmektedir. Sadece iki soruda (Soru-4, Soru-7) yanlış cevap veren öğrencilerin güvenlerinin doğru cevap verenlere göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bu durum söz konusu sorulara ait GAK katsayılarına da yansımış (Soru-4 için -0.07 ve Soru-7 için -1.08) olup, öğrencilerin bu iki sorudaki yanlış bilgilerinin doğruymuş gibi algıladıklarını göstermektedir. Soru-4 için GAK değerinin negatif çıkması, öğrencilerin boyuna dalgalarda hangi iki nokta arasının genliği temsil ettiğini bilmediklerini ve bilmediklerinin de farkında olmadıklarını göstermektedir. Şekil-7'de verilen Soru-7'de ise halat üzerinden bir dalğanın geçişi sırasında halattaki bir taneciğin zamana göre yer değiştirmesini gösteren grafik/grafiklerin hangi/hangileri olabileceği sorulmaktadır. İlgili şekilden görüldüğü gibi soruda üç farklı periyodik dalga grafiği verilmiştir. Öğrencilerin %43'ü cevap aşamasında her üç grafiğin verildiği seçeneği işaretleyerek doğru cevap verirken, %44'ü açıklama aşamasında dalga kaynağının nasıl hareket ettiğinin önemli olmadığını, hareketin periyodik olduğu sürece ortamdaki taneciğin sinüs dalgasına benzer bir yol izleyeceğini belirterek yanlış açıklama seçeneğini işaretlemişlerdir. Soru-7 için GAK değerinin negatif çıkması da öğrencilerin dalga kaynağının hareket ediş şeklinin ortamdaki bir taneciğin yer değiştirme şeklini etkileyeceğini bilmediklerini ve bilmediklerinin de farkında olmadıklarını göstermektedir.



**Şekil 7.** Soru-7'de verilen dalga ilerlerken aynı ortamdaki bir taneciğin zamana göre yer değiştirme-zaman grafikleri

Yukarıda belirtilen özel durumların yanında, 12 sorunun tüm aşamalarına ait genel DGO (4.01) ve YGO (3.25) katsayıları dikkate alındığında, adayların doğru yaptıkları sorulardan genellikle *emin olduklarını* fakat yanlış cevapladıkları sorulardan ise *emin olmadıklarını* göstermiştir. Bu sonucu tüm sorulara ait pozitif GAK (1.21) değeri de desteklemiştir.

Testteki tüm aşamalar dikkate alındığında Soru-12 ve Soru-2'nin doğru cevaplanma oranı en yüksek iki soru olduğu görülmektedir. Soru-12'de Şekil 4'te verilen ince yaydan kalın yaya geçen atmanın hızının nasıl değişeceği sorulmaktadır. Öğrencilerin %48'i kendilerinden oldukça emin (DGO: 4.52) bir şekilde, kütlesi büyük olan ortamın eylemsizliğinin de büyük olacağını, böyle bir tele kuvvet uygulandığında ortamdaki parçacıkların daha yavaş hızlanacağı ve dolayısıyla kalın yaya geçen dalganın hızının azalacağını belirterek doğru yanıt vermişlerdir. Daha önce bahsedilen Şekil 3'te verilen Soru-2'de her ne kadar açıklama aşaması doğru cevap yüzdesi, cevap aşamasındaki doğru cevap yüzdesinden büyük olsa da, sorunun tüm aşamaları dikkate alındığında DAKYT'de doğru cevaplanma oranı en yüksek olan ikinci sorudur. Öğrencilerin %43'ü sinüs dalgasına ait  $y-x$  grafiğinde dalga boyunu kendilerinden oldukça emin bir şekilde (DGO: 4.63) *dalga boyu* olduğunu belirterek doğru cevap vermişlerdir. Bunların yanında, doğru yapıma yüzdelik oranı en düşük olan madde Şekil 5'te verilen Soru-4 tür. Öğrencilerin ancak %7'si bu soruyu kendilerinden çok emin olmamakla birlikte doğru cevaplayabilmişlerdir. Söz konusu sonuç, daha önce bu soruya ait negatif GAK katsayısı yorumlanırken belirtildiği gibi, öğrencilerin boyuna dalgalarda hangi aralığın dalga genliğini temsil ettiğini bilmediklerini bir kez daha göstermiştir.

Alan yazında öğrencilerin gerek cevap, gerekse açıklama aşamalarını ayrı birer soru gibi algılayabilecekleri (Griffard ve Wandersee, 2001) ve her aşamanın farklı bir bilgi seviyesini ölçtüğü (Tsai ve Chou, 2002) bundan dolayı da cevap ve açıklama aşamalarına atfedilen güven puanlarının farklılık gösterebileceği (Caleon ve Subramaniam, 2010b) belirtilmektedir. Bu durumu test etmek için her sorunun cevap ve açıklama aşamalarına verilen güven puanları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar öğrencilerin %60'ının hem açıklama hem de cevap aşamasına aynı güven puanını atfettiklerini, ancak diğer %24'ünün cevap aşamasına, %16'sının ise açıklama aşamasına daha yüksek güven puanı verdiklerini göstermiştir. Buna ilaveten cevap aşamasına ve açıklama aşamasına verilen güven puanları arasında anlamlı bir farkın bulunup bulunmadığını test etmek için cevap ve açıklama aşamalarına atfedilen güven puanları üzerinden bağımlı grup t-testi yapılmıştır. Analiz sonuçları cevap puanları lehine anlamlı bir farkın (ortalama farkı: 1.77,  $t(265)=55.53$ ,  $p<0.00$ ) bulunduğunu göstermiştir.

### **Kavram Yanılgıları ve Sınıflandırılması**

Bu çalışmada daha önce açıklandığı gibi %10 ve üzerindeki adaylarda var olan yanılgılar kendi aralarında Gerçek Kavram Yanılgıları (Yüksek Dirençli, Orta Dirençli) ve Suni Kavram yanılgıları olarak sınıflandırıldı. %10'un altında tespit edilen yanılgılar, testin hata payından kaynaklanabileceği düşünülerek, "Önemsiz" kategorisinde değerlendirildi. DAKYT'nin ölçtüğü kavram yanılgıları, yanılgıları ölçen soruların aşama ve seçenekleri, yanılgıya düşen öğrenci yüzdelikleri ve yanılgı

kategorileri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde, 19 kavram yanılgısından dört tanesinin (KY4, KY12, KY15 ve KY18) önemsiz kategorisinde yer aldığı görülmektedir. Geriye kalan 15 yanılgının görülme oranı %10 ve üzerinde olmasına rağmen, yedisi (KY2, KY3, KY5, KY8, KY13, KY14, KY19) *Suni Yanılgı*, sekizi *Gerçek Yanılgı* kategorisinde yer almıştır. Gerçek Yanılgıların üç tanesi (KY1, KY11, KY16) *Yüksek Dirençli*, beş tanesi (KY6, KY 7, KY9, KY10, KY17) *Orta Dirençli* yanılgılar olarak sınıflandırılmıştır. Söz konusu yanılgılar dört bölüm altında incelenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

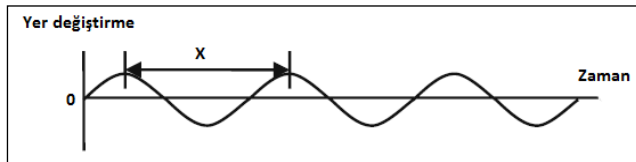
#### *Dalgaların genel özellikleri ve grafiksel gösterimi ile ilgili yanılgılar*

Dalgalar konusunun kolay kavranabilmesi için, dalga boyu, periyot ve genlik gibi dalga özelliklerinin grafikler üzerinden verilmesi önemli görülmektedir (Caleon ve Subramaniam, 2010b). Ancak daha önce alanda yapılan ilgili araştırma sonuçları öğrencilerin y-t grafiği ile y-x grafiklerindeki *periyot* ve *dalga boyu* kavramlarını birbirleriyle karıştırma eğilimlerinde olduklarını göstermiştir (Caleon ve Subramaniam, 2010b; Maurines, 1992). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da öğrencilerin %67'sinin Şekil 8'de verilen Soru-1'e ait y-t grafiğindeki ardışık iki tepe arasındaki mesafeyi *periyot* yerine *dalga boyu* olarak tanımladıklarını (KY1; Yüksek Dirençli [GO: 5.18]) göstermiştir.

**Tablo 4.** Kavram yanılgıları, yüzdelikleri, güven puanı ortalamaları ve yanılgı kategorileri

Kavram Yanılgısı	Seçenekler	%	GO	Kategori	
<i>Dalgaların genel özelliği, dalga hareketinin grafiksel gösterimi ile ilgili yanılgılar</i>					
KY1	Bir dalganın dalga boyu, yer değiştirme-zaman grafiğinde verilen ardışık iki dalga tepesi arasındaki mesafedir.	1.1(c)	76	5.29	Yüksek Dirençli
		1.3.(a)	80	4.95	Yüksek Dirençli
		1.1(c), 1.3(a)	67	5.18	Yüksek Dirençli
KY2	Bir dalganın ilerlediği ortamdaki bir noktanın yer değiştirme-zaman grafiği yalnızca sinüs dalgası grafiği ile gösterilir.	7.1(a)	24	3.20	Suni
KY3	Dalga kaynağının nasıl hareket ettiği önemli değildir.	7.3(a)	44	3.35	Suni
	Hareket periyodik olduğu sürece, ortamdaki tanecik sinüsel (▲▲▲) bir yol izler.	7.1(a), 7.3 (a)	11	3.41	Suni
<i>Dalga-parçacık hareketi ile ilgili yanılgılar</i>					
KY4	Bir ortamda ilerleyen dalga ile aynı ortamda bulunan taneciklerin hızları aynıdır.	10.1(a)	4	3.26	Önemsiz
KY5	Dalga ilerlediği ortamdaki taneciklerin hareket etmesine neden olduğu için, bu tanecikler dalganın hızına uyum gösterirler.	10.3(b)	39	3.44	Suni
KY6	Dalga ilerlediği ortamdaki taneciklerin hareket etmesine neden olduğu için, taneciklerin ve dalganın hızları aynıdır.	10.1(a), 10.3(b)	21	3.51	Orta Dirençli

Frekans, kaynak ve ortam ile ilgili yanılgılar					
KY7	Dalgalar kütle yoğunluğu küçük olan bir ortamdaki kütle yoğunluğu büyük olan bir ortama geçtiğinde, frekansları azalır.	11.1(a)	54	3.66	Orta Dirençli
KY8	Kütlesi daha büyük olan ortamın eylemsizliği de daha büyüktür. Bu nedenle, verilen zaman içerisinde daha az sayıda dalga ilerler.	11.3(a)	34	3.28	Suni
KY9	Dalgalar kütle yoğunluğu daha büyük olan başka bir ortama doğru ilerlerken, frekansları azalır. Kütlesi daha büyük olan ortamın eylemsizliği de daha büyük olacaktır, verilen zaman içerisinde daha az sayıda dalga ilerler.	11.(a), 11.3(a)	25	3.74	Orta Dirençli
Özellikleri sabit bir ortamdaki dalganın hızı ile ilgili yanılgılar					
KY10	Dalgaların frekansı arttıkça, hızları artar.	5.1(a)	39	3.62	Orta Dirençli
KY11	Dalgaların frekansı arttıkça, hızları artar çünkü ortamda bulunan taneciklere daha fazla enerji aktarılır.	5.1(a), 5.3(d)	16	4.10	Yüksek Dirençli
KY12	$V=\lambda \cdot f$ formülüne göre, dalganın frekansı arttıkça, hızı da artar.	5.1(b), 5.3(c)	9	3.52	Önemsiz
KY13	Dalğanın frekansı sabit iken, genliği artırılır ise dalğanın yukarı aşağı hareketi daha uzun zaman alır.	6.3(a)	23	3.18	Suni
KY14	Dalğanın frekansı sabit iken, genliği artırılırsa, dalğanın yukarı aşağı hareket zamanı artacağı için hızı da azalır.	6.1(a), 6.3(a)	20	3.38	Suni
KY15	Dalğanın frekansı sabit tutulur ve genliği artırılırsa, dalğanın enerjisi ve hızı değişmez.	6.1(c), 6.3(d)	8	3.80	Önemsiz
KY16	Genlik, $V=\lambda \cdot f$ formülünde bulunmadığı için, dalga genliğinin artması dalga hızını etkilemez.	6.1(c), 6.3(e)	14	4.02	Yüksek Dirençli
KY17	Tel üzerindeki bir atmayı daha hızlı ilerletmek için, tel daha çok kuvvet uygulanarak hızlıca sallamalıdır	8.1(a)	52	3.52	Orta Dirençli
KY18	Çünkü; dalga hareketinde daha yüksek frekans, daha küçük periyot veya dalga hareketi demektir.	8.1(a), 8.3(e)	6	2.93	Önemsiz
KY19	Çünkü telin tanecikleri daha büyük genlikle titreşecek ve daha büyük enerji ile hareket edecekler.	8.1(a), 8.3(c)	15	3.31	Suni



Şekil 8. Soru-1 içerisinde verilen grafik

KY1'i işaretleyen öğrencilerin cevap ve açıklama aşamalarına yönelik güven puanı ortalamasının 5.18 olması bu yanılgının *Yüksek Dirençli* olduğunu göstermektedir. KY1'in potansiyel nedeni, daha önce de belirtildiği gibi dalgalar konusunda en çok kullanılan grafiğin sinüs dalgasına ait y-x grafiği olması olabilir. Öğrenciler yeterince dikkatli olmadığı için y-t grafiğini y-x grafiği olarak algılamış olabilir veya zihinlerine y-x grafiğindeki *dalga boyu* kavramı köklü bir şekilde yerleştiğinden y-t grafiğindeki *periyot* kavramını yorumlamada zayıf kalmış olabilirler. Bunun yanında soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin (%6) DGO değerine bakıldığında (5.16), bu adayların oldukça yüksek düzeyde güven sergiledikleri, başka bir anlatımla kendilerine güvenerek soruyu cevaplandıkları görülmektedir.

Bu bölümdeki diğer iki yanılgı ise dalga ilerlerken aynı ortamdaki bir taneciğin zamana göre yer değiştirme durumu ile ilgilidir. Bu yanılgı Şekil-7'de verilen Soru-7 ile ölçülmüştür. Daha önce belirtildiği gibi soruda halat üzerinden bir dalğanın geçişi sırasında halattaki bir taneciğin zamana göre yer değiştirmesinin zamana bağlı değişimini gösteren üç farklı periyodik dalga grafiği verilmiştir. Analiz sonuçları öğrencilerin %24'ünün taneciğin yer değiştirmesini yalnızca sinüs dalgası

grafiği ile ifade ettiklerini (KY2; Suni Yanılırlı [GO:3.20]) göstermiştir. KY2'ye sahip olan adayların %11'i ise bu grafiği seçmelerinin nedenini, hareketin periyodik olması şartıyla ortamdaki tanecik hareketlerinin dalga kaynağının hareketinden bağımsız ve yalnız sinüs dalgası şeklinde olması gerektiğine (KY3; Suni Yanılırlı [GO: 3.41]) bağlamışlardır. Bunların yanında adayların %9'u kendilerinden emin olmamakla birlikte (DGO: 2.56) tüm grafikleri seçmiş ve bir taneciğin yer değiştirme şeklinin dalga kaynağının hareket ediş şekline bağlı olduğunu belirterek soruyu doğru cevaplamıştır.

#### *Dalga-Parçacık Hareketi ile ilgili Kavram Yanılırları*

Dalğanın bir ortamda oluşabilmesi ve ilerleyebilmesi için esnek bir ortam ve bu ortamdaki tanecikleri titreştirecek bir etkiye ihtiyaç vardır. Dalga ilerlerken, ortamda bulunan tanecikler sadece titreşim hareketi yaparlar. Taneciğin hızı denge noktasına yaklaşırken hızlanır, genliğin maksimum olduğu noktalara doğru ilerlerken yavaşlar ve bir an için sıfır olur. Öğrencilerin Şekil 6'da belirtilen Soru-10'a verdikleri cevapları analiz edildiğinde, %39'unun ortamda ilerleyen dalğanın aynı ortamdaki tanecikleri hareket ettirdiği, dolayısıyla taneciklerin hızının dalğanın hızına uyum sağlayacağına inandıkları (KY5; Suni [GO: 3.44]) görülmüştür. %21'i ise aynı şekilde taneciklerin hareket nedenini dalğanın hareket etmesine bağlamış ve taneciklerin hızlarının dalga hızı ile aynı olması gerektiğini (KY6; Orta Dirençli [GO: 3.51]) belirtmiştir. Adayların %17'si ise kendilerinden emin olmamakla birlikte (DGO: 3.19) taneciğin denge noktasına yaklaşırken hızlanacağını, denge noktasında uzaklaşırken yavaşlayacağını, halata ait kütle ve gerginlik gibi özelliklerin sabit kalmasından dolayı da dalga hızının değişmeyeceğini belirterek soruyu doğru cevaplamışlardır.

#### *Frekans, Kaynak ve Ortam ile ilgili kavram yanılırları*

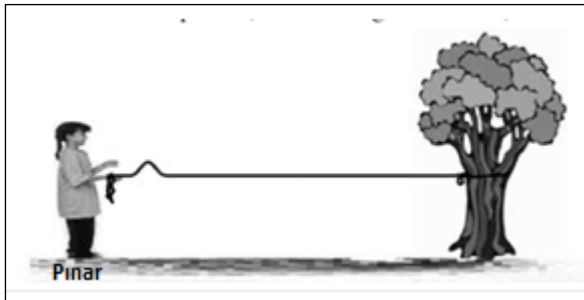
Bir dalğanın frekansı, dalğanın ilerlediği ortamın özelliklerine bağlı olmayıp, sadece dalgayı üreten kaynağa bağlıdır. Dalga bir ortamdan özellikleri farklı diğer bir ortama geçerken, frekans değişmez. Öğrencilerin bu konu ile ilgili kavramsal anlama düzeylerini belirlemek için Şekil 4'te verilen Soru-11 sorulmuştur. Daha önce de açıklandığı gibi Canan ince ipin ucunu yukarı ve aşağı sallayarak sabit frekanslı dalgalar oluşturmakta ve öğrencilerden dalgaların ince ve kalın ipteki frekanslarını karşılaştırmaları istenmektedir. Cevapların analizleri, adayların ancak %16'sının kendilerinden emin bir şekilde (DGO: 4.49) dalga frekansının ortamdan ziyade kendilerini üreten kaynağa bağlı olduğunu, gerek ince gerekse kalın iplerdeki dalgaların aynı kaynak tarafından üretildiği için her iki ipteki dalga frekanslarının aynı olması gerektiğini belirterek doğru cevap vermişlerdir. Bunun yanında, %54'ü ince halat üzerinde üretilen atmanın bağlantılı olduğu kalın halata geçtiğinde frekansının azalacağına inandıklarını göstermişlerdir (KY7; Orta Dirençli [GO: 3.36]). %34'ü ise kütlesi büyük olan ortamın eylemsizliğinin de büyük olacağından dolayı verilen zaman içerisinde kalın ipe daha az sayıda dalğanın geçiş yapacağını (KY8; Suni Yanılırlı [GO: 3.28]) belirtmiştir. Sonuçlar %25 oranındaki adayın ise hem KY7 hem de KY8'e aynı anda sahip olduklarını (KY9; Orta Dirençli [GO: 3.74]) göstermiştir.

#### *Özellikleri Sabit Bir Ortamdaki Dalğanın Hızı ile ilgili kavram yanılırları*

Bir ortamda ilerleyen dalgaların hızı ortamın özelliklerine (yay dalgaları için yayın boyca kütle yoğunluğu ve yaya uygulanan F kuvvetine) bağlıdır. Ancak bazı öğrenciler dalğanın hızını ortamın özellikleri yerine dalga özellikleri olan frekans ve dalga boyu kavramlarına bağlamaktadırlar. Bu öğrenciler  $V=\lambda \cdot f$  formülündeki frekans veya dalga boyu parametreleri değiştirildiğinde hızın da değişeceğini düşünmektedirler. Ölçüm aracındaki Soru-5, 6 ve 8 enine dalgaların hızı ve ortamın özellikleri arasındaki ilişkileri açığa çıkaran sorulardır. Daha önce Şekil 1'de verilen Soru-5'de gerginliği sabit olan halatın bir ucunu Ahmet sabit tutarken, Pınar diğer ucunu yukarı aşağı hareket ettirerek dalga oluşturmaktadır. Pınar dalgaların frekansını arttırsa oluşan dalgaların dalga boyu ve hızı nasıl değişir sorusuna, adayların %39'u hız artar (KY10; Orta Dirençli [GO: 3.62]) şeklinde cevap vermiştir. % 16'sı ise hızdaki artışın nedenini frekans artışının ortamdaki taneciklere daha fazla enerji aktaracağına bağlamıştır (KY11; Yüksek Dirençli [GO: 4.10]). %9 oranındaki aday ise hız artışını  $V=\lambda \cdot f$

formülüne göre frekans ile hız arasında doğrusal ilişkinin bulunmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Ancak söz konusu çalışmada bu yanlış (KY12; Önemsiz [GO: 3.52]) önemsiz kategorisinde değerlendirilmiştir. Tüm bunların yanında adayların %22'si söz konusu soruyu oldukça kendilerinden emin bir şekilde (DGO: 4.78) halatın kütle ve gerginlik özelliklerinin değişmemesinden dolayı dalga hızının da değişmeyeceğini, frekans artışının sadece dalga boyu azalmasına neden olacağını belirterek doğru cevaplamışlardır. Ölçüm aracındaki Soru-6 ile öğrencilerin dalga hızı ve dalga genliği arasındaki ilişkiye yönelik kavramsal anlamaları tespit edilmiştir. Soru-6 Soru 5'in devamında bir sorudur. Bu defa, Pınar dalğanın frekansı ve halatın gerginliğini sabit tutarak dalğanın genliğini arttırmaktadır. Dalgaların hızının bu değişimden nasıl etkileneceği sorulmaktadır. Analiz sonuçları adayların %23'ünün dalgaların yukarı ve aşağı hareketinin daha uzun zaman alacağını (KY13; Suni Yanılgı [GO: 3.18]) ve %20'sinin ise süre uzamasının hız azalmasına neden olacağına inandıklarını (KY14; Suni Yanılgı [3.38]) göstermiştir. %8 civarındaki aday ise frekans sabit tutulduğu için, genlik artışının dalga enerjisi ve dolayısıyla hız artışı sağlamayacağını (KY15, Önemsiz [GO: 3.80]) belirtmiştir. Bunların dışında %14 civarındaki aday dalga hızının artmayacağını, bu durumun nedenini de genlik sembolünün  $V=\lambda*f$  formülü içerisinde yer almamasına (KY16; Yüksek Dirençli [GO: 4.02]) bağlamıştır. Ayrıca, öğrencilerin %18'i kendilerinden emin bir biçimde (DGO: 4.40), halatın kütle ve gerginlik özellikleri değişmediği için, genlik artışının hız artmasına neden olamayacağını belirterek soruyu doğru cevaplamışlardır.

Ölçüm aracındaki Soru-8 ile öğrencilerin bir tel üzerinde ilerleyen dalga hızına etki eden faktörlerle ilgili kavramsal anlama düzeyleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Şekil 9'da görüldüğü gibi Pınar isimli bir öğrenci bir ucu ağaca bağlı gergin bir telin diğer ucunu aşağı yukarı sallayarak dalga oluşturmaktadır. Pınar telin uzunluğu ve gerginliğini sabit tutması koşulu ile ne yaparsa oluşturulan atmanın ağaca daha kısa sürede ulaşacağı sorulmaktadır.



Şekil 9. Soru-8 için verilen durum

Verilen cevaplar analiz edildiğinde öğrencilerin sadece %23'ünün kendilerinden emin bir şekilde (DGO: 4.33) dalga hızını eylemsizlik ve ortamın esneklik özelliklerine bağlayarak (Kütle yoğunluğu küçük olan telin eylemsizliği de küçüktür. Böyle bir telin üzerine bir kuvvet uygulandığında, tanecikleri daha çabuk harekete geçer ve atma daha hızlı yayılır) daha ince tel kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Bunun dışında öğrencilerin %52'si tele daha fazla kuvvet uygulayarak, hızlıca sallamak gerektiğini (KY17; Orta Dirençli [GO: 3.52]), %15'i fazla kuvvet uygulayarak hızlı sallamanın telin parçacıklarını daha büyük genlikte titreştirip daha fazla enerji ile hareket ettireceğine (KY19; Suni Yanılgı [GO: 3.31]) inandıklarını belirtmişlerdir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma Türkiye'nin küçük bir ilinin merkezinde öğrenim görmekte olan 10. sınıf öğrencilerinin mekanik dalgalardan yay dalgaları konusunda sahip oldukları; (1) bilgilerinin doğruluğu ya da yanlışlığı hakkındaki farkındalıklarını, (2) kavram yanılgıları ve direnç seviyelerini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Lise öğrencilerinin bilgi farkındalıkları ile farklı direnç seviyelerindeki kavram yanılgılarının belirlenmesi gelecekte bu öğrenciler için hazırlanacak etkili öğretim



faaliyetlerinin şekillenmesi açısından önem arz etmektedir. Çünkü kavram yanılgısının bilimsel bilgiye dönüşüm için göstereceği direnç, bu yanılgının zihindeki kavram ağına ne kadar köklü bir şekilde bağlandığına göre değişmektedir (Chin ve Brewer, 1993).

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, genelde öğrencilerin doğru cevapladıkları sorulardan emin (DGO: 4.01), fakat yanlış cevapladıkları sorulardan kararsız (YGO: 3.25) olduklarını göstermiştir. Soruların tüm aşamalarını dikkate alarak bilgi farkındalığını tespit etmeye yönelik hesaplanan 12 soruya ait ortalama GAK katsayısının (GAK: 1.21) pozitif çıkması da bu durumu desteklemiştir. Frekans analizi sonuçları, aşama sayısı arttıkça, genel olarak doğru cevap yüzde ortalamalarının azaldığını göstermiştir. Bu durum ise daha önce gerçekleştirilen çalışmalarında (Arslan, Cigdemoglu ve Moseley, 2012; Caleon ve Subramaniam, 2010a) belirttiği gibi soruyu nedeni ile açıklayarak doğru cevaplamanın yalnızca cevap ya da yalnızca açıklama seçeneklerini işaretleyerek cevaplamaktan daha zor olduğu tezini desteklemiştir.

Araştırma kapsamında öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgıları dört ana başlık altında (Dalgaların genel özelliği, dalga hareketinin grafiksel gösterimi; dalga-parçacık hareketi; frekans, kaynak ve ortamla ilgili; özellikleri sabit olan bir ortamdaki dalganın hızı) incelenmiştir. Sonuçlar öğrencilerin farklı direnç seviyelerinde 15 kavram yanılgısına sahip olduklarını göstermiştir. Bu yanılgıların üçü *Yüksek Dirençli*, beşi *Orta Dirençli* ve yedisi de *Suni Yanılgı* kategorisinde bulunmuştur.

Dalgaların genel özelliği ve dalga hareketinin grafiksel gösterimi konusunda göze çarpan en belirgin yanılgı öğrencilerin ortamda ilerleyen dalgaya ait y-t grafiğinde simetrik iki nokta arasında verilen mesafeyi *periyot* yerine *dalga boyu* olarak tanımlamalarıdır (KY1). Periyot, dalga boyu ve genlik kavramlarının dalga grafikleri üzerinden açıklanması bu kavramların anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Ancak alan yazında da belirtildiği gibi (Caleon ve Subramaniam, 2010b; Maurines, 1992), bu çalışmada da öğrencilerin y-x grafiği ve y-t grafikleri üzerinde verilen söz konusu kavramları karıştırdıkları görülmüştür. Ayrıca KY1'in *yüksek direnç* seviyesinde çıkması, derslerde y-x ve y-t grafikleri üzerinde ısrarla ayrı ayrı durulması, farklılık ve benzerliklerinin öğrenci zihninde somutlaştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu bölümdeki diğer yanılgılar ise (KY2, KY3), adayların tüm dalgaları sinüs dalgası şeklinde düşünmeleri ve dalganın ilerlediği ortamdaki tanecikğin yalnızca sinüs dalgasına benzer bir yer değiştirme yapacağına inanmalarıdır. Bu konuda Eshach ve Schwarz (2006) ile Wittmann, Steinberg ve Redish'de (2003) öğrencilerin boyuna dalgaları bile sinüs dalgası şeklinde ifade etme eğilimlerinde olduklarını belirtmişlerdir. Caleon ve Subramaniam (2010b) çalışmalarında araştırmalarına katılan adaylarla yaptıkları görüşmelerde öğrencilerin her yerde yalnız sinüs dalgası grafikleri ile karşılaştıklarını, diğer grafik şekilleri ile hiç karşılaşmadıklarını söylediklerini raporlamışlardır. Bundan dolayı da Caleon ve Subramaniam söz konusu yanılgıların görülmesini çeşitli kaynaklar ve derslerde sürekli sinüs dalgasının kullanılmasına bağlamışlardır.

Dalga-parçacık hareketi ile ilgili ise öğrenciler bir ortamdaki taneciklerin hareketini bu ortamda ilerleyen dalgaya bağlamakta, dolayısıyla taneciklerin hızının dalga hızına uyum sağlayacağına ya da aynı olacağına (KY5, KY6) inanmaktadırlar. Benzer yanılgılar Caleon ve Subramaniam'ın (2010b) çalışmalarında da görülmüştür. Küçük genlikli ideal ortamlarda üretilen dalga hareketlerinin temelinde ortamda bulunan taneciklerin titreşmeleri yatmaktadır. İlgili konular işlenirken ortamda bulunan taneciklerin öteleme hareketi yapmadan yalnızca titreşim hareketi yapacağı ve taneciklerin denge noktasına yaklaşırken hızlanıp denge noktasından uzaklaşırken yavaşlayacağı bir takım simülasyon programları veya farklı görsellerle somutlaştırılması söz konusu yanılgıları engellemek adına faydalı olabilir.

Frekans, kaynak ve ortamla ilgili kavram yanılgılarına bakıldığında, öğrencilerin ince yaydan kalın yaya geçen atmaların frekanslarının azalacağını düşündükleri görülmüştür (KY7). Adaylar bu durumu kütlesi büyük olan yayın kütle yoğunluğu ve eylemsizliğinin de büyük olacağı, dolayısıyla verilen zaman içerisinde daha az sayıda dalganın ilerleyeceği (KY9) şeklinde açıklamışlardır. Alanda yapılan çalışmalarda da bazı öğretmen adaylarının (Barman ve Barman, 1996) ve kolej öğrencilerinin

(Menchen ve Thompson, 2003) dalğanın frekansını ortamın özelliklerine bağlama eğiliminde oldukları belirtilmiştir. Caleon ve Subramaniam'a (2010b) göre bu yanlışlar bazı öğrencilerin kalın ipin dalgalara daha fazla direnç göstereceğine inanmalarından da kaynaklanmaktadır.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar öğrencilerin özellikleri sabit bir ortamdaki dalğanın hızı ile ilgili de bir takım yanlışlara sahip olduklarını da göstermiştir. Bazı öğrenciler dalğanın hızını ortam özelliklerinden ziyade dalga özelliği olan frekans kavramına bağlamaktadırlar. Bu öğrencilere göre frekans artışı dalga hızını arttırmaktadır (KY10), çünkü frekans artışı ile ortamdaki taneciklere daha fazla enerji aktarılmaktadır (KY11). Benzer yanlışlar önceden yapılan çalışmalarda da (Kennedy ve de Bruyn, 2011; Küçüközer, 2010; Maurines, 1992; Tongchai ve diğ., 2011; Wittmann, Steinberg ve Redish, 1999) tespit edilmiştir. Caleon ve Subramaniam'a (2010b) göre KY11'in temel nedeni öğrencilerin dalga hareketini yorumlarken parçacık yaklaşımını kullanmalarındadır. Başka bir anlatımla; öğrenciler dalgaları kaynaktan fırlatılan birer topa benzetmekte, kaynak ne kadar hızlı hareket ederse dalgaların o kadar hızlı hareket edeceğini düşünmektedirler. diSessa (1993), Wittmann (2002) gerek KY10 gerekse KY11'in öğrencilerin "Çok Çaba Çok Sonuç (more effort more result)" ilkesini yanlış yorumlamalarından kaynaklanabileceğini belirtmektedir.

Alan yazında bazı kavram yanlışlarının matematiksel eşitliklerin fiziksel sistemlere doğru uygulanamama ve yorumlanamamasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Maurines, 92; Kennedy ve Bruyn, 2011). Çalışmalarında Caleon ve Subramaniam (2010b) adaylarının %15'inin frekans artışının hızı etkileyeceğine inandıklarını ve bunun temel nedenini  $V = \lambda \cdot f$  formülünde yer alan frekans kavramına bağlamalarından kaynaklandığını belirtmiştir (KY12). Bu çalışmada ise öğrencilerin sadece %9'u hız artışının sebebini frekans kavramına bağlamışlardır. Her ne kadar bu araştırmada KY12 önemsiz kategorisinde bulunmuş olsa da, söz konusu yanlış tamamen göz ardı edilmemelidir. Diğer bir yanlış ise öğrencilerin dalga genliği ile dalga hızı arasında bir ilişkinin var olduğunu düşünmeleridir. Bazı öğrenciler dalga frekansı sabitken genlik artışının dalğanın yukarı aşağı hareket süresini uzatacağına (KY13), dolayısıyla dalğanın ilerleme hızının azalacağına inanmaktadırlar (KY14). Aynı yanlış Küçüközer'in (2010) çalışmasında da görülmüştür. Öğretmen adaylarının %8'i genliği büyük olan dalğanın yayılma hızının da büyük olacağına inandıklarını belirtmişlerdir. Caleon ve Subramaniam'a (2010b) göre öğrenciler genlik artırılmasını dalğanın daha yüksek bir tepeye tırmandırılmasına benzetmektedirler; dolayısıyla tepe ne kadar yüksekse dalğanın ilerlemesi o kadar yavaş olacağı anlayışı vardır. diSessa'ya (1993) göre KY13 ve KY14'ün bir sebebi de öğrencilerin büyük olanın aynı zamanda yavaş olacağı düşüncesine sahip olmalarıdır. Bunun yanında bazı öğrenciler ise dalga genliği ile dalga hızı arasında bir ilişkinin bulunmadığını belirtmiş, fakat bu ilişkisizliği genlik kavramına ait bir sembolün hız formülü içerisinde yer almamasına (KY16) bağlamışlardır. Aynı yanlış Caleon ve Subramaniam'ın (2010b) çalışmalarındaki adayların %17'sinde de tespit edilmiştir. Dalga hızını etkileyeceği düşünülen diğer yaygın bir yanlış ise öğrencilerin tele daha fazla kuvvet uygulayarak ve hızlıca sallayarak dalgaların daha hızlı hareket edeceğine olan inançlarıdır (KY17). Öğrenciler bu durumda telin taneciklerinin daha büyük genlikte titreşerek daha büyük enerji ile hareket edeceğini (KY19) düşünmektedirler. Alan yazında bu yanlışın sebebi adayların atmanın ortamdaki hareketini mekanik temelli bir yaklaşımla açıklama eğilimlerinden kaynaklandığı, başka bir anlatımla atmaların birer nesneye, dalga kaynağının da bu nesnelere hareket ettiren bir mekanizmaya benzetilmesinden ortaya çıktığı belirtilmektedir (Maurines, 1992; Şengören, Tanel ve Kavcar, 2009; Wittmann, 2002).

Bu çalışmadan çıkan diğer bir sonuç da kavram yanlışlarının kültürel farklılıklardan, kitaplardan veya eğitim sisteminden kaynaklanmadığını göstermiştir. Çünkü farklı kültür, kitap ve eğitim sistemini takip eden öğrencilerde tespit edilen kavram yanlışları (Caleon ve Subramaniam, 2010b; Maurines, 1992; Tongchai ve diğ., 2009; Wittmann, Steinberg ve Redish, 1999) Türk öğrencilerinde de görülmüştür. Bu nedenle, küresel anlamda söz konusu yanlışların nedenlerinin araştırılması dalgalar konusu için önem arz etmektedir.

Alan yazında, kavram yanılgılarının dört aşamalı çoktan seçmeli testlerle incelenmesinin üç-aşamalı testlere göre daha etkili sonuçlar ortaya çıkaracağı belirtilmektedir (Caleon ve Subramaniam, 2010b). Çünkü üç aşamalı testlerde adaylar hem cevap hem de açıklama aşamalarına yönelik tek bir güven düzeyi belirtmektedirler. Oysaki Tsai ve Chou (2002) öğrencilerin gerek cevap gerekse açıklama aşamalarını ayrı birer soru gibi değerlendirdiklerini, dolayısıyla gösterilen güven düzeyinin hangi aşamayı temsil edeceği konusunda şüphelerin oluşabileceği iddiasında bulunmuştur. Bu iddia Caleon ve Subramaniam'ın (2010b) çalışmalarında ispatlanmıştır. Söz konusu sonucu bu çalışmada elde edilen sonuçlar da desteklemiştir. Veriler incelendiğinde adayların %40'ının cevap ve açıklama aşamalarına farklı güven puanları atfettiği ve cevap aşamasına yönelik toplam güven puanları ile açıklama aşamasına yönelik toplam güven puanları arasında cevap aşaması lehine anlamlı farklılık bulunduğu görülmüştür. Bu sonuç ise sonraki çalışmalarda kavram yanılgılarının güvenli ve geçerli dört aşamalı kavram yanılgısı testleri ile incelenmesinin diğer iki ya da üç aşamalı testlerle incelenmesine göre çok daha etkili sonuçlar ortaya çıkaracağı tezini desteklemiştir.

### SINIRLILIKLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada başka bir araştırma kapsamında geliştirilmiş DAKYT kullanılmıştır. Söz konusu çalışma önceden geliştirilmiş olan bu testin Türkçeye uyarlama çalışması değildir. Sonraki çalışmalarda orijinali İngilizce olan DAKYT üzerinden bir uyarlama çalışması yürütülerek, benzer bir gruba uygulanabilir ve sonuçlar bu araştırma sonuçları ile karşılaştırılabilir. Diğer bir nokta ise testi geliştiren araştırmacılar bazı kavram yanılgılarını, Tablo 4'te görüldüğü gibi, yalnızca cevap aşaması (KY2, KY4, KY7, KY10, KY17) veya yalnızca açıklama aşamasına (KY5, KY8, KY13) göre tanımlamışlardır. Dolayısıyla bu çalışmadaki yanılığ değerlendirmeleri de testi geliştiren araştırmacıların tanımlamalarına göre yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda, test her yanılığın hem cevap hem de açıklama aşamasına göre tespit edecek biçimde yeniden düzenlenebilir.

Daha önce de belirtildiği gibi, dalgalar konusundaki kavram yanılgılarının bölgesel, kültürel olmadığı düşünülürse, sonraki çalışmalarda muhtemel yanılığ sebepleri araştırılarak, bunların ortadan kaldırılmasına yönelik öğretim planları geliştirilip, uygulanabilir ve sonuçları değerlendirilebilir. Benzer bir çalışma da, gelecekte öğretmen olacak eğitim fakültelerinin fizik öğretmenliği ve fen bilgisi öğretmenliği programlarında öğrenim görmekte olan adaylar ile yürütülerek var olan yanılgılar tespit edilebilir.

### KAYNAKLAR

- Arslan, H. O., Cigdemoglu, C., & Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667-1686.
- Aykutlu, I., & Şen, A. I. (2012). Üç aşamalı test, kavram haritası ve anoloji kullanarak lise öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 37(166), 275-288.
- Barman, C. R., Barman, N. S., & Miller, J. A. (1996). Two teaching methods and students' understanding of sound. *School Science and Mathematics*, 96(2), 63-67.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750-762.
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010a). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32(7), 939-961.
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010b). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40, 313-337, doi:10.1007/s11165-0009-9122-4.

- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.
- Clement, J., Brown, D. E., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuition. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565. doi:10.1080/0950069890110507.
- Demirci, N., & Efe, S. (2007). İlköğretim öğrencilerinin ses konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 1(1), 23-56.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2 & 3), 105-225.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms; A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories in action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10(1), 37-60.
- Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72, 98-115.
- Eryılmaz, A., & Sürmeli, E. (2002). Üç-aşamalı sorularla öğrencilerin ısı ve sıcaklık konularındaki kavram yanlışlarının ölçülmesi. Retrieved from <http://www.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/>
- Eshach, H., & Schwarz, J. L. (2006). Sound stuff: naïve materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 7(1), 733-764.
- Gilbert, J. K., Watts, Dç M., & Osborne, R. J. (1982). Students' concepts of ideas in mechanics. *Physics Education*, 17, 62-66.
- Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: what does it diagnose? *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039-1052. doi: 10.1080/09500690110038549
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, 64, 1316-1325.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, 34, 294-299.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *Physics Teacher*, 30, 141-151.
- Hestenes, D. & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. A response to Huffman and Heller. *The Physics Teacher*, 33, 502-506.
- Kaltakçı, D. (2012). *Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers misconceptions about geometrical optics*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, ODTÜ.
- Kaltakci Gurel, D., Eryılmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11 (5), 989-1008

- Kanlı, U. (2014). A study on identifying the misconceptions of pre-service and in-service teachers about basic astronomy concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 10(5), 471-479. doi: 10.12973/eurasia.2014.1120a.
- Karakaya, İ. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. In A. Tanrıoğen (Ed.). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Kennedy, E. M., & de Bruyn, J. R. (2011). Understanding of mechanical waves among second-year physics majors. *Canadian Journal of Physics*, 89(11), 1155-1161.
- Kızılcık, H. Ş., & Güneş. B. (2011). Developing three-tier misconception test about regular circular motion. *Hacettepe University Journal of Education*, 41, 278-292.
- Kleitman, S., & Stankov, L. (2007). Self-confidence and metacognitive processes. *Learning and Individual Differences*, 17, 161-173.
- Koriat, A., Lichtenstein, S., & Fischhoff, B. (1980). Reasons for confidence. *Journal of Experimental Psychology: Human learning and memory*, 6(2), 107-118.
- Korur, F. (2015). Exploring seventh-grade students' and pre-service science teachers' misconceptions in Astronomical Concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 1041-1060. doi: 10.12973/eurasia.2015.1373a.
- Kryevskaia, M., Stetzer, M.R. & Heron, P. L. R. (2012). Student understanding of wave behavior at a boundary: The relationships among wavelength, propagation speed, and frequency, *Am. J. of Phys.*, 80, 339.
- Küçüközer, A. (2010). Fen öğretmeni adaylarının dalgalar konusunda kavram yanılgıları. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7(2), 66-75.
- Maurines, L. (1992). Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals. *International Journal of Science Education*, 14(3), 279-293.
- McDermott, L.C., & Shaffer, P.S. (1992). Research as a guide for curriculum development: an example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.
- Menchen, K., & Thompson, J. (2003, August 6-7). Pre-service teacher understanding of propagation and resonance in sound phenomena. Paper presented at Physics Education Research Conference 2003, Madison, WI. Retrieved December 15, 2015, from <http://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=2711&DocID=3425>
- Palacios, F. J. P., Cazorla, F. N., & Cervantes, A. (1989). Misconceptions on geometric optics and their association with relevant educational variables. *International Journal of Science Education*, 11(3), 273-286.
- Peşman, H., & Eryılmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The journal of Educational Research*, 103:208-222. doi:10.1080/00220670903383002.
- Pines, A., & West, L. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within sources of knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.
- Renner, C. H., & Renner, M. J. (2001). But I thought I knew that: using confidence estimation as a debiasing technique to improve classroom performance. *Applied Cognitive Psychology*, 15, 23-32.
- Şengören, Ş. K., Tanel, R., & Kavcar, N. (2006). Drawings and ideas of physics teacher candidates relating to the superposition principle on continuous rope. *Physics Education*, 41(5), 453-461.

- Şengören, S. K., Tanel, R., & Kavcar, N. (2009). Students' difficulties about the wave pulses propagation on a rope. *Journal of Turkish Science Education*, 6(1), 50-59.
- Shaughnessy, J. J. (1979). Confidence-judgment accuracy as a predictor of test performance. *Journal of Research in Personality* 13, 111-119. doi:10.1016/0092-6566(79)90012-6.
- Stankov, L., & Dolph, B. (2000). Metacognitive aspects of test-taking and intelligence. *Psychologische Beiträge*, 42(2), 213-227.
- Tan, K. C. D., Goh, N. K., Chia, L. S., & Treagust, D. F. (2002). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 283-301. doi: 10.1002/tea.10023
- Tanel, R., Sengören, S. K., & Kavcar, N. (2008). Prospective physics teachers' ideas and drawings about the reflection and transmission of mechanical waves. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 2(2), 113-123.
- Taşlıdere, E. (2013). Effect of conceptual change oriented instruction on students' conceptual understanding and decreasing their misconceptions in DC electric circuits. *Creative Education*, 4(4), 273-283. doi: 10.4236/ce.2013.44041.
- Tongchai, A. Sharma, M. Johnston, I. Arayathanitkul, K., & Soankwan., C. (2009). Developing, evaluating and demonstrating the use of a conceptual survey in mechanical waves. *International Journal of Science Education*. 31(18), 2437-2457. doi:10.1080/09500690802389605.
- Tongchai, A. Sharma, M. Johnston, I. Arayathanitkul, K., & Soankwan., C. (2011). Consistency of students' conceptions of wave propagation: Findings from a conceptual survey in mechanical waves. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, 7, 020101-1 020101-9. doi: http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020101.
- Tortop, H. S., Çiçek Bezir, N., Uzunkavak, M., & Özek, N. (2007). Dalgalar laboratuvarında, kavram yanlışlarını belirlemek için V-diyagramlarının kullanımı ve derse karşı geliştirilen tutuma olan etkisi. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 110-115.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10, 159-169.
- Tsai, C. C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 157-165.
- Wittmann, M. C. (2002). The object coordination class applied to wavepulses: analysing student reasoning in wave physics. *International Journal of Science Education*, 24(1), 97-118. doi:10.1080/09500690110066944.
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F. (1999). Making sense of how students make sense of mechanical waves. *The Physics Teacher*, 37, 15-21.
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F. (2003). Understanding and affecting student reasoning about sound waves. *International Journal of Science Education*, 25(8), 991-1013. doi:10.1080/09500690305024
- Wuttirom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitaree, R., & Soankwan, C. (2009). Development and use of a conceptual survey in introductory quantum physics. *International Journal of Science Education*, 31(5), 631-654. doi: 10.1080/095006907017472.

## ***High School Students' Misconceptions About Mechanical Waves: Are Students Aware of What They Know and Don't Know?***

*Erdal Taşlıdere<sup>ii</sup>*

In the last decades, most of the studies aimed to identify the nonscientific conceptions which were rooted deeply in students' minds. In the literature, these nonscientific conceptions are identified with different terms such as; preconceptions, alternative conceptions, alternative frameworks, common sense conceptions, naive conceptions and misconceptions. For this study, the concerning conceptions are identified as misconceptions.

Misconceptions can be identified by various techniques such as interviews, concept maps, questionnaires and multiple choice tests. Nowadays, among them multiple choice tests became more popular, because they are economic, easily applied and the results can be generalized to greater population. As the time passes, multiple choice tests developed as two-tier, three-tier and four-tier misconception tests. Four-tier misconception tests include four tiers per item. The first-tier (response tier) includes content-based alternatives. The third-tier (reason tier) includes reasoning for response tier. The second-and fourth-tiers (confidence tiers) ask students to specify their confidence ratings separately for their choice of answers in the response and reason tiers respectively.

Previous studies revealed that the learners have various learning difficulties and misconceptions in the concepts of mechanical waves. On the other hand mechanical wave concepts are fundamental for other physics concepts such as optics, electromagnetic theory and quantum mechanics. If students learn them in high schools, they would be able to learn the other concepts easily in universities. However, the detailed literature review indicated that there is no study investigated Turkish high school students' misconceptions in mechanical waves via a four-tier misconception test. Hence, this study aimed to investigate; (1) whether Turkish high school students are aware of what they know and what they don't know in mechanical waves, (2) Turkish high school students' significant misconceptions in mechanical waves. It is hoped that this study will fill the gap in Turkey.

A cross-sectional survey research method was used to collect information. The sample consists of 275 10<sup>th</sup> grade high school students in the center of a small city which comprised approximately 55% of the population. A Four-Tier Misconception Test (DAKYT) was used as a measuring tool. DAKYT was previously developed by another research and translated into Turkish for this research. Two pre-service science teachers, one instructor, and three experienced physics teachers checked the test whether they are readable, understandable and suitable to the grade level. DAKYT measures 19 misconceptions with 12 items. The items are related with the properties and propagation of waves, especially low amplitude mechanical waves that propagate through ideal medium which is non-dissipative, non-dispersive, linear and flexible.

The data was investigated by frequency analyses over the correct and misconception scores. A dependent sample t-test analysis was conducted whether there is a significant difference between confidence scores for the response and reason tiers. Each correct (or misconception) response was scored as "1" point. Then descriptive statistics considering total scores with respect to only the response, only the reason and both response and reason tiers were conducted. The means scores were found as 4.47, 3.94 and 2.43 respectively. These showed that participants' conceptual understating level is too low; especially when both response and reason tiers are considered together. The values for reliability coefficients of Croanbach alpha were found as .45, .39 and 0.65 for the response, the reason and both response and reason tier scores respectively. To determine whether students are aware of what they know and what they do not know, some indices were calculated for each tier of

---

<sup>ii</sup> Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, etaslidere@mehmetakif.edu.tr

items and test in general using confidence tier scores. The results indicated that in general, the students are aware of what they know about mechanical waves in terms of both tiers responses. t-test results revealed a significant difference between confidence scores assigned for the response and reason tier answers in terms of the response tiers.

In the current study, the significant misconceptions were defined as the ones selected by at least 10% of the participants. They were classified as spurious and genuine misconceptions. A spurious one is associated with low confidence ( $\leq 3.50$ ) and a genuine one is associated with high confidence ( $>3.50$ ). The genuine misconceptions were classified as moderate (associated with mean confidence between 3.50 and 4.00) and high resistive (associated with mean confidence of 4.0 and above) respectively. The findings showed that participants hold 15 significant misconceptions: three of them are high resistive, five are moderate and seven are spurious. The high resistive and moderate ones are presented briefly as follows: The first high resistive one is that; the distance between successive points in displacement time graph is *wavelength* rather than *period*. Second; as the frequency of wave increases, the speed also increases because more energy is imparted to the particles of the medium. Third; since the amplitude do not appear in the wave formula ( $V=\lambda*f$ ), the increase in amplitude does not affect the speed of wave. The moderate misconceptions are: first; the particles of a medium and the wave propagating through it have the same speed due to fact that the wave causes the particles to move. Second; frequency of wave decreases as it propagates towards a medium with greater mass density. Third; the main reason of decrease in frequency is that a greater mass density implies a greater inertia and hence at a given time fewer waves can propagate through higher density medium. Fourth; increase in frequency leads to increase in wave speed. Final one; making a pulse propagate through a string more quickly requires jerking the string more strongly and quickly. Since it is claimed that the spurious misconceptions would have resulted from lack of knowledge or guessing they will not be explained in this extended abstract.

The results of the current and previous studies indicated that students' misconceptions about mechanical waves are not regional or cultural. Hence, further studies would investigate the potential sources of those misconceptions. New treatments would be developed and applied to remove them. Finally, similar studies would be conducted with pre-service physics or science teachers and the findings would be compared with those of the current ones.

**Keywords:** mechanical waves, misconception, conceptual understanding, four-tier misconception test, physics education.