



Sıcaklık Kavramının Ölçümü Üzerinden Sorgulanması: Karşılaştırmalı Bir Araştırma¹

Inquiry the Temperature Concept via Its Measurement: A Comparative Study

Yusuf Karademir, Muğla Merkez İMKB Ortaokulu, ykarademir70@hotmail.com
Ayşe Oğuz Ünver, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, ayseoguz@mu.edu.tr

Öz. Bu çalışmada sıcaklık, ısı kavramından bağımsız ve moleküler düzeye inilmeden, nasıl ölçülebildiğinden yola çıkılarak tanımlanmaktadır. Çünkü sıcaklık maddenin fiziksel durumuna bağlı bir özelliktir. Çalışmada, öncelikle ortaokul öğrencilerinin (N=109) ve fen bilimleri öğretmen adaylarının (N=77) sıcaklık kavramına ait ön bilgilerinin ortaya çıkarılarak sorgulanması ve karşılaştırması amaçlanmıştır. Daha sonra sorgulamaya dayalı verilen eğitimin ardından gönüllü katılımcılar, farklı sıcaklık parametrelerini dikkate alarak termometreler tasarlamışlardır. Eylem araştırması türünde desenlenmiş çalışmada, tasarlanan ürünler araştırmacılar tarafından geliştirilen ürün değerlendirme formu ile karşılaştırmalı çözümlenmiştir. Araştırmada ilginç olarak öğretmen adaylarının termometrenin kullanımı, hava sıcaklığının ölçümü ve termometrenin yapısı temalarında, ortaokul öğrencilerine göre daha çok çelişkiye düştükleri gözlenmiştir. Tasarlanan termometreler değerlendirildiğinde de, ortaokul öğrencilerinin, öğretmen adaylarına göre daha yaratıcı oldukları söylenebilir. Genel sonuç olarak katılımcılar, çalışma sonunda sıvıların genleşme özelliğinden yararlanılarak sıvılı termometrelerin çalışma prensibini, sıcaklık ölçümünü ve sıcaklık kavramının maddenin makroskobik (gözle görülebilen) özelliklerini değiştirdiğini keşfederler.

Anahtar Sözcükler: Sıcaklık, termometre, sorgulama temelli bilim eğitimi (stbe), ortaokul öğrencileri, fen bilimleri öğretmen adayları

Abstract. This paper defines temperature, unconnected from heat concept and without delving into the molecular level, from the starting point of how it can be measured. This is because temperature is a property of matter that depends on its physical state. Particularly the aim of the study was to inquiry and compare the middle school students' (N=109) and pre-service science teachers' (N=77) prior knowledge of temperature. Next, after the inquiry-oriented implementation volunteer participants designed thermometers by using different parameters. In the action research design study, created temperatures analyzed by the products evaluation form that was developed by the researcher. Interestingly, it was found that the pre-service teachers run into a contradiction when compared with the middle school students about the use of thermometers, measuring the air temperature and the structure of the thermometers. When evaluated the designed thermometers, it can be said that middle school students were more creative than the pre-service teachers were. Overall results of the study, the participants discovered liquid thermometers work with the help of the expansion property of liquids; temperature measurement and how temperature changes the macroscopic (visible) properties of matter.

Keywords: Temperature, thermometer, inquiry based science education (ibse), middle school students, pre-service science teachers

¹ Bu araştırmanın bir bölümü XI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur ve Bu makale yazar Yusuf Karademir'in Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nde 2016 yılında tamamlanan "Sıcaklık ölçümünden yola çıkarak sıcaklık kavramının sorgulanması" başlıklı yüksek lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

SUMMARY

Introduction

In a simple experiment carried out by John Locke in 1690, it was observed that defining temperature was more of a relative endeavor than it seemed at first. In the experiment, we put one of our hands in warm, the other in cold water, wait for a little while and then take both hands out and put them in water at room temperature. The result is that one of our hands feels warm in the same water while the other feels cold. Even this experiment is enough to show that depending on our senses to define temperature may be misleading. There is a need for a scientific, objective and quantitative measurement of temperature. The literature reveals different definitions of temperature. In some studies, temperature is defined as the magnitude of heat flow while others generally define it as the average kinetic energy of molecules. Such a definition may be useful but it is not always valid since the molecular activity in water and steel at the same temperature, for instance, are not equal.

Another aspect that is confusing about temperature is that while heat is a type of energy, temperature is not. In most textbooks, the topics of heat and temperature are treated together. When the literature is reviewed, it is seen that heat and temperature are treated together despite the fact that they are two separate concepts and the large majority of current studies deal with the subject of students' misconceptions. So what is this concept of temperature that occupies our minds so much? How can it be taught? This paper defines temperature, unconnected from heat concept and without delving into the molecular level, from the starting point of how it can be measured. This is because temperature is a property of matter that depends on its physical state.

Method

Particularly the aim of the study was to inquiry and compare the middle school students' (N=109) and pre-service science teachers' (N=77) prior knowledge of temperature. Next, after the inquiry-oriented implementation volunteer participants designed thermometers by using different parameters All thermometers make use of the principle that some physical parameters change with heat. These parameters are (1) the change in the volume of liquids, (2) the change in the length of solids, (3) the change in the pressure of a gas in a fixed volume, (4) the change in the volume of a gas at fixed pressure, (5) the change in the electrical resistance of a conductor, (6) the change in their color. In the action research design study, the created temperatures analyzed by the products evaluation form that was developed by the researcher. The thermometers evaluated in terms of the following codes (1) How close were the created thermometers to the real ones? (2) On which parameters the thermometers were designed? (3) Which states of matters the thermometers are measuring? (4) How is the thermometers design and functionality?

Results

Interestingly, it was observed that the pre-service teachers run into a contradiction when compared with the middle school students about the use of thermometers, measuring the air temperature and the structure of the thermometers. When evaluated the designed thermometers, it can be said that middle school students were more creative than the pre-service teachers were. Overall results of the study, the participants discovered liquid thermometers work with the help of the expansion property of liquids; temperature measurement and how temperature changes the macroscopic (visible) properties of matter.

Discussion and Conclusion

Students' contradictions on the concept of the temperature may have its roots from their prior knowledge of temperature, heat, energy and gravity (Karakuyu, 2006; Çekiç, 2004). Transforming the learned knowledge into a product provides students a better understanding and questioning of the concepts (Dorris, 1991; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003; Ateş, 2005). It also provides not only focusing the outcome but also focusing on the process-oriented assessment

during the elimination of the misconceptions. Since children are tended to inquiry because of their nature, they may be more imaginative than the adults may. Previous knowledge and experience of adults involved in the teaching process could block their creativity (Duban, 2008; Yürümezoğlu ve Oğuz, 2009).

The key pedagogical approaches taken in this study is to develop students' observation skills during inquiry. Students observe phenomenon in connection with prior experiences and the structure of observed phenomenon (Laçin-Şimşek ve Tezcan, 2008). One of the main principles of teacher's questioning is to make the students' inner questions based on the provoked curiosity visible.

Current study address not only the content knowledge of temperature, but also numerous science standards asking questions (for science) and defining problems (for engineering); planning and carrying out investigations; analyzing and interpreting data; using mathematics and computational thinking; constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering); engaging in argument from evidence; obtaining, evaluating, and communicating information.

GİRİŞ

Tanımı konusunda bir uzlaşa sağlanamamış terimleri okul ders kitaplarında tanımlamaya çalışmak hata yapmamıza neden olur. Örneğin, John Locke tarafından 1690 yılında gerçekleştirilen basit deneyde; sıcaklığı tanımlamanın görüldüğünden daha göreceli olduğu gözlenir. John Locke tarafından gerçekleştirilen deneyde; bir elimizi sıcak, diğer elimizi soğuk suya sokup bir süre bekledikten sonra her iki elimiz de orta sıcaklıkta bir suya sokulur. Sonuçta, aynı suyu bir elimiz sıcak hissederken diğer elimiz soğuk hissedecektir. Sadece bu deney bile sıcaklığı, duyularımızla tanımlamaya çalışmanın yanıltıcı olabileceğini göstermektedir. Konunun bir diğer boyutu ise, duyularımız yardımı ile belirleyeceğimiz sıcaklıkların sınırlı olabileceğidir. Zira her canlının sıcaklığa dayanabileceği belli bir aralık vardır. Bu yüzden bilimsel olarak, objektif ve sayısal bir sıcaklık ölçeğine gerek duyulmaktadır.

Sıcaklık, bazı çalışmalarda ısının akış yönünü gösteren bir büyüklük olarak yer alırken (örn., Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2014a) çoğu zaman "Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi ..." şeklinde tanımlanır (örn., Challoner, 2005; Challoner, 2006; Çepni, Ayvaci ve Çil, 2012; Bolat, Aydoğdu ve Evgi, 2013; Bayram ve Kibar, 2014; Kurnaz ve diğerleri, 2014; Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2014b; Öcal, 2014; Ünver, 2014). Genel olarak değerlendirildiğinde böyle bir tanım yararlı olabilir; ancak her zaman geçerli değildir, çünkü aynı sıcaklıktaki su ve çeliğin moleküler aktiviteleri eşit değildir (Jones ve Dugan, 2003). Zira verilen örneklerde (Çepni, Ayvaci ve Çil, 2012) kütleleri farklı aynı tür maddelerin aldıkları ısı miktarlarından dolayı eşit sıcaklıkta olduğu tanımı geçerli olabilir. Oda sıcaklığında veya aynı ortamda bir bardak su ile bir kova suyun sıcaklıklarının eşit olması bu duruma örnektir. Buradaki aynı tür maddelerin moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri eşittir.

Sıcaklık kavramının tanımının çeşitlilik göstermesinin yanında, kavramın öğrenenlere aktarımında da bir uzlaşa yoktur. Okul ders kitaplarının çoğunda ısı ve sıcaklık konularının öğretimi birlikte ele alınır (örn., Çepni, Ayvaci ve Çil, 2012; Bolat, Aydoğdu ve Evgi, 2013; Agalday, Akçam, İpek ve Kablan, 2014; Bayram ve Kibar, 2014; Keskin-Özer, Kaşker-Özkan ve Uysal, 2014; Kurnaz ve diğerleri, 2014; MEB, 2014a; MEB, 2014b; Öcal, 2014; Ünver, 2014). Diğer taraftan fizik ve mühendislik alanındaki kitaplara bakıldığında ısı ve sıcaklığın ayrı başlıklar altında ele alındığı; sıcaklığın, termodinamiğin sıfıncı kanunu başlığı altında işlerken; ısının enerji başlığı altında incelendiği görülmektedir (örn., Serway, 1995; Halliday ve Resnick, 1997).

Sıcaklık konusunda kafalardaki en çelişkili bir başka durum da, ısının bir enerji olduğu ancak sıcaklığın bir enerji olmadığıdır. Sıcaklığın tanımında; "sıcaklık bir maddenin moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi..." (Ünver, 2014; 153), "Madde içinde dönme titreşim veya öteleme hareketi yapan atom ya da moleküllerin ortalama kinetik enerjisinin bir göstergesidir" (MEB, 2014b), "Sıcaklık, bir molekülün ya da atomun ortalama kinetik enerjisiyle

orantılı bir büyüklüktür”(Kurnaz ve diğerleri, 2014; 51), “Bir maddenin sıcaklığı o maddeyi oluşturan parçacıkların ortalama kinetik enerjisi ile ilgilidir” (Challoner, 2005; 22), “Bir maddenin sıcaklığı, o maddeyi oluşturan parçacıkların içerdiği ortalama ısı (ya da kinetik) değeridir...” (Challoner, 2006; 28) ve “Maddenin taneciklerinin ortalama kinetik enerjisi ise sıcaklıktır.” (Çepni, Ayvacı ve Çil, 2012; 232) şeklinde ifadeler yer almaktadır. Burada ise sıcaklık, enerji ile birlikte anılmaktadır. Tanımlamalarda sıcaklığın bir enerji olduğu yanılığısına düşülebilir. Buraya kadar sıcaklık kavramına ilişkin alışla gelmiş, bildiğimiz ancak sorgulandığında zihnimizde bir takım çelişkiler yaratan durumlar sıralanmıştır.

Genellikle sıcaklık kavramına ilişkin açıklamalar ısı kavramı ile benzerliği ve farklılığı üzerine kurgulanmış ya da modeller kullanılmıştır. Young, Freedman ve Ford, (2008) sıcaklığın nasıl ölçülebildiğinden yola çıkarak sıcaklık kavramının tanımlanabileceği; bunun için de sıcaklığın, cisimlerin boyutlarını nasıl etkilediği üzerinde durulması gerektiğini vurgulamışlardır. Sıcaklık, maddeye ait moleküllerin kinetik enerjisine bağlı olması; bu kavramı ısı ile karmaşık bir ilişki içerisine sokmaktadır. Bu yüzden sıcaklığı açıklamak için iyi bir giriş olmayacaktır. Sıcaklık ve ısı moleküler düzeye inilmeden de tanımlanabilir. Çünkü sıcaklık maddenin fiziksel durumuna bağlıdır.

Sıcaklık

Sıcaklık kavramı çok sık kullanmamıza rağmen temel fen eğitimi alan herkesin rahatlıkla tanımlayabileceği bir kavram olmayabilir. Black'ın Fahrenheit termometresiyle yaptığı deneyler sonundaki ilk ve temel keşfi, ısı ile sıcaklık derecesinin aynı olmadığını. 20. yüzyıl gözü ile bakılınca, bu keşifte pek öyle dünyayı sarsan taraf görülmesi de, Black'ın çağdaşlarından hiçbir bilim insanının ısı ile sıcaklık arasındaki kesin farkı ortaya koymaya gücünün yetmediği bir gerçektir (McCue, Gossner, Loomis, McDonald ve Osmundsen; 1970). Bu yüzden sıcaklık kavramını tanımlama yeni sayılabilir.

Türk Dil Kurumu'nun sözlüklerinde sıcaklık farklı tanımlanmaktadır. Örneğin Güzel Sanatlar Terimleri Sözlüğü'nde sıcaklık kelimesini “hamamlarda yıkanılan sıcak yer” şeklinde ifade ederken Fizik terimleri sözlüğünde “bir ısıl ölçerle ölçülen ısıl yeğinlik” olarak ifade edilmiştir. Türk Dil Kurumu'nun diğer tanımları ise: Isıl devingen dengedeki bir özdeğin, her bir özdeciği başına düşen ortalama devinim erkesini ölçen nicelik”. Üniversitelerin fen ve mühendislik fakültelerinde okutulan bazı kitaplarda yer alan sıcaklık tanımlarında; “Bir sistemin ortalama moleküler kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür”(Çengel ve Boles, 2008). Sears ve Salinger, (2002) göre bütün olağan cisimlerin başka cisimlerle temas ettiklerinde ısıl dengeye erişip erişmeyeceklerine karar veren fiziksel özellik olarak sıcaklığı tanımlarken; Jones ve Dugan (2003), sıcaklığı termodinamiğin sıfırinci yasası ile tanımlanır. Bu tanım, birbiriyle temasta bulunan sayısız sistem (nesne) bir dengeye erişinceye dek ısı alış verişinde bulunur. Bu dengeye ulaşıldığı anda stabilize olmuş nicelik sıcaklıktır.

Bir diğer tanım ise;

“Sıcaklığı tanımlayabilmek için önce termal temas ve termal denge tanımlanmalıdır. İki cisim birbirleri üzerinde makroskobik iş yapmadan enerji değiş tokuşu yapıyorlarsa bu iki cisim Termal Temas'tadır. Termal temasta olan sıcaklıkları farklı iki cisim arasında net enerji alış verışı sona ermiş ise, bu iki cisim Termal Denge'dedir. Termal Temasta olmayan A ve B gibi iki cisim üçüncü bir C cismi ile ayrı ayrı termal dengede ise o zaman A ve B cisimleri birbirleri ile termal dengededir. Bu duruma termodinamiğin sıfırinci kanunu (denge kanunu) olarak adlandırılır. Bu ifade sıcaklığı tarif etmek için kullanılmaktadır. Bir başka değişle sıcaklık bir cismin bir başka cisimle termal dengede olup olmadığını belirleyen bir özelliktir” Serway, (1995).

Bir cismin termal dengede olup olmadığını tespit etmek için; cisim üzerindeki sıcaklık etkisi ile değişen makroskobik değişimlerden yararlanan termometreler geliştirilmiştir. Bilinen ilk sıcaklık değişimlerini gösteren termoskobu, 1593 yılında Galileo yapmıştır. Galileo'nun ölçme cihazı hakkındaki Dyalog isimli eserinde geçen altı, dokuz, on sıcaklık derecesi deyimlerinden başka pek birşey bilinmemekteydi. Ancak diğer araştırmacılara ilham olduğu da bir gerçektir. Fahrenheit, temeli Galileo'nun Termoskop'una dayanan Amontons'un geliştirdiği cihazı mükemmelleştirerek; insanoğlunun güvenebileceği termometreyi yaptı. Bu dönemden sonra

insanoğlu sıcaklık ölçümü için kendi duyularının dışına çıkarak termometreyi kullanmışlardır (McCue vd., 1970). Günümüzde termometreleri, sıcaklık etkisinde değişen makroskobik değerlerin ölçümünden yararlanırlar. Serway (1995) göre bütün termometreler bazı fiziksel parametrelerin sıcaklıkla değişmesi prensibini kullanırlar. Bunlar:

1. Sıvıların hacimlerinin değişmesi,
2. Katıların uzunluğunun değişmesi,
3. Sabit hacimdeki bir gazın basıncının değişmesi,
4. Sabit basınçtaki bir gazın hacminin değişmesi,
5. Bir iletkenin elektrik direncinin değişmesi,
6. Çok sıcak cisimlerin renk değişimi şeklinde fiziksel özelliklerin değişmesi

durumunda sıcaklıklarının ölçümü yapılmaktadır.

Sonuç olarak, madde üzerindeki makroskobik değişimdeki nesnel niceliği kullanarak sıcaklığı sayısal değerlere çeviren araçlara termometre denir. Termometre ile bilimsel olarak, objektif ve sayısal bir sıcaklık ölçüne ulaşılmıştır. Günümüzde sıcaklığın fiziksel parametrelerinden yola çıkarak farklı türde termometreler geliştirilmektedir. Örneğin sıvıların genleşme özelliğinden yararlanılarak sıvılı termometreler ya da metallerin genleşme özelliğinden yararlanılarak metal termometreler geliştirilmiştir.

Sıcaklık Kavramı ile İlgili Çalışmalar

Literatüre bakıldığında ısı ve sıcaklık kavramları birlikte ele alınmış ve neredeyse mevcut araştırmaların büyük çoğunluğu durum çalışması olup, öğrencilerdeki kavram yanlışları üzerine yoğunlaşmıştır. Örneğin ilkokul düzeyinde (örn., Erickson, 1979; Tiberghien, 2000; Buluş Kırıkkaya ve Güllü, 2008; Gürdal, 2008; Bayram, 2010), 6., 7. ve 8. sınıf düzeyinde (örn., Erickson, 1979; Thomaz, Malaquias, Valentean ve Antunes, 1995; Kalem ve Çallica, 2001; Mert, 2002; Yumuşak, Türkoğuz, Aycan ve Aycan, 2004; Başer ve Çataloğlu, 2005; Aydın, 2007; Gürbüz, 2008; Sarı-Ay, 2011; Turgut ve Gürbüz, 2011), lise düzeyinde (örn., Jara-Guerrero, 1993; Kesidou ve Duit, 1993; Eryılmaz ve Sürmeli, 2002; Kocakulah ve Kocakulah, 2002; Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003; İnal, 2003; Güler, 2005; Yılmaz, 2005; Karakuyu, 2006; Yeşilyurt, 2006; Keser, 2007; Karakuyu, Uzunkavak, Tortop, Bezir ve Özek, 2008) ve öğretmen adayları ile yürütölen araştırmalarda (örn., Kaptan ve Korkmaz, 2001; Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003; Demirci, 2003; Gümüş, Öner, Kara, Orbay ve Yaman, 2003; Demirci ve Sarıkaya, 2004; Gönen ve Akgün, 2005; Ongun, 2006; Damlı, 2011; Yavuz ve Büyükeksi, 2011; Taşlıdere, Korur ve Eryılmaz, 2012; Öner- Sünkür, İlhan ve Sünkür, 2013; Uzoğlu ve Gürbüz, 2013) ısı ve sıcaklık kavramlarına ilişkin benzer kavram yanlışlarına rastlanılmıştır. Bu kavram yanlışlarından öne çıkanlar Tablo 1’de sunulmuştur.

Sıcaklık kavramının öğretimi ile ilgili alan yazında birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazısına yakından bakılacak olursa, örneğin, Demirci (2003), İnal (2003) ve Yılmaz’ın (2005) çalışmalarında, kavram yanlışlarının giderilmesinde yapılandırmacı yaklaşım ile geleneksel öğretim yaklaşımı arasında yapılandırmacı yaklaşım lehine istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu, Başer ve Çataloğlu (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, kavram değişimi yöntemine dayalı öğretimin kavram yanlışlarını azaltmada geleneksel yaklaşıma göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Gönen ve Akgün (2005) çalışmasında, elde edilen bulgular doğrultusunda sınıf içi tartışma yönteminin bilgi eksikliklerini gidermede etkili ancak kavram yanlışlarını gidermede etkili olmadığı ifade edilmiştir. Aydın (2007) çalışmasında, kavram haritası tekniğinin geleneksel yaklaşıma göre ısı ve sıcaklığa ilişkin kavram yanlışlarını giderebilmede daha etkili olduğunu tespit etmiştir. Gürbüz (2008) ’ün ve Sarı-Ay (2011) ’ın ısı ve sıcaklık konularındaki çalışmalarında, kavramsal değişim metinlerinin, geleneksel yaklaşıma göre kavram yanlışlarını azaltmada istatistiksel olarak anlamlı fark yarattığı ortaya konulmuştur. Bayram (2010) çalışmasında, Probleme Dayalı Öğrenme yönteminin, geleneksel öğrenme yöntemlerine göre öğrencilerdeki ısı ve sıcaklık konusundaki kavram yanlışlarını gidermede daha başarılı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Tablo 1. Kavram yanılgıları

Kavram Yanılgısı	Literatür
Sıcaklık değerinin sıfır olmasını ısının olmadığı şeklinde düşünmektedirler.	Gürdal, (2008)
Isısalan bir maddenin sıcaklığı kesinlikle değişir.	Bayram, (2010)
Cisimlere verilen ısı miktarının cisimlerinin sıcaklığının artmasına etkisi olmadığını	Gürbüz, (2008)
Aynı miktar ısı alan maddelerdeki sıcaklık artışı da aynıdır.	Keser, (2007)
Isı, sadece cisimlerin sıcaklığı ile artar veya azalır. Isı ve sıcaklık maddeler için ayırt edici özelliştir.	Sarı-Ay, (2011)
Bir cismin sıcaklığı o cismin ısısından bağımsızdır. Bir cismin diğer bir cisme göre sıcaklığı yüksekse her zaman ısısı da yüksektir.	Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, (2003); Aydın, (2007)
Eğer iki vücudun sıcaklıkları aynıysa onların ısıları veya enerjileri de aynıdır. Sıcaklık ısının miktarıdır. Isı yüksek sıcaklıktır.	Kesidou ve Duit, (1993)
Isı ve sıcaklık aynı kavramlardır.	Erickson, (1979); Thomaz, Malaquias, Valente ve Antunes, (1995); Kaptanve Korkmaz, (2001); Eryılmaz ve Sürmeli, (2002); Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, (2003); Demirci, (2003); Gümüş, Öner, Kara, Orbay ve Yaman, (2003); İnal, (2003); Başer ve Çataloğlu, (2005); Ongun, (2006); Aydın, (2007); Keser, (2007); Gürbüz, (2008); Bayram, (2010); Sarı Ay, (2011); Yavuz, ve Büyükeksi, (2011)
Isı ve sıcaklığın farklı olduklarını söylemelerine rağmen, öğrenciler bunları birbirlerinin yerine kullanması.	Jara-Guerrero, (1993)
Isı sıcaktır; fakat sıcaklık soğuk veya sıcak olabilir. Isı ve sıcaklık arasında bir fark yoktur.	Tiberghien, (2000); Başer ve Çataloğlu, (2005)
Sıcaklık ısının bir göstergesidir.	Tiberghien, (2000); Başer ve Çataloğlu, (2005)
Isı maddenin toplam sıcaklığıdır. Isı, bir maddeye dokunduğundaki sıcaklık veya soğukluktur. Isı, bir sıcaklıktır. Sıcaklık maddenin sahip olduğu ısı değeridir. Sıcaklık ortamdaki ısıya denir. Bir maddenin belli derecedeki ısısıdır. Sıcaklık, ölçülebilen ısı değeridir. Sıcaklık, iki madde arasındaki ısı alış verişidir. Sıcaklık, sıcak maddenin soğuk maddeye ısı vermesiyle oluşur. Sıcaklık, maddenin içindeki ısı değeridir. Sıcaklık, dışarıdan verilen bir ısıdır. Sıcaklık, alınan veya verilen ısı miktarıdır. Sıcaklık, ortama göre değişen ısı kapasitesidir. Sıcaklık, ısının sahip olduğu değerdir. Sıcaklık, hissedilen ısıdır. Sıcaklık, ısının artıp azalmasıdır. Sıcaklık, bir cismin sahip olduğu ısı ve nemin tamamıdır	Uzoğlu ve Gürbüz, (2013)

Damlı (2011)'nin çalışmasında, kavramsal değişim yaklaşımına dayalı web tabanlı etkileşimli öğretimin ön test- son test sonuçları arasındaki farkın çoğunlukla anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Turgut ve Gürbüz (2011) çalışmasında; yapılandırmacı 5E modeline göre yapılan öğretimin geleneksel yöntemlere göre ısı ve sıcaklık kavramlarında, kavramsal değişimi ve kalıcılığı başarılı ve etkili olarak gerçekleştirdiğini ortaya çıkarmıştır. Yavuz ve Büyükeksi'nin (2011) çalışmasında; öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını bilimsel fikirlere dönüştürmede kavram karikatürlerinin yardımı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öner-Sünkür,

İlhan ve Sünkür (2013) çalışmalarında; Tahmin- Gözlem- Açıkla (TGA) yönteminin doğrulama laboratuvar yaklaşımına göre daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Öte yandan Harrison, Grayson ve Treagust (1999) araştırmalarında sorgulama temelli ısı ve sıcaklık kavramı öğretimi gerçekleştirmişler, ancak öğretim sürecinde kavramın tanımını yapmamışlar, ısı ve sıcaklık kavramlarının benzerlikleri ve farklılıklarının tartışılması istenerek öğretimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, ısı ve sıcaklık kavramlarının farklı oldukları ve daha bilimsel kabul edilebilir bir şekilde öğrendikleri tespit edilmiştir. Öğrenciler süreç sonunda daha etkili problem çözebilir ve bilişsel olarak üzerinde düşünebilir davranışlar göstermişlerdir. Başer (2006), tarafından yapılan çalışmada ise bilişsel çatışmanın ısı ve sıcaklık kavramlarının öğretiminde kavramsal değişime etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmada sıcaklığın bilimsel tanımı yapılmadan, öğrencilerin sıcaklık kavramına ilişkin görüşleri, ısı ve sıcaklığın özellikleri, ısı ve sıcaklığın hissedilmesi, ısı ve sıcaklığın artması ya da azalması bağlamında ortaya çıkarılarak, bilişsel çatışma ile öğretim gerçekleştirilmiştir. Sınıf öğretmeni adayları ile gerçekleştirilen araştırmada, Kavram Değerlendirme Testi kullanılmış ve çalışmanın sonucunda, bilişsel çatışma uygulanan deney grubunda kavramsal değişime olumlu etkiler gözlenmiştir. Benzer bir şekilde Başer ve Geban (2007) tarafından yapılan çalışmada, ısı ve sıcaklık kavramlarını anlamada, kavramsal değişimin etkisi incelenmiştir. Ortaokul 7. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen araştırmada, kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin kavramsal anlamalarının yanı sıra tutumları üzerine etkisi de tespit edilmiştir. Deney grubunda dersler, kontrol grubundan farklı olarak kavramsal değişim metinleri ile işlenmiştir. Araştırmanın sonucunda, kavramsal değişim metinlerinin, öğrencilerin mantıksal düşünceleri üzerine de olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalarında Jones ve diğerleri (2014), dokunsal simülasyonları kullanarak sıcaklık ve basınç konularının öğretimini gerçekleştirmişler ve çalışma grubunda yer alan 15 üniversite öğrencisi, dokunsal simülasyonlar kullanılarak gerçekleştirilen dersler sonrasında hazırlanan soruları cevaplamışlardır. Bu araştırmada da sıcaklığın tanımı yapılmadan, sıcaklık artışı ve sıcak-soğuk suyun molekülleri durumlarından yola çıkarak, sorulan sorulara verilen yanıtlara göre öğretim süreci tamamlanmıştır.

Genellikle sıcaklık kavramına ilişkin açıklamalar ısı kavramı ile benzerliği ve farklılığı üzerine kurgulanmış ya da modeller kullanılmıştır. Sıcaklığın nasıl ölçülebildiğinden yola çıkarak sıcaklık kavramının tanımlanabileceği; bunun için de sıcaklığın, cisimlerin boyutlarını nasıl etkilediği üzerinde durulması önemlidir. Sıcaklık, maddeye ait moleküllerin kinetik enerjisine bağlı olması; bu kavramı ısı ile karmaşık bir ilişki içerisine sokmaktadır. Bu yüzden sıcaklığı açıklamak için iyi bir giriş olmayacaktır. Sıcaklık ve ısı moleküler düzeye inilmeden de tanımlanabilir. Çünkü sıcaklık maddenin fiziksel durumuna bağlıdır. Radtka (2013) araştırmasında 1950-2000 yılları arasında Fransa, Polonya ve İngiltere’de okutulan fen ders kitaplarında sıcaklık konusunun nasıl yer aldığını ve ne şekilde öğretiminin gerçekleştirildiğini incelemiş, 50 yıllık süreci karşılaştırmalı olarak ele almıştır. 1950’ye kadar İngiltere, Fransa’da ve Polonya müfredatında sıcaklık kavramı, sıcaklığın ölçümü üzerinden tanımlanırken, 2000’li yıllara gelindiğinde İngiltere ve Polonya ders kitaplarında Fransa’nın aksine ısı ve sıcaklık kavramları tanecik teorisi ile ilişkilendirilmiştir. İngiliz ders kitaplarında ısı iletkenliği mikroskopik seviyede açıklanmıştır. Bu durum kuramsal çerçevede doğru olmasına rağmen, sıcaklık konusuna giriş için negatif etkileri olmuştur. Oysa Fransa’da okul kitaplarında eski tip veya dijital termometreler yer almaktadır. Yani sıcaklığı, ölçüm aleti termometre üzerinden değerlendirmektedir. Günümüz Fransa ders kitaplarında sıcaklık kavramı, maddenin halleri ve maddenin fiziksel özellikleri ünitesinde işlenmektedir.

Özetle, alan yazında yer alan çalışmalarda, sıcaklığın öğretiminde ciddi arayışların olduğunu ve henüz öğrencilerin sıcaklık ile ilgili kavram oluşturmada istenilen seviyeye ulaşamadığı söylenebilir. Isı ve sıcaklık kavramları aslında birbirinden farklı olmasına rağmen, eğitim araştırmalarının birçoğunda birlikte ele alınmıştır. İncelenen çalışmaların bir kısmında, “Isı ve Sıcaklık” ile ilgili kavram yanlışları çeşitli yaş ve öğrenim seviyelerinde tespit edilmiştir (örn., Gürdal, 2008; Bayram, 2010; Thomaz, Malaquias, Valentean ve Antunes, 1995; Uzoğlu ve Gürbüz, 2013). Bir kısmında ise çeşitli yöntem ve teknikler kullanılarak geleneksel yaklaşıma göre kavram yanlışları açısından aralarındaki farklar olduğu belirlenmiştir (örn., Jones ve

diğerleri, 2014; Öner-Sünkür, İlhan ve Sünkür, 2013). Öte yandan incelenen bu çalışmalarda ısı ve sıcaklık kavramlarını tanımlamaktan kaçınılmış, özellikleri doğrultusunda bu kavramlar ele alınmıştır. Mevcut araştırmada ısı kavramından bağımsız bir şekilde sıcaklık kavramının öğrencilere aktarılması sorgulama temelli bilim eğitimi ışığında gerçekleştirilecektir. Bu nedenle kısaca alan yazımdan yararlanarak araştırmamızın öğretim felsefesine açıklık getirmek amacıyla sorgulama temelli bilim eğitimi yaklaşımına kısaca değinilecektir.

Fen Bilimleri Eğitiminde Sorgulama Temelli Yaklaşım

Günümüzde fen bilimleri alanında sınıf içi bilimsel etkinliklere basılı veya elektronik olarak ulaşmak sanal ortam sayesinde oldukça kolaylaştı. Pek çok program bu hizmeti öğretmenlere sunmaktadır. Ancak öğretmenlerin ve öğrencilerin bu deneyleri basit malzemeler eşliğinde, açıklamaları takip ederek gerçekleştirilmesi veya öğretmenin rehberliğinde sırası ile uygulaması öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerinin geliştirildiği anlamına gelmez. Öğrencinin etkinliklere katılıyor ve etkinlikleri yapıyor olması da aktif bir bilim eğitimi gerçekleştiriliyor demek değildir. Burada asıl önemli olan öğretmenin etkinliği hazırlama ve gerçekleştirme sırasında izleyeceği stratejilerdir (Bell, Smetana ve Binns, 2005; Oguz-Unver ve Arabacıoğlu, 2014). Sınıf içinde kullanılan etkinlikler sadece öğrencilerin sorgulama ve deneyimlerine hizmet eden araçlardır (Bell, Blair, Lederman ve Crawford, 2003). Önemli olan etkinlik sırasında öğrenciler arasındaki diyalog ve tartışmalar ile sorgulamanın desteklenmesidir (Cuevas, Lee, Hart ve Deaktor, 2005; Bybee, 2006; Lederman, 2006; Harlen, 2014).

Sorgulama temelli bilim eğitimi, zihinsel süreç becerilerini geliştirmeye yönelik olması nedeniyle bireyin öğretim sürecine aktif olarak katılmasını gerektirmektedir. Bilim eğitiminin sorgulama ile gerçekleştirilmesi buna imkân sağlamaktadır. Sorgulama temelli bilim eğitiminin genel hedefi “Hiç kimse her şeyi öğrenemez; fakat herkes öğrenmeyi öğrenebilir” düşüncesini benimseyerek bireye öğrenme becerisi ve öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştirmesini sağlamaktır (Harlen, 2014). Bunun yanında özel hedef ise bireylerin eleştirel düşünme becerisini geliştirmektir (Magnussen, Ishida ve Itano, 2000). Sorgulama temelli bilim eğitimi süreci, gözlemlere dayanan bir sorunun bireylere sorulması ile başlar, kanıtlara dayanan tartışma ve uygulamalarla sona erer (Cuevas, Lee, Hart ve Deaktor, 2005). Başlangıçta bireylere yöneltilen sorunun eleştirel düşünme becerisini geliştirici özelliği olmalıdır. Bu sorular eleştirel düşünme soruları olarak adlandırılır (Spencer, Farrell ve Moog, 1999).

Bu nedenle, mevcut araştırmamızın amacı, ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının, sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak; sıcaklık kavramı ve ölçümüne ilişkin bilgi ve becerilerinin değerlendirilmesi ve sorgulama temelli bilim eğitimi çerçevesinde gerçekleştirilen etkinlik sonrası edindikleri bilgi ve becerileri bir ürüne aktarabilme düzeyleri incelenmesi amaçlanmıştır. Katılımcılardan süreç sonrası termometre tasarımları istenmiştir. Sonuç olarak, araştırmamızın problem cümlesi “Ortaokul öğrencileri ile fen bilgisi öğretmen adaylarının sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak sıcaklık kavramına ait bilgilerinin düzeyleri nedir?” Buna bağlı araştırmamızın alt problemleri;

1-) Sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak Fen Bilgisi Öğretmen adaylarının sıcaklık kavramına ait ön bilgileri nelerdir?

2-) Sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak ortaokul öğrencilerinin sıcaklık kavramına ait ön bilgileri nelerdir?

3-) Sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak Fen Bilgisi Öğretmen adayları ve ortaokul öğrencilerinin sıcaklık kavramına ait ön bilgileri arasındaki farklar ve benzerlikler nelerdir?

4-) Sıcaklık kavramının ısı kavramından bağımsız maddenin fiziksel durumuna bağlı bir nicelik olarak Sorgulama Temelli Bilim Eğitimi (STBE) çerçevesinde aktarılmasının ardından Fen Bilgisi Öğretmen adayları ve ortaokul öğrencilerinin tasarladıkları termometrelerin nitelikleri nelerdir?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli ve Katılımcıları

Araştırma nitel araştırmada eylem araştırması türünde desenlenmiştir. Eylem araştırmaları; uzman araştırmacıların yürütücülüğünde, uygulayıcıların ve probleme taraf olanların da katılımıyla, var olan uygulamanın eleştirel bir değerlendirmesini yaparak, durumu iyileştirmek için alınması gereken önlemleri belirlemeyi amaçlamaktadır (Karasar, 2003). Aşağıdaki Tablo 2’de araştırma sürecinin daha net anlaşılması amacıyla uygulama ve değerlendirme süreçleri özetlenmiştir.

Tablo 2. Araştırma süreci

	1. Aşama	2. Aşama	3. Aşama	4. Aşama	5. Aşama
İşlem	Uygulama: Yönlendirme olmaksızın hava sıcaklığının ölçümü	Değerlendirme: Sıcaklığa ilişkin mevcut bilgilerin ve ölçme becerilerinin sınıf ortamında sorgulanması/ değerlendirilmesi	Uygulama: STBE etkinlikleri	Proje hazırlama	Değerlendirme Termometre tasarımlarının değerlendirilmesi
Kullanılan araçlar	Termometreler	<i>Etkinlik çalışma yaprağı</i> (Ek.1)	1.Buz etkinliği 2.John Locke etkinliği 3.Farklı türde termometre etkinliği	Öğrenci projeleri sonucu tasarlanan termometreler	<i>Termometre değerlendirme formu</i> (Ek.2)

Araştırmanın katılımcıları; Batı Anadolu’da yer alan ilçe devlet ortaokulunun beşinci (N=19 kız; N=15 erkek), altıncı (N=12 kız; N=13 erkek), yedinci (N=14 kız; N=11 erkek) ve sekizinci (N=11 kız; N=14 erkek) sınıfında öğrenim görmekte olan toplam 109 ortaokul öğrencisi ve bu okulun bağlı olduğu il merkezinde yer alan bir devlet üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği ABD. 3. sınıfta öğrenim görmekte olan 77 öğretmen adayı (N=37 erkek; N=40 kadın) oluşturmaktadır. Farklı eğitim düzeylerine sahip olan öğrencilerin sıcaklık kavramına ilişkin bilgilerinin ve ölçme becerilerinin sorgulanması ve karşılaştırılması imkân tanıyabilecek çalışma grubunun belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabilir durum örneklemeyle katılımcılar seçilmiştir. Böylelikle karşılaştırmalı araştırma yapabilmek amacıyla çalışmanın amacı bağlamında bilgi açısından zengin bir örnekleme seçilmeye çalışılmıştır. Ayrıca zaman, para ve işgücü açısından var olan sınırlılıklar nedeniyle örneklemin kolay ulaşılabilir ve uygulama yapılabilir birimlerden seçilmiştir.

Araştırmanın uygulamaları ve veri toplama

Çalışmanın birinci aşamasında; öğrencilere “Şu anda havanın sıcaklığı nedir? Nasıl ölçeriz?” sorusu yöneltilerek termometreler dağıtılmış ve hiçbir yönlendirme ve ek bilgi verilmeksizin hava sıcaklığını ölçmeleri ve sonuçlar ile birlikte araştırmacılarca geliştirilmiş çalışma yapraklarına (Ek.1) bu süreci özetlemeleri istenmiştir. Çalışma yaprağında hava sıcaklığının ölçüm sürecini ve elde edilen ölçüm sonucunu değerlendirmek ve ölçüm sonucuna ilişkin öğrencilerin düşüncelerini belirlemek amacıyla sorulara yer verilmiştir. Öğrencilerin termometre kullanma becerilerini ve ölçme sonuçlarına ilişkin düşüncelerini değerlendirmek

için hazırlanan çalışma yaprağı uzman görüşleri ve pilot çalışmalar neticesinde şekillendirilmiştir. Rehberli sorgulama gereği öğretmen, hava sıcaklığı ölçümü problemine ilişkin öğrencilerin kendi çözüm yöntemlerini geliştirmelerini beklemiştir. 2-3 kişilik gruplara ayrılan öğrenciler dağıtılan termometreler ile istedikleri yer (gölge, güneş, dış mekan, iç mekan vb.) ve yöntem ile (termometre tutuş, zemin, çoklu ölçüm vb.) havanın sıcaklığını ölçmüşlerdir. Sonrasında sınıf içi tartışmalarda araştırmacı tarafından, öğrencilerin veri toplama ve ölçüm tekniklerinin sorgulandığı açık uçlu sorular yöneltilmiştir. Bu sorular önceden yapılandırılmamış, yaklaştırılmak istenen kavrama ilişkin öğrencilerin düşünceleri doğrultusunda rehberli sorgulama ışığında o anda oluşturulmuştur.

İkinci aşamada gruplar hava sıcaklığına ilişkin bir ölçüm sonucuna varmaya çalışarak; ölçme ve sıcaklığa ilişkin bilgi, beceri ve davranışlarını ortaya çıkarmayı hedefleyen sorular sorulmuştur. Öğrencilerin kendi aralarındaki tartışmaları, sıcaklık ölçümü yaparken izledikleri yöntemler ve mevcut bilgiler, araştırmacılar tarafından not edilmiştir. Etkinliğin sonunda gruplar sonuçlarını sınıf ile paylaşarak sınıfta tartışma ortamı oluşturulmuştur.

Çalışmanın üçüncü aşamasında okul kitaplarında (buz etkinliği, farklı türde termometreler) ve alan yazında (John Locke etkinliği) yer alan ancak araştırmacılar tarafından sınıf seviyesine göre yeniden gözden geçirilmiş etkinliklere yer verilmiştir. Son olarak da araştırmacılar tarafından geliştirilen 'termometre tasarımı etkinliği' uygulanmıştır. Bu etkinliklerin seçilme nedenleri öğrencilerin sıcaklık kavramının doğasına yaklaştırmak ve sıcaklığa bağlı değişkenlere dikkat çekmektir. Aşağıda araştırma sürecinde uygulanan etkinlikler açıklanmıştır.

Buz etkinliği

Buz etkinliğinde aynı sıcaklıkta bulunan farklı miktarlarda (Örn. bir sürahi su -1,5 L ve bir su bardağı suyun - 200mL) suların yer aldığı kapların içerisine aynı kütlede buz küpleri bırakılır (Şekil 1). Kapların ağızları streç film ile kapatılır ve kapalı ortam oluşturulur. Öğrencilere hangi buzun önce eriyeceği sorulur; tahminlerini not etmeleri istenir. Buzların erime süreleri tespit edildikten sonra sorular ile mevcut gözlemde öğrencilerin bilimsel bir açıklama getirebilmeleri teşvik edilir.



Şekil 1. *Buz etkinliğinden görüntüler*

John Locke etkinliği

Etkinlik John Locke tarafından 1690 yılında gerçekleştirilen basit deneyi konu almaktadır. Üç özdeş kaba aynı miktarda, sıcak (~ 38 °C), ılık (~22 °C) ve soğuk su (~0 °C) sıralaması ile sular konulur. Öğrencilerden ilk önce bir elini sıcak, diğerini ise soğuk su içerisinde bir süre tutması istenir (Şekil 2). Eller bu sular içerisinde bir süre bekledikten sonra hiç zaman kaybetmeksizin çıkarılarak ortada bulunan ılık suya sokmaları istenir. Bu durumda ılık suyun soğuk mu? yoksa sıcak mı? olduğu sorularak bir karar verilmesi beklenir. Burada sıcaklığın duyularımızla tanımlanmasının yanıltıcılığı nedeniyle etkinliği gerçekleştiren öğrenci bir karar verememektedir. Etkinlikte katılımcılara aynı suyu bir elimiz sıcak hissederken diğer elimiz soğuk hissetmesinin nedeni sorularak tartışma ortamı oluşturulmuştur.



Şekil 2. John Locke etkinliğinden görüntüler

Farklı türde Termometre etkinliği

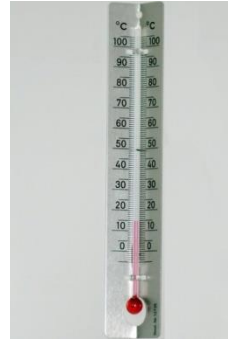
Farklı türlerde termometre etkinliği Oğuz-Ünver (2015)'den uyarlanmıştır. Etkinlikte sıcaklık ölçme aracı termometrenin gerçekte ne olduğunu ve hangi prensibe göre çalıştığı sorgulanmıştır. Bunun için aşağıdaki Şekil 3'deki örnekleri sunulan bazı termometre türleri öğrencilere dağıtılarak öğrencilerin termometrelere ilişkin gözlem yapımları beklenmektedir.



Civa hazneli termometre



Alkol hazneli termometreler



Maksimum ve minimum termometre



Klinik termometre



Dijital termometreler



Galileo termometresi

Şekil 3. Farklı türde termometreler etkinliğinde kullanılacak termometrelere ilişkin örnekler

Etkinliklerde amaç, öğrencilere termometrenin çalışma prensibinden yola çıkılarak sıcaklık kavramını algılamaları ve öğrencilerin maddenin makro niceliklerinin değişimini göz önünde bulunarak kendi termometrelerini geliştirmelerinde fikir verebilmektedir.

Çalışmanın dördüncü aşamasında öğrencilerden sıcaklığın parametrelerinden yola çıkarak bir termometre tasarımı yapımları istenir.

Termometre tasarımı etkinliği

Önceki üç etkinlikte sıcaklık kavramına ilişkin bilgi ve ölçümüne ilişkin temel becerilerin kazandırılmaya çalışıldığı katılımcı grubuna sıcaklık ölçümünün farklı parametreler (*sıvıların*

hacimlerinin değişmesi, katuların uzunluğunun değişmesi, sabit hacimdeki bir gazın basıncının değişmesi, sabit basınçtaki bir gazın hacminin değişmesi, bir iletkenin elektrik direncinin değişmesi, cisimlerin renk değiştirmesi) üzerinden yapabileceğini fark etmeleri amaçlanmıştır. Gönüllü katılımcılardan basit ve ucuz malzemeler kullanarak verilen parametrelerden birini kullanarak kendi termometrelerini tasarlamaları istemiştir. Öğrencileri yönlendirmemek adına malzemeleri kendileri temin etmişlerdir. Bu sırada öğrencilerin tasarım fikirlerine müdahale etmeden yardımcı olunmuştur. Bu etkinlik bir bakıma öğretim sürecinin öğrencilerdeki etkililiğinin bir değerlendirmesidir.

Araştırmada kullanılan diğer bir veri toplama aracı ise termometre tasarımlarının değerlendirilmesine imkân tanıyan Oğuz Ünver (2015) tarafından geliştirilen termometre değerlendirme formudur (Ek.2). Değerlendirme formu (1) Termometre gerçeğe ne kadar yakın? (2) Termometre hangi ilkeye göre tasarlanmış? (3) Termometre hangi maddelerin sıcaklığını ölçüyor? (4) Termometrenin tasarımı ve işlevselliği nasıl? sorularına karşılık gelen dört ana temada oluşturulan ve proje ürünlerinin değerlendirmesine imkân tanıyan bir ürün değerlendirme ölçme aracıdır. Böylece öğrencilerin sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak STBE anlayışıyla gerçekleştirdikleri etkinlikler sonrası elde ettikleri bilgi ve becerilerin proje ürünleri olan termometrelerin tasarımına aktarılabilme düzeyleri değerlendirilme imkânı bulunmaktadır.

Verilerin Analizi

Katılımcıların çalışma yapraklarından elde edilen veriler içerik analizi ile incelenmiştir. İçerik analizinde temel amaç, toplanan verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmaktır. Yıldırım ve Şimşek, (2011: 227)' e göre içerik analizi süreci şu şekilde gerçekleştirilir, veriler derin analize tabi tutulur. Bu amaçla toplanan verilerin önce kavramsallaştırılması daha sonra da ortaya çıkan kavramlara göre mantıklı bir biçimde organize edilerek temaların saptanması gerekmektedir. Bu aşamada araştırmacı, elde ettiği bilgileri inceleyerek, anlamlı bölümlere ayırır ve her bölümün kavramsal olarak ne anlam ifade ettiğini anlamaya çalışır. Oluşturulan anlamlı bölümlere tanımlayıcı isimler yani kodlar verilir. Verilen bu kodlar; araştırmacının kendisinden, okuduğu alan yazından ya da verinin içinden çıkarılabilir. Bu çalışmada kullanılan kodlama yöntemi, toplanan verilerden elde edilen kavramlara göre yapılan kodlamadır. Veriler, araştırmacı tarafından birçok kez okunarak araştırmanın problemleri doğrultusunda kişilerin yazılı ifadelerine bağlı kalınarak kodlanmıştır. Kodlar öncelikle serbest kodlar şeklinde hazırlanmış, daha sonra bu serbest kodlar özelliklerine bağlı olarak belli temalar altında gruplandırılmıştır.

Araştırmanın veri toplama araçlarından bir diğeri öğrenciler tarafından tasarlanan termometrelerdir. Gönüllü öğrenciler tarafından tasarlanan termometreler; Oğuz-Ünver (2015) tarafından geliştirilen termometre değerlendirme formu ile üç uzman tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiş ve puanlanmıştır.

BULGULAR

Sıcaklığın Ölçümünden Yola Çıkarak Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Sıcaklık Kavramı Düşünceleri

Öğretmen adaylarının havanın sıcaklığını ölçmeleri sonucu, çalışma yapraklarından ve sınıf içindeki tartışma ortamından elde edilen veriler Tablo 3'de termometrenin kullanım şekli, hava sıcaklığın ölçüldüğü ortam ve termometrenin yapısı başlıkları altında temalandırılmıştır.

Tablo 3. Öğretmen adaylarının hava sıcaklığı ölçümlerine ilişkin bulguları

Tema	Kod
Termometrenin Kullanım Şekli	Termometreyi dik tutmak
	Termometreyi yalıtkan bir madde ile asarak sabitlemek
	Termometreyi yatay tutmak
Hava Sıcaklığının Ölçüldüğü Ortam	Rüzgarda
	Önce gölge sonra güneşli ortamda ölçüm ve ortalaması
	Termometrenin yerden yüksekliği
Termometrenin Yapısı	Termometrede kullanılan sıvının türü
	Termometrede kullanılan sıvının rengi

Öğretmen adaylarına dağıtılan çalışma kâğıdında, dikkati toplama sorusu “havanın sıcaklığını nasıl ölçtünüz?” dür. Öğrenciler sıcaklığı yerçekimi ile ilişkilendirerek termometrenin dik tutulması gerektiğini vurgulamışlardır.

ÖA3 “Termometreyi dik tutarak ölçtüm. Çünkü yerçekimini dâhil etmeliyim”, ÖA43 “Termometreyi dik tutarak ölçtüm. Çünkü dik konumda olduğu zaman yer çekimine karşı maksimum etki edeceğinden doğru sonucu alırız.”

şeklinde cevaplar alındı. Öğrencilere, termometreyi neden yatay konumda tutmadıkları sorulduğunda, öğrencilerin verdikleri cevaplardan elde edilen bulgular,

ÖA7“Çünkü yatay konumdayken termometreye gelen güneş ışınları dik olur. Bu durumda doğru sonucu alamayız.” ÖA21“termometre yatay konumdayken, güneş ışığı ile teması daha fazla olacağı için sıcaklık ölçümünü etkiler” ÖA1“termometre dengeli durmalıdır. Yatay konumda doğru ölçüm yapmaz.” ÖA13 “termometreyi ip gibi yalıtkan bir madde ile asılınca doğru sonuç alırız”

bazı öğrenciler ise dik tutmalarının sebebini;

ÖA22 “daha rahat okuyabiliriz.” ÖA30 “ben hep böyle gördüm.” ÖA63 “havanın sıcaklığını ölçmek için herhangi bir yere dik olarak asılmalıdır.”

şeklinde ifade etmişlerdir. Ayrıca öğrenciler termometrede kullanılan sıvının kullanımı etkilediğini vurgulamışlardır. Örneğin;

ÖA31 “yatay konumda tutsaydım içerisindeki cıva hareket ederdi.” ÖA62 “yatay konumda cıva hareketlidir.” ÖA71 “cıva akışkan olduğu için dik tutulmalıdır.” Ö52 “cıva sıvıdır, dökülmesin.”

Tüm bu tartışmaların ardından öğrencilere “Ateşimiz çıktığında koltuk atından vücudumuzun sıcaklığını nasıl ölçeriz?” sorusu yöneltildiğinde öğrencilerden termometrenin yatay olarak kullanılması gerektiğini belirtenler:

ÖA9 “cıva yatay konumda daha fazla genişler, o yüzden dik konulmamalıdır.” ÖA13 “Termometreyi yatay tutarak ölçtüm. Çünkü hava sıcaklığını maksimum alması için dışarıda yatay konumlandırılmalıdır”, ÖA15 “Termometreyi yatay konumdayken hava ile teması daha fazla olur. Buda ölçümü güvenilir duruma getirir.” , ÖA64 “termometre, yatay konumda hava ile daha çok temas var” .

türünde ilginç cevaplar alınmıştır. Öğrencilere “Termometrelerde camdan oluşan ince bir kılcal boru ve bir hazne yer almaktadır. Bu cam bölümün tamamı sıcaklığa duyarlı mıdır?” sorusuna;

ÖA38 “termometreyi tutarken cam boru kısmına dokunmadım. Çünkü elimin ısı termometreye geçebilirdi.” ÖA53 “termometreyi cam çubuğundan tutmadım çünkü elimin ısı geçirdi.”

şeklinde cevaplamışlardır.

Öğretmen adaylarına “havanın sıcaklığının ölçmek için nasıl bir planlama yaptınız? sınıfta anlatabilir misiniz?” sorusuna gelen yanıtlar rüzgarlı, önce gölge sonra güneşli ortamda ölçüm ve ortalaması ile termometrenin yerden yükseklik kodlarında yoğunlaşmıştır.

ÖA76 "Rüzgârlı havada rüzgârın farklı yönlerde esmesi sıcaklığı etkileyeceği için rüzgarlı havalarda ölçüm yapılamaz", ÖA48 "Rüzgar termometredeki sıcaklığı değiştirir", ÖA47 "Rüzgar termometredeki sıcaklığı düşürür" ifadesiyle rüzgarı vurgularken, ÖA3 "güneşli ortamda ölçtük çünkü gölge çok soğuktu" ifadeleriyle güneş ve gölge ortamları tartışmaya açılmıştır. Tartışmadaki diğer bir görüş ise

ÖA21 "güneş ışınları etki ettiği için ölçümlerin gölgede yaptık", ÖA51 "her konumda ayrı ayrı ölçümler alınarak aritmetik ortalaması bulunur, bu da havanın gerçek sıcaklığıdır", ÖA5 "sıcaklık ölçümlerini, güneş ışınların etki ettiği yer ve gölgede yaparak, ortalamasını aldık", ÖA1 "güneş ışınları dik gelince ısı birikiminden dolayı şeffaf bir ölçüm gerçekleşmez"

ifadeleri ile sıcaklık ölçümlerini gölge-güneş ve rüzgarlı ortamlarda ölçülmesi gerektiği tartışılmıştır. Öte yandan tartışma ortamında sorgulanan bir diğer nokta termometrenin konumudur.

ÖA8 "termometre ısı yalıtkanı toprağa temas ederek doğru sonuca ulaştık", ÖA22 "yukarı çıkıldıkça hava sıcaklığı düşeceğinden yerde ölçüm yaptık" ifadeleri ile yere yakın ölçümü tartışıldı. ÖA61 "amaç havanın sıcaklığını ölçmek olduğu için termometre toprağın sıcaklığından etkilenmemesi amacı ile, yerden yüksekte ısı yalıtkanı olan ağaç dalına asarak ya da tahta bankların üzerine koyarak ölçümü yaptık" ifadelerine rastlandı.

Öğretmen adaylarının termometrede olması gereken özellikler ile ilgili sorulara verdikleri cevaplarda, içerisinde kullanılan sıvı ve sıvının rengi üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Termometre içerisinde yer alan sıvının türü sorulduğunda gelen cevapların büyük bir kısmı termometrelerde cıva kullanıldığı, ancak bazı öğrencilerin cıva dışında alkolde kullanıldığı belirtilmiştir.

ÖA62 "termometre içerisinde bulunan sıvı her zaman cıva olmalıdır", ÖA81 "Termometrenin hassas olabilmesi için cıva kullanılmalıdır" ÖA53 "cıvalı termometreler, duyarlı ölçüm yapar", ÖA03 "cıva dışında kullanılacak farklı sıvılarda termometrenin boyunun uzamasına neden olacaktır", ÖA27 "cıvanın donma sıcaklığı yüksek olduğu için termometrelerde kullanılmalıdır" Aynı öğretmen adayına donma sıcaklığı ile ne kastettiği sorulduğunda, "cıva oda sıcaklığında sıvı olmasından dolayı daha doğru ölçüm yapar"

şeklinde ifade edildi. Bu tartışmalarda termometredeki sıvının cıva olması gerekliliği üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Buna karşın cıva yerine farklı sıvılarda kullanılabileceğini belirten düşünceler, öğretmen adaylarınca ifade edilmiştir.

ÖA22 " Termometreye alkol konulmalı çünkü donma sıcaklığı düşük olduğu için ölçüm aralığı daha geniştir" ÖA12 "Termometrelerde cıva yerine başka bir sıvı kullanılmalı, çünkü cıva metalle etkileşime geçer".

Dikkat çeken bir diğer ifade ise

ÖA51 "kırmızı renkli sıvıya sahip termometreler sıcağa duyarlı, mavi renkli olanlar soğuya duyarlıdır"

Öğretmen adaylarının bu konuda verdikleri cevaplar incelendiğinde termometrede kullanılan sıvının cıva olması ya da başka bir sıvı olması üzerine yoğunlaştığı ayrıca kullanılan sıvıların renklerine de bir anlam yükledikleri görülmüştür.

Sıcaklığın Ölçümünden Yola Çıkararak Ortaokul Öğrencilerinin Sıcaklık Kavramına İlişkin Düşünceleri

Ortaokul öğrencilerinin havanın sıcaklığını ölçmeleri sonucu, çalışma yapılarından ve sınıf içindeki tartışma ortamından elde edilen veriler Tablo 4'de termometrenin kullanım şekli, hava sıcaklığın ölçüldüğü ortam ve termometrenin yapısı başlıkları altında temalandırılmıştır.

Ortaokul öğrencilerine dağıtılan çalışma kâğıdında, dikkati toplama sorusu "havanın sıcaklığını nasıl ölçtünüz?" ifadesidir. Öğrenciler sıcaklığı ölçerken termometrenin dik ya da yatay tutulmasının önemli olmadığını vurgulamışlardır. Örneğin, ÖÖ5 "Termometreyi dik tutarak ölçtüm, sonra yatay olarak ölçtüm", Ortaokul öğrencisine neden iki farklı konumda ölçüm yaptığı sorulunca "ölçümün değişip değişmediğini görmek istedim" şeklinde cevaplamıştır. Benzer bir

yanıtı OÖ42 “Termometreyi çapraz tutarak ölçtüm. Çünkü dik konumda bulduğum değerle karşılaştırmak istedim.” şeklinde yanıtlanmıştır.

Tablo 4. Ortaokul öğrencilerin hava sıcaklığı ölçümlerine ilişkin bulguları

Tema	Kod
Termometrenin Kullanım Şekli	Termometreyi dik tutmak
	Birden çok ölçüm yapmak
	Farklı termometre kullanmak
Hava Sıcaklığının Ölçüldüğü Ortam	Termometre yüksekliği
	Önce gölge sonra güneşli ortamda ölçüm ve ortalaması
Termometrenin Yapısı	Termometrede kullanılan sıvının türü

Öğrencilere, termometreyi neden yatay konumda tutmadıkları sorulduğunda, öğrencilerin verdikleri cevaplardan aşağıda yer almaktadır,

OÖ7“Çünkü termometreyi dik yada yatay tutmak önemli olsaydı, termometreyi ona göre yaparlardı.” OÖ1“termometreyi düz kullanmalıyız, çünkü üzerinde yer alan rakamları daha kolay okuyabiliriz.”OÖ10“termometreyi ters kullanamayız, çünkü içerisinde yer alan sıvı akar.”

Bazı öğrenciler ise dik tutmalarının sebebini; OÖ12 “daha rahat okuyabiliriz.” OÖ20 “öğretmenimden böyle gördüm.” şeklinde ifade etmişlerdir. Ortaokul öğrencilerine Ölçüm sonuçlarınıza güveniyor musunuz” sorusuna verdikleri cevaplarda; tekrarlı ölçümler yapıldığı, farklı termometrelerin kullanıldığı ve farklı noktalarda ölçüm yaparak sonuçlarına güvendiklerini ifade edildiği görülmüştür. Örneğin;

OÖ31 “farklı termometreler kullanarak ölçümü tekrarladığım için sonucuma güveniyorum.” OÖ71 “diğer gruptaki arkadaşlarımda benimle aynı sonucu buldu.” OÖ11 “Aynı termometre ile farklı arkadaşlarımla birden çok ölçüm yaptığım için sonuç doğrudur.” OÖ52 “Termometre ile birden çok ölçüm yaptım, sonrasında ölçümlerin ortalamasını aldığım için sonucuma güveniyorum.”

Termometrenin dik tutularak kullanılması gerektiğini vurgulayanların yanı sıra yatay olarak kullanılması gerektiğini belirtenler görülmüştür. OÖ19 “termometreyi beyaz zemine yatay koyarak etkilenmesini engelledim.” Bir diğer öğrenci OÖ15 “Termometreyi yatay olarak kâğıdın üzerine koydum” ifadesinde “neden kâğıdı seçtin?” sorusuna verdiği cevapta aynı öğrenci “termometre metalin üzerine konulmaz, çünkü metal sıcaklığını hemen termometreye verir” ifadesi dikkat çekicidir.

Öğrencilere “Termometrelerde camdan oluşan ince bir kılcal boru ve bir hazne yer almaktadır. Bu cam bölümün tamamı sıcaklığa duyarlı mıdır?” sorusuna; OÖ32 “termometreyi tutarken cam boru kısmına dokunmadım. Çünkü elimin ısı termometreye geçebilirdi.” ifadesinin yanı sıra bir diğer öğrenci OÖ54 “termometreyi sıvı haznesinden tutmadım çünkü elimin ısı geçerdi.” şeklinde cevaplamışlardır.

Ortaokul öğrencilerine “havanın sıcaklığının ölçmek için nasıl bir planlama yaptınız? sınıfta anlatabilir misiniz?” sorusuna gelen yanıtlar önce gölge sonra güneşli ortamda ölçüm ve ortalaması ile termometrenin yerden yükseklik kodlarında yoğunlaşmıştır. OÖ23 “güneşli ortamda ölçtük çünkü herkes gölgede ölçtü.”, OÖ22“termometre ile güneş ve gölgede hava sıcaklıklarını ölçerek karşılaştırmak istedik” ifadeleriyle güneş ve gölge ortamları tartışmaya açılmıştır. Tartışmadaki diğer bir görüş ise,

OÖ55 “Termometreyi ilk olarak kuma gömerek sıcaklığı tespit ettik. Daha sonra gölge ve güneşte ayrı ayrı ölçümler alınarak aritmetik ortalaması bulunur, bu değer havanın gerçek sıcaklığıdır”, OÖ31 “sıcaklık ölçümlerini, güneş ışınların etki ettiği yer ve gölgede yaparak, ortalamasını aldık”,

ifadeleri ile sıcaklık ölçümlerini gölge-güneş ve kum içerisinde ortamlarda ölçülmesi gerektiği tartışılmıştır. Öte yandan tartışma ortamında sorgulanan bir diğer nokta

termometrenin konumudur. OÖ3 “yukarı çıkıldıkça güneşe yaklaşıldığından, hava sıcaklığı yükselir. Bu yüzden yerde ölçüm yaptık” ifadeleri ile yere yakın ölçümü tartışılmıştır.

Ortaokul öğrencilerinin termometrede olması gereken özellikler ile ilgili sorulara verdikleri cevaplarda, içerisinde kullanılan sıvının türü üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Termometre içerisinde yer alan sıvının türü sorulduğunda gelen cevapların büyük bir kısmı termometrelerde su, cıva ve alkol kullanıldığı, ancak bazı öğrencilerin suyun kullanılmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Sekizinci sınıf öğrencisi OÖ61 “termometre içerisinde bulunan cıva; ısı aldığı anda çabuk yükselen, ısı verdiğinde ise çabuk alçalan sıvı olduğu için kullanılır.” şeklinde ifade etmiştir. Aynı öğrenciye “biri 110 °C diğeri 360 °C ölçebilen iki farklı termometre içerisinde bulunan sıvıların cıvadır, bu durumu nasıl açıklanabilir?” sorulduğunda;

OÖ61 “aynı ebattaki iki termometreden 360°C ölçebilenin içerisinde yer alan cıva 110 °C ölçebilen termometredeki cıvaya göre daha yoğundur.” OÖ81 “Termometrenin hassas olabilmesi için cıva kullanılmalıdır.”

Buna karşın cıva yerine farklı sıvılarda kullanılabileceğini belirten ifadelerde, ortaokul öğrencilerinde yer almaktadır.

OÖ32 “sıcaklığı cıvalı termometreler ölçerken, soğuk yerlerde alkollü termometreler kullanılır. OÖ11 “ Termometreye gıda boyası ile renklendirilmiş su veya alkolde kullanılabilir.” Dikkat çeken bir diğer ifade ise OÖ52 “termometre içerisinde su olursa akar.” OÖ21 “Termometrelerde cıva ve alkolün her ikisi de kullanılabilir. Su kullanılmaz. Çünkü su donduğunda genişler.” OÖ78 “Termometrelerde su buharlaştığı için kullanılmaz”

Ortaokul öğrencilerinin cevapları incelendiğinde termometrede kullanılan sıvının türü, termometrenin yapısı ve ölçmenin güvenilirliğine ilişkin çoklu ve farklı termometreler kullanılarak ölçümler öne çıkmaktadır.

Sıcaklığın Ölçümünden Yola Çıkararak Fen Bilgisi Öğretmen Adayları ve Ortaokul Öğrencilerinin Sıcaklık Kavramına İlişkin Düşüncelerinin Karşılaştırılması

Sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak fen bilgisi öğretmen adayları ve ortaokul öğrencilerinin sıcaklık kavramına ilişkin düşüncelerinin benzerlik ve farklılıkları Tablo 5’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 5. Öğretmen adaylarının ve ortaokul öğrencilerinin sıcaklık kavramına ilişkin düşüncelerinin karşılaştırılmasına ilişkin bulgular

	Temalar	Öğretmen Adaylarının Kodları	Ortaokul Öğrencilerinin Kodları
Farklı Temalar	Termometrenin Kullanım Şekli	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Termometreyi yalıtkan bir madde ile asarak sabitlemek ➤ Termometre yatay tutmak 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Birden çok ölçüm yapmak ➤ Farklı termometre kullanmak
	Hava Sıcaklığının Ölçüldüğü Ortam	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rüzgarda 	---
	Termometrenin Yapısı	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Termometrede kullanılan sıvının rengi 	---
Benzer Temalar	Termometrenin Kullanım Şekli	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Termometreyi dik tutmak 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Termometreyi dik tutmak
	Hava Sıcaklığının Ölçüldüğü Ortam	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Termometrenin yerden yüksekliği ➤ Önce gölge sonra güneşli ortamda 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Termometrenin yerden yüksekliği ➤ Önce gölge sonra güneşli ortamda

	ölçüm ve ortalaması	ölçüm ve ortalaması
Termometrenin Yapısı	➤ Termometrede kullanılan sıvının türü	➤ Termometrede kullanılan sıvının türü

Tablo 5’de yer alan bulgular incelendiğinde öğretmen adayları ve ortaokul öğrencilerinde dört benzer kod yer almıştır. Ortaokul öğrencilerinin yalnız termometrenin kullanım şekli temasında iki farklı kod yer almıştır. Bu kodlar öğretmen adaylarına göre daha kavram yanılığını içermemektedir. Hava sıcaklığının ölçüldüğü ortam ve termometrenin yapısı temalarında ortaokul öğrencilerinin, öğretmen adaylarından farklı kodları oluşmamıştır.

Fen Bilgisi Öğretmen Adayları ve Ortaokul Öğrencilerinin Tasarladıkları Termometrelerin Nitelikleri İlişkin Bulgular

Araştırmada gönüllü 35 ortaokul öğrencisi ile 46 fen bilgisi öğretmen adaylarının tasarladıkları termometrelerin nitelikleri (Termometre gerçeğe ne kadar yakın?; Termometre hangi ilkeye göre tasarlanmıştır?; Termometre hangi maddelerin sıcaklığını ölçüyor?; Termometrenin tasarımı ve işlevselliği nasıl?) ürün değerlendirme ölçeği ile değerlendirilmiştir.

Termometre gerçeğe ne kadar yakın? alt bölümüne ilişkin bulgular

Katılımcıların termometrelerde temel altı fiziksel özelliğin değişmesi durumunda sıcaklıklarının ölçümüne ilişkin tasarladıkları termometrenin gerçeğe yakınlığına ilişkin frekans ve yüzde değerleri Tablo 6’de sunulmuştur.

Tablo 6. Öğretmen adaylarının ve ortaokul öğrencilerinin tasarladıkları termometre gerçeğe ne kadar yakın? bölümüne ilişkin bulgular

Madde	Frekans							
	Öğretmen Adayı				Ortaokul Öğrencisi			
	Mevcut		Mevcut değil		Mevcut		Mevcut değil	
f	%	f	%	f	%	f	%	
Termometrenin ölçüm aralığı ne?	21	45,7	25	54,3	23	65,7	12	34,3
Termometre sürekli ölçüm yapabiliyor mu?	46	100	0	0	35	100	0	0
Termometre ölçümü belirli bir sürede yapabiliyor mu?	46	100	0	0	35	100	0	0
Termometrenin hassasiyeti nedir?	21	45,7	25	54,3	23	65,7	12	34,3
Termometrenin hata payı nedir?	21	45,7	25	54,3	23	65,7	12	34,3
Termometre doğru ölçüm yapıyor mu?	21	45,7	25	54,3	23	65,7	12	34,3
Termometrenin tutarlılığı nedir?	46	100	0	0	35	100	0	0

Değerlendirme formunun bu bölümünde, ölçüm aralığı ile kastedilen; sıcak-soğuk ortamda termometre üzerindeki fiziksel değişkenlerin izlenebilmesi veya aradaki farkların tespit edilebilmesi için görsel işaretler bulunmasıdır. Tablo 6’de görülüyor ki ortaokul öğrencilerinin tasarladığı termometrelerde ölçüm aralığı olanlar (%65,7) öğretmen adaylarında görülme oranından (%45,7) daha yüksektir. Yapılan kıkare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, ölçüm aralığı kriteri açısından anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($X^2= 3,224$ $sd=1$ $p = 0,73$). Bununla ilişkili olarak, ölçüm aralığı olmayan termometrelerin; hassasiyet, hata payı ve doğru ölçüm yapma kriterleri de değerlendirilememiştir.

Termometrelerdeki ölçüm aralığı derecelendirmeleri incelendiğinde 2-10 aralığında değişmektedir. Yani termometre aralıkları 2,4,6,8 veya 10,20,30,40 gibi aralıklar ile devam etmektedir. “Termometrenin hata payı nedir” sorusu ile; hata payı hassasiyetin yarısı olduğu için

bu madde doğrudan ilişkilidir. “Termometre doğru ölçüm yapıyor mu?” maddesinde doğru ölçümün niteliği; yapılmış olan termometrelerin sıcaklık değişimine karşı tepki vermesidir. Örneğin sıvı hacminin artması niteliği göz önünde bulundurularak yapılmış bir termometrede sıcaklık ile sıvının yükselmesi, soğuk ortamda sıvı seviyesinin alçalması anlamına gelmektedir. Bu kriterleri sağlayan termometreler öğretmen adaylarında 21 (%45.7) ve ortaokul öğrencilerinde 23 (%65.7) görülmüştür. Yapılan kıkare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, ölçüm aralığı kriteri açısından anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($X^2= 3,224$ sd=1 p= 0,73)

“Termometre sürekli ölçüm yapabiliyor mu?” maddesinde sürekli ölçümden kasıt/anlayış termometrenin on dakika içerisinde sabitlenerek ölçüm yapmasıdır. Her iki grubun termometreleri on dakika içerisinde birden çok ölçüm yapmaktadır. “Termometre ölçümü belirli bir sürede yapabiliyor mu?” maddelerinde, her iki grubunda tasarladığı termometrelerde bulunan özellik olarak görülmektedir. Her iki grubun tasarladığı termometreler birden çok ölçümü gerek sıcak gerekse soğuk ortamlara konulduğunda, termometrenin dayandığı çalışma niteliğine göre (fiziksel özellik) yaklaşık on dakika içerisinde sabitlendiği görülmüştür. Örneğin çalışma niteliği sabit basınç altındaki gazların hacim ilkesine dayanan termometrede (şekil 4a, 4b) sıcaklık farkından kaynaklanan fiziksel nitelik on dakika içerisinde sabitlenerek sıcaklık değeri okunabilmiştir.



Şekil 4a. Ortaokul öğrencisi tasarımı (örnek 73)



Şekil 4b. Öğretmen adayı tasarımı (örnek 28)

Termometre hangi ilkeye göre tasarlanmıştır? alt bölümüne ilişkin bulgular

Katılımcıların termometre değerlendirme formunun termometrenin tasarlandığı ilke bölümüne ilişkin frekans ve yüzde değerleri Tablo 7’de sunulmuştur.

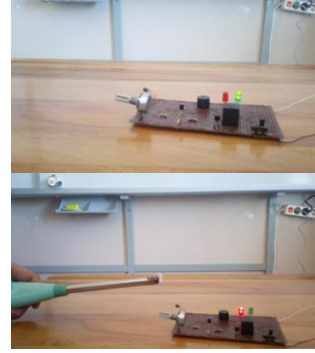
Tablo 7. Öğretmen adaylarının ve ortaokul öğrencilerinin tasarladıkları termometre hangi ilkeye göre tasarlanmıştır? bölümüne ilişkin bulgular

Madde	Öğretmen Adayı		Ortaokul Öğrencisi	
	f	%	f	%
Sıvıların hacim değişimi	46	100	25	71,4
Katıların uzunluk değişimi	0	0	0	0
Sabit hacimdeki bir gazın basınç değişimi	0	0	0	0
Sabit basınçtaki bir gazın hacim değişimi	0	0	9	25,7
Bir iletkenin elektrik direncinin değişimi	0	0	1	2,9
Çok sıcak cisimlerin renk değişimi	0	0	0	0
Diğer	0	0	0	0

Tablo 7 yer alan bulgular incelendiğinde öğretmen adaylarının tasarladığı tüm termometreler sıvıların hacim ilişkisine dayandığı görülmektedir. Buna karşın ortaokul öğrencilerinde sıvıların hacim ilişkisine göre tasarlanan termometre yüzdesi %71,4 iken sabit basınçtaki bir gazın hacim değişimi ilkesine göre tasarlanan termometre yüzdeliği %25,7 (şekil 5a) ve bir iletkenin elektrik direncinin değişimine dayanan ilkeye göre tasarlanan termometre yüzdesi %2,9 (şekil 5b) olduğu görülmüştür. Yapılan kıkare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, termometrenin tasarlanma ilkesi açısından anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($X^2= 14,994$ $sd=2$ $p= 0,01$).



Şekil 5a. Sabit basınçtaki bir gazın hacim değişimi ilkesi ile çalışan termometre ortaokul öğrencisi (örnek 72)



Şekil 5b. Elektrik direncinin değişimine dayanan ilkeye göre tasarlanan termometre ortaokul öğrencisi (örnek 81)

Termometre hangi maddelerin sıcaklığını ölçüyor? alt bölümüne ilişkin bulgular

Geliştirilen termometrelerin hangi maddelerin sıcaklığını ölçtüğü ortaya konulmuştur (Tablo 8). Maddenin her üç halinin sıcaklığını ölçebilen termometreler katı-sıvı-gaz şeklinde tanımlanmıştır. Yapısı ve boyutları itibariyle sadece sıvı maddelerin sıcaklığını ölçebilen termometreler sıvı olarak tanımlanırken (Şekil 6a), yapı ve boyut olarak katı ve maddelerin sıcaklığını ölçebilen termometrelere katı-gaz (Şekil 6b), sadece gazların sıcaklığını ölçebilen termometreler (Şekil 6c) gaz olarak tanımlaması yapılmıştır. Benzer bir tanımlama maddenin sıvı ve gaz hali için sıvı-gaz (Şekil 6d), şeklinde ifade edilmiştir.

Tablo 8. Katılımcıların tasarladıkları termometrelerin hangi maddelerin sıcaklığını ölçtüğü bölümüne ilişkin bulgular

	Katı-Sıvı-Gaz	Sadece Gaz	Sıvı-Gaz	Sadece Sıvı	Katı-Gaz
Öğretmen Adayı	40	4	1	1	0
Ortaokul Öğrencisi	25	9	0	0	1

Maddelerin katı-sıvı-gaz halinde bulunmaları durumunda da tasarlanan termometreler kullanılabilirken; öğretmen adaylarında 4, ortaokul öğrencilerinde ise 9 termometrenin sadece gazların sıcaklığını ölçebilecek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan kıkare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, termometrenin hangi maddelerin sıcaklığını ölçtüğü ilkesi açısından anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($X^2 = 2,115$ $sd=1$ $p= 0,146$).



Şekil 6a. Sadece sıvı maddelerin sıcaklığını ölçebilen termometre öğretmen adayı (örnek 46)



Şekil 6b. Katı-gaz maddelerin sıcaklığını ölçebilen termometre ortaokul öğrencisi (örnek 81)



Şekil 6c. Sadece gaz maddelerin sıcaklığını ölçebilen termometre (soldaki öğretmen adayı örnek 46, sağdaki ortaokul öğrencisi örnek 72)



Şekil 6d. Sıvı-gaz maddelerin sıcaklığını ölçebilen termometre (öğretmen adayı örnek 41)

Termometrenin tasarımı ve işlevselliği nasıl? alt bölümüne ilişkin bulgular

Geliştirilen termometrelerin tasarımı ve işlevselliği Tablo 9'de belirtilen niteliklerde değerlendirilmiştir.

Tablo 9. Öğretmen adaylarının ve ortaokul öğrencilerinin tasarladıkları termometre hangi ilkeye göre tasarlanmış? bölümüne ilişkin bulgular

Madde	Frekans							
	Öğretmen Adayı				Ortaokul Öğrencisi			
	Evet		Hayır		Evet		Hayır	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Termometrenin maliyeti düşük mü?	42	91,3	4	8,7	35	100	0	0
Termometre kolay kurulabiliyor mu?	45	98,8	1	2,2	35	100	0	0
Termometre kolay taşınabiliyor mu?	1	2,2	45	97,8	1	2,9	34	97,1
Termometreyi bağımsız bir kullanıcı kullanabilir mi?	45	97,8	1	2,2	35	100	0	0
Termometre ilgi çekici mi?	4	8,7	42	91,3	10	28,6	25	71,4
Termometrenin ilgiyi sürdürebiliyor mu?	4	8,7	42	91,3	10	28,6	25	71,4
Termometre sağlam ve dayanıklı mı?	5	10,9	41	81,1	10	28,6	25	71,4
Termometrenin kullanımı kolay mı?	46	100	0	0	35	100	0	0
Termometrenin depolanması kolay mı?	2	4,3	44	95,7	10	28,6	25	71,4
Termometrenin raf ömrü uzun mu?	4	8,7	42	91,3	2	5,7	33	94,3

Termometre maliyetleri değerlendirilmesinde piyasada satılan termometre fiyatlarından yararlanılmıştır. Termometre fiyatları özellik, üretimi için ayrılan zaman, kalite, işçilik ve markasına göre 10 TL ile 350 TL arasında değişmektedir. Bu çalışmada ortalama 50 TL üstünü

maliyeti yüksek olarak değerlendirmede bulunduk. Yapılan kikare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, termometrenin maliyeti açısından anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($X^2= 3,202$ $sd=1$ $p= 0,074$).

Kolay kurulabilme özelliği ile aranan kriter; termometre tasarlama ve kurgulanması aşamasında gereken zaman ve emek kolaylığıdır. Kolay taşınabilme ile ilgili aranan koşulda; termometrelerin hacim, kütle, boyut gibi özelliklerin yanı sıra termometreyi koruyucu bir dış yüzeyin bulundurulması taşınma sırasında görebileceği muhtemel zararları engelleyecektir. Bu madde ile ilgili Şekil 7’de kolay kurulamayan ve taşınamayan bir termometreye örnek gösterilmiştir. Yapılan kikare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, termometrenin kolay kurulabilme ve taşınabilme açısından anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($X^2 = 0,770$ $sd=1$ $p= 0,380$; $X^2 = 0,039$, $sd=1$ $p= 0,844$).

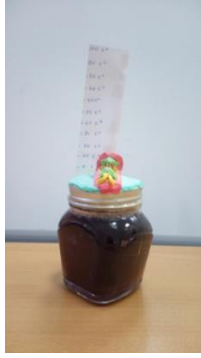


Şekil 7. Kolay kurulamayan ve taşınamayan termometre (öğretmen adayı örnek 43)

Geliştirilen termometrelerde ilgiyi çekme ve ilgiyi sürdürebilmede aranan nitelik kişide; çalışmasından yapımına kadar, kullanımından alternatif modellerinin üzerinde düşünmeye kadar merak duygusunu uyandırmak ve merak duygusunu sürdürebilmektir. Ayrıca ilgi çekici bir termometreyi farklı mekân ve koşullarda deneme isteği uyandırması ilgiyi sürdürebildiği şeklinde yorumlanmıştır. Yapılan kikare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, termometrenin ilgiyi çekme ve ilgiyi sürdürme özelliği açısından anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($X^2= 5,492$ $sd=1$ $p= 0,019$).

Termometrelerde sağlam ve dayanıklılık maddesi ile farklı mekân ve kullanıcılarında birden çok ölçüm sonunda termometreden parça kopması, dağılması deforme olması gibi nedenlerle kullanılamaz hale gelmesi kastedilmiştir. Öğretmen adaylarında bu koşulu sağlayan 5 termometre (%10,9), ortaokul öğrencilerinde ise 10 termometre (%28,6) geliştirilmiştir. Yapılan kikare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, termometrenin sağlamlık ve dayanıklılık özelliği açısından anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($X^2= 4,128$ $sd=1$ $p= 0,042$).

Termometrelerin depolanma özelliği için aranan kriterde saklama koşullarındaki raf düzeni, sıcaklık, nem, ışık ve termometrenin geometrik şekli gibi özel koşullar dikkate alınmıştır. Yapılan kikare testi sonucuna göre ise ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının tasarladıkları termometreler arasında, termometrenin depolanma özelliği açısından anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($X^2 = 9,242$ $sd=1$ $p=0,002$). Raf ömrü depolanma kolaylığı ile paralellik göstermektedir. Aşağıdaki şekilde saklanması kolay olmayan termometrelere örnekler verilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Depolanması kolay olmayan (solda öğretmen adayı örnek 02, sağda ortaokul öğrencisi örnek 60)

Sonuç olarak, her iki grupta da termometrenin maliyeti, kolay kurulabilirliği, bağımsız bir kullanıcı tarafından kullanılabilmesi, ilgiyi çekmesi-sürdürebilmesi, sağlamlık-dayanıklılık, depolanması maddelerinde ortaokul öğrencilerinin öğretmen adaylarına göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Özellikle ortaokul öğrencilerinin tasarladıkları termometrelerin ilgiyi çekmede, sürdürmede, depolama, sağlam ve dayanıklılıkta daha yüksek olduğu dikkat çekicidir.

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen bulgular alan yazın ile karşılaştırılarak tartışılmış ve yorumlanmıştır. Sonrasında gelecekte planlanan araştırmalara ışık tutabilmek adına öneriler sunulmuştur.

Tartışma

Bu araştırmada sıcaklık ölçümünden yola çıkarak sıcaklık kavramının sorgulanması neticesinde elde edilen bulgular tartışılmıştır. Bu başlık iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm hava sıcaklığının ölçülmesi etkinliği ile fen bilimleri öğretmen adayları ve ortaokul öğrencilerinde sıcaklık kavramına ilişkin ortaya çıkan çelişkiler değerlendirilmiştir. İkinci bölümde ise sıcaklığın madde üzerinde meydana getirdiği fiziksel parametrelere bağlı olarak ortaokul öğrencileri ve öğretmen adayları tarafından tasarlanan termometre ürünlerinin karşılaştırılması yer almaktadır.

Hava sıcaklığının termometre ile ölçülmesi sonucunda oluşan çelişkilere ilişkin tartışma

Ortaokul öğrencilerinin hava sıcaklığının ölçülmesi etkinliği ile çekici ve uyarıcı bir etki oluşturarak, sıcaklık kavramını sorgulamaları sağlanmıştır. Bu bölümde hava sıcaklığının ölçülmesi etkinliği ile fen bilgisi öğretmen adaylarının ve ortaokul öğrencilerinin sıcaklık kavramına yönelik ön bilgileri ortaya çıkarılmış, benzerlik ve farklılıklar karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde öğretmen adaylarının ve ortaokul öğrencilerinin sıcaklık kavramına ait ön bilgileri arasındaki farklar termometrenin kullanım şekli, hava sıcaklığının ölçüldüğü ortam ve termometrenin yapısı temalarında farklı kodlarla yer almaktadır.

Termometrenin kullanım şeklinde dik tutma kodu altında yer alan çelişkiler şunlardır; yerçekimi, termometredeki sıvının yer değiştirmesi, termometrenin tüm yüzeyinin sıcaklığa karşı duyarlı olması ve güneş ışığını alışı açısı. Hava sıcaklığını ölçerken ortaokul öğrencileri tarafından termometreyi dik ve yatay tutmalarının nedeni; her iki durumda da sonucun değişip değişmediğini gözlemlemek olduğu ifade edilmiştir. Ölçme aracı olan termometreyi dik ya da yatay tutmanın sorgulanması ile herhangi bir kavram çelişkisine yol açmadığı görülmüştür. Diğer taraftan fen bilgisi öğretmen adayları termometreyi dik tutmalarının nedenini yerçekimine, yatay tutulması durumunda termometre içerisinde yer alan sıvının farklı hareket edeceğine, termometre ile teması en aza indirme ve güneş ışınlarının geliş açılarına bağladıkları görülmüştür. Böyle bir çelişkinin ortaya çıkması bazı hassas kavramların özellikle sıcaklık, ısı,

enerji ve yerçekimi konularında ön bilgilerden kaynaklandığı düşünülebilir (Karakuyu, 2006; Çekiç, 2004).

Fen bilgisi öğretmen adaylarında termometrenin kullanım şekli temasında yer alan termometreyi yalıtkan bir madde ile asma ve termometreyi yatay tutma kodu ortaokul öğrencilerinde yer almamıştır. Diğer taraftan araştırmanın bulgularında yer alan termometrenin kullanım şekli temasında, havanın sıcaklığını ölçme işlemini birden çok ölçüm yapma ve farklı termometreler kullanma kodları ortaokul öğrencilerinde yer alırken fen bilgisi öğretmen adaylarında yer almamaktadır. Bu sonuç, Yürümezoğlu ve Oğuz (2009)'un çalışmasında yer aldığı gibi çocukların yetişkinlere göre daha az bilimsel bilgi ve en önemlisi kavram yanlışlarının azlığı ile daha nitelikli/sade akıl yürütebildiklerini, sistemli ve değişkenli düşünmeyi deney sırasında elemine edebilmeyi başarabildiklerini göstermektedir.

Havanın sıcaklığının ölçüldüğü ortam temasında, termometrenin yerden yüksekliği ve önce gölge sonra güneşli ortamda ölçüm yapılarak ortalamasının alınması kodları fen bilgisi öğretmen adayları ve ortaokul öğrencileri için ortaktır. Benzer şekilde Korkmaz ve Kaptan (2002)'in çalışmasında da öğrenciler güneşin sıcaklık yaydığını veya sıcaklığın bir enerji çeşidi/şekli (Korkmaz ve Kaptan, 2002; Bayram, 2010) olduğu ifade edilmiştir. Diğer taraftan rüzgar kodu sadece öğretmen adaylarında görülmektedir. Bu durum bilimsel süreç becerilerinde yer alan değişkenleri belirleme, değişkenleri değiştirme ve kontrol etmenin önemini tartışmasız ortaya koymaktadır. Ateş (2005)'in çalışmasında belirttiği gibi; bilimsel bir çalışmada önemli bir yere sahip olan değişkenleri belirleme ve kontrol etme konusunda kullanılan bağımlı-bağımsız değişkenlerin önemini ortaya çıkarmıştır. Bir başka ifade ile çalışma sonucunu etkileyecek veya etkilemesi muhtemel diğer bütün değişkenlerin tespit edilmesinin önemini ortaya çıkarmıştır.

Termometrenin yapısı temasında termometrede kullanılan sıvının türü çok tartışılmıştır. Ortaokul öğrencileri ile fen bilgisi öğretmen adaylarında termometredeki sıvının cıva yada alkol olması gerekliliğini; daha hassas ölçüm yapabilmeleri şeklinde açıklamışlardır. Ortaokul öğrencilerinin suyu kullanmama nedeni olarak suyun donduğunda hacminin artması şeklinde ifadelendirmiştir. Aynı soruya fen bilgisi öğretmen adaylarının geliştirdiği açıklamada; su kullanılması durumunda termometrenin boyunun uzamasına neden olacağını ifade ederek termometre yapısını basınçla ilişkilendirmiştir. Öğretmen adaylarının eğitim yaşantılarının ilk dönemlerinde suyun deniz seviyesinde kaynama noktasının değişimi açık hava basıncı ile açıklanmıştır. Ancak bu durum öğrencilerin sıcaklık ve basınç kavramlarını birbiri ile ilişkilendirerek açıklamaya çalışmalarına yol açmış olabilir. Bilgi edinimi önceden var olan kavramlarla başladığı düşünülürse bu ilişkilendirme Yağbasan ve Gülçiçek (2003)'in ifade ettiği gibi; öğrencilerin formal fen derslerine katılmadan önceki bilgi birikimleri ve olguları algılama şekillerinin önemini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, sıcaklığın nasıl ölçülebildiğinden yola çıkarak sıcaklık kavramının tanımlanabileceği; bunun için de sıcaklığın maddenin fiziksel durumlarına bağlı olduğu öğrencilerce bir etkinlik dâhilinde denemiştir. Farklı türde termometrelerin dayandığı çalışma prensibi; sıcaklığın sıvının genişmesini sağladığı, sabit basınçtaki gazın hacim değişikliği ve bir iletkenin elektrik direncinin değişimi gibi fiziksel parametreler öğrencilerce gözlenmiştir. Benzer şekilde, Young, Freedman ve Ford (2008)'a göre sıcaklık, maddeye ait moleküllerin kinetik enerjisine bağlıdır. Bu durum sıcaklık kavramını ısı ile karmaşık bir ilişki içerisine sokmaktadır. Bu yüzden sıcaklığı açıklamak için iyi bir giriş olmayacaktır. Sıcaklık moleküler düzeye inilmeden de tanımlanabilir. Çünkü sıcaklık maddenin fiziksel durumuna bağlıdır. Buna karşın Radtka (2013) çalışmasında; 1950'li yıllarda İngiltere'de yayımlanan ders kitaplarında ısının biyolojik yapılanmasını da içermektedir (sıcakkanlı ve soğukkanlı hayvanlar arasındaki farklar, kışın sıcaklığı koruma stratejileri gibi). 21. yüzyıl İngiliz ders kitaplarında ısı ile ilgili çalışmalara özel bir bölüm ayırmaktadır. Ayrıca sıcaklığında yer aldığı ve maddenin parçacık modelini içeren bölümler yer almaktadır.

Tasarlanan termometrelerin niteliklerine ilişkin tartışma

Dorris (1991)'e göre öğrencilerin bilimsel kavramları anlama ve kullanma becerilerini anlamak için öğrenci etkinlikleri birçok açıdan incelenmesi gerekir. Bu açıdan öğrencilerin bilimsel deneyimleri gözlemlenmelidir (Akt: Korkmaz ve Kaptan, 2002). Bu açıdan araştırmada

ortaokul öğrencileri ile fen bilgisi öğretmen adaylarının tasarladıkları ürünler değerlendirilmiştir. Ortaokul öğrencilerinin tasarladığı termometrelerde termometre değerlendirme formunda; ölçüm aralığı, hassasiyet, hata payı ve doğru ölçüm yapma kriterlerinde öğretmen adaylarına göre anlamlı fark olmamasına rağmen daha başarılı oldukları tespit edilmiştir. Bu durum Yürümezoğlu ve Oğuz (2009)'un belirttiği gibi sorgulama temelli bilim eğitimi çerçevesinde işlenen derslerde etkinlikler doğru bir rehberlik ile yüksek katılımcı ortamlarda yapıldığında çocukların en az yetişkinler kadar başarı gösterdikleri daha az zihinsel karmaşalara maruz kaldığı ifadesi ile örtüşmektedir. Bir başka çalışmada Korkmaz ve Kaptan (2002), bilimsel kavramları anlama ve kullanma açısından öğrenci ürünleri incelendiğinde ilköğretim öğrencilerin bilimsel kavramları yansıtarak ürün geliştirdiklerini ifade etmişlerdir.

Termometre değerlendirme ölçeğinin, "*Termometre Hangi İlkeye Göre Tasarlanmış*" alt bölümünde yer alan bulgularda; fen bilgisi öğretmen adaylarının tasarladıkları termometrelerinin tamamı sıvıların hacim değişimi ilkesine göre oluşturulmuştur. Buna karşın ortaokul öğrencilerinin tasarladıkları termometrelerde sıvıların hacim değişimi ilkesinin dışında sabit basınçtaki bir gazın hacim değişikliği ile bir iletkenin elektrik direncinin değişimi ilkelerine dayanan ürünlerde oluşturulmuştur.

Termometrenin Hangi İlkeye Göre Tasarlanmış alt bölümünde yer alan termometrenin kullanım kolaylığı kriteri hariç diğer kriterlerde veriler farklılaşmaktadır. Termometrenin maliyeti, kolay kurulabilmesi ile taşınabilmesi, termometrenin bağımsız bir kullanıcı tarafından kullanılabilme ve raf ömürleri kriterleri açısından ortaokul öğrencileri fen bilgisi öğretmen adaylarından daha iyi durumdadır. Termometrenin ilgiyi çekmesi, sürdürmesi, sağlam ve dayanıklılık ile depolanma özellikleri kriterleri açısından anlamlı fark tespit edilmiştir. Sorgulamaya dayalı öğrenme ortamları, öğrencilerin fen ve teknoloji okur-yazarı olabilmeleri için, araştırma süreçlerine uygun olarak düşünmeyi öğrenebilmeleri ve bu süreçlere ilişkin davranış geliştirebilmeleri noktasında gerekli olabilecek her türlü alt yapıya sahiptir (Duban, 2008). Çocuklar, çevrelerine meraklı gözlerle bakan küçük birer bilim adamı gibidirler. Çevrelerine ilgi duyarlar, gözlemledikleri olayların nedenlerini merak ederler ve bunlara anlam vermeye çalışırlar. Bu çabalar neticesinde, çeşitli düşünceler üretir (Laçin-Şimşek ve Tezcan, 2008) olmaları bu farkı açıklayabilir.

Sonuç

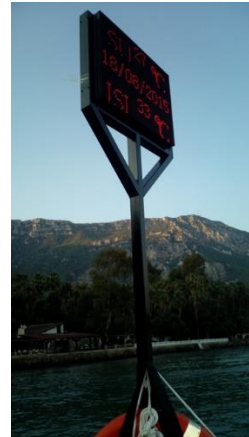
Sıcaklık kavramına ilişkin bu çalışmada öğretmen adaylarının en çok termometrenin kullanım şekli, hava sıcaklığının ölçüldüğü ortam ve termometrenin yapısı temalarında verdikleri cevaplarda çelişkiler görülmüştür. Bu çelişkiler termometrenin kullanım şekli temasında; termometreyi yalıtkan bir madde ile asarak sabitlemek ve termometreyi yatay tutmak kodunda yoğunlaşmıştır. Termometreyi yalıtkan bir madde ile asarak sabitlemenin nedenini yerçekimine bağladıkları görülmüştür. Yine aynı temada yer alan yatay tutma durumunu güneş ışıklarının geliş açısına bağladıklarını ifade ederek önceki öğrenim hayatlarında edindikleri bilgileri termometrenin kullanım temasına uyarlamakta yanılıya düşmüşlerdir. Hava sıcaklığının ölçüldüğü ortam temasında yer alan rüzgar kodu ile termometrenin yapısı temasında yer alan termometrede kullanılan sıvının rengi kodu ortaokul öğrencilerinde yer almadığı görülmüştür. Bu sonuçlar bize termometreyi kullanırken, hava sıcaklığının hangi ortamlarda ölçülmesi gerektiğinden ve termometrenin yapısı ile ilgili kavramları anlamada öğretmen adayları ortaokul öğrencilerine göre daha çok zorlandığını göstermiştir.

Ortaokul öğrencilerinin termometrenin kullanım şekli temasında; birden çok ölçüm yapması, farklı termometre kullanması yada sonuçlarını arkadaşları ile karşılaştırması sorgulama temelli bilim eğitiminin çocukların üzerinde kavram çelişkilerini azalttığını ortaya çıkarmıştır. Bir diğer ifade ile sıcaklık kavramının ısı kavramından bağımsız sorgulama temelli bilim eğitimi ile sıcaklığın ölçümünden yola çıkarak anlatılması, çocuklarda sıcaklığın öğretimi açısından kavram çelişkilerini önleyebileceğini göstermiştir. Çocukların, öğretmen adaylarına göre ön bilgilerinin daha kısıtlı olması nedeni ile kavramlara ön yargılı yaklaşmadıkları,

çocukların doğası gereği öğrenmeye ve sorgulamaya daha yatkın oldukları için kavramları sorgulayarak öğrenmeye yetişkinlere göre daha yatkın olduğu düşünülebilir.

Öğrencilerin termometre tasarımları değerlendirildiğinde termometre gerçeğe ne kadar yakın alt bölümünde ölçüm aralığı, hassasiyeti, hata payı ve doğru ölçüm yapma oranı maddelerinde anlamlı fark bulunmasa da ortaokul öğrencileri, öğretmen adaylarına göre daha iyi durumdadır. Değerlendirme formun ikinci bölümü olan *Termometre Hangi İlkeye Göre Tasarlanmış* alt bölümünde çocukların tasarladıkları ürünler 3 ayrı çeşit iken yetişkinler tek çeşit ürün tasarlamışlardır. Değerlendirme formun dördüncü bölümü olan *Termometrenin Tasarımı ve İşlevselliği Nasıl* bölümünde yer alan termometrenin maliyeti, kolay kurulabilirliği, bağımsız bir kullanıcı tarafından kullanılabilmesi, ilgiyi çekmesi-sürdürebilmesi, sağlamlılık-dayanıklılık, depolanması maddelerinde ortaokul öğrencilerinin öğretmen adaylarına göre daha yüksek oranda başarılı oldukları görülmüştür. Bu sonuçta, çocukların yetişkinlere göre ürün oluştururken yaratıcılıklarının daha çeşitli olduğu gözlenmiştir.

Öğrenilen bilgilerin bir ürüne dönüştürülmesi kavramların daha iyi anlaşılmasını ve sorgulanmasını sağlamaktadır. Ayrıca kavram yanlışlarının giderilmesinde sonuç odaklı değerlendirmeden ziyade süreç odaklı değerlendirmeyi sağlamaktadır. Çocukların doğası gereği STBE'ne daha yatkın olması, yetişkinlerin önceki bilgi ve deneyimlerinin öğretim sürecine daha çok müdahil olması nedenler arasında olabilir. Ancak şu da bir gerçek ki okul dışında da kavramların yerinde kullanılmasına gayret göstermeliyiz (Şekil 9).



Şekil 9. Plajlarda deniz suyu sıcaklığının ısı olarak adlandırılması

Öneriler

Araştırmadan elde edilen sonuçlar ışığında aşağıda önerilen araştırmalar planlanmaktadır.

1. Ders kitaplarında ısı ve sıcaklık konularının enerji ve maddenin fiziksel özellikleri bölümlerinde ayrı ayrı işlenmesi.
2. Sıcaklık kavramının ölçümü üzerinden öğrencilere aktarılması.
3. Çalışmanın farklı katılımcılar ile de gerçekleştirilmesi.
4. Çalışmanın kütle-ağılık, elektrik, ses, ışık, sıvıların kaldırma kuvveti gibi diğer fen bilimleri kavramlarına uyarlanması.
5. Fen Bilimleri'nde yer alan farklı konulara ait ürün değerlendirme araçlarının geliştirilebilmesi.
6. STBE'nin Türkçe, matematik, sosyal bilimler gibi diğer disiplinlere uyarlanabilmesi.
7. Termometre temalı bilim şenliklerinin geliştirilebilmesi.
8. Fen bilimlerinde kullanılan ölçme araçlarına yönelik ürün sergilerin düzenlenebilmesi.

Kaynakça

- Agalday, M., Akçam, H. K., İpek, İ. ve Kablan, F. (2014) *İlköğretim 4 Fen ve Teknoloji Ders ve Öğrenci Çalışma Kitabı 1. Kitap (5. Baskı)*, (Edit. Leblebicioğlu, G.), MEB, Ankara.
- Ateş, S. (2005) Öğretmen Adaylarının Değişkenleri Belirleme ve Kontrol Etme Yeteneklerinin Geliştirilmesi, *G.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(2), 21-39
- Aydın, Z. (2007) *Isı ve Sıcaklık Konusunda Rastlanan Kavram Yanılgıları ve Bu Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Kavram Haritalarının Kullanılması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Van.
- Aydoğan, S., Güneş, B. ve Gülçiçek, Ç. (2003) Isı ve Sıcaklık Konusunda Kavram Yanılgıları, *G.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 111-124.
- Başer, M. (2006). Fostering conceptual change by cognitive conflict based instruction on students' understanding of heat and temperature concepts, *Eurasia J. Math. Sci. &Tech. Ed*, 2(2), 96-114.
- Başer, M. ve Çataloğlu, E. (2005). Kavram Değişimi Yöntemine Dayalı Öğretimin Öğrencilerin Isı ve Sıcaklık Konusundaki "Yanlış Kavramlar"ının Giderilmesindeki Etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 43-52.
- Başer, M. ve Geban, Ö. (2007). Effectiveness of conceptual change instruction on understanding of heat and temperature concepts, *Research in Science & Technological Education*, 25(1), 115-133.
- Bayram, A. (2010). *Probleme Dayalı Öğrenme Yönteminin İlköğretim 5. Sınıf Öğrencilerinin Fen ve Teknoloji Dersi "Isı ve Sıcaklık" Konusunda Sahip Oldukları Kavram Yanılgılarını Gidermede Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Konya.
- Bayram, G. ve Kibar, F. S. (2014). *Ortaokul Fen Bilimleri 5. Sınıf*, (Edit. Karaca, Ö.), Sevgi Yayınları, Ankara.
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns. I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction: Assessing the Inquiry Level of Classroom Activities. *Science Teacher*, 72(7), 30.
- Bell, R., Blair, L., Lederman, N. G., & Crawford, B. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.
- Bolat, M., Aydoğdu, Y. ve Evgi, İ. (2013). *Ortaöğretim Fizik 9 Ders Kitabı*, Mega Yayıncılık, Ankara.
- Buluş-Kırıkkaya, E ve Güllü, D. (2008). İlköğretim Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Isı - Sıcaklık ve Buharlaştırma - Kaynama Konularındaki Kavram Yanılgıları, *İlköğretim Online*, 7(1), 15-27.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 1-14). Netherlands: Springer.
- Challoner, J. (2005). *Popüler Bilim Kitapları Başvuru Kitaplığı Fizik*, 9. Baskı, TÜBİTAK, Yayınları, Ankara.
- Challoner, J. (2006). *Popüler Bilim Kitapları Başvuru Kitaplığı Kimya*, 8. Baskı, TÜBİTAK Yayınları, Ankara.
- Cuevas, P., Lee, O., Hart, C., & Deaktor, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, (3), 337-357.
- Çekiç, S. (2004) *Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin "Isı ve Sıcaklık" Konusu Hakkında Kavram Geliştirme Süreçlerinin İncelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çengel, Y. A. ve Boles, M. A., (2008). *Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla*, 5. Baskı, Çev.Ed. Ali Pınarbaşı, Güven Bilimsel, İzmir,
- Çepni, S., Ayancı, H. Ş. ve Çil, E. (2012). *Fen ve Teknoloji Laboratuvar Uygulamaları 8.Sınıf*, 1. Baskı, Pegem Akademi, Ankara.
- Damlı, V. (2011). *Kavramsal Değişim Yaklaşımına Dayalı Web Tabanlı Etkileşimli Öğretimin Üniversite Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgılarını Gidermeye Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demirci, M. P ve Sarıkaya, M. (2004). Sınıf Öğretmeni Adaylarının Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgıları ve Yanılgıların Giderilmesinde Yapısalcı Kuramın Etkisi, *XIII. Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı*, 6-9 Temmuz 2004, Malatya, İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi.
- Demirci, M.P. (2003). *Sınıf Öğretmeni Adaylarının Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgıları ve Bu Yanılgıların İyileştirilmesinde Yapısalcı Kuramın Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Doris, E. (1991). *Doing What Scientist Do. Children Learn To Investigate Their World*, Heinemann Educational Books, Portsmouth.
- Duban, N. (2008). İlköğretim Fen Öğretiminde Niçin Sorgulamaya Dayalı Öğrenme? (ietc2008.home.anadolu.edu.tr/ietc2008/155.doc), (Erişim Tarihi: 09 Mayıs 2016).
- Erickson, G. L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature, *Science Education*, 63(2), 221-230.
- Eryılmaz, A. ve Sürmeli, E. (2002). Üç-Aşamalı Sorularla Öğrencilerin Isı ve Sıcaklık Konularındaki Kavram Yanılgılarının Ölçülmesi, *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 16-18 Eylül 2002,

- Ankara, Cilt:1,110 Online erişim www.metu.edu.tr/~eryilmaz/TamUcBaglant.pdf Erişim 21.12.2014.
- Gönen, S., ve Akgün, A., (2005). Isı ve sıcaklık kavramları arasındaki ilişki ile ilgili olarak geliştirilen çalışma yaprağının uygulanabilirliğinin incelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (11), 92-106.
- Güler, N. (2005). *Ortaöğretimde Isı, Sıcaklık, Genleşme ve Elektrik Akımı Konularının Deney Yöntemi İle Anlatımının Kavram Yanılgılarını Gidermeye Etkisinin Araştırılması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Isparta.
- Gümüş, S., Öner, F., Kara, M., Orbay, M. , ve Yaman, S., (2003). Isı ve Sıcaklık Üzerine Kavram Yanılgıları, *Milli Eğitim Dergisi*, sayı:157.
- Gürbüz, F. (2008). *İlköğretim 6. Sınıf Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgılarının Düzeltiminde Kavramsal Değişim Metinlerinin Etkisinin Araştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Erzurum.
- Gürdal-Kazancıoğlu, H. (2008). *İlköğretim 5. Sınıf Fen ve Teknoloji Dersi, Maddenin Değişimi ve Tanınması Ünitesinde Öğrencilerde Oluşan Kavram Yanılgılarının Tespitinde İki Aşamalı Soruların Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü; Manisa.
- Halliday, D. ve Resnick, R. (1997). *Fiziğin Temelleri I*, (Çev. Yalçın, C.) Arkadaş Yayınevi, Ankara.
- Harlen, W. (2014). Helping children's development of inquiry skills. *Inquiry in Primary Science Education (IPSE)*, 1, 5-19.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J. ve Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature, *Journal Of Research in Science Teaching*, 36(1), 55-87.
- İnal, A. (2003). *Lise 1. Sınıftaki Öğrencilerin Isı ve Sıcaklık Konusundaki Yanlış Kavramlarının Belirlenmesi ve Yapılandırıcı Yaklaşımın Yanlış Kavramların Giderilmesi Üzerindeki Etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Ankara.
- Jara-Guerrero S. (1993). Misconceptions on heat and temperature in the proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Misconceptions Trust: Ithaca, NY.
- Jones, J.B. ve Dugan, R. E. (2003). *Mühendislik Termodinamiği*, (Çev.Atılğan, H.) 1. Baskı, Beta Yayıncılık, Kırklareli.
- Jones, M.G., Childers, G., Emig, B., Chevrier, J., Tan, H., Stevens, V. ve List, J. (2014). The efficacy of haptic simulations to teach students with visual impairments about temperature and pressure, *Journal of Visual Impairment&Blindness*, January-February, 55-61.
- Kalem, R., ve Çallıca, H. (2001). Orta-2, lise-1 ve üniversite-1.sınıf öğrencilerinin ısı ve sıcaklık konusu ile ilgili kavram yanılgılarının incelenmesi. *Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*, Maltepe Üniversitesi, İstanbul, 260-265.
- Kaptan, F., ve Korkmaz, H. (2001). İlköğretimde Fen Bilgisi Öğretimi. *İlköğretimde Etkili Öğretme ve Öğrenme Öğretmen El Kitabı Modül 7*, MEB, Ankara.
- Karakuyu, Y. (2006). *Lise ve Dengi Okul Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklık Öğreniminde Karşılaştığı Kavram Yanılgıları*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü: Isparta.
- Karakuyu, Y., Uzunkavak, M., Tortop, H.S., Bezir, N.Ç. ve Özek, N. (2009). Sandıklı - Çevresi Lise ve Dengi Okul Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklık İle İlgili Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 149-162.
- Karasar, N. (2003). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Keser, A. (2007). *Afyonkarahisar İl Merkezindeki 9.Sınıf Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgıları*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; Afyonkarahisar.
- Kesidou, S ve Duit, R. (1993). Student' conceptions of the second law of thermodynamics- An interpretative study, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1): 85-106.
- Keskin Özer, M.,Kaşker Özkan, Ş. ve Uysal, M. (2014). *İlköğretim Fen ve Teknoloji Ders ve Öğrenci Çalışma Kitabı 41. Kitap*, (Edit. Suzan, M.), Doku Yayıncılık, Ankara.
- Kırtak, V. N. (2010). *Fizik, Kimya ve Biyoloji Öğretmen Adaylarının Termodinamik Yasalarını Günlük Hayatla ve Çevre Sorunları İle İlişkilendirme Düzeyleri*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; Balıkesir.
- Kocakulah, M., ve Kocakulah, A. (2002). Orta Öğretim Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklıkla İlgili Kavramsal Yapıları, *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 16-18 Eylül 2002, Ankara, 1. Cilt: 124. Online erişim http://old.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/b_kitabi/PDF/Fizik/Bildiri/t124DD.pdf Erişim 21.12.2014.

- Korkmaz, H. ve Kaptan, F. (2002). Fen Öğretiminde Öğrencilerin Gelişimini değerlendirmek için Portfolyo kullanımı üzerine bir inceleme, *Hacettepe Üniveristesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 167-176.
- Kurnaz, M.A., Değirmenci, A., Kalyoncu, A., Pektaş, E., Bayraktar, G., Aydın, U. ve Moradaoğlu, Y. (2014). *Ortaöğretim Fizik 11 Ders Kitabı*, 5. Baskı (Edit. Çepni, S.), MEB, Ankara.
- Laçin- Şimşek, C. ve Tezcan, R. (2008). Çocukların Fen Kavramlarıyla İlgili Düşüncelerinin Gelişimini Etkileyen Faktörler, *İlköğretim Online*, 7(3), 569-577.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 1-14). Netherlands: Springer.
- Magnussen, L., Ishida, D., & Itano, J. (2000). The impact of the use of inquiry-based learning as a teaching methodology on the development of critical thinking. *Journal of Nursing Education*, 39, (8), 360-364.
- McCue, G., Gossner, S.D., Loomis, H. B., McDonald, J. ve Osmundsen, S. (1970). *Enerji*, Time Inc, İstanbul.
- MEB, (2014a). *Ortaokul Fen Bilimleri 5. Sınıf 1.Kitap*, 2. Baskı, MEB, Ankara.
- MEB, (2014b). *Ortaöğretim Fizik 9. Sınıf*, 1. Baskı, MEB, Ankara.
- Mert S. (2002). *Isı ve Sıcaklık Konusunun İlköğretim Fen Bilgisi Derslerindeki Anlaşılma Düzeyinin ve Oluşan Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü; Ankara.
- Oguz-Unver, A., & Arabacioglu, S. (2014). A comparison of inquiry-based learning (IBL), problem-based learning (PBL) and project-based learning (PjBL) in science education. *Academia Journal of Educational Research*, 2(7), 120-128.
- Oguz-Ünver, A., (2015). Bilimin Doğası ve Bilimsel Sorgulama İlişkisi, *Bilimin Doğası Gelişimi ve Öğretimi* (ed. Doç. Dr. Nilgün Yenice), Ankara, Anı Yayıncılık, 217-256. ISBN:978-605-170-054-0.
- Ongun, E. (2006). *Üniversite Öğrencilerin Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgıları İle Motivasyon ve Bilişsel Stilleri Arasındaki İlişki*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü: Bolu.
- Öcal, C. (2014). *Ortaokul Fen Bilimleri 6. Sınıf*, (Edit. Özdoğan, H.), Fenbil Yayıncılık, İstanbul.
- Öner-Sünkür, M., İlhan, M. ve Sünkür, M. (2013). Sınıf Öğretmenliği Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklık Konularındaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesine Tahmin Et-Gözle-Açıkla (TGA) Yönteminin Etkisi, *JASSS*, 6(4), 519-534.
- Radtka, C. (2013). Temperature in ScienceTextbooks: ChangesandTrends in Cross-NationalPerspective (1950–2000), *Sci&Educ*, Vol:22, 847–866. DOI:10.1007/s11191-012-9533-x.
- Sarı-Ay, Ö. (2011). *İlköğretim 8. Sınıf Fen ve Teknoloji Dersi 'Maddenin Halleri ve Isı' Ünitesinde Belirlenen Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Kavramsal Değişim Metinleri Kullanımının Etkisi ve Öğrenci Görüşleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü: Ankara.
- Sears, F. W ve Salinger, G. L. (2002). *Termodinamik Kinetik Kuram ve İstatistik Termodinamik*, 1. Baskı, (Çev. Ünal, N.), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Serway, R. A. (1995). *Serway Fen ve Mühendislik için Fizik*, (Çev. Edit. Çolakoğlu, K.), 3. Baskı, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Spencer, J.N., Farrel, J.J., & Mogg, R. S. (1999). A guided inquiry general chemistry course. *Journal of Chemistry Education*, 76, 543-547.
- Taşlıdere, E., Korur, F. ve Eryılmaz, A (2012). Kavram Yanılgılarının Üç Aşamalı Sorularla Farklı Bir Şekilde Değerlendirilmesi, *X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 27-30 Haziran 2012, Online erişim http://kongre.nigde.edu.tr/xufbmek/dosyalar/tam_metin/pdf/2312-29_05_2012-14_14_13.pdf Erişim: 21.12.2014.
- TDK, Türk Dil Kurumu, Erişim tarihi 14 Temmuz 2016, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bilimsanat&arama=kelime&guid=TDK.GTS.5787944293db82.31613116
- Thomaz, M. F., Malaquias, I. M., Valente, M. C., ve Antunes, M. J., (1995). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature, *Physics Education*, 30, 19-26.
- Tiberghien, A. (2000). Heat & Temperature, *Children's Ideas in Science*, 52-84.
- Turgut, Ü. ve Gürbüz, F. (2011). Isı ve Sıcaklık Konusunda 5e Modeliyle Öğretimin Öğrencilerdeki Kavramsal Değişime ve Onların Tutumlarına Etkisi, *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(2): 679-706.
- Uzoğlu, M. ve Gürbüz, F. (2013). Fen ve Teknoloji Öğretmen Adaylarının Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgılarının Belirlenmesinde Öğrenme Amaçlı Mektup Yazma Aktivitesinin Kullanılması, *JASSS*, 6(4), 501-517.
- Ünver, E. (2014). *İlköğretim Fen ve Teknoloji 8 Ders Kitabı*, Dikey Yayıncılık, Ankara.

- Yağbasan, R. ve Gülçiçek, Ç. (2003) Fen Öğretiminde Kavram Yanılgılarının Karakteristiklerinin Tanımlanması, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13): 102-120.
- Yavuz, S. ve Büyükekeşi, C. (2011). Kavram Karikatürlerinin Isı ve Sıcaklık Öğretiminde Kullanılması, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1(2), 25-30.
- Yeşilyurt, M. (2006). Lise Öğrencilerinin Isı Ve Sıcaklık Kavramları İle İlgili Düşünceleri, *International Journal of Environmental and Science Education*, 1(1), 1-24.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2011) Sosyal Bilimlerde Bilimsel Araştırma Yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Yılmaz, T. (2005). *Lise 2. Sınıftaki Öğrencilerin Isı ve Sıcaklık Konusundaki Yanlış Kavramlarının Belirlenmesi ve Yapılandırıcı Yaklaşımın Yanlış Kavramların Giderilmesi Üzerine Etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Young, H.D., Freedman, R.A. ve Ford, A.L. (2008). *Sears ve Zemansky'ın Üniversite Fiziği*, (Çev. Ünlü, H.), 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık, İstanbul.
- Yumuşak, A., Türkoğuz, S., Aycan, Ş. ve Aycan, N. (2004). Bazı Temel Fen Kavramlarının Öğretimindeki Yetersizlikler ve Nedenleri (Manisa Örneği). *Çağdaş Eğitim Dergisi*, 312, 38-46.
- Yürümezoğlu, K. ve Oğuz, A. (2007). Bilim Eğitiminde Gözlemin Önceliği: Duyularım ile Gözlemliyorum. 1. *Ulusal İlköğretim Kongresi*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Yürümezoğlu, K. ve Oğuz, A. (2009). Hipotez Test Sürecinde Çocukların ve Yetişkinlerin Bilişsel Düşünme Eğilimleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36, 340-350.

Ek 1:Çalışma Yaprağı

Ad Soyad:

Tarih:../../.....

Bölüm / Sınıf:



Havanın sıcaklığını nasıl ölçtüğünüzü ve kaç ölçtüğünüzü lütfen kaydediniz?

Ölçüm sonucunuza güveniyor musunuz?

Evet güveniyorum. Çünkü.....

Hayır güvenmiyorum. Çünkü.....



Ek 2: Termometre Değerlendirme Formu

Termometre gerçeğe ne kadar yakın?		
Termometrenin ölçüm aralığı ne?		
Termometre hangi sıcaklık biriminde ölçüm yapıyor?		
Termometre sürekli ölçüm yapabiliyor mu?	Evet	Hayır
Termometrenin ölçme süresi kısa mı uzun mu?	Kısa	Uzun
Termometrenin hassasiyeti ve hata payı nedir?		
Termometrenin doğruluğu nedir?		
Termometrenin tutarlılığı nasıldır?		
Termometre hangi ilkeye göre tasarlanmış?		
Sıvıların hacim değişimi		
Katıların uzunluk değişimi		
Sabit hacimdeki bir gazın basınç değişimi		
Sabit basınçtaki bir gazın hacim değişimi		
Bir iletkenin elektrik direncinin değişimi		
Çok sıcak cisimlerin renk değişimi		
Diğer		
Termometre hangi maddelerin sıcaklığını ölçüyor?		
Katıların sıcaklığı		
Sıvıların sıcaklığı		
Gazların sıcaklığı		
Diğer		
Termometrenin tasarımı ve işlevselliği nasıl?		
Termometrenin maliyeti düşük mü?	Evet	Hayır
Termometre kolay kurulabilir mi?	Evet	Hayır
Termometre kolay taşınabilir mi?	Evet	Hayır
Termometreyi bağımsız bir kullanıcı kullanabilir mi?	Evet	Hayır
Termometre ilgi çekici mi?	Evet	Hayır
Termometrenin ilgiyi sürdürebilir mi?	Evet	Hayır
Termometre sağlam ve dayanıklı mı?	Evet	Hayır
Termometrenin kullanımı kolay mı?	Evet	Hayır
Termometrenin depolanması kolay mı?	Evet	Hayır
Termometrenin raf ömrü uzun mu?	Evet	Hayır