

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
FİZİK EĞİTİMİ**

**FİZİK, KİMYA VE BİYOLOJİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ  
TERMODİNAMİK YASALARINI GÜNLÜK HAYATLA VE ÇEVRE  
SORUNLARI İLE İLİŞKİLENDİRME DÜZEYLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Vahide Nilay KIRTAK**

**Balıkesir, Ağustos-2010**

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
FİZİK EĞİTİMİ

FİZİK, KİMYA VE BİYOLOJİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ  
TERMODİNAMİK YASALARINI GÜNLÜK HAYATLA VE ÇEVRE  
SORUNLARI İLE İLİŞKİLENDİRME DÜZEYLERİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

Vahide Nilay KIRTAK

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ

Sınav Tarihi: 05.08.2010

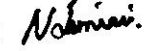
Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER (BAÜ)



Yrd. Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA (BAÜ)



Yrd. Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ (Danışman- BAÜ)



Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih ..... sayılı oturumunun .....  
nolu kararı ile ..... Mezun olmuştur.

Balıkesir, Ağustos-2010

## ÖZET

### FİZİK, KİMYA VE BİYOLOJİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ TERMODİNAMİK YASALARINI GÜNLÜK HAYATLA VE ÇEVRE SORUNLARI İLE İLİŞKİLENDİRME DÜZEYLERİ

Vahide Nilay KIRTAK

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı-Fizik Eğitimi

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ)

Balıkesir, 2010

Bu araştırmanın iki temel amacı vardır: Bunların ilki, fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının çevre sorunlarını hangi bilim dalları ile ilişkilendirdiklerini belirlemektir. Çalışmanın ikinci amacı ise, bu öğretmen adaylarının termodinamik yasalarını günlük hayatla ve çevre sorunları ile ilişkilendirme düzeylerini araştırmaktır.

Çalışmanın örneklemini, 2009-2010 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi'nde okuyan 245 fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adayı oluşturmaktadır. Örneklem seçiminde bu öğretmen adaylarının termodinamik ve/veya çevre eğitimi derslerini almış ya da alıyor olmaları dikkate alınmıştır. Veri toplama aşamasında araştırmacı tarafından geliştirilen Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi (ÇSBİT), Kelime İlişkilendirme Testi (KİT), ve Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi (TGUT) kullanılmıştır. Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi ve Kelime İlişkilendirme Testi'nin analizinde yüzde ve frekans analizi kullanılmıştır. Ayrıca Kelime İlişkilendirme Testi için frekans tabloları ve kesme noktası tekniği ile hazırlanan zihin haritaları hazırlanmıştır. Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi verileri için de hazırlanan rubriklere göre betimsel analiz tekniklerinden yararlanılmıştır.

ÇSBİT'ten elde edilen bulgulara göre fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının çevre sorunlarını en fazla biyoloji ile ilişkilendirdikleri görülürken; bu ilişkilendirmeyi sırasıyla kimya, yer bilimi ve fizik takip etmektedir. Ayrıca "hava kirliliği" en önemli çevresel problem olarak düşünülmektedir. KİT ve TGUT bulgularına göre, termodinamik ile çevre sorunları arasında enerji kirliliği ve termal kirlilik anlamında ilişki kurulamazken, öğretmen adaylarının termodinamik yasalarını günlük olaylara uygulamakta zorlandıkları da görülmüştür. Ayrıca literatürde ısı ve termodinamik ile ilgili olarak bulunan kavram yanlışlarının çoğuna bu çalışmada da rastlanmıştır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** termodinamik/ termodinamik yasaları/ çevre sorunları/ ısı/ sıcaklık/ enerji/ entropi/ çevre kirliliği

## ABSTRACT

### PROSPECTIVE PHYSICS, CHEMISTRY AND BIOLOGY TEACHERS' LEVELS OF ASSOCIATING THERMODYNAMICS LAWS WITH DAILY LIFE AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Vahide Nilay KIRTAK

Balıkesir University, Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Secondary Science and Mathematics Education -Physics Education

(Master Dissertation / Advisor: Assit.Prof. Dr. Neşet DEMİRCİ)

Balıkesir, 2010

This study has two main aims. The first one is to determine prospective physics, chemistry and biology teachers' associating with environmental problems and science fields. The second aim is to find out those prospective teachers' levels of associating thermodynamics laws with daily life and environmental problems.

The sample of this study consists of 245 prospective physics, chemistry and biology teachers at Balıkesir University, Necatibey Education Faculty in the academic year of 2009-2010. Choosing the sample, it is considered that all the prospective teachers have taken or have been taken thermodynamics and/or environmental education courses. In this study, there were three instruments, which are the Survey of Associating Environmental Problems with Scientific Fields (SAEPSF), Word Association Test (WAT) and Test of Applying Thermodynamics Laws to Daily Events (TATDE), developed by the researcher, to obtain data. When analyzing the Survey of Associating Environmental Problems with Scientific Fields and Word Association Test, the descriptive statistics such as percentage scores and frequency distributions and tables were used. In addition, for the analysis of WAT score mind maps were used with the “*intercept-point*” technique. While the analyzing the Test of Applying Thermodynamics Laws to Daily Events, the descriptive statistics was also used with some rubrics.

According to the finding of SAEPSF, it is seen that prospective physics, chemistry and biology teachers mostly associated environmental problems with biology. This association is followed by chemistry, geology and physics. In addition, the most significant environmental problem is thought to be as air pollution. According to the findings of WAT and TATDE, thermodynamics and environmental problems are not associated with each other in the meaning of energy and thermal pollution. Furthermore, prospective teachers have many difficulties in applying thermodynamics laws to the daily events. Moreover, in the study there were many misconceptions related to heat and thermodynamics were found as similar results as found in the literature.

**KEY WORDS:** thermodynamics/ thermodynamics laws/ environmental problems/ heat/ temperature/ energy/ entropy/ environmental pollution

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1 GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Önemi	2
1.2 Araştırmanın Amacı ve Problemleri	3
1.3 Sayıtlar	4
1.4 Sınırlılıklar	4
1.5 Tanımlar	5
1.6 Kısaltmalar	6
1.7 Araştırmanın Yapısı	6
2 LİTERATÜR TARAMASI	7
2.1 Termodinamik Nedir?	7
2.2 Termodinamiğin Önemi	9
2.3 Termodinamik Yasaları	10
2.3.1 Termodinamiğin Sıfıncı Yasası ve İlgili Çalışmalar	10
2.3.1.1 Termodinamiğin Sıfıncı Yasası	10
2.3.1.2 Termodinamiğin Sıfıncı Yasası ile İlgili Çalışmalar	11
2.3.1.2.1 Kavram Yanılgısı ve Öğrenci Zorlukları ile İlgili Çalışmalar	11
2.3.1.2.2 Öğretimle İlgili Çalışmalar	15
2.3.2 Termodinamiğin Birinci Yasası ve İlgili Çalışmalar	17
2.3.2.1 Termodinamiğin Birinci Yasası	17
2.3.2.2 Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Çalışmalar	18
2.3.2.2.1 Kavram Yanılgısı ve Öğrenci Zorlukları ile İlgili Çalışmalar	18
2.3.2.2.2 Öğrenme Zorlukları	20
2.3.2.2.3 Öğretimle İlgili Çalışmalar	20
2.3.3 Termodinamiğin İkinci Yasası ve İlgili Çalışmalar	21
2.3.3.1 Termodinamiğin İkinci Yasası	21
2.3.3.2 Termodinamiğin İkinci Yasası ile İlgili Çalışmalar	24
2.3.3.2.1 Kavram Yanılgısı ve Öğrenci Zorlukları ile İlgili Çalışmalar	25
2.3.3.2.2 Öğretimle İlgili Çalışmalar	26
2.4 Çevre Sorunları ve Termodinamik ile İlişkisi	29
2.4.1 Çevre Sorunları	29
2.4.2 Çevre Sorunlarının Termodinamik ile İlişkisi	32
2.4.3 Çevre Sorunları ve Termodinamik İlişkisinin İncelendiği Çalışmalar	34

3 YÖNTEM	Sayfa
3.1 Araştırmanın Modeli	36
3.2 Evren ve Örneklem	36
3.3 Veri Toplama Araçları	38
3.3.1 Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi	38
3.3.2 Kelime İlişkilendirme Testi	38
3.3.3 Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi	41
3.4 Verilerin Analizi	42
3.5 Öğrenci Yanıtlarının Düzenlenmesi	47
4 BULGULAR	
4.1 Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testinden Elde Edilen Bulgular	48
4.2 Kelime İlişkilendirme Testinden Elde Edilen Bulgular	50
4.2.1 Fizik Öğretmenliğine ait Kelime İlişkilendirme Testi Bulguları	50
4.2.2 Kimya Öğretmenliğine ait Kelime İlişkilendirme Testi Bulguları	53
4.2.3 Biyoloji Öğretmenliğine ait Kelime İlişkilendirme Testi Bulguları	56
4.3 Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testine ait Bulgular	60
4.3.1 Termodinamiğin Sıfırinci Yasası ile İlgili Sorulara ait Bulgular	60
4.3.1.1 Birinci Soruya ait Bulgular	60
4.3.2 Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Sorulara ait Bulgular	63
4.3.2.1 İkinci Soruya ait Bulgular	63
4.3.2.2 Üçüncü Soruya ait Bulgular	65
4.3.2.3 Dördüncü Soruya ait Bulgular	67
4.3.2.4 Beşinci Soruya ait Bulgular	68
4.3.2.5 Yedinci Soruya ait Bulgular	70
4.3.3 Termodinamiğin İkinci Yasası ile İlgili Sorulara ait Bulgular	72
4.3.3.1 Dokuzuncu Soruya ait Bulgular	72
4.3.3.2 Onuncu Soruya ait Bulgular	74
4.3.3.3 Onbirinci Soruya ait Bulgular	77
4.3.3.4 Onikinci Soruya ait Bulgular	78
4.3.4 Araba, Çift camlı Pencere ve Klimaların Çevreye Etkisi ile İlgili Sorulara ait Bulgular	81
4.3.4.1 Altıncı Soruya ait Bulgular	81
4.3.4.2 Sekizinci Soruya ait Bulgular	82
4.3.4.3 Onüçüncü Soruya ait Bulgular	83
4.3.5 Termodinamik Yasaları ile Çevre Sorunlarının İlişkilendirildiği Sorulara ait Bulgular	84
4.3.5.1 Ondördüncü ve Onbeşinci Sorulara ait Bulgular	84
4.3.5.2 Onaltıncı Soruya ait Bulgular	89
4.4 Konu ile İlgili Karşılaşılan Kavram Yanılgıları	91
5 YORUM, SONUÇ VE TARTIŞMA	93
6 ÖNERİLER	101
KAYNAKÇA	105
EK A	114

## TABLO LİSTESİ

<b><u>Tablo Numarası</u></b>	<b><u>Adı</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Tablo 2.1	Termodinamiğin Sıfırncı Yasası ile İlgili Kavram Yanılgıları ve Yanlış Bilgiler	12
Tablo 2.2	Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Kavram Yanılgıları ve Yanlış Bilgiler	18
Tablo 2.3	Termodinamiğin İkinci Yasası ile İlgili Kavram Yanılgıları ve Yanlış Bilgiler	26
Tablo 2.4	Çevresel Konular ve Entropi	34
Tablo 3.1	Örneklemin Anabilim Dallarına göre Dağılımı	37
Tablo 3.2	Örnekleme ait Diğer Özellikler	37
Tablo 3.3	Testte Yer Alan Soruların Konulara göre Dağılımı	41
Tablo 3.4	1., 3. ve 7. Soruların Cevaplarının kodlanması ile İlgili Örnek Tablo	43
Tablo 3.5	Birinci Soruya ait Kategoriler	43
Tablo 3.6	2., 4., 5., 9., 10., 11. ve 12. Soruların Cevaplarının Kodlanması ile İlgili Örnek Tablo	45
Tablo 3.7	İkinci Soruya ait Kategoriler	45
Tablo 4.1	Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme testi Birinci Soruya ait Bulgular	48
Tablo 4.2	Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme testi İkinci Soruya ait Bulgular	49
Tablo 4.3	Fizik Öğretmen Adaylarına ait Frekans Tablosu	50
Tablo 4.4	Kimya Öğretmen Adaylarına ait Frekans Tablosu	53
Tablo 4.5	Biyoloji Öğretmen Adaylarına ait Frekans Tablosu	56
Tablo 4.6	Birinci Soruya ait Bulgular	61
Tablo 4.7	İkinci Soruya ait Bulgular	63
Tablo 4.8	Üçüncü Soruya ait Bulgular	65
Tablo 4.9	Dördüncü Soruya ait Bulgular	67
Tablo 4.10	Beşinci Soruya ait Bulgular	69
Tablo 4.11	Yedinci Soruya ait Bulgular	71
Tablo 4.12	Dokuzuncu Soruya ait Bulgular	73
Tablo 4.13	Onuncu Soruya ait Bulgular	75
Tablo 4.14	Onbirinci Soruya ait Bulgular	77
Tablo 4.15	Onikinci Soruya ait Bulgular	79
Tablo 4.16	Altıncı Soruya ait Bulgular	81
Tablo 4.17	Sekizinci Soruya ait Bulgular	82
Tablo 4.18	Onüçüncü Soruya ait Bulgular	83
Tablo 4.19	Ondördüncü Soruya ait Bulgular	85
Tablo 4.20	Karşılaşılan Kavram Yanılgıları ve Yanlış Bilgiler	91

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil</u> <u>Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1	Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi	38
Şekil 3.2	Örnek Kelime İlişkilendirme Testi	39
Şekil 4.1	Fizik Öğretmen Adaylarına ait Zihin Haritası	51
Şekil 4.2	Kimya Öğretmen Adaylarına ait Zihin Haritası	54
Şekil 4.3	Biyoloji Öğretmen Adaylarına ait Zihin Haritası	57



## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans sürecinde bana her zaman destek olan, engin bilgisini benden esirgemeyen ve kendisi ile çalışma fırsatı bulmaktan büyük gurur duyduğum değerli hocam tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ'ye teşekkür ederim.

Tezimle ilgili bana her türlü yardımı gösteren sayın hocalarım Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER, Yrd. Doç. Dr. Sabri KOCAKÜLAH, Yrd. Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA ve Yrd. Doç. Dr. Burcu GÜNGÖR'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca ölçeklerimi geliştirme aşamasında yardımcı olan bütün hocalarıma vakit ayırarak değerli bilgilerini benimle paylaştıkları için teşekkür ederim.

Bütün hayatım boyunca çalışmalarımı destekleyen, beni motive eden, yanımda olan ve her halime anlayış gösteren ailem, iyi ki benimlesiniz.

**Balıkesir, 2010**

**Vahide Nilay KIRTAK**

## 1 GİRİŞ

Ondokuzuncu yüzyılda sanayileşme hareketleri ile başlayan endüstrileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışı çevre sorunlarını gündeme getirmiştir. Yirminci yüzyılda önemli boyutlara ulaşan çevre sorunları, bugün artan bir hızla devam etmektedir. Çarpık kentleşme, küresel ısınma, ekolojik dengenin bozulması, ozon tabakasının incilmesi, sera etkisi, bitki ve hayvan türlerinin giderek azalması günümüzün başlıca çevre sorunlarındanıdır.

Çevreye yönelik bütün bu sorunların çoğu insanlardan kaynaklanmaktadır. Çevre sorunları hakkında bilinçlendirilmeyen bireyler bu sorunların kendilerini direk olarak etkilemediğini düşündüklerinden bu sorunlara karşı duyarız kalmaktadırlar. Çevrenin korunması ancak toplumun bilinçlenmesiyle gerçekleşir. Bunun için çevre eğitiminin yaygın ve etkin bir şekilde verilmesi gerekmektedir [1].

Çevre eğitiminin amacı toplumu çevre konusunda bilinçlendirmek, bilgilendirmek, olumlu ve kalıcı davranış değişikliklerini kazandırmaktır. Dolayısıyla bütün yaygın ve örgün eğitim kurumlarının programlarında yer alması gerekmektedir.

Dünyada karşılaştığımız problemlerin çözümünde ekoloji ve çevre ile ilgili alanların önemi gittikçe artmaktadır. Ekoloji, doğal çevrede yaşayan canlılar ve bunların canlı ve cansız çevreleri ile olan etkileşimlerini inceleyen bilim dalıdır. Ekoloji, insanların, hayvanların ve bitkilerin arasındaki bağlantıları ve tüm bu canlıların birbirleri ve çevre ile olan etkileşimlerini inceler [2].

Doğa ve insan söz konusu olduğunda, evrende gerçekleşen süreçlerin açıklanması esnasında bütün bilim dallarından yararlanılmaktadır. Ekoloji başta biyoloji, fizik ve kimya olmak üzere bütün bilim dalları ile birlikte ortak

çalışmaktadır. Dolayısıyla çevre eğitiminin de bu doğrultuda bütün bilim dalları ile birlikte tekrar yapılandırılması gerekmektedir.

### **1.1 Araştırmanın Önemi**

Bugün çevre sorunlarında gelinen durum, yalnızca insanları değil tüm canlı ve cansız varlıkların doğal yapısını da tehdit etmektedir.

İnsanlar üzerinde yaşadıkları dünyayı kontrol edebilmek uğruna kendi çıkarları doğrultusunda doğal yaşamı değiştirmişlerdir. Bugün hem ulusal hem de uluslararası düzeyde önlemler alınmaya başlanmıştır. Fakat burada önemli olan insanların bilinçlendirilmesidir ve bu durum da çevre eğitiminin önemini vurgulamaktadır [3].

Literatür incelendiğinde çevre ve çevre eğitimi ile ilgili çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir [4]. Fakat bu çalışmaların çoğu çevresel sorunlara biyolojik açıdan bakmaktadır. Çevresel sorunlarla ilgilenen ekoloji bilimi, disiplinlerarası bir daldır ve sadece biyolojinin temel alındığı ekoloji eğitiminin ne yazık ki yetersiz olduğu düşünülmektedir [5]. Bu nedenle bu çalışmada çevre sorunlarına farklı bir bakış açısıyla yani fiziksel bir çerçeveden bakılmıştır.

Fizik, evrensel olayları inceler ve olaylara, diğer bilim dallarına göre daha temel bir bakış açısıyla yaklaşır. Çevre sorunları incelendiğinde de aslında bu sorunların temelini oluşturan “enerji sorunlarının” fizik biliminin ana konularından biri olduğu görülmektedir. Fizik bilimi içerisinde de enerji, enerji korunumu ve enerji dönüşümleri ile detaylı olarak ilgilenen dal ise “termodinamik”tir.

Bilindiği gibi termodinamik üniversitelerimizde ağırlıklı olarak fen ve mühendislik bölümlerinde ayrıca biyokimya, eczacılık gibi bazı alanlarda da öğretilmektedir. Ancak termodinamiğin öğretimine yeterince önem verilmemektedir [6].

Termodinamik ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların genellikle bazı kavram yanılgıları ve kavram öğretimi üzerinde odaklandıkları görülmektedir [7-12]. Kavram yanılgılarının belirlenmesi ve daha iyi bir öğretimin

yapılmasının yanı sıra bu kavramların günlük olaylara nasıl uygulandığı da o derece önemlidir. Çünkü esas öğrenme, öğrencilerin öğrendiklerini farklı olaylara uyarlamaları ya da öğrendikleri bilgilerle günlük olayları açıklamaları ile başlamaktadır [13]. Ayrıca termodinamik ve ekoloji ilişkisinin kurulduğu pek çok alan çalışması bulunmasına rağmen bu ilişkinin konu edildiği eğitim çalışmaları oldukça azdır [14-17]. Bu nedenle fizik ve çevre sorunlarına farklı bir bakış açısıyla bakıldığı bu çalışmanın sonraki araştırmalara temel teşkil edeceği düşünülmektedir.

## **1.2 Araştırmanın Amacı ve Problemleri**

Bu çalışmanın amacı, öğretmen adaylarının çevresel sorunlarla bilim dalları arasında nasıl bir ilişki kurduklarını, fiziğin bir alt dalı olan termodinamikle çevresel sorunları nasıl ilişkilendirdiklerini ve termodinamik yasalarını günlük hayattaki olaylara nasıl uyguladıklarını belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

1. Öğretmen adaylarının önemli bulduğu çevresel sorunlar nelerdir ve bu çevre sorunlarını en çok hangi bilim dalları ile ilişkilendiriyorlar?
2. Termodinamik ve çevre eğitimi derslerinde geçen bazı kavramlar (ısı, sıcaklık, enerji, iş, küresel ısınma, çevre kirliliği, entropi ve enerji dönüşümü) arasındaki ilişkiler öğretmen adayları tarafından nasıl kuruluyor? Bu kavramlar arasında kurulan ilişkiler fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarına göre ne gibi farklılık göstermektedir?
3. Öğretmen adayları, termodinamiğin yasalarını günlük hayattaki olaylara ne derece uygulayabiliyorlar?
4. Termodinamiğin uygulamaları arasında yer alan arabaların, klimaların ve çift camlı pencerelerin çevreye olan etkisi hakkında öğretmen adaylarının düşünceleri nelerdir?
5. Öğretmen adayları, çevre sorunları ile termodinamik yasaları arasında nasıl bir ilişki kuruyorlar? Termodinamiğin yasaları ile açıklanabileceğini ya da açıklanamayacağını düşündükleri çevresel sorunlar nelerdir?

6. Termodinamik yasaları ile ilgili olarak karşılaşılan kavram yanlışları ve yanlış ifadeler nelerdir?

### **1.3 Sayıtlar**

Bu araştırmada;

1. Geliştirilen Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi (ÇSBİT), Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi (TGUT) ve Kelime İlişkilendirme Testi (KİT) öğretmen adaylarının konu ile ilgili görüşlerini ortaya çıkarmada etkili olduğu,
2. Hazırlanan ölçeklerin geliştirilmesinde alınan uzman görüşlerinin yeterli olduğu,
3. Örneklemedeki öğretmen adaylarının uygulanan ölçeklerde yer alan sorulara, içtenlikle doğru cevaplar verdikleri varsayılmıştır.

### **1.4 Sınırlılıklar**

Bu araştırma;

1. “Termodinamik yasaları” ve “çevre sorunları” ile
2. 2009-2010 öğretim yılında Balıkesir Üniversitesinde Necatibey Eğitim Fakóltesi’nde okuyan 245 öğretmen adayı ile
3. Veri toplama araçlarından Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi (ÇSBİT), Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi (TGUT) ve Kelime İlişkilendirme Testi (KİT) ile sınırlıdır.

## 1.5 Tanımlar

Bu araştırmada geçen bazı kavramların tanımları aşağıda verilmiştir:

**evre:** Belirli bir yaşam ortamında etkili olabilen biyolojik, kimyasal, fiziksel, iklimsel ve coğrafik faktörlerin bütününü ifade eder [18].

**Ekoloji:** Doğal çevrede yaşayan canlıları ve bunların canlı ve cansız çevreleri ile etkileşimlerini inceleyen bilim dalıdır [2].

**evre Kirliliği:** Bütün canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, cansız evre varlıkları üzerinde maddi zararlar meydana getiren ve onların niteliklerini bozan yabancı maddelerin, hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır [3].

**Küresel ısınma:** İnsanların çeşitli aktiviteleri sonucunda meydana gelen ve “sera gazları” olarak nitelenen bazı gazların artması sonucunda, yeryüzüne yakın atmosfer tabakaları ve katı yeryüzü sıcaklığının yapay olarak artması sürecidir [3].

**Isı:** Belirli sıcaklıktaki bir sistemden, daha düşük sıcaklıktaki bir sisteme, sıcaklık farkı nedeniyle transfer edilen enerjidir [19].

**Sıcaklık:** Bir sistemin ortalama moleküler kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür [20].

**Entropi:** Herhangi bir makroskobik denge hali için sistemin bulunabileceği mikro hallerinin toplamıdır. Bir sistemin enerjisini dağıtabileceği yolların sayısı ile orantılıdır [20].

**Enerji:** Bir sistemin ya da cismin iş yapabilme yeteneğidir [20].

## 1.6 Kısaltmalar

ÇSBİT: Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi

TGUT: Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi

KİT: Kelime İlişkilendirme Testi

## 1.7 Araştırmanın Yapısı

Bu çalışma altı temel bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerin içerikleri aşağıda kısaca sunulmaktadır.

- 1.Bölüm:** Araştırmanın amacı, önemi, soruları, sayıtlıları ve sınırlılıkları ile ilgili bilgilerin verildiği kısımdır.
- 2.Bölüm:** Termodinamik, termodinamik yasaları ve çevre eğitimi ile ilgili literatür taramasının yapıldığı kısımdır.
- 3.Bölüm:** Araştırmanın yöntemi ile ilgili olan bu bölümde, örneklem, verilerin toplanması, kullanılan ölçekler, verilerin toplanması ve analizi ile ilgili bilgi verilmiştir.
- 4.Bölüm:** Kelime İlişkilendirme Testi, Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi (ÇSBİT) ve Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi (TGUT) sonucunda elde edilen bulgular ve yorumları yer almaktadır.
- 5.Bölüm:** Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi (ÇSBİT), Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi (TGUT) ve Kelime İlişkilendirme Testinden (KİT) elde edilen verilerin sonuçları yorumlanmıştır.
- 6.Bölüm:** Sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## 2 LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, öncelikle termodinamik, termodinamiğin önemi, termodinamik yasaları ve konu ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Daha sonra çevresel sorunlar ve çevre sorunlarının termodinamikle olan ilişkisi incelenerek bu konuda yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

### 2.1 Termodinamik nedir?

Bir buz parçası ile bir bardak suyu buzdolabından çıkarıp mutfak masasının üzerine koyduğumuzu farz edelim. Bu cisimlerin çevreleriyle olan etkileşimlerini farklı şekillerde anlatabiliriz. Örneğin iki cisme de bir yerçekimi kuvveti etki eder. Bu kuvvetin etkisiyle masa cisimlere bir etki kuvveti uygular. Cisimler de bu kuvvete karşılık olarak bir tepki kuvveti uygularlar. Fakat yeteri kadar beklendiğinde buzun eridiği, bardaktaki suyun sıcaklığının arttığı, az da olsa miktarının da azaldığı gözlenebilir. Bu durumları sadece mekanik bilgilerimizle açıklayamayız. İşte buzun erimesini, suyun sıcaklığının artmasını ya da buharlaşmasını anlamamıza yardımcı olacak kavramlar ve ifadeler termodinamiği ilgilendiren konular içerisinde yer alır [21]. Çengel ve Boles'e [20] göre, termodinamik enerjinin bilimidir. Mikailov ve San'a [22] göre ise, termodinamik, sıcaklık, enerji vb. olayları inceleyen bilim dalıdır.

1697'de Thomas Savery ve 1712'de Thomas Newcomen'in İngiltere'de ilk başarılı buhar makinelerini yapmalarıyla ortaya çıkan termodinamik bilimi, on dokuzuncu yüzyılda endüstri devriminin başlaması ve insan gücü yerine makine gücünün önem kazanmasıyla gelişmeye başlamıştır [20, 23, 24].

1824 yılında Sadi Carnot'un yazdığı "Reflections on the Motive Power of Heat and on the Machines Adopted to Develop this Power" isimli kitap ile termodinamik biliminin temelleri atılmıştır [25, 26]. Carnot, buhar makinelerinin çalışma prensibi



ile ilgilenirken, aynı zamanda fiziğin temellerini oluşturan ısı, sıcaklık, enerji gibi kavramları da ilk tartışan kişi olmuştur.

Termodinamik terimi de ilk olarak Lord Kelvin (William Thomson) tarafından 1849'da kullanılmıştır. Latince therme (ısı) ve dynamis (güç) sözcüklerinden türeyen termodinamik sözcüğü, ısıyı işe dönüştürme çabalarının en uygun tanımlaması olarak bilinmektedir. Günümüzde ise, yeni bilimsel bilgilerin artmasıyla birlikte bu tanım, iş-ısı ilişkisi, maddenin hal değişimi, güç, verimle birlikte enerji ve enerji dönüşümlerini içeren bir anlam taşımaya başlamıştır [20].

Wark'a [27] göre termodinamik, enerji dönüşümleri ve bu dönüşümlerden etkilenen maddenin fiziksel özellikleri ile ilgilenmektedir. Bueche ve Jerde [28] ile Serway ve Beichner [19] termodinamiği tanımlarken maddenin hal değişimlerini dikkate almışlardır. Keller, Gettys ve Skove'e [21] göre ise termodinamik, bir sistemin çevresiyle etkileşmesinin makroskobik betimi olarak tanımlanmaktadır.

Isıyla ilgili olaylarda geçen basınç, hacim, sıcaklık, iç enerji ve entropi gibi büyüklükler arasındaki ilişkiler termodinamik biliminin temelini oluşturmaktadır [29].

Kinetik kuram ve istatistiksel termodinamiğin tamamlayıcısı olan termodinamik, kuramsal ön görüleri deneylerle kanıtlamış bir bilim dalıdır. Enerji, ısı, sıcaklık ve iş gibi fiziksel kavramlarla ilgilenen termodinamik yasaları, sistemin özelliklerine göre hem mikro boyutlara hem de makro boyutlara uygulanabilmektedir [22, 23].

Doğadaki tüm olayların enerji ve madde dönüşümlerini içermesi Termodinamik biliminin kapsamını göstermektedir. Özellikle de mühendislik alanlarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Termodinamiğin uygulama alanları arasında, tüm enerji santralleri, soğutma iklimlendirme sistemleri, roket ateşleme sistemleri, roket, uçak, gemi ve kara taşıtlarının tasarımları yer alır. Ayrıca iletişim, bilişim ve hatta biyolojik ve kimyasal süreçler de termodinamik biliminin uygulama alanları arasındadır.

## 2.2 Termodinamiğin Önemi

Hayatımızdaki pek çok olay termodinamik ile açıklanabilmektedir. Bu duruma bir örnek veren Çengel ve Boles [20] şöyle demektedir;

*“...termodinamiğin bazı uygulama alanlarını görebilmek için çok uzağa gitmeye gerek yoktur. Kalp vücudun her bir noktasına kanı sürekli olarak pompalamakta, vücudun trilyonlarca hücresinde çeşitli enerji dönüşümleri meydana gelmekte ve üretilen vücut ısısı devamlı olarak çevreye atılmaktadır. İnsan konforu bu ısı atımı miktarına sıkı bir şekilde bağlıdır. Ortam koşullarına bağlı olarak kıyafetlerin ayarlanması ile bu ısı aktarımı kontrol altında tutulmaya çalışılır.”*

Termodinamik, deneysel bir bilimdir ve deneylerle kazanılmış genellemelerden oluşan çok az sayıda temel ilkeye dayanmaktadır. Bu durumla ilgili Lieb ve Yngvason'nin [30] aktardığına göre Albert Enistein şöyle demiştir; “Bir teoremin önermeleri ne kadar basit, ilgili olduğu şeyler ne kadar çok ve uygulama alanı ne kadar geniş olursa, o kadar etkileyicidir. Bu nedenle klasik termodinamik beni derin bir şekilde etkiledi. Temel kavramlarının uygulanabilirliği ile asla yıkılmayacağına emin olduğum tek evrensel fizik kuramıdır”.

Termodinamik yasaları ısı alışverişi ve enerji ile ilgili olmaları sebebiyle yaşamı ve doğadaki tüm canlıları etkilemektedir. Einstein, termodinamik yasalarını “bütün bilimlerin birinci kanunu” olarak ifade etmektedir.

Bugün çok fazla farkında olamasak da, termodinamiğin uygulamaları doğrudan yaşadığımız ortamlardadır. Evlerde kullanılan aletlerin pek çoğu, örneğin fırın, ısıtıcılar, klimalar, buzdolapları, çift camlı pencereler, termodinamiğin prensiplerine göre yapılmaktadır. Hatta bilgisayarların soğutma fanlarının büyüklüğü bile termodinamiğin prensiplerine göre yapılmaktadır [20, 27, 31, 32].

## 2.3 Termodinamik Yasaları

### 2.3.1 Termodinamiğin Sıfıncı Yasası ve İlgili Çalışmalar

#### 2.3.1.1 Termodinamiğin Sıfıncı Yasası

Bu yasa ilk olarak 1931 yılında R. H. Fowler tarafından adlandırılmıştır [20]. Sıcaklık ölçümlerinin temelini oluşturur. Bu yasa, birinci ve ikinci termodinamik yasalarından çok sonra adlandırılmıştır. Bu yüzden de birinci ve ikinci yasaya temel oluşturduğunu vurgulamak için sıfıncı yasa adını almıştır [20, 21, 28]

Salingers ve Sears [23] göre sıcaklık kavramı kuvvet kavramı gibi insanın duyuşsal algılaması ile ilgilidir. Fakat sıcaklık duyusu, kuvvet duyumu kadar güvenilir değildir. Örneğin, buzdolabından çıkarılan bir metal kutu ile bir karton kutu aynı sıcaklıkta olmasına rağmen metal kutu daha soğuk hissedilir çünkü metal kutu daha iyi bir ısı iletkenidir. Bu durum, sıcaklığın daha güvenilir bir ölçümünün yapılabilmesi için termometrelerin bulunmasına neden olmuştur.

Fizik ilkelerine göre, birbiri ile temas halinde bulunan cisimlerin aynı sıcaklıkta olmaları halinde birbiri ile enerji alışverişinde bulunmamalarını ifade eden bu durum, ısı dengesi şartı olarak bilinmektedir [20, 23]. Bu kavram da termodinamiğin sıfıncı yasası olarak adlandırılmaktadır [21]. Bu durum termometrelere uyarlandığında her ikisi de aynı sıcaklık değerine sahip iki cisim birbirleriyle temas etmeseler bile ısı dengededir denmektedir.

Isı temas ve ısı dengesi kavramlarını açıklamak gerekirse, ısı temas birbiri ile etkileşen ama dünyanın geri kalanından yalıtılmış bir kap içerisindeki iki cisimden yola çıkılarak anlatılabilir. Eğer bu iki cismin sıcaklıkları farklı ise aralarında enerji alışverişi olur. İki cisim arasında enerji alışverişi olabiliyorsa ısı temasta olduklarını düşünebiliriz. Isı dengesi ise bu iki cisim arasında artık enerji değiş tokuşunun olmadığı durumdur. Termometre, bir sistemin sıcaklığını o sistemle termal dengeye gelerek ölçen alettir.

### **2.3.1.2 Termodinamiğin Sıfıncı Yasası ile İlgili Çalışmalar**

Termodinamiğin sıfıncı yasa ile ilgili çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların kavram yanlışlığı ve sıfıncı yasanın öğretimi ile ilgili olduğu görülmektedir.

#### **2.3.1.2.1 Kavram Yanlışlığı ve Öğrenci Zorlukları ile İlgili Çalışmaları**

Termodinamik eğitimi almaya başlayan öğrenciler, ilk aşamada genellikle termodinamiğin zor olduğunu söylerler çünkü ısı ve sıcaklık kavramları arasındaki farkın anlaşılması zordur [7]. Termodinamiğin temel kavramlarından olan ısı ve sıcaklığı, aslında çok küçük yaşlarda deneyimlerimiz sayesinde öğrenmeye başlarız. Termodinamiğin günlük hayata bu kadar yakın olması öğretim aşamasında eğitimciler için hem bir avantaj hem de bir dezavantaj oluşturmaktadır [33]. Çünkü bu ön bilgiler bazen öğrenmeyi kolaylaştırırken bazen de kavram yanlışlarına sebep olmaktadır.

Sıfıncı yasa ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde görülen kavram yanlışlarının ve kullanılan yanlış ifadelerin ısı, sıcaklık ve ısı-sıcaklık olmak üzere üç kategoride toplandığı görülmüştür. Bu kategoriler ve örnek ifadeler Tablo 2.1’de verilmiş ve yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Carlton [7], öğrencilerini sınıf içerisinde gruplara ayırdıktan sonra onların ön bilgilerini ortaya çıkarmaya çalışmıştır. “Isı, sıcak cisimlerin enerjisidir” ya da “sıcaklık, ısının ölçülmüş halidir” gibi çeşitli kavram yanlışlarına sahip olduklarını görmüştür. Ayrıca, ısı ve sıcaklığın sürekli birbirine karıştırıldığını ve ikisi içinde tam bir tanım yapılamadığını görmüştür. Bu fikirler doğrultusunda onları kendi içlerinde düşünmeye yönlendirecek ve yaptıkları hataların farkına varabilecekleri etkinlikler hazırlamıştır. Yaptığı basit etkinlikler ve sınıf içi tartışmalarla termal denge, sıcaklık ve ısı konusunda doğru fikirler edinmelerini sağlamıştır.

**Tablo 2.1:** Termodinamiğin Sıfıncı Yasası ile İlgili Kavram Yanılgıları ve Yanlış Bilgiler

<i>Kategori</i>	<i>İfadeler</i>	<i>İfadenin Görüldüğü Çalışmalar</i>	
<b>SICAKLIK</b>	Bir nesnenin sıcaklığı yapıldığı maddenin türüne bağlıdır.		
	Sıcaklık- madde türü	Aynı ortamdaki sıvılar katılardan daha soğuktur.	10, 41
		Yünlü maddeler nesnelere sıcak tutmak için iyidir, ama soğuk tutmak için değildir.	
		Alüminyum folyo nesnelere soğuk tutmak için en iyidir.	
	Sıcaklık- madde miktarı	Sıcaklık maddenin miktarına veya büyüklüğüne bağlıdır. Bir maddenin sıcaklığı arttıkça kütlesi de artar.	10, 40, 41, 42
		Bir nesnenin sıcaklığı arttığında hacmi de artar.	42
		Soğutmak veya ısıtmak için gerekli zaman nesnenin hacim ve büyüklüğünden bağımsızdır.	10, 41
	Sıcaklık- hava	Bir nesnenin sıcaklığı o nesnenin içindeki havayla orantılıdır. Nesneyi soğutmak için içine hava girmelidir.	10, 41
	<b>ISI</b>	Isıtılan nesnelere ısı emişi nesnenin büyüklüğüne bağlıdır. Bazı maddeler diğerlerinden daha çok ısı çekebilirler ve maddelerin ısı emmeye dirençleri vardır.	41
		Soğuk maddeler ısıya sahip değildir	40
Isı- madde		Metal ısıyı iletmez hepsini kendi alır.	8
		Isınma katsayısı büyük olan geç ısınır geç soğur. Isınma katsayısı küçük olan maddeler çabuk ısınır çabuk soğur.	42
		Çabuk ısınma ya da çabuk soğuma öz-ısı ile ilgili olabilir.	42
		Isı madde miktarına bağlı değildir	42
Isı- enerji		Isı, sıcak cisimlerin enerjisidir.	7, 10
		Isı ve kinetik enerji arasında hiçbir ilişki yoktur.	8
		Isı bir enerji çeşidi değildir.	40
Isı alışverişi		İki sıvı karıştırıldığında, yeni karışımın sıcaklığı her iki sıvının sıcaklıkları toplamıdır.	10
	Hal değişiminde bir nesne alabileceği en yüksek değerdeki sıcaklığı almıştır.	10	

Tablo 2.1'in devamı

ISI-SICAKLIK	Isı ve sıcaklık aynıdır.	7, 8, 9, 10, 33, 37, 41
	Isı ve sıcaklık birimleri aynıdır.	
	Isı fiziksel bir nesnedir (kütlesi vardır) ve sıcaklık bir nesneden diğerine geçebilir.	10, 33, 39, 40, 41, 42
	İki çeşit ısı vardır: sıcak ve soğuk.	41
	Sıcaklık, ısının ölçülmüş halidir.	7, 10, 33
	Bir cismin sıcaklığı o cismin ısısından bağımsızdır.	8
	Sıcaklık bir enerji şeklidir ve/veya ısının birimidir.	39
	Isı yüksek sıcaklıktır.	39
	Isı termometre ile ölçülür.	40
	Sıcaklık kalorimetre ile ölçülür.	40

Öğretme-öğrenme sürecinde bazen öğrencinin kavradığı şey ile öğretmenin öğrenilmesini beklediği şey çok farklı olabilmektedir. Eğer öğrenci gerekli ön bilgilere sahip değilse ya da yanlış ön bilgilere sahipse, yeni kavramın öğrenilmesi de zor olmaktadır [34]. Chi, Slotta ve Leeuw [35], yaptıkları çalışmaya göre bilgi hafızada üç farklı kategoride organize edilmektedir. Bu 3 kategoriyi de şöyle vermektedirler: madde (matter), süreç (process) ve zihinsel durum (mental state). Yazarlara göre eğer kavramlar yanlış kategorilerde yer alıyorsa, daha sonra o bilginin düzeltilmesi de zor olmaktadır. Termodinamikte geçen kavramların soyut olması bu kavramların yanlış kodlanmasına sebep olmaktadır. Örneğin Chi ve arkadaşlarına [35] göre süreç (process) kategorisinde yer alması gereken “ısı” kavramı, öğrenciler tarafından madde (matter) kategorisine yerleştirilmektedir. Bu durum da öğrencilerin ısı kavramını anlamadıklarını ve kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermektedir.

“Ateş” doğanın dört temel elementinden biridir ve M.Ö. 384-322 yılları arasında Aristoteles’in evren biliminde yer almaktadır. İlk tanımı da Empedocles (M.Ö. 490-430) tarafından yapılmıştır. 17. ve 18. yüzyıllarda, ışık ve ısının yapısı üzerine yapılan tartışmalar yoğunluk kazanmıştır. 19. yüzyılda ışığın bir madde gibi düşünülmesi, kalorik teorisinin kuvvetlenmesine neden olmuştur. Fakat 1830’lu yıllarda ışığın dalga özelliği ile birlikte ısının da bir dalga olabileceği ortaya atılmıştır. İlerleyen yıllarda ışığın dalga ve tanecik modellerinin kabul edilmesi ve

kinetik teorisinin gelişmesi ile kalorik teorisinin çöküşü hızlanmıştır. Bugün kalorik teorisi geçerli olmamasına rağmen ne yazık ki hala bazı ifadeleri kullanılmaktadır ve bu durum karışıklıklara sebep olmaktadır. Örneğin, ısının bir madde gibi algılanmasına yol açmaktadır ve bir sıvı gibi bir cisimden diğerine aktığı düşünülmektedir [36].

Isı ve sıcaklık ile ilgili karşılaşılan kavram yanılgıları oldukça fazladır. Bunun sebebi öğrencilerin okulda bu kavramlarla ilgili bilimsel bilgileri öğrenmeden önce günlük hayatta sıklıkla kullanmalarındır. Isı ve sıcaklık, fizik kavramları içerisinde belki de günlük hayatta kullanımı en fazla olan kavramlardır ve bu durum öğrencilerin yanlış bilgilere sahip olmalarına sebep olmaktadır. Örneğin “odanın sıcaklığı 27 °C’ye çıktı” cümlesi “odanın ısı 27 °C’ye çıktı” şeklinde söylenebilmektedir [37, 38].

Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek [8], çalışmalarında “ısı ve sıcaklık” konusundaki kavram yanılgılarını araştırmışlardır. 1017 öğrenci ile yapılan bu çalışmada 15 sorudan oluşan ısı ve sıcaklık kavram testi uygulanmıştır. Elde edilen veriler ışığında lise ve üniversite öğrencilerinin çeşitli kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmüştür (Tablo 2.1).

Kesidou ve Duit [39], onuncu sınıfta okuyan 34 öğrencinin termodinamiğin ikinci yasasını nasıl anladıklarını incelemişlerdir. Yapılan görüşmeler sonucunda enerji ve ısı-sıcaklık kavramlarının öğrenciler tarafından zor anlaşıldığı ve kavram yanılgılarının bulunduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 2.1).

Yeşilyurt [37], lise 1. ve 2.sınıf öğrencilerinin ısı ve sıcaklık kavramlarına ilişkin görüşlerini almak amacıyla, ısı ve sıcaklık kavramlarının birbiriyle olan ilişkisi, sıcaklık değişimi, kaynama ve donma olayı, ısı sığası ve genleşme gibi başlıklar altında 240 öğrenci ile görüşmeler yapmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin çoğunun günlük hayattaki kullanım alanlarında ve okullardaki uygulama alanlarında ısı yerine sıcaklık, sıcaklık yerine de ısı kavramlarını kullandıkları görülmüştür.

Buluş, Kırıkkaya ve Güllü [40], ilköğretim beşinci sınıfta okuyan toplam 300 öğrenci ile yaptığı çalışmada “ısı ve sıcaklık; kaynama ve buharlaşma” konularındaki kavram yanlışları araştırılmıştır (Tablo 2.1). Çalışmada çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan oluşan bir test uygulanmış, ayrıca 60 öğrenci ile de yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır.

Paik, Cho ve Go [33], yaptığı çalışmada farklı yaş gruplarındaki (4-11 yaşlarında) öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusundaki temel bilgileri sorgulanmış ve kavram yanlışları belirlenmiştir. Isı ve sıcaklığın karıştırılması, sıcaklığın ısının bir ölçümü olması düşüncesi ve ısının bir maddeye ait bir özellik olması gibi kavram yanlışları görülmüştür (Tablo 2.1). Bu kavram yanlışlarının küçük yaşlarda daha fazla olduğu, yaş ilerledikçe azaldığı fakat gene de bilimsel açıklamalar yapılamadığı bulunmuştur.

Eryılmaz ve Sürmeli [41], ısı ve sıcaklık konularındaki kavram yanlışlarını belirlemek için yaptıkları araştırmalarında 77 lise 1. sınıf öğrencisiyle çalışmışlardır. Çoktan seçmeli üç-aşamalı soruların kullanıldığı çalışmada öğrencilerin çok sayıda kavram yanlışına sahip oldukları görülmüştür (Tablo 2.1). Ayrıca üç aşamalı hazırlanan soruların iki aşamalı ve klasik tek sorulara nazaran kavram yanlışlarını daha geçerli olarak ölçtüğü vurgulanmıştır.

### **2.3.1.2.2 Öğretimle İlgili Çalışmalar**

Fizikteki her yeni gelişme, eğitimde yeni sorunlara sebep olmaktadır. O yüzden tanımı bile tam olarak yapılamayan ısı, sıcaklık, enerji ve entropi gibi termodinamik konularının öğretiminin ciddi problemler oluşturması bizi şaşırtmamalıdır [25]. Ayrıca termodinamik yıllardan beri zor, anlaşılması güç ve gizemli bir konu olarak bilinmektedir [32].

Başer ve Çataloğlu [10], 74 yedinci sınıf öğrencisi ile yaptığı çalışmada kavramsal değişim yöntemine dayalı öğretimin, yedinci sınıf öğrencilerinin ısı ve sıcaklık konularındaki kavramları öğrenmeleri ve fen bilgisi dersine karşı tutumları incelenmiştir. Deney ve kontrol grupları arasındaki tek fark da deney grubundaki



öğrencilerle laboratuvar derslerinde kavramsal değişim yöntemleri kullanılmış olmasıdır. Çalışma sonucunda deney grubunun daha başarılı olduğu ve kavram değiştirme yönteminin öğrencilerin derse karşı olan tutumlarını değiştirmedeği görülmüştür (Tablo 2.1).

Gönen ve Akgün [42], Fen Bilgisi anabilim dalında okuyan 38 ikinci sınıf öğrencisi ile yaptıkları bir çalışmada, ısı ve sıcaklık kavramları arasındaki ilişki ile ilgili olarak hazırlanan çalışma yapraklarının öğrencilerin anlamalarını kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir.

Chiou ve Anderson [43], öğrencilerin zihinsel modelleri ile kendi tahminleri arasındaki ilişkiyi araştırmak için 30 üniversite öğrencisi ile çalışmıştır. Öğrencilerin eğitimsel inançları ile açıklama yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmada “yazma, konuşma, çizme” gibi veri toplama araçları kullanılmıştır. Elde edilen veriler ışığında ısı iletiminin nasıl olduğunu anlatan beş analogi ve üç eğitimsel inanış ile öğrencilerin zihinsel modellerinin olduğu ifade edilmiştir.

Harrison, Grayson ve Treagust [9] tarafından yapılan başka bir çalışmada ise ısı ve sıcaklık konusunda bir onbirinci sınıf öğrencisinin gelişimini incelemişlerdir. Yapılan ön testte görülen alternatif kavramların bilimsel yapılarla değiştirilmesi amaçlanan çalışmada, sınıf tartışmaları, öğrenci portfolyoları, öğretmen/araştırmacı gözlemleri kullanılmıştır. Başlangıçta ısı ve sıcaklık kavramlarını sürekli birbirine karıştıran ve kavramsal olarak aradaki farkı anlayamayan öğrencinin çalışma sonucunda öğreniminin iyiye gittiği görülmüştür. Ayrıca öğrencinin hem derse karşı olan ilgisinin arttığı hem de yazılı ve sözlü problemlerin çözümünde daha dikkatli olduğu görülmüştür.

Zacharia, Olympiou ve Papaevripidou [44] yaptığı çalışmada “ısı ve sıcaklık” konusunu seçerek laboratuvar deneyleri ile bilgisayar destekli programların öğrencilerin öğrenmeleri üzerine etkisi araştırmıştır. 62 öğrencinin deney ve kontrol grubu olarak ayrıldığı bu çalışma sonucunda laboratuvar deneyleri ile bilgisayar programlarını aynı anda kullanan öğrencilerin sadece laboratuvar deneylerini yapan öğrencilerden daha başarılı oldukları ve konu ile ilgili yanlış bilgilerin de ortadan

kaldırıldığı görülmüştür. Bunun sebebinin de bilgisayar programlarının hemen sonuç vermesi ve gerektiğinde aynı işlemin tekrar edilebilmesi imkânı olduğu söylenmektedir

### **2.3.2 Termodinamiğin Birinci Yasası ve İlgili Çalışmalar**

#### **2.3.2.1 Termodinamiğin Birinci Yasası**

Fiziğin en temel yasası olarak nitelendirilen [45] termodinamiğin birinci yasası veya diğer adıyla enerjinin korunumu ilkesi enerjinin değişik biçimleri arasındaki ilişkileri ve enerjinin mekanik iş yapabilmek için nasıl kullanıldığını incelemektedir [20, 24]. Cebe [46], termodinamiğin birinci yasasını, maddesel bir sistemin fiziksel ve kimyasal değişimlerini enerji korunumu ile açıklayan yasa olarak tanımlamaktadır.

Enerji üretilemez ya da yok edilemez, sadece değişik formları arasında dönüşüme uğrayabilir. Isı, ışık, hareket, kütle, elektrik, petrol, yiyecek, ses ve nükleer enerji hepsi enerjinin bir formudur ve birbirlerine dönüştürülebilirler. Örneğin bir bilyeye vurulduğunda ya da bilye masanın üstünden yere düşürüldüğünde kinetik ve potansiyel enerji yani mekanik enerji dönüşümleri gerçekleşmektedir. Bir pilin yardımıyla çalıştırılan bir radyoda da kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşümü görülmektedir [46].

Enerji kavramı iç enerjiyi de içine alacak şekilde genişletilirse enerji korunumu tüm doğayı içine alan evrensel bir yasa haline gelir. İç enerji bir sistemin tüm mikroskobik hallerinin enerjilerinin toplamı olarak tanımlanabilir [20]. Birinci yasaya göre de sistemin iç enerjisi sisteme ısı verilerek ya da alınarak veya sistem üzerine ya da sistem tarafından çevresine iş yapılarak değiştirilebilir [19].

Isı ve mekanik işin birer enerji aktarımı oldukları ve enerjinin korunan bir nicelik olduğu Benjamin Thompson (1753-1814) ve James Joule'un ortaya attığı fikirlerle kuvvetlendirilmiştir. Joule, yaptığı deneylerle belirli bir miktar suyun sıcaklığını arttıran ısıya eşdeğer olan iş miktarını belirlemiştir [21].

Termodinamiğin birinci yasası, bir sistemle çevresi arasında aktarılan enerji ile sistemin iç enerjisindeki değişiklikleri birbirine bağlar. Buradan  $Q = \Delta U + W$  ifadesi ortaya çıkar. Burada  $\Delta U$  sistemin iç enerjisindeki değişimini,  $Q$  sisteme eklenen enerjiyi ya da sistemden aktarılan enerjiyi ve  $W$  sistem üzerine yapılan ya da sistemin yaptığı işi göstermektedir.

### 2.3.2.2 Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Çalışmalar

Termodinamiğin birinci yasası ile ilgili çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların kavram yanlışlığı, öğrenme zorlukları ve birinci yasanın öğretimi ile ilgili olduğu görülmektedir.

#### 2.3.2.2.1 Kavram Yanılgısı ve Öğrenci Zorlukları ile İlgili Çalışmaları

Birinci yasa ile ilgili çalışmalarda geçen kavram yanlışlıkları ve örnek ifadeler Tablo 2.2’de verilmiş ve yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Meltzer [6] ısı, iş ve termodinamiğin birinci kanunu ile ilgili olarak 653 üniversite öğrencisi ile çalışmış ve bunlardan 32’si ile de görüşme yapmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin ısı, iş, ve iç enerji kavramlarında zorlandıkları görülmüştür (Tablo 2.2). Bunu sebebi de ısı transferi, iş ve iç enerji konularının aynı üniteye gösterilmesi ve hepsinin aynı temel nicelik olan “enerji” kavramından türetilmiş olması olarak açıklanmıştır.

**Tablo 2.2:** Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Kavram Yanılgıları ve Yanlış Bilgiler

<i>İfadeler</i>	<i>İfadenin Görüldüğü Çalışmalar</i>
Isı ve iç enerji aynı şeylerdir.	6, 36, 49
Enerji bir yarı-maddedir.	34, 35, 48
Enerji farklı formlarda bulunabilir.	48
İki tür enerji vardır: kinetik enerji ve potansiyel enerji.	48

Günümüzde yapılan çalışmaların çoğunun “enerji” kavramının öğrencilerdeki kavramsal yapıyı ortaya çıkarmaya yönelik olduğu söylenebilir. Kaper ve Goedhart [47, 48] bu konuyu farklı bir açıdan ele alarak yaptıkları çalışmalarını iki kısım halinde yayınlamışlardır. Birinci kısımda öğrencilerin günlük bilgileri ile enerji ile ilgili bilimsel cevapları karşılaştırılmıştır [47]. İkinci kısımda da enerji kavramının öğretimi sırasında yapılan yanlışlıklardan bahsetmişlerdir [48]. Yaptıkları çalışmada öğrencilerin “enerji” kavramını eğitim öncesinde genellikle görülebilir hareketlerle ya da teknolojik uygulamalarla tanımladıkları ve enerji korunumunun da genellikle günlük hayatta, enerjinin dikkatli kullanılması ya da boşa harcanmaması şeklinde anlatıldığı görülmüştür (Tablo 2.2). Ayrıca lise düzeyinde enerji türlerinden sadece kinetik ve potansiyel enerjiden bahsetmenin üniversite döneminde sorun oluşturduğunu vurgulanarak, “enerji” kavramının öğretimi ile ilgili yapılan yanlışları da iki başlık altında toplamışlardır:

1. Enerji genellikle bir ortamdan diğerine akan bir yarı-madde gibi anlatılmaktadır.
2. Enerji genellikle farklı formlarda bulunan bir şeymiş gibi anlatılmaktadır.

Cotignola, Bordogna, Punte ve Cappannını [36], öğrencilerin basit termodinamik kavramları ile ilgili yaptıkları hataları ısı, sıcaklık, enerji ve iç enerji kavramlarının tarihsel gelişimi ile birlikte ele alarak incelemişlerdir. Kitaplarda geçen hatalar belirlenerek, bunlar öğrencilerin yaptığı hatalarla karşılaştırılmış ve yapılan hataların benzer olduğu görülmüştür. Özellikle kitaplarda “iç enerji” ve “ısı” kavramları anlatılırken yapılan hataların öğrencileri de yanlış yönlendirdiği bulunmuştur. Özellikle “iç enerji” kavramı üzerinde durulan bu çalışmada öğrencilere bazı önerilerde de bulunulmuştur.

Çoban, Aktamış ve Ergin [11], ilköğretim programında sekiz yıl süresince öğrenim gören öğrencilerin enerji konusundaki kavramalarını ortaya çıkarmak için sekizinci sınıfta okuyan 22 öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmışlardır. Çalışma sonucunda, ilköğretim öğrenimleri süresince farklı disiplinlerde geçen “enerji” kavramını öğrencilerin zihinlerinde eksik ve alternatif kavramlarla yapılandırdıkları görülmüştür.

Loverude, Kautz ve Heron [49], öğrencilerin termodinamiğin birinci yasası ile ideal gazın adyabatik sıkıştırılması arasındaki ilişkiyi kurup kuramadıklarını incelemiştir. Yazılı testlerin ve görüşmelerin kullanıldığı çalışmada öğrencilerin çoğu birinci yasayı bilmelerine rağmen ideal gazın adyabatik sıkıştırılması ile arasındaki ilişkiyi kuramamışlardır. Verilen soruların çözümünde ideal gaz yasalarını kullanma eğilimde olmuşlardır. Çalışma sonucunda, öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını sık sık karıştırdıkları, verilen sorularda termodinamiğin birinci yasasını kullanamadıkları, yanlış mikroskobik düşüncelerini yanlış makroskobik modellerle açıkladıkları ve ısı, sıcaklık, iş ve iç enerji kavramları arasındaki farkı tam olarak kavrayamadıkları görülmüştür (Tablo 2.2).

#### **2.3.2.2.2 Öğrenme Zorlukları**

Termodinamiğin birinci yasası ile ilgili yapılan hatalar oldukça fazladır. “Enerji” kavramının tam bir tanımının yapılamaması beraberinde çeşitli sorunlar getirmektedir. Ayrıca ortaokul ve lise düzeyinde sadece kinetik ve potansiyel enerji kavramlarının verilmesi ilerleyen yıllarda öğrencilerin enerji denilince sadece enerjinin bu iki türünü hatırlamasına sebep olmaktadır. Örneğin ısı ve iş kavramları üniversite düzeyinde enerjinin bir formu olarak verildiğinde öğrenci ilişki kuramamaktadır [47, 48].

Isı transferi, iş ve iç enerji kavramlarının aynı konu içerisinde verilmesi ve hepsinin aynı temel nicelik olan enerjiden türetilmiş olması ayrı bir kavramsal zorluğa sebep olmaktadır. Pek çok öğrenci bu kavramlar arasındaki ilişkiyi ve farkları kavrayabilmiş değildir. Ayrıca ısı transferi ve işin, bir sistemin iç enerjisindeki değişimin bir göstergesi olduğu anlaşılamamaktadır [6; 49].

#### **2.3.2.2.3 Öğretimle ilgili Çalışmalar**

Termodinamik ile ilgili kaynaklar incelendiğinde termodinamiğin genellikle ısı ve iş kavramları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Fakat bu durum mekanikteki kullanımları ile termodinamikteki kullanımlarının karıştırılmasına sebep olmaktadır. Isı ve işin, termodinamiğin gelişmesinde büyük rol oynamasına rağmen bugün

sürekli onlardan bahsedilmesinin konunun anlaşılmasını engellediğini söylemektedir. Bu yüzden ısı ve iş yerine enerji temelli bir termodinamik eğitimi olması gerektiğini vurgulamaktadır [50].

Enerji, enerji korunumu ve enerji dönüşümü öğretilmesi gereken en önemli ve en temel kavramlardır. Bu kavramların öğretimi hem geleneksel öğretimde hem de yapılandırmacı öğretimde zor olmaktadır [51].

Papadouris, Constantinou ve Kyratsi [52], yaptıkları çalışma da fiziksel sistemlerdeki değişimlerin hesaplanması için öğrenciler tarafından kullanılan enerji modellerini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. 11-14 yaşları arasında bulunan 240 öğrenci ile ön test- son test değerlendirmesi ve görüşme tekniğini kullanmışlardır.

### **2.3.3 Termodinamiğin İkinci Yasası ve Konu ile İlgili Çalışmalar**

#### **2.3.3.1 Termodinamiğin İkinci Yasası**

Termodinamiğin birinci yasası, enerji korunumu ve enerji dönüşümleri ile ilgilendir. Termodinamiğin merkezi olarak düşünülen [53] ikinci yasa ise bize doğada hangi süreçlerin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini söyler [19, 23]. Örneğin, bir odada bırakılan bir fincan sıcak kahvenin zamanla soğuyacağını biliriz. Bu durumu birinci yasaya göre incelediğimizde kahveden odadaki havaya doğru bir ısı akışı olduğunu ve kahvenin kaybettiği enerji kadar havanın enerji kazandığını söyleyebiliriz. Bu süreç birinci ve ikinci yasaya uygun olarak gerçekleşmektedir. Fakat şimdi bu sürecin ters yönde işlediğini düşünelim. Yani sıcak olan kahvenin odadaki havadan enerji alarak biraz daha ısındığını varsayalım. Bu durum da gene havanın kaybettiği enerji ile kahvenin kazandığı enerjinin eşit olduğunu görürüz. Fakat buradaki problem odada durmakta olan kahvenin bu şekilde daha fazla ısınamayacağıdır. Görüldüğü gibi ikinci durum birinci yasaya uyarken, ikinci yasaya uymamaktadır. Bu örnekte de görüldüğü gibi doğadaki herhangi bir sürecin örneğin hal değişimlerinin gerçekleşebilmesi için hem birinci hem de ikinci yasanın sağlanması gerekmektedir.

Termodinamiğin ikinci yasası çok tartışmalı bir yasa olması sebebiyle değişik biçimlerde ifade edilmektedir [20]. Özellikle de Kelvin-Planck ifadesi ve Clausius ifadeleri pek çok kaynakta yer almaktadır [53, 54].

Çengel ve Boles'e [20] göre Kelvin-Planck ifadesi "termodinamik bir çevrim gerçekleştirerek çalışan bir makinenin, yalnızca bir kaynaktan net iş üretmesi olanaksızdır." Clausius ifadesi de "termodinamik bir çevrim gerçekleştirerek çalışan ve düşük sıcaklıktaki bir cisimden aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki bir cisme aktarmak dışında hiçbir enerji etkileşiminde bulunmayan bir makine tasarlamak olanaksızdır."

Mühendislik alanı için, ikinci. yasanın en önemli sonucu, ısı makinelerinin veriminin sınırlı olacaktır. Yani %100 verimle çalışarak iç enerjinin tamamını başka bir enerjiye dönüştüren bir makine yapmak mümkün değildir [19].

Termodinamiğin ikinci yasası, sadece süreçlerin yönünü belirlemekle sınırlı değildir. İkinci yasa enerjinin niceliğinin olduğu kadar niteliğinin de olduğunu öne sürer. Ayrıca gerçekleşen bir süreçte enerjinin niteliğinin nasıl azaldığını ifade etmektedir. Örneğin, yüksek sıcaklıktaki ısı enerjisinin daha büyük bir bölümü işe çevrilebilir. Doğada gerçekleşen her süreçte bir miktar ısı enerjisi açığa çıkmakta ve boşa gitmektedir. İş, ısıdan daha değerli bir enerji türüdür. Çünkü işin tamamı ısıya dönüştürülebilir fakat ısının tamamı işe dönüştürülemez. Bu çevreye verilen atık ısı hem mühendislerin hem de çevrecilerin ilgilendikleri konulardan biridir. Çünkü hem işe çevrilebilen enerji miktarı azalmakta hem de ısıl kirlenmeye sebep olmaktadır [20].

"Entropi" kelimesini, 1865'de Alman Fizikçi Rudolf Clausius türetmiştir. "Enerji" kelimesine benzer bir şeyler arayan Clausius, Yunancada "döndürme", "dönüşüm" anlamlarına gelen "entropi" kelimesini seçmiştir [55]. İkinci yasa kapsamında bir durum fonksiyonu olarak karşımıza çıkan "entropi", gerçekleşen bir sürecin başında ve sonunda farklı değerler alarak bu sürecin gerçekleşme yönünü gösterir. Entropi makro düzeyde, yararlı iş yapmak için kullanılmayan bir enerji ölçüsü, mikro düzeyde ise düzensizliğin ölçüsüdür [24]. J. W. Gibbs, entropiyi bir sistemin düzensizlik ölçüsüdür biçiminde tanımlamıştır. Bu tanım entropi

kavramının moleküler, atomik ve hatta elektron düzeyinde incelenmesi gerektiğini belirtmektedir [46].

İkinci yasanın alanına giren, bir hal değişiminin ne yönde gerçekleşeceği, entropinin artışı ilkesine göre belirlenmelidir. Çünkü kendiliğinden gerçekleşen bütün süreçlerde entropi ya artar (tersinmez bir süreçte) ya da aynı kalır (tersinir bir süreçte), asla azalma eğilimi göstermez [21, 53].

Entropi ve ikinci yasa, mikroskobik boyutta da yorumlanabilir. Bu durumda entropi, “bir sistemin enerjisinin dağıtabileceği yolların sayısıyla” ifade edilebilir. Örneğin bir kalıp buzda bulunan su molekülleri daha düzenli bir halde titreşim hareketi yaparlar. Fakat bu buz kütlesi eriyip sıvı hale geçtikçe moleküller titreşim ve öteleme hareketleri yapmaya başlayacaktır. Bu durum da su moleküllerinin sahip olduğu enerji düzeylerinin yani entropinin arttığını göstermektedir.

Bugün termodinamiğin ikinci yasası en kusursuz ve en doğruluğundan şüphe edilemez yasa olarak düşünülmektedir [30]. Mekanikte enerji, momentum ve açısal momentum kavramlarının ortaya atılmasının nedeni bunların korunum ilkesinin sağlanmasıdır fakat entropi korunmaz ve genellikle artma eğilimindedir. Bu alışılmadık durum entropinin gizemini arttırmaktadır [23].

Soğuk ve sıcak su karıştırıldığında, sıcak suyun kaybettiği ısı enerjisi soğuk suyun kazandığı ısı enerjisine eşittir ve enerji korunur. Fakat soğuk suyun entropisindeki artış sıcak suyun entropisinden fazladır ve sistemin son durumundaki toplam entropisi başlangıçtaki değerinden daha büyüktür. Doğada var olan enerji miktarı sabittir ve değişmez fakat entropinin enerjiden farkı, süreç içerisinde yaratılmasıdır. Ayrıca entropi bir defa yaratılırsa, hiçbir zaman yok edilemez. Evren bu entropideki fazlalığı daima beraberinde taşır [23].

İkinci yasanın, entropi kapsamında felsefi değerlendirmeleri de yapılmaktadır. Örneğin doğadaki pek çok çevresel problem entropinin artışıyla açıklanmaktadır. Smith [45] bu durumu şöyle açıklamaktadır:



*“Çeşitli yollarla insanın doğaya olan etkisinin sebebi kendisi için çok kompleks ve çeşitli olan sistemi daha basit bir çevre haline dönüştürmektir. Fakat bu esnada çevresinin düşük entropisini arttırmaktadır. Doğal sistemler genellikle sürdürülebilir sistemlerdir çünkü kendi düşük entropilerini devam ettirebilmek için sadece güneşten gelen enerjiyi kullanmaları yeterli olmaktadır. Fakat biz bu esnada fosil yakıtları kullanarak enerji miktarını arttırıyoruz. Bu süreçte biz kendi kompleks fiziksel ve sosyal çevremizi daha düşük entropili bir çevre haline getiriyoruz. Yani kendi çevremizin entropisini düşürürken doğal çevrenin entropisini arttırıyoruz. Bu da doğal sistemlerin dengesinin bozulmasına neden oluyor.”*

Mikailov ve San [22] da bu konuyla ilgili çeşitli örnekler vermektedir;

- Eskime, yaşlanma, yıllanma gibi eylemlerin nedeni entropidir.
- En düzensiz enerji ısıdır ve bir gün gelecek bütün enerji ısı olacaktır ve bu da evrenin sonudur.
- Entropi iş yapma yeteneği olmayan enerji olarak da tanımlanır. İki cam balona farklı sıcaklıklarda gaz, cam balonlar arasına da bir pervane konacak olursa ilk başta pervanenin döndüğü görülecektir. Fakat sonra entropi arttığı için pervanenin dönmesi duracaktır.
- Spor yapmak için bir parkta 100 metrelik bir koşu yapıldığını, 100 metrenin sonunda yorulup koşamayacak hale geldiğini ve bir yere oturulduğu düşünülecek olursa koşarken harcanmış olan ve bir daha kazanılmayacak olan enerjiye entropi denir.
- Aslında sistemler bozulmamakta, enerji değişimi bazında en kararlı hali almaya çalışmaktadır. Hayatın anlamı da budur, yaşam entropi yollarından biridir, şekerin çaya daha çabuk karışmasını sağlayan kaşık işlevindedir.

### **2.3.3.2 Termodinamiğin İkinci Yasası ile İlgili Çalışmalar**

Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların kavram yanlışlığı ve ikinci yasanın öğretimi ile ilgili olduğu görülmektedir.

### 2.3.3.2.1 Kavram Yanılgısı ve Öğrenci Zorlukları ile İlgili Çalışmaları

İkinci yasa ile ilgili çalışmalarda geçen kavram yanılgıları ve örnek ifadeler Tablo 2.3’de verilmiş ve yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Plumb’da [56], öğrencilerin iç enerjiyi, potansiyel ve kinetik enerjinin bir çeşidi olarak düşündüklerini söylemektedir. Ayrıca öğrencilerin entropinin etkilerini anlayabilecekleri basit örneklerin olmadığını vurgulamaktadır.

Carson ve Watson [34], öğrencilerin termodinamik dersinde karşılaştıkları zorlukları araştırmıştır. Konu olarak da özellikle entropi ve Gibbs serbest enerjisi ele alınmıştır. Kimyasal termodinamik dersinden önce ve sonra olmak üzere 16 öğrenci ile görüşmeler yapılmıştır. Görüşmeler sonucunda öğrencilerin pek çok kavram yanılgısına sahip oldukları görülmüştür (Tablo 2.3). Ayrıca öğrencilerin bazı hal değişimleri (katıdan sıvıya, sıvıdan gaza geçiş) sırasında entropinin artacağını söyledikleri fakat bunun sebebini açıklayamadıkları görülmüştür. Sistem ve çevresini sıklıkla karıştırdıkları, genellikle çevreyi ihmal ettikleri bulunmuştur. Bunun sebebi de sistemden çevreye veya çevreden sisteme bir enerji transferi olabileceğini anlamamaları olarak verilmiştir. Ayrıca entropi ile Gibbs serbest enerjisini sıklıkla karıştırdıkları ve enerjiyi, yarı-materyal bir madde gibi düşündükleri görülmüştür. Bu durum, Chi ve arkadaşlarının [35] yaptıkları çalışmada öğrencilerin enerji kavramını madde kategorisi içerisinde tanımlamalarıyla uyusmaktadır.

Johnstone, Macdonald ve Webb [57] tarafından yapılan çalışmada öğretmen adaylarının termodinamikle ilgili kavram yanılgıları ve kavram yanılgılarının kaynaklarından bahsedilmiştir (Tablo 2.3). Elde edilen bulgular şöyledir:

- Tersinirliğin tanımı yapılamıyor.
- Entropi, genellikle düzensizliğin bir ölçüsü olarak adlandırılıyor.
- Sistem ve çevresi arasındaki fark ayırt edilemiyor.
- Entropi ve kinetik enerji sürekli karıştırılıyor
- Entropi artışı, sıcaklığın artışıyla eşitmiş gibi algılanıyor.

Granville [58], kimya öğrencileri ile yaptığı bir çalışmada termodinamik ile ilgili çeşitli kavram yanlışlarının olduğu sonucuna varmıştır (Tablo 2.3). Örneğin, izotermal süreçler için  $\Delta U=0$ 'dır. Bu durum sadece ideal gazlar için geçerli olmasına rağmen öğrencilerin bu durumu bütün gazlara uyguladıkları görülmüştür. Bir diğeri ise adyabatik süreçlerde  $\Delta S=0$ 'dır. Bu durumda tersinir süreçler için geçerlidir ve eğer süreç tersinir değilse  $\Delta S>0$ 'dır.

**Tablo 2.3:** Termodinamiğin İkinci Yasası ile İlgili Kavram Yanlışları ve Yanlış Bilgiler

<i>İfadeler</i>	<i>İfadenin Görüldüğü Çalışmalar</i>
Entropi, kirliliktir.	61
Entropi, entalpinin diğer adıdır.	34
Entropi, entalpi, gibbs serbest enerjisi, hepsi enerjinin bir formudur.	12, 34
Entropi, herhangi bir şeyin rastgeleliği veya düzensizliğidir.	34, 57
Entropi değişimi yalnızca konum değişimi ile olmaktadır.	34
Sistem ve çevre aynı şeydir.	34, 57
Entropi ve kinetik enerji aynı şeydir.	57
Sıcaklık artışıyla entropi artışı eşittir.	57
İzotermal süreçlerde $\Delta U=0$ 'dır.	58

### 2.3.3.2.2 Öğretimle İlgili Çalışmalar

Termodinamik dersleri genellikle, ısı, sıcaklık ve termodinamiğin birinci yasası ile başlar. Ardından zor olan kısımları, entropi ve termodinamiğin ikinci yasası gelir. Dersin ilerleyen aşamalarında da entropinin mikroskobik anlamı ve termal sistemlerin gelişiminin anlatımı verilmektedir [55]. Kısacası gittikçe zorlaşan konular öğrencilere sunulmaktadır.

Termodinamik kavramlarının soyut yapısı, öğrencileri ağır bir zihinsel sürece sokmaktadır. Ayrıca termodinamik genellikle iki veya daha fazla değişkenin etkisini

incelemektedir. Bu durum termodinamik öğrenimini daha da zorlaştırmaktadır [34]. Ayrıca matematiksel içeriği sebebiyle termodinamik öğrenciler arasında pek sevilmemektedir [59, 60]

Termodinamik kavramları arasında yer alan “entropi”, enerji gibi hem anlatılması hem de anlaşılması zor bir kavramdır. Ayrıca entropiyi anlatabilmek için yapılan açıklamalar ya da kurulan analogiler durumu daha da sıkıntılı bir hale getirmektedir. Örneğin en çok kullanılan analogi “kirlilik” ve “düzensizlik”tir. Fakat bu analogiler düzgün kullanılmadığı zaman kavram yanılgılarına sebep olmaktadır [61]. Hatta bazen düzensizlik kelimesi entropinin eş anlamlısı gibi algılanmaktadır.

Entropinin zor anlaşılmasının sebebi soyut bir kavram olmasıdır. Bu kavramı daha somut bir hale getirebilmek için “entropi düzensizliğin bir ölçüsüdür” tanımına başvurulabilir. Fakat bu durum istatistiksel-mekaniksel olarak dikkatli analiz edilmediğinde yanlış yönlendirmeler de yapabilir [62].

Tanel [31], termodinamiğin ikinci yasası ve entropi konularının anlatımı sırasında öğrencilerin sözel bilgilerle daha çok ilgilendiklerini belirtmektedir. Bu durum termodinamikte geçen matematiksel ifadelerin zorluğundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca konunun çok soyut olması sebebiyle termodinamik yasalarının günlük olaylarla ilişkilendirilerek anlatılması gerektiğini söylemektedir.

Tanel [31], lisans düzeyinde termodinamiğin ikinci yasası ve entropi konularının işbirlikli öğrenme ve geleneksel öğretim yöntemleriyle öğrenilmesinin çeşitli değişkenler üzerindeki etkisini incelemiştir. 40 öğrencinin deney ve kontrol grubu olarak ayrıldığı bu çalışmada, işbirlikli öğrenme yönteminin öğrencilerin termodinamik başarısını arttırdığı ve bilgilerin kalıcılığının sağlandığı ifade edilmiştir. Ayrıca işbirlikli öğrenme yönteminin, deney grubunun derse karşı olan tutumlarını ve kendilerine duydukları güveni de arttırdığı ifade edilmiştir.

Strnad [25], çalışmasında, termodinamiğin ikinci yasasını tarihsel bir süreç içerisinde anlatarak ikinci kademe öğretim programında yer alıp almamasını

tartışmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin herhangi bir konuyu daha iyi anlayabilmeleri için konuyu tarihsel gelişim içerisinde verilebileceği önerilmiştir.

Cochran ve Heron [63], termodinamiğin ikinci yasasının, ısı makineleri ve buzdolapları gibi sistemlere öğrenciler tarafından ne ölçüde uygulandığını araştırmıştır. Öğrencilerin bu sistemleri açıklarken ikinci yasayı kullanmadıkları onun yerine birinci yasayı kullanarak açıklamaya çalıştıkları görülmüştür. Elde edilen veriler ışığında da biri Carnot teoremi diğeri ise entropi üzerine kurulan iki farklı öğretim hazırlanmıştır.

Sichau [59], termodinamiği tarihsel bir gelişim sürecinde ele almıştır. Termodinamiğin gelişimi sanayi devrimi ile hız kazanmıştır. Yazara göre bu sebepten dolayı teknolojik gelişmeler anlatılırken tarihsel gelişiminin de anlatılması gerekmektedir. Çünkü günümüzdeki her şey geçmişin devamı gibidir. Sichau tarafından hazırlanan ve öğrencilerin kendi istekleriyle katıldıkları bir kurs düzenlenmiştir. Bu kursta da termodinamik deneyleri, tarihsel süreçleri anlatılarak yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda bu tarz eğitimlerin önemi vurgulanmıştır.

Termodinamikte yer alan zor matematiksel işlemler, öğrencilerin termodinamiği anlamasını zorlaştırmaktadır. Hatta bu zor işlemlerle birlikte “entropi” gibi yeni bir kavramların verilmesi işi daha da zorlaştırmaktadır. Cannon’un [60] çalışmasında Legendre dönüşümlerinin termodinamik denklemlerinin çözümünde nasıl kullanılacağı ve termodinamik hesaplamalarına nasıl uygulanacağı göstermektedir. Bu sayede termodinamikte yer alan formüllerin daha kolay anlaşılacağı ve kavramların biraz daha somut olarak öğrenciye sunulacağı ifade edilmiştir.

Termodinamik eğitimi ile ilgili yapılan değişik çalışmalarda görülmektedir. Örneğin Kincanon [64], entropi kavramının daha iyi anlaşılabilmesi için bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Bu programda iki bölmeli bir hazne içerisinde bulunan gazın davranışı incelenmiştir. Ayrıca Silva [65] tarafından yapılan çalışmada da termodinamiğin temel kavramları bir buzdolabı sistemi üzerinden anlatılmıştır. Cox, Belloni, Dancy ve Christian [66] tarafından yapılan çalışmada

Physlet tabanlı öğretim programına yardımcı interaktif bir eğitim tanıtılmıştır. Bu programla öğrencilerin termodinamik kavramlarını daha kolay öğrenmeleri hedeflenmiştir. İdeal gaz parçacıklarının davranışı ve basit bir motor döngüsü yapılan alıştırmalarla incelenebilmektedir. Bu eğitimin öğrencilerin soyut kavramları daha iyi anlamalarına ve termodinamik ile mekanik arasında ilişki kurmalarına yardımcı olduğuna inanılmaktadır.

## **2.4 Çevre Sorunları ve Termodinamikle olan İlişkisi**

### **2.4.1 Çevre Sorunları**

İnsan, yaşadığı çevreyle sürekli bir etkileşim içerisinde. Ancak bu etkileşim sırasında, yalnızca insanın ihtiyaçlarını gidermesi söz konusu olduğunda, çeşitli sorunlar ortaya çıkmakta ve insan doğal çevresine zarar vermektedir. Örneğin ilk yerleşim alanlarının akarsu kenarlarına kurulması kirliliğin kökenini oluşturmaktadır [67].

Özellikle sanayi devrimi ile başlayan teknolojik gelişmeler, hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme gibi durumlar çevresel sorunları gün geçtikçe arttırmaktadır [68, 69].

Teknolojik alanda yaşanan gelişmeler hayatı kolaylaştırırken beraberinde yeni problemler de getirmektedir. Bugün dünya ülkeleri çevre-teknoloji uyumunu sağlamakta büyük çaba sarf etmektedir [70]. Ayrıca çok yakın bir tarihe kadar sadece ekonomik ve siyasi sorunlarla uğraşan dünya devletleri artık üçüncü bir sorun olan çevre sorunlarıyla da ilgilenmek zorunda kalmışlardır [71]. Çevre sorunlarının çözümüne yönelik ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan araştırmaların, toplantıların ve yayımların sayısı gün geçtikçe artmaktadır [72].

Günümüzde önemli boyutlara ulaşan çevre sorunlarını; küresel ısınma, sera etkisi, ozon tabakasının delinmesi, biyolojik çeşitliliğin azalması, buzulların erimesi, zehirli atıklar, nükleer ve kimyasal kirlilik oluşturmaktadır [71].

Tüm bu çevre sorunlarının çözümünde “Ekoloji” terimi ön plana çıkmaktadır. Bu terim ilk kez 1858 yılında Henry Thoreu tarafından bir mektupta kullanılmış fakat herhangi bir tanımı yapılmamıştır. Daha sonra 1866 yılında Ernst Haeckel’in “Organizmaların Genel Morfolojisi” isimli kitabında kullanılmıştır. Yunanca oikos (ev, mekan) ve logos (bilim) köklerinden türeyen ekoloji, geçen yüzyılın ikinci yarısından itibaren de biyolojiye bağlı özel bir disiplin olarak gelişmeye devam etmektedir [71, 73].

Ekolojik sorunlar içerisinde yer alan çevre kirliliği bugün tüm dünyayı tehdit etmektedir. Çevre Kirliliğinin tek bir tanımı ve sınıflandırılması olmamakla birlikte çeşitli kaynaklara başvurulabilir [3, 18, 67]. Özellikle kirliliğin sınıflandırılması çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Bunun sebebi çok kapsamlı olmasıdır [18, 67]. Çevre kirliliğinin tanımına ve sınıflandırılmasına birer örnek verecek olursak; Çepel’in [3] çevre kirliliğini, “Bütün canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre varlıkları üzerinde maddi zararlar meydana getiren ve onların niteliklerini bozan yabancı maddelerin, hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır.” şeklinde tanımlanmaktadır. Çevre kirliliğini dört ana başlık altında gruplandıran Akman ve arkadaşlarının [67] sınıflandırması da şöyledir:

#### 1. Fiziksel Kirlenme

- a) Radyonükleidler
- b) Isıtma ve termik kirlenme
- c) Gürültü ve alçak frekanslı vibrasyonlar (titreşimler)

#### 2. Kimyasal Kirlenme

Sıvı hidrokarbonlar ve karbon gazı türevleri, deterjanlar, plastik maddeler, pestisid ve sentezlenmiş diğer organik bileşikler, kükürt türevleri, azot türevleri, ağır metaller, florürler, katı partiküller (aerosol), fermente olabilen organik maddeler

#### 3. Biyolojik Kirlenme

- a) Bakteri ve virüslerle kirlenmiş çevreden mikrobiyolojik buharlaşma

- b) Bitki ve hayvan türlerine yapılan zamansız müdahale ile biyosenozun değişmesi

#### 4. Estetik Zararlar

- a) Tabii çevrenin bozulması ve ilkel şehirleşme ve kötü kullanma ile görünüşün bozulması.
- b) Bakır biyotopun endüstrileşme veya insanlar tarafından değiştirilmesi.

Yukarıdaki sınıflandırma incelendiğinde ekolojinin başta fizik, kimya olmak üzere bütün disiplinlerle ilişkili olduğu görülmektedir [18].

Çevre kirliliğinin ciddi boyutlara ulaşması ile temiz ve sağlıklı bir çevre arayışları gün geçtikçe artmaktadır. Hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği, toprak kirliliği, kanser, radyasyon, stres gibi çevreyle ilgili rahatsızlıkların artmasıyla birlikte, insanın mutluluğunu arttırmayı ve ömrünü uzatmayı hedefleyen çalışmalar da artmaktadır. Bugün yapılan pek çok çalışmanın amacı, daha sağlıklı toplumların oluşmasını sağlamaktır. Bu aşamada da ekoloji sadece biyologların değil aynı zamanda ziraatçıların, çevre mühendislerinin, tıpçıların, fizikçilerin, kimyacıların konusu olmaya başlamıştır. Ekoloji, neredeyse tüm bilim dallarının prensiplerinden ve sonuçlarından yararlanırken, diğer bilim dalları da ekolojinin sonuçlarından yararlanmaktadır [18].

Doğa ve insan söz konusu olduğunda bütün bilim dalları öyle iç içe geçmiştir ki gerçekleşen doğal bir süreci tek bir bilim dalıyla açıklamak mümkün olmamaktadır. Örneğin, troposferdeki SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> gazlarının artışı havanın kirlenmesine ve asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Bu durum hem ekolojiyi hem de meteorolojiyi ilgilendirmektedir. Ayrıca hava durumunun tahmini için de fiziksel prensipler kullanılmaktadır. Havanın bileşiminin değişimi kimyacıları ilgilendirirken kirlenen havanın bitkileri ve hayvanları etkilemesi de biyoloji, zooloji ve botanik alanlarını ilgilendirmektedir. Görüldüğü gibi tek bir çevresel sorun bile pek çok bilim dalının yardımıyla açıklanabilmektedir. Bu nedenle ekoloji tek başına ya da biyoloji ile



birlikte çalışan basit bir dal değildir. Ekoloji disiplinlerarası bir bilimdir ve çevre sorunları da ancak olaylara çok boyutlu bakılarak çözülebilir.

#### 2.4.2 Çevre Sorunlarının Termodinamikle olan İlişkisi

Bugün çevre dediğimiz şey, bir milyon yıl boyunca gerçekleşen çeşitli biyokimyasal süreçlerin, madde ve enerji akışlarının bir sonucudur. Bu süreçte “enerji” çok önemli bir rol oynamaktadır. Doğada gerçekleşen bütün süreçlerde, enerjinin transferi ya da dönüşümü gerçekleşmektedir [74]. Hayatın devam ettiği bütün çevreler enerji kullanır. Sisteme giren bu enerjinin bir kısmı büyümede, iş yapmada ya da gelişmede kullanılır ve enerji dönüşümleri sırasında bir kısmı da dışarı atılır. Uzunoglu’ya [75] göre gerçek kirliliği meydana getiren şey, bu kullanılmayarak atılan enerjidir. Hatta, hayatımız enerjiye bağlı olduğu sürece kirlilik üretmemizin kaçınılmaz olduğunu belirtmektedir.

Doğadaki canlıların ve gerçekleşen olayların birbiri ile olan ilişkileri oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Pek çok insana göre bu karmaşık yapının anlaşılabilir sürecinde fizik ve biyolojinin ya da fizik ve ekolojinin ortaklık etmesi mümkün görünmemektedir [14]. 2000 yılında yapılan bir çalışmada, klasik termodinamik kavramlarını ve metotlarını ekolojik problemlere uygulayarak “entropy pump” yöntemi ile dünya üzerindeki 1m<sup>2</sup>’lik bir alandaki entropi üretimini hesaplayan Svirezhe [15] bu durumu şöyle açıklamaktadır:

*“Aslında, termodinamik kavramlarının fiziksel-kimyasal sistemlere uygulanamayacağına dair herhangi bir yasa yok. Sorun termodinamiğin modelleriyle, ekolojinin modelleri arasında fark olması. Örneğin, ideal gaz modeli, bir popülasyona ya da biyolojik bir komüniteye uygulanamaz. Makroskopik bir durumdaki ideal gaz, moleküllerin mikroskopik durumlarının bir fonksiyonudur. Biyolojik bir komünitenin dengeli yapısı ise, komüniteyi oluşturan bireylerin karakterlerinden ziyade popülasyonlar arası etkileşimlerinin bir sonucudur.”*

Bugün, termodinamik kavramlarının ve metotlarının teorik anlamda ekolojik olaylara uygulanmaya çalışıldığı çalışmalar yapılmaktadır. Svirezhev [15], bu çalışmaları iki grupta toplamaktadır. Birinci grupta, entropi, 1. yasa, 2. yasa ve

Prigogine'nin teoremi (Prigogine, Kaos Kuramı'ndan hareket ederek kaostan düzen oluşabileceğine dair birtakım varsayımlar ortaya atmıştır.) gibi çeşitli temel kavramların direkt olarak ekolojiye uygulandığı çalışmalar yer almaktadır. İkinci grupta ise termodinamik metotlarının kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır.

Termodinamiğin birinci yasası, doğadaki madde miktarı gibi enerji miktarının da sabit olduğunu söyler. Termodinamiğin ikinci yasası ise, enerjinin niteliğiyle ilgilidir. Birinci yasa, niteliğiyle ilgilenmeksizin, enerjinin niceliğiyle ve bir biçimden diğerine dönüşümüyle ilgilenir. Enerjinin niteliğinin korunması mühendislerin başlıca problemlerinden biridir [20]. Termodinamiğin ikinci yasasına göre, evrende var olan bütün sistemlerin düzenlilikten daha dağınık bir duruma gitme eğilimleri vardır. Dolayısıyla doğada gerçekleşen bütün süreçlerin sonunda, enerji daima daha düzensiz ve dağınık bir forma dönüşmektedir. Tabi ki bu durum da düzenli halde yüksek iş yapabilme yeteneğine sahip enerjinin miktarını azaltmaktadır. Termodinamiğin birinci yasasına göre bu enerji ortamdan kaybolmaz fakat sistem tarafından kullanılmayacak bir hale gelir [71]. Bu enerjiye (ısıya) kaybolan ısı, atık ısı ve ya atık enerji denir [76]. Endüstri alanında yapılan çalışmalar düşünüldüğünde her bir süreçte kullanılan enerjinin bir kısmı ısı (atık enerji) olarak yayılmaktadır. Havanın ısınmasına yol açan bu durum bitki ve hayvanların yaşadığı doğal ortamın özelliklerini değiştirmektedir [76].

Termodinamiğin ikinci yasası içerisinde yer alan ve doğada gerçekleşen süreçlerin gerçekleşme yönünü belirlemeye yarayan diğer bir kavram da "entropi"dir. Doğada denge halinde bulunan bir sisteme mikroskobik açıdan bakıldığında moleküllerin sürekli hareket halinde olduğu görülmektedir. Her makroskobik denge hali için sistemin bulunabileceği çok sayıda mikroskobik hal vardır. Bir sistemin entropisi de sistemin bulunabileceği mikroskobik hallerinin sayısı ile ilgilidir [20]. Ayrıca bütün süreçlerde (tersinmez bir süreçte) entropi ya artar ya da (tersinir bir süreçte) aynı kalır, asla azalma eğilimi göstermez [21, 53].

Doğadaki pek çok çevresel problem entropinin artışı ile açıklanmaktadır. Çünkü çevremizdeki bütün değişimler geri dönüşümü olmayan (tersinmez)

süreçlerdir [45]. Tablo 2.4’de çevresel konuların entropi değişimi ile açıklamasını içeren örnekler verilmiştir [45].

**Tablo 2.4:** Çevresel Konular ve Entropi

<i>Yüksek Entropili Durum</i>	<i>Düşük Entropili Durum</i>
Enerji kaynaklarının yeraltında yoğunlaşması	Fosil enerji kaynaklarının yakılarak atmosfere CO <sub>2</sub> verilmesi.
Mineral ve metallerin yeraltında yoğunlaşması	Mineral ve metallerin enerji kullanımı ile tüketilmesi
Pek çok türle ekosistemdeki çeşitliliğin fazla olması	Tek türlü tarımda fazla enerji transferi olması sebebiyle türlerin yok olması.
Su kaynaklarının biyolojik ve fiziksel olarak dengede olması	Nehirlerin ve okyanusların çeşitli toksinler ve kanser yapıcı maddelerle kirletilmesi
Toprağın uzun yıllar içerisinde hayvan, bitki ve bakteri türleriyle birlikte denge halinde oluşması	Pestisit ve herbisitlerle toprağın doğal yapısının bozulması. Yapay gübrelerin kullanılması. Toprağın erozyona uğraması

Ülkemizde henüz pek bilinmeyen “çevresel fizik”, fiziğin disiplinlerarası bir dalıdır ve çevresel problemleri çözmek için kullanılmaktadır. Ayrıca insanın doğaya ve çevresine olan etkisini de fiziksel bir bakış açısıyla değerlendirmektedir. Fizik ve termodinamik çevreyi anlamamızda önemli rol oynamaktadır. Küresel ısınma, ozon tabakasının delinmesi, çevre kirliliği, enerji kaynaklarının tükenmesi ve aslında çevremizde olan her şeyin temellerinin fiziğe dayandığını göstermektedir [14].

### 2.4.3 Çevre Sorunları ve Termodinamik İlişkisinin İncelendiği Çalışmalar

Tokuya, Yamamoto ve Takashi [17], yaptıkları çalışmalarında lise ve üniversite öğrencilerinin fizik ile ilgili çevresel konular hakkındaki fikirlerini araştırmışlardır. Pek çok üniversite öğrencisinin çevresel konular içerisinde geçen termodinamik yasalarını hatırlamadıklarını ayrıca lise ve üniversite öğrencilerinin görmüş oldukları fizik yasaları ile doğadaki pek çok olayı açıklayabileceklerinin farkında olmadıkları görmüşlerdir.

Öztaş [16], öğrencilerin termodinamik yasalarını ekolojik sistemlere ne ölçüde uyarlayabildiklerini araştırmak için dokuzuncu sınıfta okuyan toplam 135 öğrenciye

madde döngüsü ve enerji akışı konularını içeren açık uçlu bir anket uygulamıştır. Elde edilen verilere göre öğrencilerin maddenin korunumu ile madde döngüsü ve enerji dönüşümü arasında ilişki kuramadıkları görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin termodinamik yasalarını göz ardı ettikleri ve bu yasaları ekolojik olaylara uygulayamadıkları görülmüştür. Çalışmanın sonucunda ekolojik olayların öğretilmesinde termodinamiğin temel prensiplerinin de öğretilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

### 3 YÖNTEM

Bu bölümde araştırma modeline, evren ve örnekleme, veri toplama araçlarına ve veri analizine değinilmiştir.

#### 3.1 Araştırmanın Modeli

Bu çalışmanın araştırma modeli, betimsel nitelikli tarama modelidir. Tarama modelleri, geçmişte ya da halen var olan bir durumu olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma modelidir [77]. Kaptan'a [78] göre betimleme araştırmaları, olayların, objelerin, varlıkların, kurumların, grupların ve çeşitli alanların “ne” olduğunu betimleyen incelemelerdir. Betimsel araştırmalar, çalışmada yer alan hâlihazır duruma ilişkin hipotezleri test etmek veya soruları cevaplamak için veri toplamayı kapsar [79].

#### 3.2 Evren ve Örneklem

Kullanılan modelin tarama modeli olması ve genellikle nitel veri toplama araçlarının kullanılması sebebiyle sonuçların evrene genellenmesi oldukça zor olacaktır.

Örneklemin seçiminde amaçlı örnekleme yöntemlerinden, ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme yöntemleri, pek çok durumda, olgu ve olayların keşfedilmesinde ve açıklanmasında yararlı olmaktadır. Ölçüt örnekleme yönteminde ise önceden belirlenmiş bir dizi ölçütü karşılayan bütün durumlar çalışılmaktadır. Burada sözü edilen ölçüt veya ölçütler araştırmacı tarafından belirlenebilir [80]. Örneğin bir çalışmada karne not ortalaması iki veya daha az olan öğrenciler, çalışmanın örneklemini oluşturabilir. Burada belirlenen karne not ortalamasının 2 veya daha az olması, örneklemin ölçütü olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da öğretmen adaylarının termodinamik ve/ veya çevre eğitimi derslerini alıyor veya almış olmalarına dikkat edilmesi sebebiyle örneklemin yöntemi, ölçüt örnekleme olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın örneklemini, 2009-2010 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi'nde okuyan 245 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Örneklem seçiminde öğretmen adaylarının çevre eğitimi ve/veya termodinamik derslerini almış ya da alıyor olmalarına dikkat edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda üçüncü sınıfta “Isı ve Termodinamik” derslerini alan fizik öğretmen adayları; birinci sınıfta “Çevre Eğitimi” ve ikinci sınıfta “Çevre Biyolojisi” derslerini alan biyoloji öğretmen adayları ile üçüncü sınıfta “Fiziksel Kimya I” ve “Çevre ve İnsan” derslerini alan kimya öğretmen adayları ile çalışılmıştır. Bu örneklemin bölümlere göre dağılımı Tablo 3.1’de ve örnekleme ait diğer özellikler Tablo 3.2’de verilmiştir.

**Tablo 3.1:** Örneklemin Anabilim Dallarına göre Dağılımı

<i>Anabilim Dalı</i>	<i>Sınıfı</i>	<i>N (öğrenci sayısı)</i>
OFMAE Biyoloji Eğitimi	1. sınıf	39
	2. sınıf	43
	3. sınıf	25
	4. sınıf	28
	5. sınıf	13
OFMAE Kimya Eğitimi	4. sınıf	25
	5. sınıf	20
OFMAE Fizik Eğitimi	3. sınıf	16
	4. sınıf	22
	5. sınıf	14
<b>TOPLAM</b>		<b>245</b>

**Tablo 3.2:** Örnekleme ait Diğer Özellikler

<i>Anabilim Dalı</i>	<i>Cinsiyet (N)</i>					
	<i>Kız</i>			<i>Erkek</i>		
	<i>Yaş Aralığı (N)</i>					
	<i>18-20 yaş</i>	<i>21-23 yaş</i>	<i>24-26 yaş</i>	<i>18-20 yaş</i>	<i>21-23 yaş</i>	<i>24-26 yaş</i>
OFMAE Biyoloji Eğitimi	112			36		
	57	53	2	8	12	16
OFMAE Kimya Eğitimi	28			17		
	2	21	5	--	11	6
OFMAE Fizik Eğitimi	25			27		
	--	23	2	1	17	9

### 3.3 Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada, “Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi”, “Kelime İlişkilendirme Testi” ve “Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi”, olmak üzere üç veri toplama aracı kullanılmıştır.

#### 3.3.1 Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi

Öğretmen adaylarının çevre sorunlarını hangi bilim dalları ile ilişkilendirdiklerini ve çevre sorunu denilince hangi problemlerin akıllarına geldiğini belirlemek amacıyla Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi (ÇSBİT) hazırlanmıştır.

Bu test, Tokuya, Yamamoto ve Takashi tarafından [17] yapılan çalışmada kullanılan iki sorudan esinlenilerek hazırlanmıştır (Şekil 3.1). Örnekleme aynı özellikleri taşıyan 20 öğretmen adayıyla yapılan pilot çalışma ve uzman görüşünün alınmasından sonra soruların anlaşılmasında ve cevaplanmasında bir problem olmaması sebebiyle testin bu haliyle çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir

1. Lütfen önemli olduğunı düşündüğünüz 4 çevresel problemi listeleyiniz.
2. Hangi bilim dalı size göre çevresel olaylarla en çok ilgilidir? İkisini seçiniz.
  - a. Fizik
  - b. Kimya
  - c. Biyoloji
  - d. Yer bilimi(jeoloji)
  - e. Diğer(.....)

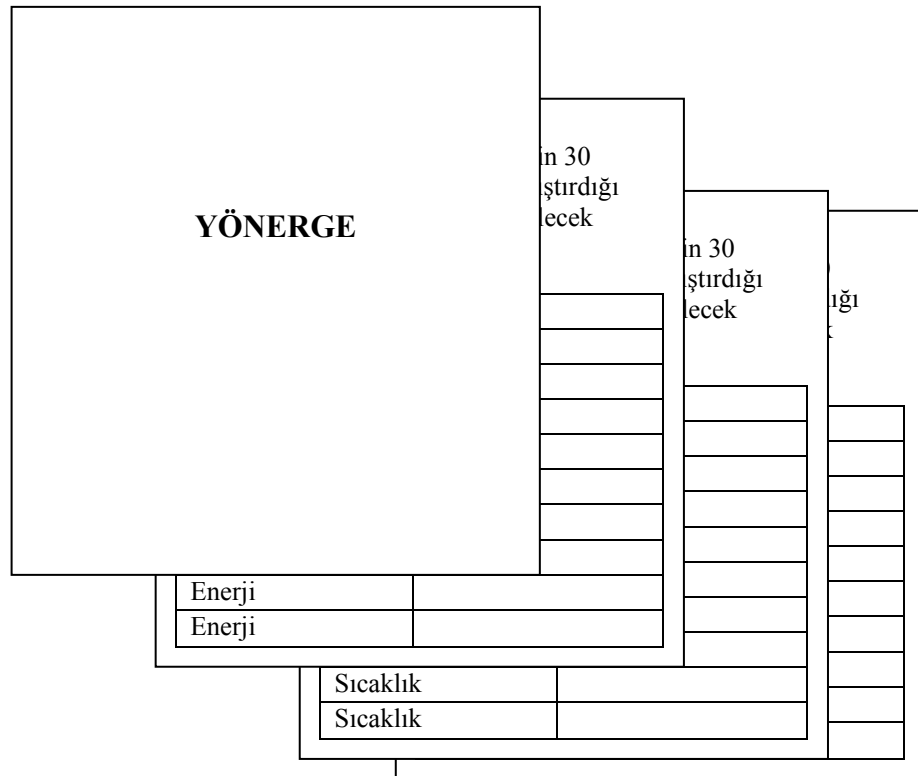
**Şekil 3.1** Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi

#### 3.3.2 Kelime İlişkilendirme Testi

Termodinamik ve/veya çevre eğitimi derslerini almış ya da almakta olan öğretmen adaylarının termodinamik ile çevre sorunları arasındaki ilişkiyi ne derece kurabildiklerini görebilmek için öğretmen adaylarına kelime ilişkilendirme testi uygulanmıştır.

Alternatif ölçme değerlendirme araçları içerisinde yer alan kelime ilişkilendirme testi, kelime öğrenimi ve hatırlamayı etkileyen, öğrencilerin bilgiyi nasıl yapılandıkları hakkında önemli ipuçları veren bir tekniktir. Bu yöntem yardımıyla öğrencilerin kavramlar arasında kurduğu bağlar ve kurulan bağların doğru olup olmadığı ya da yeterli olup olmadığı incelenebilir [81].

Öğrenci bu teknikte, herhangi bir konu ile ilgili verilen bir anahtar kavramın ona hangi kavramları çağrıştırdığını yazar. Kelime ilişkilendirme testini oluşturmak için öğretmen çalışacağı konunun temeli niteliğindeki 5 ile 10 arasında anahtar kavram seçer. Daha sonra her bir anahtar kavram bir sayfaya gelecek şekilde test hazırlanır. Genellikle ilk sayfada yönerge, ikinci sayfada da bir örnek yer alır. Daha sonra belli bir zaman diliminde (ideal süre 30 saniye olarak belirlenmiştir.) öğrenciden ilk sayfadaki anahtar kavramın ona hatırlattığı kavramları yazması istenir [82]. Verilen süre sonunda öğrenci diğer anahtar kavrama geçer ve bu işlem verilen anahtar kavramlar bitene kadar devam eder. Her anahtar kavramın birbirini takip eden sayfalarda görülemeyecek biçimde düzenlenmesi önemlidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Örnek Kelime ilişkilendirme Testi



Kelime ilişkilendirme testi bir ölçme değerlendirme aracı olarak kullanılabilmesi gibi bir tanı aracı olarak da kullanılabilir [82].

Bir tanı aracı olarak kullanılabilen kelime ilişkilendirme testinde, elde edilen verilerin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı kavram ve fikirler arasındaki ilişkilerin şematize edildiği grafiksel materyaller olan zihin haritalarına başvurulabilir [83]. Bu amaçla her anahtar kelimeye hangi cevap kelimenin kaç kere kullanıldığını sayarak bir frekans tablosu hazırlanmalıdır. Bu frekans tablosundan yola çıkılarak zihin haritası hazırlanabilir.

Zihin haritasının çiziminde “Kesme Noktası Tekniği” kullanılabilir [82]. Bu teknikte, frekans tablosunda yer alan herhangi bir anahtar kavram için en fazla verilen cevap kelimenin 3-5 sayı aşığı kesme noktası olarak kullanılır. Elde edilen verilere göre bu aralık daha da artırılabilir. Daha sonra bu frekansın üstünde bulunan cevaplar haritanın ilk kısmındaki bölüme yerleştirilir. Daha sonra kesme noktası belirli aralıklarla aşağıya çekilerek, tüm anahtar kavramlar ortaya çıkıncaya kadar bu işlem devam eder. Bu şekilde hazırlanan bir zihin haritası ile çeşitli kavramlar arasındaki ilişkiler görsel olarak da sunulabilir.

Bu çalışmada termodinamik ve çevre eğitimi kitapları incelenerek, sekiz temel kavram (çevre kirliliği, ısı, sıcaklık, enerji, enerji dönüşümü, entropi, iş, küresel ısınma) seçilmiştir. Bu kavramların seçiminde çeşitli termodinamik ve ekoloji kitapları incelenerek, bu kitaplarda geçen ortak kavramlar belirlenmiştir. Örneğin, “çevre kirliliği” kavramı Gökmen [18] s.403 ve Çengel ve Boles [20] s.86, kaynaklarında ortak olarak geçmektedir.

Anahtar kavramlar belirlendikten sonra örnekleme aynı özellikleri taşıyan ve hem termodinamik hem de çevre eğitimi derslerini alan 20 öğretmen adayıyla pilot çalışma yapılarak, uzman görüşüne başvurulmuştur. Pilot çalışma sonrasında gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Örneğin, “çevresel problem”, “çevre kirliliği” olarak değiştirilmiştir.

Esas uygulamaya geçilmeden önce sınıf içerisinde öğretmen adaylarının bu tekniği bilmemeleri ihtimaline karşılık araştırmacı tarafından teknikle ilgili gerekli bilgiler verilmiştir. Ayrıca çeşitli kavramlarla örnekler yapılarak, öğretmen adaylarının testi tanınması ve alışması sağlanmıştır. “Kartal, ağaç, kalem” gibi çeşitli kavramların verildiği ön çalışmada, öğretmen adayları 30 saniye içerisinde akıllarına gelen kavramları söylemişlerdir. Tekniğin sınıf içerisindeki bütün öğrenciler tarafından anlaşılmasından emin olunduktan sonra esas uygulamaya geçilmiştir.

### 3.3.3 Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi

Öğretmen adaylarının termodinamik yasalarını günlük hayattaki olaylar ve çevresel sorunlarla nasıl ilişkilendirdiklerini belirlemek için Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi hazırlanmıştır. Bu test de kelime ilişkilendirme testinin ardından öğretmen adaylarına uygulanmıştır.

Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi’nde toplam onaltı tane açık uçlu soru bulunmaktadır (EK A). Termodinamiğin sıfıncı, birinci ve ikinci yasası ile ilgili temel uygulamaların yer aldığı ölçekte ayrıca arabaların, çift camlı pencerelerin ve klimaların çevreye olan etkisi hakkında öğretmen adaylarının fikirleri alınmak istenmiştir.

Testte yer alan soruların konulara göre dağılımı Tablo 3.3’de verilmiştir.

**Tablo 3.3** Testte Yer Alan Soruların Konulara göre Dağılımı

<i>Soru Numarası</i>	<i>İçerdiği Konu</i>
1	Termodinamiğin sıfıncı yasası ve uygulamaları
2, 3, 4, 5 ve 7	Termodinamiğin birinci yasası ve uygulamaları
9, 10, 11 ve 12	Termodinamiğin ikinci yasası ve uygulamaları
6, 8 ve 13	Araba, çift camlı pencere ve klimanın çevreye etkisi
14, 15 ve 16	Termodinamik yasaları ile çevre sorunlarının ilişkilendirilmesi

Ölçeklerin geliştirilmesi aşamasında asıl uygulama öncesi, çalışmada seçilen örneklem grubu ile aynı özellikleri taşıyan 20 kişilik farklı bir örneklem grubuna pilot (ön deneme) çalışma olarak, hazırlanan test uygulanmıştır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda öğrencilerin cevaplamakta veya anlamakta zorlandıkları bazı sorularda gerekli değişiklikler yapılmıştır. Örneğin testte yer alan dördüncü sorunun anlaşılmasında sıkıntı olduğu için soruyu şematize eden bir şekil eklenmiştir.

Pilot çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, testler tekrar düzenlenmiş ve uzman görüşüne sunulmuştur. 6 fizik eğitimcisi, 2 biyoloji eğitimcisi, 1 kimya eğitimcisi ve 1 dil bilimci tarafından testler incelenerek, gerekli değişiklikler yapılmış ve son haline getirilmiştir.

### **3.4 Verilerin Analizi**

#### *Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi*

Çevre sorunlarını bilim dalları ile ilişkilendirme testinden elde edilen verilerin analizinde betimsel analiz tekniklerinden yüzde ve frekans hesabı kullanılmıştır.

#### *Kelime İlişkilendirme Testi*

Kelime ilişkilendirme testinin analizinde öncelikle betimsel analiz tekniklerinden yüzde ve frekans hesabı kullanılmıştır. Daha sonra öğretmen adaylarının her bir anahtar kavrama verdikleri cevap kelimeler belirlenerek bir frekans tablosu hazırlanmıştır. Bu frekans tablolarından yararlanılarak da her bir bölüme ait zihin haritaları çizilmiştir. Bu haritaların çiziminde de “kesme noktası” tekniği kullanılmıştır.

#### *Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi*

Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testinde bulunan açık uçlu sorulara verilen yanıtların analizi sorunun niteliğine göre değişiklik göstermiştir.

İçerik analizinin yapıldığı sorularda (1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13) elde edilen verilerin gruplandırılabilmesi için gerekli kategoriler belirlenmiştir. Bu sayede elde edilen bulguların anlamlı bölümler halinde verilmesi amaçlanmıştır.

**1., 3. ve 7. soruların analizi:** Açık uçlu bu soruların analizi araştırmacı tarafından hazırlanan kategorilere göre yapılmıştır. Nitel verilerin analizinde yanıtların önce bilimsel kabul edilebilir olup olmadığına bakılmıştır. Eğer verilen cevap bilimsel kabul edilebilir cevap ise bu cevap da içerdiği ifadelerle bakılarak tekrar tam cevap mı yoksa tam cevabın bileşenlerini içeren kısmi yanıt mı olup olmadığına bakılmıştır. Aşağıda bu sorulara verilen cevapların kodlanması ile ilgili bir örnek Tablo 3.4’de verilmiştir.

**Tablo 3.4** 1., 3. ve 7. Soruların Cevaplarının Kodlanması ile İlgili Örnek Tablo

<i>Cevap Türü</i>	<i>Öğrenci sayısı</i>	<i>%</i>
Doğru cevap		
Kısmen doğru cevap		
Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap		
Yanlış cevap (Bilimsel hatalar)		
Cevapsız/ Kodlanamaz/ İlgisiz cevap		

Tablo 3.4’de görüldüğü gibi elde edilen bulgular, öncelikle verilen cevabın doğruluğuna ya da yanlışlığına göre kategorilere ayrılmıştır. Daha sonra öğretmen adaylarının her bir kategoriye verdikleri cevaplar benzer özelliklerine göre tekrar gruplandırılmıştır. Örneğin testte yer alan birinci soruya ait kategoriler Tablo 3.5’de verilmektedir.

**Tablo 3.5** Birinci Soruya ait Kategoriler

<i>Cevap Türü</i>	<i>Anabilim Dalı</i>					
	<i>Fizik Öğrt.</i>		<i>Kimya Öğrt.</i>		<i>Biyoloji Öğrt.</i>	
<i>Doğru cevap</i>	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
❖ Genleşme, ısı alışverişi ve termal denge yardımıyla açıklama <i>Örnek cevap</i>						
<b><i>Kısmen doğru cevap</i></b>						
❖ Sadece termal dengeyle açıklama <i>Örnek cevap</i>						
❖ Isı alışverişi ve termal dengeyle açıklama <i>Örnek cevap</i>						
❖ Isı alışverişi ve genleşme ile açıklama <i>Örnek cevap</i>						

Tablo 3.5'in devamı

<b>Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap</b>	
❖ Soruyu veya hatırlatmayı tekrar eden açıklama <i>Örnek cevap</i>	_____
❖ Günlük dille yapılan açıklama <i>Örnek cevap</i>	_____
❖ Farklı bir şekilde açıklama <i>Örnek cevap</i>	_____
<b>Yanlış cevap (Bilimsel hatalar)</b>	
❖ Cıvanın özellikleri ile ilgili açıklamalar <i>Örnek cevap</i>	_____
❖ Isımın, bir madde gibi düşünüldüğü açıklamalar <i>Örnek cevap</i>	_____
<b>Cevapsız/ Kodlanamaz/ İlgisiz cevap</b>	
❖ Okunamayan	_____
❖ Konu dışı yapılan açıklamalar <i>Örnek cevap</i>	_____
❖ Boş	_____

Tabloyu inceleyecek olursak, görüldüğü gibi verilen cevaplar öncelikle doğru cevap, kısmen doğru cevap, tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap, yanlış cevap (bilimsel hatalar) ve cevapsız/ kodlanamaz/ ilgisiz cevap kategorilerine yerleştirilmiştir. Daha sonra verilen cevaplar, her bir kategori altında benzer açıklamaların yer aldığı ikinci bir grupta tabii tutulmuştur. Örneğin birinci soruya doğru cevap vererek, açıklaması içerisinde “termal denge, genleşme ve ısı alışverişi” kavramlarını doğru olarak kullanan ve soruda verilen olayı doğru bir şekilde açıklayan öğretmen adayının cevabı bu kategori içerisine alınmıştır. Soruda verilen olayı sadece “termal denge” ile açıklamaya çalışan öğretmen adayının cevabı ise kısmen doğru cevap-sadece termal denge ile açıklama kategorisine alınmıştır. Ayrıca her bir kategori için öğretmen adaylarının cevaplarından örnekler eklenerek, verilen cevabın hangi öğretmen adayı tarafından verildiği de parantez içerisinde belirtilmiştir.

**2., 4., 5., 9. 10., 11. ve 12. soruların analizi:** Bu sorular iki aşamalı ve açık uçlu sorulardır. Bu soruların nitel analizinde Karataş, Köse ve Çoştı'nun [84] makalesinden yararlanılmıştır. Sorulara verilen cevapların niteliğine göre kategoriler düzenlemiştir. Aşağıda bu sorulara verilen cevapların kodlanması ile ilgili bir örnek Tablo 3.6'te verilmiştir

**Tablo 3.6** 2., 4., 5., 9. 10., 11. ve 12. Soruların Cevaplarının Kodlanması ile İlgili Örnek Tablo

<i>Cevap Türü</i>	<i>Öğrenci sayısı</i>	<i>%</i>
Doğru cevap-Doğru gerekçe		
Doğru cevap- Kısmen doğru gerekçe		
Yanlış cevap- Doğru gerekçe		
Yanlış cevap- Kısmen doğru gerekçe		
Doğru cevap-Yanlış gerekçe		
Yanlış cevap-Yanlış gerekçe		

Tablo 3.6’de görüldüğü gibi elde edilen bulgular, öncelikle verilen cevabın doğruluğuna ya da yanlışlığına göre kategorilere ayrılmıştır. Daha sonra öğretmen adaylarının her bir kategoriye verdikleri cevaplar benzer özelliklerine göre tekrar gruplandırılmıştır. Örneğin testte yer alan ikinci soruya ait kategoriler Tablo 3.7’de verilmektedir.

**Tablo 3.7** İkinci Soruya ait Kategoriler

<i>Cevap Türü</i>	<i>Anabilim Dalı</i>					
	<i>Fizik Öğrt.</i>		<i>Kimya Öğrt.</i>		<i>Biyoloji Öğrt.</i>	
	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ Sürtünme, enerji dönüşümü ve ısı enerjisi yardımıyla açıklama <i>Örnek cevap</i>						
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ Sadece sürtünme kuvvetinin etkisini açıklama <i>Örnek cevap</i>						
❖ Enerji dönüşümü ve sürtünme kuvvetiyle açıklama <i>Örnek cevap</i>						
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ Toplam enerjinin sabit kaldığı fakat sürtünmeyle ısı enerjisine dönüştüğünü ifade eden açıklama <i>Örnek cevap</i>						
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ Enerji dönüşümünün kısmen ifade edildiği açıklama <i>Örnek cevap</i>						
❖ Sadece sürtünme kuvvetinin etkisini açıklama <i>Örnek cevap</i>						

Tablo 3.7'nin devamı

<b>Doğru cevap, yanlış gerekçe</b>
❖ Sadece tek enerji çeşidinin düşünüldüğü açıklamalar <i>Örnek cevap</i>
<b>Yanlış cevap, yanlış gerekçe</b>
❖ Kinetik enerji azalırken potansiyel enerjinin artacağını ifade eden açıklamalar <i>Örnek cevap</i>
❖ Duran arabanın enerjisinin arttığını ifade eden açıklamalar <i>Örnek cevap</i>

Tabloyu inceleyecek olursak, görüldüğü gibi verilen cevaplar öncelikle doğru cevap-doğru gerekçe, doğru cevap-kısmen doğru gerekçe, yanlış cevap-doğru gerekçe, yanlış cevap-kısmen doğru gerekçe, doğru cevap-yanlış gerekçe ve yanlış cevap-yanlış gerekçe, cevap kategorilerine yerleştirilmiştir. Daha sonra verilen cevaplar, her bir kategori altında benzer açıklamaların yer aldığı ikinci bir grupta tabi tutulmuştur. Örneğin ikinci soruya doğru cevap vererek doğru açıklama yapan ve açıklaması içerisinde “Sürtünme, enerji dönüşümü ve ısı enerjisi” kavramlarını doğru olarak kullanan ve soruda verilen olayı doğru bir şekilde açıklayan öğretmen adayının cevabı bu kategori içerisine alınmıştır. Soruda verilen olayı sadece “sürtünme kuvvetinin etkisi” ile açıklamaya çalışan öğretmen adayının cevabı ise kısmen doğru cevap-sadece termal denge ile açıklama kategorisine alınmıştır. Ayrıca her bir kategori için öğretmen adaylarının cevaplarından örnekler eklenerek, verilen cevabın hangi öğretmen adayı tarafından verildiği de parantez içerisinde belirtilmiştir.

**6., 8. ve 13. soruların analizi:** Bu sorular sadece öğrencilerin konu ile ilgili fikirlerini almak üzere hazırlanmıştır. Bu sebepten dolayı verilerin analizi aşamasında öğrencilerin verdikleri cevaplar, doğru ya da yanlış olarak tanımlanmadan sadece gruplandırılmıştır.

**14. ve 15. soruların analizi:** 14. sorunun analizinde frekans analizi ve yüzde hesabı kullanılmıştır. 14.soru ile bağlantılı olan 15.soru içinde öğretmen adaylarının verdikleri cevaplardan örnekler verilmiştir.

**16.sorunun analizi:** Öğretmen adaylarının konu ile ilgili fikirlerini almak üzere hazırlanmış olan bu soru için de verilen cevaplardan örnekler verilmiştir.

### **3.5 Öğrenci Yanıtlarının Düzenlenmesi**

Verilen cevaplar her bir anabilim dalına (fizik, kimya, biyoloji) göre tablolaştırılarak, cevaplar frekans ve yüzde oranları ile verilmiştir. Bazı sorularda öğretmen adaylarının verdikleri cevaplardan alıntılar yapılmıştır. Bu durumda alıntının hangi öğrenciye ait olduğunu belirtmek için öğrenci kodlama sistemi kullanılmıştır. F harfi fizik öğretmenliğini, B harfi biyoloji öğretmenliğini ve K harfi de kimya öğretmenliği göstermektedir. Örneğin, F1, fizik öğretmenliğindeki 1. öğrenciyi temsil ederken K8, kimya öğretmenliğindeki 8. öğrenciyi ifade etmektedir.



## 4 BULGULAR

Bu bölüm üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda çevre sorunlarını bilim dalları ile ilişkilendirme testinden, ikinci kısımda kelime ilişkilendirme testinden ve üçüncü kısımda ise termodinamik yasalarını günlük olaylara uygulama testinden elde edilen veriler analiz edilmiştir.

### 4.1. Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testinden Elde Edilen Bulgular

Testte yer alan birinci soruya öğretmen adaylarının verdiği cevaplar Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi Birinci Soruya ait Bulgular

<i>Çevresel Sorun</i>	<i>Frekans (kişi sayısı)</i>	<i>Çevresel Sorun</i>	<i>Frekans (kişi sayısı)</i>
Hava Kirliliği	151	Toprak kirliliği	38
Su kirliliği	113	Çarpık kentleşme	33
Küresel ısınma	76	Bilgisizlik	19
Gürültü kirliliği	66	Radyasyon	14
Atıklar	59	Kimyasal atıklar	12
Çevre Kirliliği	51	Sera etkisi	12
Ormanların yok edilmesi	39	Trafik	10

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi çevresel sorun denildiğinde öğretmen adaylarının en önemli olduğunu düşündükleri çevresel problem “Hava Kirliliği”dir. Hava kirliliğini, su kirliliği, küresel ısınma, gürültü kirliliği ve atıklar izlemektedir. Ayrıca yukarıda listelenen çevresel sorunların dışında 100 farklı çevresel sorun (örn; soba, baca, aşırı tüketim, açlık, bilinçsiz avlanma, trafik işaretlerinin azlığı gibi) söylenmiştir.

Testte yer alan ikinci soruya öğretmen adaylarının verdiği cevaplar Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2:** Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi İkinci Soruya ait Bulgular

<i>Bilim Dalı</i>	<i>Frekans (kişi sayısı)</i>	<i>%</i>	<i>Bilim Dalı</i>	<i>Frekans (kişi sayısı)</i>	<i>%</i>
Biyoloji	218	88.9	Fizik	50	20.41
Kimya	143	58.4	Ekoloji	9	3.67
Yer bilimi (Jeoloji)	53	21.6	Diğer	17	6.94

Tablo 4.2’de görüldüğü öğretmen adaylarının % 88.9’ü çevre sorunlarını en fazla biyoloji ile ilişkilendirmişlerdir. Bu ilişkilendirmeyi % 58.4’le kimya takip etmektedir. Yer bilimi (% 21.6), fizik (% 20.41) ve ekoloji (% 3.67) ile kurulan ilişkiler biyoloji ve kimyaya göre daha az olmuştur. Ayrıca bu bilim dallarının yanı sıra çeşitli bilim dalları ( coğrafya, çevre mühendisliği, sosyoloji, matematik gibi) ile de ilişki kurulmuştur. Bu öğretmen adayları, toplamın % 6.94’ünü oluşturmaktadır.

## 4.2 Kelime İlişkilendirme Testinden Elde Edilen Bulgu ve Yorumlar

Kelime ilişkilendirme testinde elde edilen bulgular fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adayları için ayrı ayrı verilmiştir.

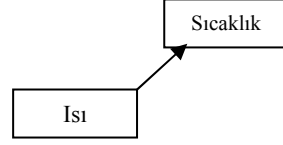
### 4.2.1 Fizik Öğretmenliğine ait Kelime İlişkilendirme Testi Bulguları

Fizik öğretmen adaylarına ait kelime ilişkilendirme testinden elde edilen bulgulardan hazırlanan frekans tablosu Tablo 4.3’de ve zihin haritası Şekil 4.1’te verilmiştir.

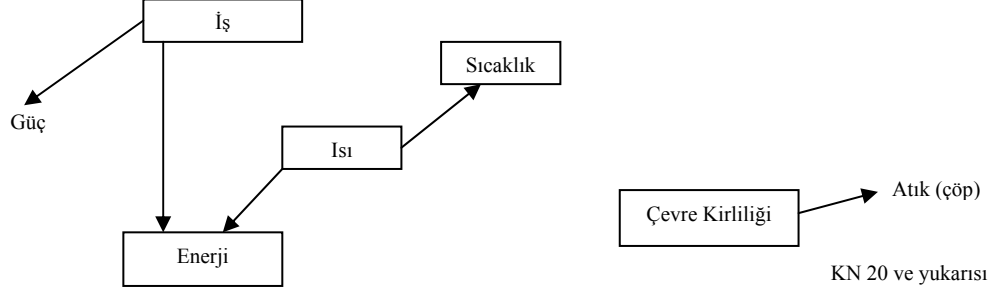
**Tablo 4.3:** Fizik Öğretmen Adaylarına ait Frekans Tablosu

<i>Cevap Kelimeler</i>	<b>Anahtar Kelimeler</b>							
	Çevre Kirliliği	Isı	Enerji	Küresel ısınma	Entropi	Enerji dönüşümü	Sıcaklık	İş
Çevre Kirliliği	--	--	--	5	--	--	--	--
Isı	--	--	15	2	15	3	25	1
Enerji	2	21	--	--	7	1	2	30
Küresel ısınma	1	2	--	--	--	--	--	1
Entropi	--	1	--	--	--	--	--	--
Enerji dönüşümü	--	2	4	--	1	--	--	1
Sıcaklık	--	31	3	11	8	--	--	1
İş	1	1	8	--	--	4	--	--
Güç	--	--	13	--	--	--	--	31
Çöp	40	--	--	--	--	--	--	--
Termometre	--	10	--	--	--	--	20	--
Düzensizlik	--	--	--	--	20	--	--	--
Kinetik enerji	--	--	11	--	--	10	--	--

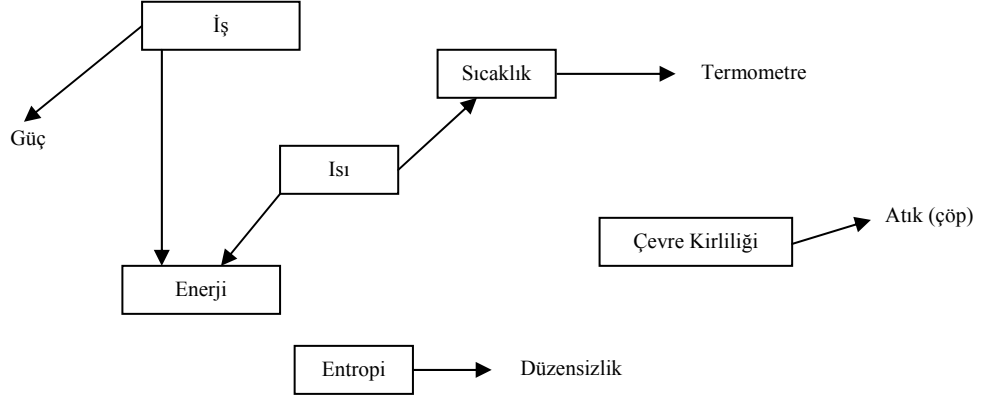
KN 40 ve yukarısı



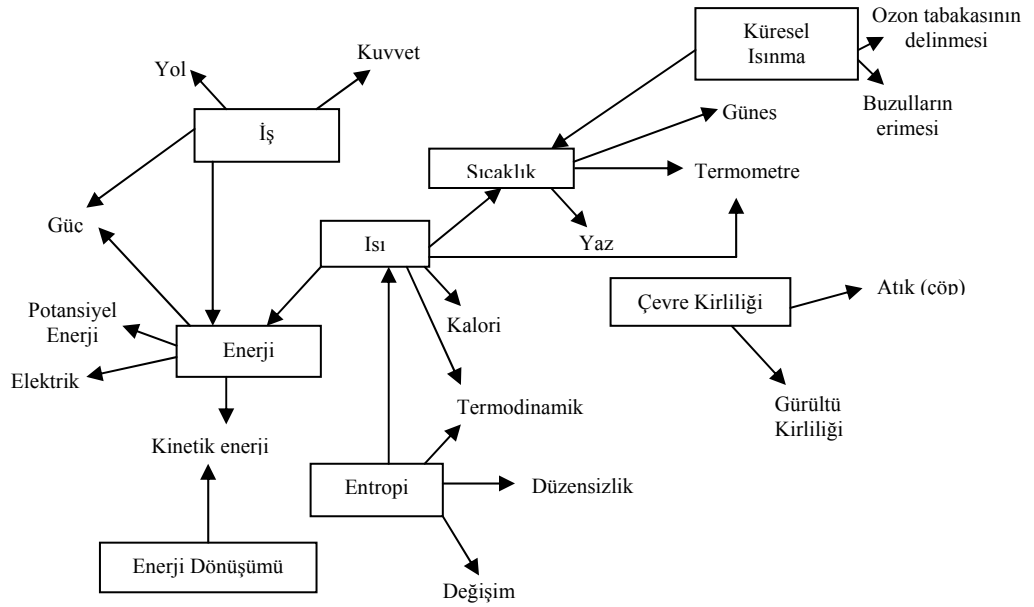
KN 30 ve yukarısı



KN 20 ve yukarısı



KN 10 ve yukarısı



Şekil 4.1 Fizik Öğretmen Adaylarına ait Zihin Haritası

Fizik öğretmen adaylarına uygulanan kelime ilişkilendirme testi sonucunda elde edilen bulgular ışığında hazırlanan frekans tablosu ve bu tablonun görselleştirilmiş hali olan zihin haritası incelendiğinde verilen anahtar kavramlar arasında kurulan ilişkiler görülmektedir. Bazı kavramlar arasında (örn: ısı-sıcaklık) kuvvetli ilişkiler kurulurken bazı kavramlar arasında (örn: çevre kirliliği-enerji) ilişki kurulamamıştır.

Zihin haritasına bakıldığında en fazla ilişkinin “ısı” ve “sıcaklık” kavramları arasında kurulduğu görülmektedir. Frekans tablosuna göre 56 kere bu ilişkiyi kurulmuştur. Ayrıca “iş, güç, enerji” kavramları arasında da ilişki kurulmaktadır.

Çevre kirliliği denildiğinde de öğretmen adaylarının aklına ilk “çöp” gelmektedir. Çevre kirliliğinin “enerji” ya da “enerji dönüşümü” ile herhangi bir ilişkisi kurulamamıştır. Hatta küresel ısınma bile çevre kirliliği ile ilişkilendirilememiştir.

Entropi kavramı yalnızca ısı ile ilişkilendirilirken, enerji ile ilişkilendirilmemiştir. Ayrıca entropi, düzensizlik, değişim ve termodinamik ile ilişkilendirilmiştir.

Isı ve sıcaklık kavramlarının ikisi de termometre ile ilişkilendirilmiştir. Sıcaklık termometre ile ölçülürken ısı termometre ile ölçülmemektedir. Bu durum ısının ölçümü ile ilgili yanlış bilginin kazanıldığını göstermektedir.

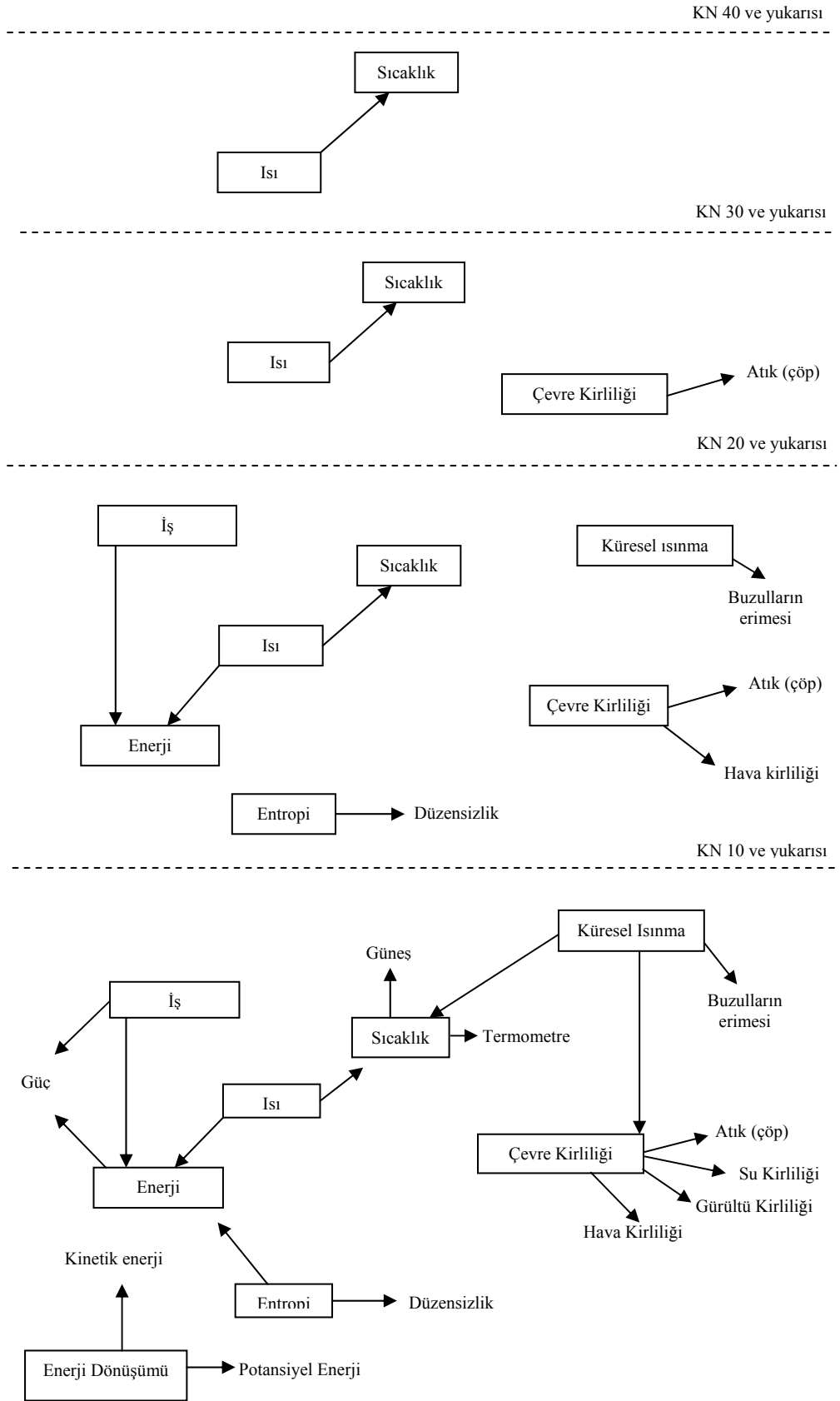
Zihin haritası incelendiğinde, küresel ısınmanın termodinamiğin temel kavramlarından yalnızca sıcaklık ile ilişkilendirildiği görülmüştür. Çevre kirliliği hiçbir anahtar kavram ile ilişkilendirilmemiştir. Bu durum çevre kirliliği ile termodinamik arasında ilişki kurulamadığını göstermektedir.

#### 4.2.2 Kimya Öğretmenliğine ait Kelime İlişkilendirme Testi Bulguları

Kimya öğretmen adaylarına ait kelime ilişkilendirme testinden elde edilen bulgulardan hazırlanan frekans tablosu Tablo 4.4'te ve zihin haritası Şekil 4.2'te verilmiştir.

**Tablo 4.4:** Kimya Öğretmen Adaylarına ait Frekans Tablosu

<i>Cevap Kelimeler</i>	<b>Anahtar Kelimeler</b>							
	Çevre Kirliliği	Isı	Enerji	Küresel ısınma	Entropi	Enerji dönüşümü	Sıcaklık	İş
Çevre Kirliliği	--	--	--	8	--	--	--	--
Isı	1	--	12	2	4	--	17	1
Enerji	--	17	--	--	8	--	4	23
Küresel ısınma	3	3	--	--	--	--	2	--
Entropi	--	2	3	--	--	1	1	1
Enerji dönüşümü	--	--	--	--	--	--	--	--
Sıcaklık	--	29	2	17	5	1	--	2
İş	--	--	2	--	--	--	--	--
Güç	--	--	10	--	--	--	--	18
Çöp	36	--	--	--	--	--	--	--
Termometre	--	5	--	--	--	--	12	--
Düzensizlik	--	--	--	--	29	--	--	--
Buzulların erimesi	--	--	--	22	--	--	--	--
Hava kirliliği	24	--	--	--	--	--	--	--
Kinetik enerji	--	--	6	--	--	15	--	--
Güneş	--	7	--	--	--	--	10	--
Hava	--	6	--	--	--	--	9	--
Kimyasal enerji	--	--	7	--	--	6	--	--



Şekil 4.2 Kimya Öğretmen Adaylarına ait Zihin Haritası

Kimya öğretmen adaylarına uygulanan kelime ilişkilendirme testi sonucunda elde edilen bulgular ışığında hazırlanan frekans tablosu ve bu tablonun görselleştirilmiş hali olan zihin haritası incelendiğinde verilen anahtar kavramlar arasında kurulan ilişkiler görülmektedir. Bazı kavramlar arasında (örn: ısı-sıcaklık) kuvvetli ilişkiler kurulurken bazı kavramlar arasında (örn: çevre kirliliği-enerji) ilişki kurulamamıştır.

Zihin haritasına bakıldığında fizik öğretmen adaylarında olduğu gibi en fazla ilişkinin “ısı” ve “sıcaklık” kavramları arasında kurulduğu görülmektedir. Ayrıca burada da “iş, güç, enerji” kavramları arasında ilişki kurulmaktadır.

Çevre kirliliği denildiğinde de öğretmen adaylarının aklına ilk “çöp” gelmektedir. Daha sonra bu ilişki hava kirliliği, gürültü kirliliği ve su kirliliği ile de kurulmaktadır. Ayrıca kimya öğretmen adayları fizik öğretmen adaylarından farklı olarak küresel ısınma-çevre kirliliği ilişkisini kurmuşlardır. Kurulan bu ilişkiler ÇSBİT testinde yer alan birinci soruya verilen cevaplarla benzerlik göstermektedir. Fakat burada da çevre kirliliğinin “enerji” ya da “enerji dönüşümü” ile ilişkisi kurulamamıştır.

Enerji dönüşümü hiçbir anahtar kavram ile ilişkilendirilememiştir. Yalnızca kinetik enerji ve potansiyel enerji ile ilişkilendirilmiştir. TGUT testinde görülen öğretmen adaylarının enerji dönüşümünü sadece kinetik ve potansiyel enerji ile açıklamaya çalışmaları, sadece iki enerji çeşidi varmış gibi düşünmeleri bu durumun bir sonucu olabilir.

Entropi kavramı yalnızca enerji anahtar kavramı ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca kimya öğretmenlerinin de entropiyi düzensizlikle ilişkilendirdikleri görülmektedir.

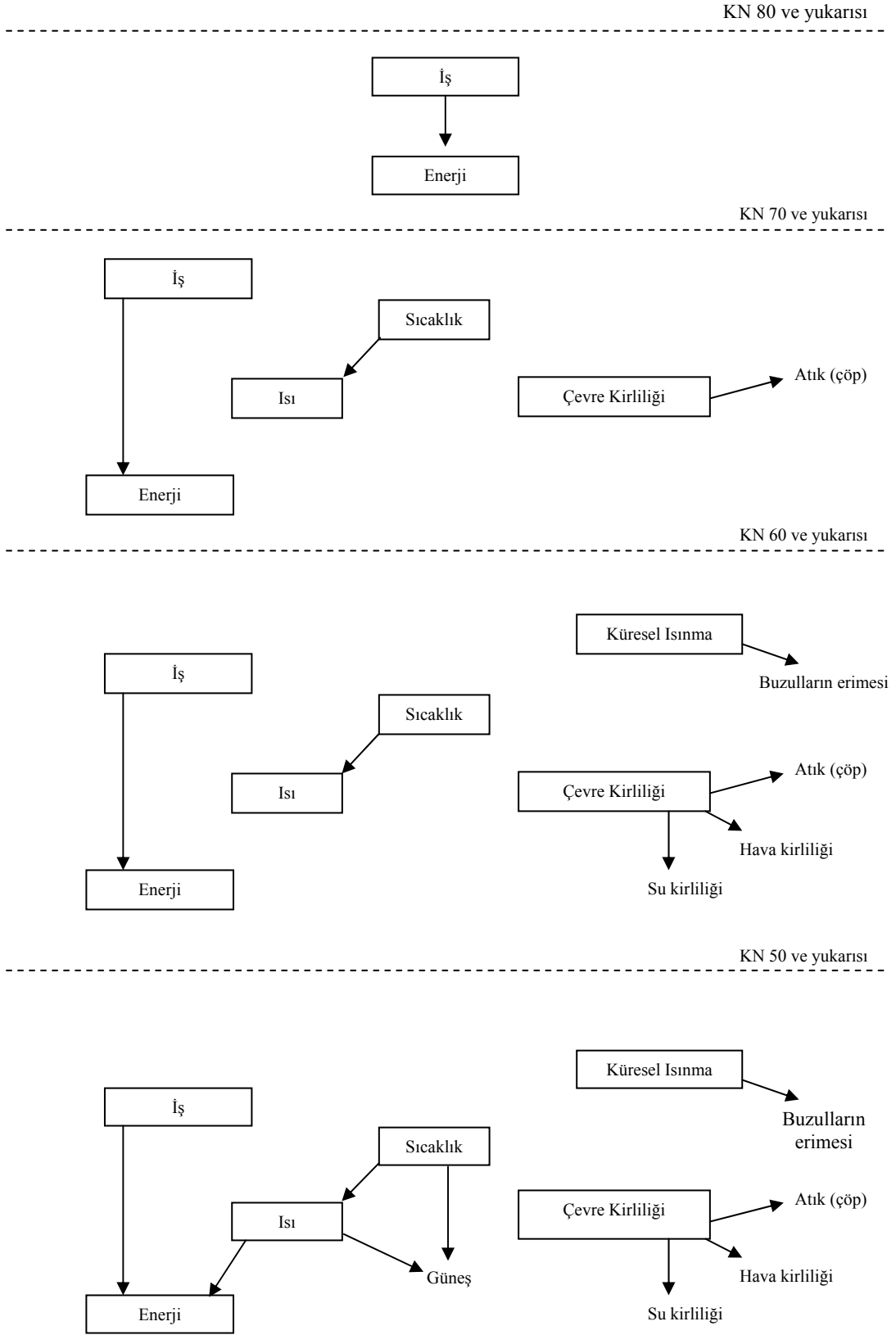


### 4.2.3 Biyoloji Öğretmenliğine ait Kelime İlişkilendirme Testi Bulguları

Öğretmen adaylarına ait kelime ilişkilendirme testinden elde edilen bulgulardan hazırlanan frekans tablosu Tablo 4.5’te ve zihin haritası Şekil 4.3’te verilmiştir.

**Tablo 4.5:** Biyoloji Öğretmen Adaylarına ait Örnek Frekans Tablosu

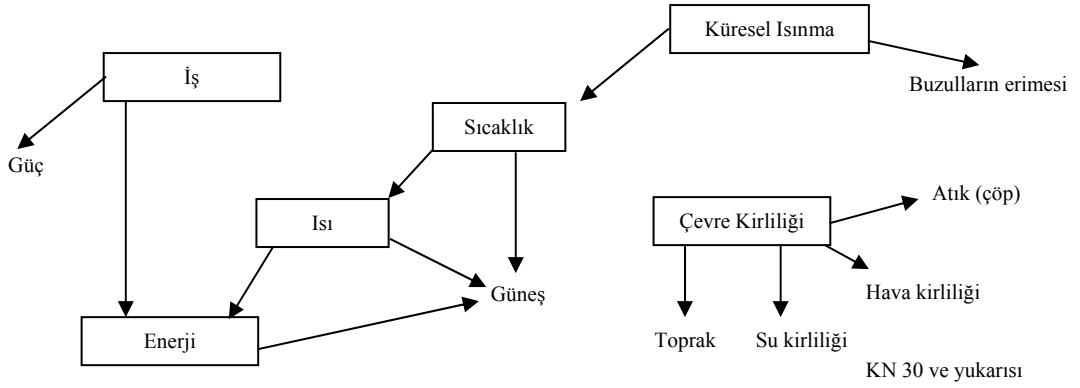
<i>Cevap Kelimeler</i>	<b>Anahtar Kelimeler</b>							
	Çevre Kirliliği	Isı	Enerji	Küresel ısınma	Entropi	Enerji dönüşümü	Sıcaklık	İş
Çevre Kirliliği	--	--	--	10	--	--	--	--
Isı	--	--	26	6	29	19	48	2
Enerji	--	27	--	1	25	4	7	60
Küresel ısınma	17	29	--	--	--	--	16	--
Entropi	--	--	--	--	--	1	--	--
Enerji dönüşümü	--	--	4	--	--	--	--	--
Sıcaklık	3	27	3	24	11	4	--	2
İş	--	--	24	--	--	--	--	--
Güç	--	--	34	--	--	--	--	48
Çöp	79	--	--	--	--	--	--	--
Termometre	--	20	--	--	--	--	33	--
Düzensizlik	--	--	--	--	39	--	--	--
Buzulların erimesi	--	--	--	62	--	--	--	--
Hava kirliliği	64	--	--	--	--	--	--	--
Su kirliliği	69	--	--	--	--	--	--	--
Kinetik enerji	--	--	21	--	--	14	--	--
Güneş	--	54	47	11	--	20	58	--
Toprak	41	--	--	--	--	--	--	--
Kimyasal enerji	--	--	11	--	--	13	--	--
Sera etkisi	36	--	--	--	--	--	--	--
İnsan	27	--	--	15	--	--	--	--
Yaşam	--	--	12	--	--	19	--	--
ATP	--	--	30	--	--	15	--	--
Fotosentez	--	--	--	--	--	27	--	--
Fizik	--	11	20	--	18	11	--	20
Kimya	--	--	--	--	27	--	12	--
Ozon tabakası	--	--	--	26	--	--	--	--
Hareket	--	--	21	--	--	--	--	17



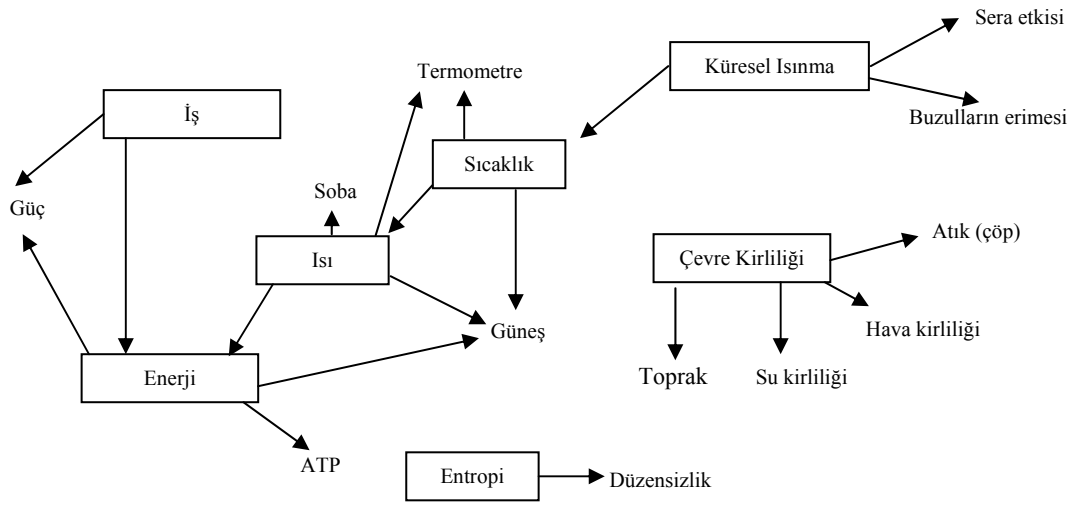
Şekil 4.3 Biyoloji Öğretmen Adaylarına ait Zihin Haritası

Şekil 4.3'ün devamı

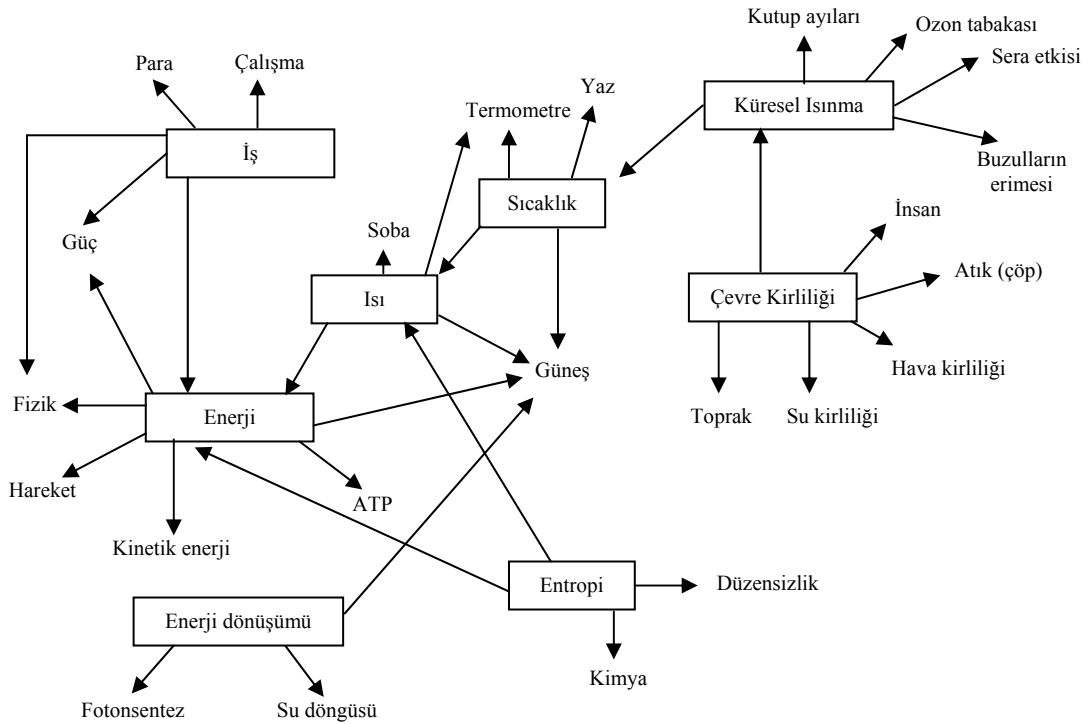
KN 40 ve yukarısı



KN 30 ve yukarısı



KN 20 ve yukarısı



Biyoloji öğretmen adaylarına uygulanan kelime ilişkilendirme testi sonucunda elde edilen bulgular ışığında hazırlanan frekans tablosu ve bu tablonun görselleştirilmiş hali olan zihin haritası incelendiğinde verilen anahtar kavramlar arasında kurulan ilişkiler görülmektedir. Bazı kavramlar arasında (örn: iş-enerji) kuvvetli ilişkiler kurulurken bazı kavramlar arasında (örn: çevre kirliliği-enerji) ilişki kurulamamıştır.

Biyoloji öğretmen adaylarının sayısının daha fazla olması sebebiyle verilen cevap kelimelerin sayısı ve kurulan ilişkilerin sayısı da fazla çıkmıştır.

Biyoloji öğretmen adaylarının zihin haritası yorumlandığında en fazla ilişkinin “iş” ve “enerji” kavramları arasında kurulduğu görülmektedir. Ayrıca burada da “iş, güç, enerji” ve “ısı, sıcaklık” kavramları arasında ilişki kurulmaktadır.

Çevre kirliliği denildiğinde diğer öğretmen adaylarında olduğu gibi biyoloji öğretmen adaylarının da aklına ilk “çöp” gelmektedir. Daha sonra bu ilişki hava kirliliği, toprak, su kirliliği ve insan ile de kurulmaktadır. Fakat burada da çevre kirliliğinin “enerji” ya da “enerji dönüşümü” ile ilişkisi kurulamamıştır. Sadece küresel ısınma ile sıcaklık kavramı arasında ilişki kurulmuştur.

Entropi kavramı ısı ve enerji ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca biyoloji öğretmenlerinin de entropiyi düzensizlikle ilişkilendirdikleri görülmektedir. Isı ve sıcaklık kavramlarının ikisinin de termometre ile ilişkilendirilmesi burada da görülmektedir.

Güneş önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü sıcaklık, ısı, enerji ve enerji dönüşümü anahtar kavramlarının dördü de güneş ile ilişkilendirilmiştir.

Biyoloji öğretmen adaylarında diğer bölümlerden farklı olarak “enerji dönüşümü”, su döngüsü ve fotosentez ile ayrıca “enerji”, ATP gibi biyolojik olaylarla ve kavramlarla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca zihin haritasında görülmese de sıcaklık biriminin yazımı ile ilgili yanlışlar yapıldığı belirlenmiştir. Örneğin, 8 öğrenci °C yazarken 6 kişi C° yazmıştır.

### **4.3 Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testine ait Bulgular**

Testte yer alan sorulara ait bulgular, sorunun ilgili olduğu termodinamik yasanaya göre gruplandırılarak verilmiştir.

#### **4.3.1 Termodinamiğin Sıfırncı Yasası ile İlgili Sorulara ait Bulgular**

Testte yer alan termodinamiğin sıfırncı yasanaya ile ilgili birinci soruya ait bulgular bu kısımda yer almaktadır.

##### **4.3.1.1 Birinci Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan ‘‘Bir termometre yardımıyla bir cismin sıcaklığını nasıl ölçtüğümüzü açıklayabilir misiniz?’’ sorusuna ait bulgular ve ğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6 Birinci Soruya ait Bulgular

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>Doğru cevap</b>						
❖ <b>Genleşme, ısı alışverişi ve termal denge yardımıyla açıklama</b> <i>Termometreyi bir ortama koyduğumuz zaman ortamın sıcaklığı ile termometrenin sıcaklığı arasında ısı alışverişi olur. Belli bir süre sonra termal denge sağlanır. Termometrenin içindeki cıva genleşme yaparak yükselir ya da alçalır.(F51)</i>	4	7.7	1	2.2	0	0
<b>Kısmen doğru cevap</b>						
❖ <b>Sadece termal dengeyle açıklama</b> <i>Termal dengeye gelene kadar termometre içindeki cıva ısının etkisiyle yükselir ve denge sağlanınca ölçüm yapılır.(F49)</i>	10	19.25	2	4.43	13	8.79
❖ <b>Isı alışverişi ve termal dengeyle açıklama</b> <i>Cisim ile termometre arasında ısı alışverişi olur. Termal dengeye ulaşıldığında sıcaklık ölçülebilir.(F17)</i>	8	15.4	5	11.09	2	1.35
❖ <b>Isı alışverişi ve genleşme ile açıklama</b> <i>Termometre içindeki cıva ısı alışverişiyle genleşir ve cıvanın seviyesi yükselir. Ölçülen değer cismin sıcaklığıdır.(B13)</i>	6	11.55	4	8.87	2	1.35
<b>TOPLAM</b>	24	46.2	11	24.4	17	11.5
<b>Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap</b>						
❖ <b>Soruyu veya hatırlatmayı tekrar eden açıklama</b> <i>Cisim ile termometre arasında enerji değişimi olmaz. Termal denge vardır.(K5)</i>	10	19.2	15	33.3	30	20.29
❖ <b>Günlük dille yapılan açıklama</b> <i>Örneğin bir bardak suyun sıcaklığını ölçmek istiyoruz. Termometreyi bardağın içerisine koyarak sıcaklığını belirleyebiliriz. (F18)</i>	4	7.68	2	4.44	15	10.14
❖ <b>Farklı bir şekilde açıklama</b> <i>Termometreyi cisme dokundurup bir süre bekleriz. Daha sonra termometrede gözlenen değerdir. (F9, F29)</i>	1	1.92	2	4.44	10	6.76
<b>TOPLAM</b>	15	28.8	19	42.2	55	37.2
<b>Yanlış cevap (Bilimsel hatalar)</b>						
❖ <b>Cıvanın özellikleri ile ilgili açıklamalar</b> <i>Termometre içindeki cıva ısınıyor ve genleşiyor. Özkütlesi büyük olduğu için yükselme az oluyor. Bu yüzden cıva tercih edilmiş. (F3)</i>	1	1.9	4	8.88	8	5.38
❖ <b>Isının, bir madde gibi düşünüldüğü açıklamalar</b> <i>Termometreyi cisme dokundurduğumuzda verilen ve alınan ısının genleşmesi ile ölçülür.(F13)</i>	1	1.9	1	2.22	3	2.01
<b>TOPLAM</b>	2	3.8	5	11.1	11	7.4
<b>Cevapsız/ Kodlanamaz/ İlgisiz cevap</b>						
❖ <b>Okunamayan</b>	1	1.92	-	-	-	-
❖ <b>Konu dışı yapılan açıklamalar</b> <i>Termometreyi sıcaklığını ölçtüğümüz maddeye göre yani katı, sıvı, gaz fazlarına göre ölçeriz.(F39)</i>						
❖ <b>Referans olarak aldığımız sıcaklıklar termometre içerisinde kullandığımız sıvının özellikleri önemlidir. Yani termometrede kullandığımız sıvının kaynama ve donma sıcaklığını referans olarak, diğer maddelerin sıcaklığını ölçeriz.(F19)</b>	5	9.64	7	15.5	57	38.49
❖ <b>Bu cisimleri katı halde iken termometre ile sıcaklıklarının ölçülmesi zor olacağından eğer çözelti haline getirilebilirse birinin sıcaklığını ölçebiliriz ve böylelikle diğer cisimlerin de sıcaklıklarını bulabiliriz.(K2)</b>	1	1.92	2	4.44	8	5.4
<b>TOPLAM</b>	7	13.5	9	20.0	65	43.9

Birinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde, fizik öğretmen adaylarının % 7.7'si ve kimya öğretmen adaylarının % 2.2'sinin tam cevap verdiği görülmektedir. Biyoloji öğretmen adaylarından birinci soruya tam cevap veren olmamıştır.

Fizik öğretmen adaylarının % 46.2'si, kimya öğretmen adaylarının % 24.4'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının % 11.5'i kısmen doğru cevap vermişlerdir. Verilen cevapların üç alt kategoride altında gruplandırıldığı kısmen doğru cevap kategorisinde fizik ve biyoloji öğretmen adaylarının soruda verilen durumu daha çok sadece termal denge yardımıyla açıklamaya çalıştıkları görülmektedir.

Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap kategorisi incelendiğinde toplamda fizik öğretmen adaylarının % 28.8'i, kimya öğretmen adaylarının % 42.2'si ve biyoloji öğretmen adaylarının % 37.2'si bu kategori içinde yer almaktadır. Üç alt kategori incelendiğinde öğretmen adaylarının genellikle soruyu veya hatırlatmayı tekrar ederek, soruda verilen durumu açıklamaya çalıştıkları görülmektedir.

Yapılan bilimsel hatalar incelendiğinde kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının toplam yüzdesi (% 11.1 ve % 7.4), fizik öğretmen adaylarının yüzdesinden (% 3.8) daha fazladır.

Cevapsız/kodlanamaz/ilgisiz cevap kategorisi incelendiğinde biyoloji öğretmen adaylarının toplam yüzdesi (% 43.9) diğer bölümlere göre oldukça yüksektir. Özellikle biyoloji öğretmen adaylarının cevapsız/ kodlanamaz/ ilgisiz cevap kategorisi içerisinde konu dışı yaptıkları açıklamalar oldukça fazladır (% 38.49).

Verilen cevaplar genel olarak incelendiğinde Fizik öğretmen adaylarının toplamda % 46.2'si kısmen doğru cevap verirken, kimya öğretmen adaylarının % 42.2'si tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap vermiştir. Biyoloji öğretmen adaylarının % 43.9'u ise cevapsız/kodlanamaz/ilgisiz cevap vermişlerdir.

Elde edilen bulgular incelendiğinde fizik öğretmenliği öğrencilerinin doğru ve kısmen doğru cevap verme yüzdeleri kimya ve biyoloji öğretmenliği bölümlerine göre

daha fazla olmuştur. Biyoloji öğretmen adaylarının da neredeyse yarısı da ( % 51.3) bilimsel cevap ve cevapsız/kodlanamaz/ilgisiz cevap vermişlerdir.

### 4.3.2 Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Sorulara ait Bulgular

Testte yer alan termodinamiğin birinci yasası ile ilgili 2., 3., 4., 5. ve 7. sorulara ait bulgular bu kısımda yer almaktadır.

#### 4.3.2.1 İkinci Soruya ait Bulgular

Testte yer alan “Hareket etmekte olan bir arabanın fren yaparak durduğunu düşünelim. Bu süreçte arabanın enerjisine ne olur?” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.7’de verilmiştir.

**Tablo 4.7** İkinci Soruya ait Bulgular

<i>Cevap Türü</i>	<i>Anabilim Dalı</i>					
	<i>Fizik Öğrt.</i>		<i>Kimya Öğrt.</i>		<i>Biyoloji Öğrt.</i>	
	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Sürtünme, enerji dönüşümü ve ısı enerjisi yardımıyla açıklama</b> <i>Aracın kinetik enerjisi sürtünme kuvvetiyle azalır ve ısı enerjisine dönüşür. Toplam enerji azalır.(F20)</i>	11	21.2	4	8.9	3	2
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Sadece sürtünme kuvvetinin etkisini açıklama</b> <i>Arabanın kinetik enerjisi sürtünme kuvvetiyle azalır.(F21)</i> <i>Sürtünmeden dolayı enerji kaybı gerçekleşir. (F9, F15)</i>	5	9.64	4	8.91	6	4.02
❖ <b>Enerji dönüşümü ve sürtünme kuvvetiyle açıklama</b> <i>Arabanın kinetik enerjisi sürtünme kuvvetiyle azalır. (B53)</i>	2	3.86	3	6.68	1	0.67
<b>TOPLAM</b>	<b>7</b>	<b>13.5</b>	<b>7</b>	<b>15.6</b>	<b>7</b>	<b>4.7</b>
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Toplam enerjinin sabit kaldığı fakat sürtünmeyle ısı enerjisine dönüştüğünü ifade eden açıklama</b> <i>Değişmez. 1. yasaya göre enerji değişmez. Hareket enerjisi sürtünmeyle ısıya dönüşür. (B10)</i>	5	9.6	5	11.1	3	2.0
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Enerji dönüşümünün kısmen ifade edildiği açıklama</b> <i>Değişmez. Enerji her zaman korunur. Yok olmaz. Başka bir enerjiye dönüşür.(F8)</i>	6	11.56	3	6.65	2	1.36
❖ <b>Sadece sürtünme kuvvetinin etkisini açıklama</b> <i>Değişmez. Kinetik enerji sürtünme yoluyla azalır.(K6)</i>	5	9.63	3	6.65	3	2.04
<b>TOPLAM</b>	<b>11</b>	<b>21.2</b>	<b>6</b>	<b>13.3</b>	<b>5</b>	<b>3.4</b>



Tablo 4.7'nin devamı

Doğru cevap, yanlış gerekçe						
❖ Sadece tek enerji çeşidinin düşünüldüğü açıklamalar						
Azalırlar. $E_k = \frac{1}{2} mV^2$ 'dir. $V=0 \Rightarrow$ enerji 0 olur.(B82)	13	24.98	12	26.6	10	6.75
Yanlış cevap, yanlış gerekçe						
❖ Kinetik enerji azalırken potansiyel enerjinin artacağı ifade eden açıklamalar						
Değişmez. Enerji korunumu gereği arabanın kinetik enerjisi azalırken potansiyel enerjisi artar ve toplam enerji değişmez.(B43)	5	9.61	9	19.9	110	74.29
❖ Duran arabanın enerjisinin arttığını ifade eden açıklamalar						
Artar. Normal hızda giden araba birden durunca enerji artar.(B38)	-	-	2	4.44	10	6.75
Değişmez. Başlangıçtaki hareket enerjisi durmasıyla kazandığı enerjiye eşittir.(B52)	-	-	-	-	-	-
<b>TOPLAM</b>	<b>5</b>	<b>9.61</b>	<b>11</b>	<b>24.34</b>	<b>120</b>	<b>81.04</b>

İkinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmenliği öğrencilerinin % 21.2'sinin, kimya öğretmenliği öğrencilerinin % 8.9'unun ve biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin ise % 2'sinin doğru cevabı, doğru açıklamayı yaparak verdikleri görülmektedir. Doğru cevap kısmen doğru cevap kategorisi incelendiğinde üç bölümden de eşit sayıda öğretmen adayının bu türde cevaplar verdikleri görülmektedir.

Yanlış cevabı vermelerine rağmen doğru bir açıklama yapan öğretmen adaylarının yüzdeleri, fizik öğretmenliğinde % 9.6, kimya öğretmenliğinde % 11.1 ve biyoloji öğretmenliğinde % 2'dir. Fizik öğretmenliği öğrencilerinin % 21.2'si, kimya öğretmenliği öğrencilerinin % 13.3'ü ve biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin % 3.4'ü de yanlış cevap vererek, kısmi doğru açıklama yapmışlardır.

Doğru cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 24.98'i, kimya öğretmen adaylarının % 26.6'sı ve biyoloji öğretmen adaylarının % 6.75'i bu grupta yer almaktadır.

Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde özellikle biyoloji öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun cevaplarının (% 81.04) bu kategori içerisine alındığı görülmektedir. Alt kategoriler incelendiğinde ise "kinetik enerji azalırken potansiyel enerjinin artacağı" şeklinde verilen cevapların oldukça çok

olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının yaptıkları açıklamalar incelendiğinde de yapılan açıklamalarda, enerji dönüşümünün yalnızca kinetik enerji ve potansiyel enerji ile anlatıldığı görülmektedir.

Birinci soruda olduğu gibi, bu soruda da fizik öğretmenliği öğrencilerinin diğer bölümlere göre daha başarılı oldukları görülmektedir. Fakat yine de fizik öğretmenliği öğrencileri arasında da yanlış cevap verenlerin sayısı oldukça fazladır.

#### 4.3.2.2 Üçüncü Soruya ait Bulgular

Testte yer alan “Evrendeki toplam enerji sabittir”, cümlesi size ne ifade ediyor açıklayınız” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.8’de verilmiştir.

**Tablo 4.8** Üçüncü Soruya ait Bulgular

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>Doğru cevap</b>						
❖ <b>Enerji dönüşümleri gerçekleşerek toplam enerjinin sabit olduğunu ifade eden açıklamalar</b> <i>Enerji dönüşümünü ifade ediyor. Bitkiler güneş enerjisini kimyasal bağ enerjisine dönüştürür. Bitki bu enerjiyi fotosentezle elde ettiği ürüne aktarır. İnsanlar ve hayvanlar o meyveyi yer ve kimyasal bağ enerjisini ATP'ye dönüştürür. Enerji yoktan var olmaz, var olan enerji de yok edilemez.(B40)</i>	30	57.7	23	51.1	68	45.9
<b>Kısmen doğru cevap</b>						
❖ <b>Sadece enerji dönüşümünü ifade eden açıklamalar</b> <i>Enerji türleri birbirine dönüşür.(F7)</i>	10	19.2	13	28.9	33	22.3
<b>Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap</b>						
❖ <b>Toplam enerjinin sabit olduğunu ifade eden açıklamalar</b> <i>Toplam enerji sabit. <math>E_p=40</math>, <math>E_k=60</math> olsun. Hız azalınca <math>E_p=60</math>, <math>E_k=40</math> olur.(B68)</i>	4	7.68	1	2.2	13	8.8
❖ <b>Enerji dönüşümünü sadece kinetik ve potansiyel enerji ya da mekanik enerji ile açıklama</b> <i>Mekanik enerji sabittir.(K17)</i>	1	2.4	1	2.2	-	-
<b>TOPLAM</b>	5	9.6	2	4.4	13	8.8
<b>Yanlış cevap (Bilimsel hatalar)</b>						
❖ <b>Enerji üretimi veya tüketimi ifadelerinin kullanıldığı açıklamalar</b> <i>Normalde enerji kaybolmaz. Fakat insanlar enerjiye katkıda buldukları için sabit kalmaz. (F42)</i> <i>Enerji tüketildiği oranda üretilir.(B10, B43)</i>	5	9.6	-	-	18	12.15
❖ <b>Enerji ve entropinin karıştırıldığı açıklamalar</b> <i>Entropiyi ifade ediyor, çünkü entropi de sabit kalıyor. (B30)</i>	-	-	-	-	2	1.35
<b>TOPLAM</b>	5	9.6	-	-	20	13.5

Tablo 4.8'in devamı

Cevapsız/ Kodlanamaz/ İlgisiz cevap						
<i>Termodinamik ve kimya derslerini (K13)</i>						
<i>a+b+c=a'+b'+c' gibi bir denklemdir.(K5)</i>	2	3.8	7	15.6	14	9.5
<i>Evrende her türlü durumda bile enerji değişmiyor. Burada bizim kullandığımız fazla enerji diğer bir ülkede belki hiç kullanılmıyor.(B97)</i>						

Üçüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 57.7'sinin, kimya öğretmen adaylarının % 51.1'inin ve biyoloji öğretmen adaylarının ise % 45.9'unun doğru cevap verdiği görülmektedir. Ayrıca fizik öğretmenliği öğrencilerinin % 19.2'si, kimya öğretmenliği öğrencilerinin % 28.9'u ve biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin ise % 22.3'ü kısmen doğru cevap vermişlerdir. Bu durum öğretmen adaylarının yarısının enerji dönüşümünün ne olduğunu bildiklerini göstermektedir.

Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap kategorisine verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmenliği öğrencilerinin % 9.6'sı, kimya öğretmenliği öğrencilerinin % 4.4'ü ve biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin % 8.8'i bu kategoride yer almaktadır. Alt kategoriler incelendiğinde testte yer alan birinci soruda olduğu gibi enerji denildiğinde kinetik ve potansiyel enerji düşünülmesi durumu bu soruya yapılan açıklamalarda da görülmektedir.

Fizik öğretmenliği öğrencilerinin % 9.6'sının ve biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin % 13.5'inin yanlış cevap verdiği görülmektedir. Fakat kimya öğretmen adayları arasında bilimsel hatalar içeren yanlış cevap veren olmamıştır. Alt kategoriler incelendiğinde enerjinin üretilen ya da tüketilen bir şeymiş gibi ifade edildiği ve enerji ile entropi kavramlarının karıştırıldığı görülmektedir.

Cevapsız/kodlanamaz/ilgisiz cevap kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 3.8'i, kimya öğretmen adaylarının % 15.6'sı ve biyoloji öğretmen adaylarının % 9.5'i bu kategori içerisinde yer almaktadır.

### 4.3.2.3 Dördüncü Soruya ait Bulgular

Testte yer alan “Su değirmeninden üretilen elektrik enerjisi motor vasıtasıyla su değirmenini tekrar döndürmek için kullanılmaktadır. Böyle bir sistem sonsuza kadar çalışır mı?” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.9’da verilmiştir.

**Tablo 4.9** Dördüncü Soruya ait Bulgular

<i>Cevap Türü</i>	<i>Anabilim dalı</i>					
	<i>Fizik Öğrt.</i>		<i>Kimya Öğrt.</i>		<i>Biyoloji Öğrt.</i>	
	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Sürtünme ve verimin etkisinin verildiği açıklama</b> <i>Sürtünmeye ve motorun verimliliğine göre enerji kaybı olur. (F38)</i>	15	28.8	5	11.1	2	1.4
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Verimle ilgili açıklamalar</b> <i>% 100 verim mümkün değildir. (F8)</i> <i>% 100 verimle çalışan mükemmel bir sistem yoktur. (F34)</i>	3	5.77	2	3.35	2	1.4
❖ <b>Sürtünme ile ilgili açıklamalar</b> <i>Sürtünmenin varlığı böyle ideal bir sistemin oluşmasına izin vermez. (F52)</i>	1	1.92	2	3.35	-	-
<b>TOPLAM</b>	4	7.7	4	6.7	2	1.4
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
-----	-	-	-	-	-	-
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
-----	-	-	-	-	-	-
<b>Doğru cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Suyun buharlaşmasının gerekçe gösterildiği açıklamalar</b> <i>Su buharlaşırsa pompalayamayız. (B35)</i>	10	19.24	12	26.65	8	5.4
<b>Yanlış cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Enerjinin her durumda sabit kaldığını ifade eden açıklamalar</b> <i>Evet. Çünkü enerji yok olmaz. (K7)</i> <i>Evet. Sürekli enerji dönüşümü vardır. (B94)</i>	8	15.39	10	22.21	133	89.86
❖ <b>Su aktığı sürece çalışacağını ifade eden açıklamalar</b> <i>Evet. Suyun belli bir akış hızı oldukça değirmen döner. (B50)</i>	15	28.86	15	33.3	3	2.02
<b>TOPLAM</b>	23	44.25	25	55.51	136	91.88

Dördüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmenliği öğrencilerinin % 28.8'i, kimya öğretmenliği öğrencilerinin % 11.1'i ve biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin % 1.4'i soruya doğru cevap vererek doğru açıklamayı yapmışlardır. Ayrıca fizik öğretmenliği öğrencilerinin % 7.7'si, kimya öğretmenliği öğrencilerinin % 6.7'si ve biyoloji öğretmenliği öğrencilerinin ise % 1.4'ü doğru cevabı vererek kısmen doğru açıklama yapmışlardır.

Yanlış cevap vererek doğru ya da kısmen doğru açıklama yapan öğretmen adayı olmamıştır. Doğru cevap-yanlış açıklama kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 19.24'ü, kimya öğretmen adaylarının % 26.65'i ve biyoloji öğretmen adaylarının verdikleri cevapların % 5.4'ünün bu kategoride olduğu görülmektedir. Ayrıca alt kategori incelendiğinde öğretmen adaylarının soruda verilen sistemin sonsuza kadar çalışmayacağını çünkü suyun buharlaşacağını gerekçe gösterdikleri görülmektedir.

Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 44.25'i, kimya öğretmen adaylarının % 55.51'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 91.88'inin verdikleri cevapların bu kategoride olduğu görülmektedir. Bu yüzdeler öğretmen adaylarının büyük kısmının herhangi bir sistemin asla sonsuza kadar çalışmayacağını bilmediklerini göstermektedir.

Elde edilen veriler ışığında yanlış cevap verme yüzdeleri fizik öğretmenliğinden biyoloji öğretmenliğine doğru artmaktadır. Özellikle biyoloji öğretmen adaylarında bu yüzde (% 91.88) oldukça fazladır. Bu durum termodinamiğin birinci yasasında geçen "hiçbir sistemin sonsuza kadar çalışmayacağı mutlaka enerji kayıpları olacağı" gibi temel bilgilerin kazanılmadığının bir göstergesi olabilir.

#### **4.3.2.4 Beşinci Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan "Benzinli ya da dizel araçlar, yakıttan elde ettikleri enerjinin tamamını arabayı hareket ettirebilmek için kullanabilirler mi?" sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Beşinci Soruya ait Bulgular

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Sürtünmenin etkisiyle ısı enerjisine dönüşümü ifade eden açıklamalar</b> <i>Enerjinin bir kısmı sürtünmeye harcanır. Isı enerjisi gibi başka enerjiler açığa çıkar.(F38, F37)</i>	22	42.3	2	4.4	19	12.8
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Sadece enerji dönüşümlerinin gerçekleştiğini ifade eden açıklamalar</b> <i>Motor ısınır. Enerjinin tamamı kullanılma, dönüşümler olur.(K39)</i>	3	5.78	8	17.74	5	3.36
❖ <b>Sadece verimin % 100 olamayacağını ifade eden açıklamalar</b> <i>Araba %100 verimle çalışamaz.(K90)</i>	4	7.71	3	6.65	10	6.73
<b>TOPLAM</b>	7	13.5	11	24.4	15	10.1
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
----	-	-	-	-	-	-
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
----	-	-	-	-	-	-
<b>Doğru cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Yanlış enerji dönüşümü olaylarıyla açıklama</b> <i>Hayır. Özellikle benzinli araçlarda ilk hareketi veren ateşlemedir, elektrik enerjisi de gerekir.(B40)</i> <i>İlk önce enerji ısı enerjisine dönüşür daha sonra hareket enerjisine dönüştür.(B12)</i> <i>Klima kullanılırsa ya da buma benzer şeyler o zaman gelen enerjinin bir kısmı buna harcanır.(K43)</i>	3	5.76	4	8.88	8	5.40
❖ <b>Arabanın çalışma prensibi ile açıklama</b> <i>Arabanın çalışma prensibi vardır. Bir pompalama itici güç bir iş yapmalı ki hareket elde edilsin.(B35)</i>	1	1.92	4	8.88	13	8.78
<b>TOPLAM</b>	4	7.68	8	17.76	21	14.18
<b>Yanlış cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Arabanın çalışma prensibi ile açıklama</b> <i>Arabanın çalışma prensibi yakıtın kullanılmasını sağlar.(K18)</i>	7	13.45	6	13.33	19	12.83
❖ <b>Enerji kaybının olmayacağını ifade eden açıklama</b> <i>Yakıtın elde edilen enerji tamamen kullanılır. Çünkü enerji korunumu vardır.(B51)</i>	12	23.0	18	39.99	74	49.98
<b>TOPLAM</b>	19	36.45	24	53.32	93	62.81

Beşinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 42.3'ü, kimya öğretmen adaylarının % 4.4'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının ise % 12.8'i soruya doğru cevap vererek doğru açıklamayı yapmışlardır. Ayrıca fizik öğretmen adaylarının % 13,5'i, kimya öğretmen adaylarının % 24,4'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının ise % 10,1'i doğru cevabı vererek kısmen doğru açıklama

yapmışlardır. Yanlış cevap vererek doğru ya da kısmen doğru açıklama yapan öğretmen adayı olmamıştır.

Doğru cevap-yanlış açıklama kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 7.68'inin, kimya öğretmen adaylarının % 17.76'sinin ve biyoloji öğretmen adaylarının % 14.18'inin cevaplarının bu kategori içerisinde yer aldığı görülmektedir. Alt kategoriler incelendiğinde öğretmen adaylarının yanlış enerji dönüşümleri ile ya da arabanın çalışma prensibi ile soruda verilen durumu açıklamaya çalıştıkları görülmektedir.

Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 36.45 'inin, kimya öğretmen adaylarının % 54.32'sinin ve biyoloji öğretmen adaylarının % 62.81'inin cevaplarının bu kategori içerisinde yer aldığı görülmektedir. Bu kategoride yer alan öğretmen adaylarının verdikleri cevapların yüzdesi diğer kategorilere göre oldukça fazladır. Bu durum kimya öğretmen adaylarının yarısının ve biyoloji öğretmen adaylarının yarısından fazlasının soruda verilen durumu açıklayamadıklarını göstermektedir. Alt kategoriler incelendiğinde özellikle enerji kaybının olmayacağını ifade eden açıklamaların oldukça çok olduğu görülmektedir. Fizik öğretmen adaylarının % 23'ü, kimya öğretmen adaylarını % 39.99'u ve biyoloji öğretmen adaylarının % 49.98'i bu alt kategoride yer alan cevaplar vermişlerdir.

Dördüncü soruyla paralellik gösteren bu soruda termodinamiğin birinci yasası farklı bir durumla da sorgulanmak istenmiştir. Verilen cevapların kategorilere dağılımı dördüncü soruya çok benzemektedir. Çünkü burada da doğru cevap-yanlış açıklama ve yanlış cevap-yanlış açıklama kategorisinde verilen cevaplar yüzdesi diğer kategorilere göre oldukça fazladır.

#### **4.3.2.5 Yedinci Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan “Çift camlı pencereler ne amaçla kullanılır? Açıklayınız.” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.11'de verilmiştir.

**Tablo 4.11** Yedinci Soruya ait Bulgular

<b>Cevap Türü</b>	<b>Anabilim Dalı</b>					
	<b>Fizik Öğrt.</b>		<b>Kimya Öğrt.</b>		<b>Biyoloji Öğrt.</b>	
	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>
<b>Doğru cevap</b>						
<b>❖ Isı ve ses yalıtımını ifade eden açıklamalar</b> <i>Isı ve enerji kaybını en aza indirebilmek, yalıtımı sağlamak için kullanılır.(F15)</i> <i>Isı ve ses yalıtımı sağlamak için kullanılır. İçerideki ısıyı korumak ve dışarıdan gelen soğuk hava ve sesin içeri girme olasılığını azaltır.(K8)</i>	5	9.6	3	6.7	8	5.4
<b>Kısmen doğru cevap</b>						
<b>❖ Isı yalıtımını ifade eden açıklamalar</b> <i>Isı yalıtımını sağlar, arada hava vardır.(F26)</i> <i>Isı yalıtımını sağlar. (F3, B6, K33)</i>	28	53.82	17	37.80	71	47.99
<b>❖ Ses yalıtımını ifade eden açıklamalar</b> <i>Ses yalıtımını sağlar.(B9, K50, K51)</i>	8	15.37	8	17.79	54	36.50
<b>TOPLAM</b>	<b>36</b>	<b>69.2</b>	<b>25</b>	<b>55.6</b>	<b>125</b>	<b>84.5</b>
<b>Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap</b>						
<b>❖ Yalıtım ifadesinin geçmediği günlük dille yapılan açıklamalar</b> <i>Soğuk havalarda soğuk havanın içeriye girmesini engeller.(K27)</i>	-	-	3	6.7	-	-
<b>Yanlış cevap (Bilimsel hatalar)</b>						
<b>❖ Yalıtımın arada hava olmaması ile sağlandığını ifade eden açıklamalar</b> <i>Arada havanın olmaması ısı geçişini engeller. Bu sayede yalıtım sağlanır.(B118, K62, F9)</i>	10	19.2	11	24.4	3	2.0
<b>Cevapsız/ Kodlanamaz/ İlgisiz cevap</b>						
<i>Dengeleme amaçlı yapılmıştır. (K5)</i> <i>Rezonans için kullanılır.(F14)</i>	1	1.9	3	6.7	12	8.1

Yedinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 9.6'sı, kimya öğretmen adaylarının % 6.7'si ve biyoloji öğretmen adaylarının % 5.4'ü soruya doğru cevap vermişlerdir. Bu kategoride yer alan öğretmen adayları ısı ve ses yalıtımını enerji korunumu yardımıyla açıklamışlardır.

Kısmen doğru cevap kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 69.2'si, kimya öğretmen adaylarının %55.6'sı ve biyoloji öğretmen adaylarının ise % 84.5'i kısmen doğru cevap vermişlerdir. Alt kategoriler incelendiğinde öğretmen adaylarının cevapları iki kategori altında toplanmıştır. Isı yalıtımını ifade edenler birinci grupta, ses yalıtımını ifade edenler ise ikinci grupta yer almaktadır. Genel



olarak bakıldığında ısı yalıtımından bahseden öğretmen adaylarının sayısı daha çoktur.

Tekrar niteliğinde ya da yanlış olmayan cevap kategorisi incelendiğinde sadece kimya öğretmen adaylarının % 6.7'sinin bu kategoride olduğu görülmektedir.

Bilimsel hatalar içeren yanlış cevap kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 19.2'si, kimya öğretmen adaylarının %24.4'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının % 2.0'ı bu kısımda yer almaktadır. Bu kategoride yer cevaplar incelendiğinde “camlar arasında hava olmaması sebebiyle yalıtımın sağlandığı” düşüncesinin oldukça fazla olduğu görülmektedir.

Cevapsız/kodlanamaz/ilgisiz cevap kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 1.9'u, kimya öğretmen adaylarının % 6.7'si ve biyoloji öğretmen adaylarının da % 8.1'i bu kategori de yer almaktadır.

Elde edilen bulgulara göre, öğretmen adaylarının çoğunluğu çift camlı pencerelerin ne amaçla kullanıldığını bilmektedirler. Fakat ısı yalıtımını ve ses yalıtımını nasıl sağladığını açıklayabilen öğretmen adayı oldukça azdır.

### **4.3.3 Termodinamiğin İkinci Yasası ile İlgili Sorulara ait Bulgular**

Testte yer alan termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili 9., 10., 11. ve 12. sorulara ait bulgular bu kısımda yer almaktadır.

#### **4.3.3.1 Dokuzuncu Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan “*Bir karpuzu ikiye kesip güneşe bıraktığımızda karpuzun soğuyacağı*” iddia edilmektedir. Sizce bu durum mümkün müdür? Bu durum termodinamiğin ikinci yasası ile çelişir mi, çelişmez mi? Açıklayınız.” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları aşağıda Tablo 4.12’de verilmiştir.

**Tablo 4.12** Dokuzuncu Soruya ait Bulgular

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Karpuzun soğumasını su moleküllerinin buharlaşması ve 2. yasa ile açıklama</b> <i>Karpuzun içindeki su molekülleri ısıyı alarak buharlaşır, dolayısıyla içeriden ısı alınmasıyla beraber karpuz soğumuş olur, ısı iletimi de gene sıcak cisimden soğuk cisme olduğu için ikinci yasa ile çelişmez.(F31)</i>	10	19.2	6	13.3	14	9.5
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Karpuzun soğumasını su moleküllerinin buharlaşması ile açıklama</b> <i>Su her sıcaklıkta buharlaşır ve buharlaşan su ortamdan ısı alarak buharlaşır, karpuz soğur.(K62)</i>	5	9.6	5	11.1	9	6.1
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
-----	-	-	-	-	-	-
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Karpuzun soğumasını su moleküllerinin buharlaşması ile kısmen açıklama</b> <i>Karpuz suyu buharlaşınca soğur.(F52)</i> <i>Mümkündür ama çelişir mi bilmiyorum. Karpuzu güneşe bırakırsak karpuzun içindeki su molekülleri ısı çekerek buharlaşacaktır, böylece karpuz soğur.(B87)</i>	6	11.5	3	6.6	5	3.4
<b>Doğru cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Karpuzun ısı olarak soğuyacağını ifade eden açıklamalar</b> <i>Karpuz güneşten aldığı ısıyı soğurur. Bunun sonucunda soğur.(F25)</i>	1	1.92	2	4.44	5	3.37
<b>Yanlış cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Termodinamiğin ikinci yasasının ihlal edildiği açıklama</b> <i>Burada ısının sıcak ortamdan soğuk ortama akışının aksi durumu söz konusudur. Bu şekilde karpuz soğur.(B145)</i>	1	1.92	6	13.33	2	1.35
❖ <b>Karpuzun bu şekilde soğuyamayacağını ve ikinci yasa ile çelişeceğini ifade eden açıklamalar</b> <i>Karpuz bu şekilde soğuyamaz, tam tersi ısınır. Zaten gerçekleşseydi ikinci yasa ile de çelişirdi. Çünkü ısının karpuzdan güneşe değil güneşten karpuzda geçmesi gerekirdi. (B56)</i>	29	55.75	23	51.11	113	76.36
<b>TOPLAM</b>	30	57.67	29	64.44	115	77.71

Dokuzuncu soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 19.2'sinin, kimya öğretmen adaylarının % 13.3'ünün ve biyoloji öğretmen adaylarının % 9.5'inin soruya doğru cevap vererek doğru açıklama yaptığı

görülmektedir. Bu öğretmen adayları hem karpuzun neden soğuduğunu hem de ikinci yasa ile olan ilişkisini doğru açıklayabilmişlerdir.

Doğru cevap-kısmen doğru gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 9,6'sı, kimya öğretmen adaylarının % 14,1'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 6,1'i bu kategoride yer almaktadır. Bu öğretmen adayları karpuzun soğumasını açıklarken ikinci yasa ile olan ilişkisini tam olarak açıklayamamışlardır.

Yanlış cevap vererek doğru açıklama yapan öğretmen adayı bulunmamaktadır. Yanlış cevap-kısmen doğru gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 11.5'inin, kimya öğretmen adaylarının % 6.6'sının ve biyoloji öğretmen adaylarının % 3.4'ünün verdiği cevaplar bu kategoride yer almaktadır.

Doğru cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 1.92'si, kimya öğretmen adaylarının % 4.44'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının % 3.37'si bu kategoride yer almaktadır. Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisinde yer alan öğretmen adaylarının yüzdesi diğer kategorilere göre oldukça yüksektir. Fizik öğretmen adaylarının % 57.67'si, kimya öğretmen adaylarının % 64.44'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının % 77.71'i bu kategoride yer almaktadır. Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisinde yer alan alt kategoriler incelendiğinde karpuzun bu şekilde soğuyamayacağını ve soruda verilen durumun termodinamiğin ikinci yasası ile çelişeceğini söyleyen öğretmen adaylarının sayısı oldukça fazladır. Fizik öğretmen adaylarının % 55.75'i, kimya öğretmen adaylarının % 51.11'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 76.36'sı bu alt kategoride yer alan cevaplar vermişlerdir.

#### **4.3.3.2 Onuncu Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan “*Küresel ısınma* dünyamızın entropisini sizce nasıl etkilemektedir? Açıklayınız.” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.13'de verilmiştir.

**Tablo 4.13** Onuncu Soruya ait Bulgular

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Sıcaklık, entropi artışı ve küresel ısınma ilişkisinin kurulduğu açıklamalar</b> <i>Küresel ısınma ile dünyamızın sıcaklığı artıyor. Bunun sonucunda da buzullar eriyor, mevsimler değişiyor. Entropi de artabilir. Isınan yeryüzü artık doğal ortam değildir. İzole bir sistem değildir. Güneş ışınlarının enerjisi alıyor ancak geri yansıtıyor.(F11)</i>	12	23.1	3	6.7	15	10.1
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Doğa olayları ile yapılan açıklamalar</b> <i>Entropi arttığı için doğal denge bozuluyor.(B9,B41)</i> <i>Sıcaklık arttığı için buzullar eriyor.(K34)</i>	17	32.72	16	35.53	68	45.9
❖ <b>Düzensizlikle ilişkilendirilen açıklamalar</b> <i>Düzensizlik arttığı için, entropi artar.(F18)</i>	3	5.77	8	17.76	-	-
<b>TOPLAM</b>	20	38.5	24	53.3	68	45.9
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
-----	-	-	-	-	-	-
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Sıcaklık artışı ve küresel ısınma ilişkisinin kurulduğu açıklamalar</b> <i>Azaltır. Çünkü dünya üzerinde oluşan karbondioksit katmanı ısının içeride kalmasını sağlar, küresel ısınmaya neden olur. Dışarıdan da gelen ısı enerjisiyle birlikte toplam sıcaklık artar.(B58)</i>	-	-	-	-	2	1.4
<b>Doğru cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>İlişkinin kurulamadığı açıklamalar</b> <i>Artık soğuklar daha soğuk sıcaklar daha sıcak hissedilir.(B51)</i>	17	32.72	13	28.88	60	40.57
<b>Yanlış cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>İlişkinin kurulamadığı açıklamalar</b> <i>Değiştirmez. Sistem+çevre entropisi, tersinmez.(K3)</i>	1	1.92	3	6.66	-	-
❖ <b>Entropi ve enerjinin karıştırıldığı açıklamalar</b> <i>Değiştirmez. Evrenin entropisi sabittir. Enerji kaybolmaz, sadece dönüşümler meydana gelir.(B17)</i>	2	3.85	2	4.44	3	2.02
<b>TOPLAM</b>	3	5.77	5	11.1	3	2.02

Onuncu soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 23.1'inin, kimya öğretmen adaylarının % 6,7'sinin ve biyoloji öğretmen adaylarının % 10,1'inin soruya doğru cevap vererek doğru açıklama yaptığı görülmektedir.

Doğru cevap-kısmen doğru gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik retmen adaylarının % 38.5'inin, kimya retmen adaylarının % 53.3'ünün ve biyoloji retmen adaylarının % 45,9'unun bu kategoride yer aldığı görülmektedir.

Fizik ve kimya retmen adayları arasında yanlış cevap vererek doğru açıklama ya da kısmen doğru açıklama yapan olmamıştır. Fakat biyoloji retmen adaylarından birer kişinin verdiği cevaplar bu kategoriye yerleştirilmiştir. Bu kategoriye ait alt kategoriler incelendiğinde retmen adaylarının cevapları iki grupta toplandığı görülmektedir. Özellikle doğa olayları yardımıyla yapılan açıklamaların sayısının daha fazla olduğu görülmektedir.

Yanlış cevap vererek, doğru açıklama yapan retmen adayı bulunmamaktadır. Fakat biyoloji retmen adaylarından iki kişi yanlış cevap vererek, kısmen doğru açıklama yapmıştır.

Doğru cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik retmen adaylarının % 32.72'sinin, kimya retmen adaylarının % 28.88'inin ve biyoloji retmen adaylarının % 40.57'sinin verdikleri cevaplar bu kategoride bulunmaktadır. Bu kategoride bulunan retmen adayları doğru cevap vermiş olmalarına rağmen entropi ile olan ilişkiyi kuramamışlardır.

Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik retmen adaylarının % 5.77'sinin, kimya retmen adaylarının % 11.1'inin ve biyoloji retmen adaylarının % 2.02'sinin verdikleri cevaplar bu kategoride bulunmaktadır. Bu kategoride yer alan cevaplar iki alt kategoride gruplandırılmıştır. Verilen cevaplar incelendiğinde entropi ile ilişki kurulamadığı ve entropinin enerji ile karıştırıldığı görülmektedir.

### 4.3.3.3 Onbirinci Soruya ait Bulgular

Testte yer alan “Sıcak bir yaz gününde evde iyice bunalan Ahmet buzdolabının kapağını açık tutarak serinlemek istiyor. Ahmet’in yaptığı gibi bir buzdolabının kapağını açık tutarak mutfağı soğutabilir miyiz?” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.14’de verilmiştir.

**Tablo 4.14** Onbirinci Soruya ait Bulgular

<b>Cevap Türü</b>	<b>Anabilim Dalı</b>					
	<b>Fizik Öğrt.</b>		<b>Kimya Öğrt.</b>		<b>Biyoloji Öğrt.</b>	
	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
<b>❖ Buzdolabının çalışma prensibi ve ısı alışverişiyle ilgili açıklama</b> <i>Buzdolabında içeriği soğutmak için dışarıya bir enerji verilmesi gerekir. Yani bu şekilde buzdolabından alınan ısı odaya verilir. Odanın sıcaklığı düşürülmez, artar.(F5)</i>	6	11.5	1	2.2	4	2.7
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
<b>❖ Isı alış verişiyle açıklama</b> <i>Motor ısındığından kapağın açık olması odayı soğutmaz, bilakis ısıtır.(F50)</i>	8	15.4	2	4.4	4	2.7
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
-----	-	-	-	-	-	-
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
<b>❖ Buzdolabının çalışma prensibi ile açıklama</b> <i>Evet. Dolap daha güçlü bir şekilde çalışır. Ayrıca dolap arka tarafından ısıyı ortama verir.(F25)</i>	1	1.9	-	-	-	-
<b>Doğru cevap, yanlış gerekçe</b>						
<b>❖ Isı iletimi ile ilgili açıklamalar</b> <i>Isı akışı odadan buzdolabına doğrudur.(B14) Odayla aynı sıcaklığa gelir.(F8)</i>	7	13.47	3	6.66	21	14.19
<b>Yanlış cevap, yanlış gerekçe</b>						
<b>❖ Isı iletimi ile ilgili yanlış açıklamalar</b> <i>Buzdolabı kendi ayarlanmış sıcaklığına kadar soğutur, eşitlenince motor durur. Fark oluşunca tekrar çalışır.(B93) Buzdolabı motor sayesinde sıcak ortamı soğutur. Aslında bu ortam mutfak da olabilir. Buzdolabı mutfağın ısını alıp onu motor yardımıyla soğutabilir.(B121) Buzdolabı içine giren havayı soğutur.(B84)</i>	30	57.72	39	86.63	119	80.41

Onbirinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 11.5'inin, kimya öğretmen adaylarının % 2.2'sinin ve biyoloji öğretmen adaylarının % 2.7'sinin soruya doğru cevap vererek doğru açıklama yaptığı görülmektedir. Ayrıca fizik öğretmen adaylarının % 15.4'ü, kimya öğretmen adaylarının % 4.4'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının % 2.7'si doğru cevap vererek kısmen doğru bir açıklama yapmışlardır.

Doğru cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 13.47'si, kimya öğretmen adaylarının % 6.66'sı ve biyoloji öğretmen adaylarının % 14.19'u bu kategoride yer almaktadır. Bu kategoride bulunan cevapların ısı iletimi ile ilgili olduğu görülmektedir.

Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 57.72'si, kimya öğretmen adaylarının % 86.63'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının % 80.41'i bu kategoride yer almaktadır. Bu kategoride bulunan öğretmen adaylarının sayısı diğer kategorilere göre oldukça fazladır. Verilen cevaplar incelendiğinde ısı iletiminin genellikle yanlış yorumlandığı görülmektedir. Ayrıca verilen cevaplar arasında buzdolaplarının dışarıdan buzdolabının içerisine soğuk hava vererek içerisini soğuttuğu ifade eden açıklamalarda yer almaktadır.

#### **4.3.3.4 Onikinci Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan “Klimalar genellikle yaz dönemlerinde oda sıcaklığını düşürmek için kullanılır. Klimanın verimi dış ortam sıcaklığına göre değişir mi? Açıklayınız.” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15 Onikinci Soruya ait Bulgular

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>Doğru cevap, doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Ortam sıcaklığı ile verimin ilişkilendirildiği açıklamalar</b> <i>Ortam sıcaklığı normale yakın oldukça verim artar, çünkü sıcak hava içinde soğuk hava içinde dışarıdan enerji alınması ya da verilmesi daha kolay olur.(F13)</i>	4	7.7	4	8.9	6	4.1
<b>Doğru cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>Klimanın motoru ile ilgili açıklamalar</b> <i>Soğuk günlerde ilk başta motorun kendisini ısıtması daha sonra ortamı ısıtması gerekir Sıcak günlerde de çok çalıştığı halde içeriyi zor soğutuyor, dolayısıyla verim düşüyor.(K11, K62)</i>	3	5.8	5	11.1	13	8.8
<b>Yanlış cevap, doğru gerekçe</b>						
-----	-	-	-	-	-	-
<b>Yanlış cevap, kısmen doğru gerekçe</b>						
❖ <b>İç ortamın sıcaklığıyla verimin ilişkilendirildiği açıklamalar</b> <i>Verim değişmez. İçerideki ısının durumuna göre çalışırlar. Bu yüzden bulunduğu sistemin ısısı önemlidir.(K65)</i>	-	-	1	2.2	1	0.7
❖ <b>Dış ortamın sıcaklığıyla verimin ilişkilendirildiği açıklamalar</b> <i>Eğer dış ortam soğuk olursa enerjiyi dışarı aktarmak daha kolay olur.(F51)</i>	2	3.8	-	-	-	-
<b>TOPLAM</b>	2	3.8	1	2.2	1	0.7
<b>Doğru cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Sürtünme ve verim ilişkisinin kurulduğu açıklamalar</b> <i>Sürtünmeden kaynaklı klima ısınır, verim düşer.(B17)</i>	10	19.23	5	11.11	9	6.08
<b>Yanlış cevap, yanlış gerekçe</b>						
❖ <b>Verimin zamanla ilişkilendirildiği açıklamalar</b> <i>Verim değişmez, zaman değişir.(B140)</i>	-	-	3	6.66	8	5.4
❖ <b>2. yasa ile ilgili yapılan açıklamalar</b> <i>Klima 2.yasada mümkün olmayan bir süreci enerji harcayarak mümkün hale getirir.(B143)</i>	-	-	-	-	7	4.73
❖ <b>Verimle ilgili açıklamalar</b> <i>Verim değişmez. giren-çıkan enerjiyi iyi ayarlamak bizim elimizde olduğundan değişmez.(K61)</i> <i>Soğuk zamanlarda klima ısıyı daha fazla verip verimi artırır.(K15)</i>	6	11.53	6	13.33	56	37.84
❖ <b>Verimle elektrik akımının ilişkilendirildiği açıklamalar</b> <i>Elektrik akımına bağlı olarak çalıştığı için voltaj düşmedikçe verim değişmez.(K53)</i>	11	21.15	11	24.45	30	20,27
❖ <b>Verim kavramı ile ilişkilendirilemeyen açıklamalar</b> <i>Verim, alınan enerjinin verilen enerjiye oranı, ama bu soruda klima ve dış havanın sıcaklığını nasıl uygularız bilmiyorum. (B104)</i>	16	30.77	10	22.22	18	12.16
<b>TOPLAM</b>	33	63.45	30	66.66	119	80.4



Onikinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 7.7'sinin, kimya öğretmen adaylarının % 8.9'unun ve biyoloji öğretmen adaylarının % 4.1'inin soruya doğru cevap vererek doğru açıklama yaptığı görülmektedir. Ayrıca fizik öğretmen adaylarının % 5.8'i, kimya öğretmen adaylarının % 11.1'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 8.8'i doğru cevap vererek kısmen doğru bir açıklama yapmışlardır.

Yanlış cevap doğru gerekçe kategorisinde kimse bulunmazken, yanlış cevap kısmen doğru gerekçe kategorisinde fizik öğretmenliğinden iki kişi, kimya ve biyoloji öğretmenliğinden birer kişi bulunmaktadır. Bu kategoriye ait alt kategoriler incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının dış ortam sıcaklığı ile biyoloji ve kimya öğretmen adaylarının da iç ortam sıcaklığı ile ilişkilendirdikleri görülmektedir.

Doğru cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 19.23'ü, kimya öğretmen adaylarının % 11.11'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 6.08'inin bu kategoride olduğu görülmektedir. Verilen cevaplar incelendiğinde öğretmen adaylarının doğru cevap vermiş olmalarına rağmen verimi, dış ortam sıcaklığı ile ilişkilendirmeleri gerekirken sürtünme ile ilişkilendirerek açıklama yaptıkları için bu kategoriye alınmışlardır.

Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisi incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 63.45'i, kimya öğretmen adaylarının % 66.06'sı ve biyoloji öğretmen adaylarının % 80.4'ünün bu kategoride olduğu görülmektedir. Bu oranın bu kadar yüksek olması öğretmen adaylarının hem öğretmenlerin çalışma prensibi hem de verim kavramı ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıklarını göstermektedir.

Yanlış cevap-yanlış gerekçe kategorisine verilen cevaplar beş alt kategoride toplanmıştır. Bu alt kategoriler incelendiğinde bazı öğretmen adaylarının elektrikle çalışan aletlerde verimin değişmeyeceği gibi bir düşünce olduğu görülmektedir. Ayrıca klimaların çalışma şeklinin termodinamiğin ikinci yasasına aykırı olduğunu söyleyen öğretmen adayları da bulunmaktadır.

#### 4.3.4 Araba, Çift Camlı Pencere ve Klimaların Çevreye Etkisi ile İlgili Sorulara ait Bulgular

Testte bulunan, araba, çift camlı pencere ve klimaların çevreye etkisi ile ilgili 6., 8. ve 13. sorulara ait bulgular ve yorumlar bu kısımda yer almaktadır.

##### 4.3.4.1 Altıncı Soruya ait Bulgular

Testte yer alan “Bir araba çalışırken çevresel bir soruna neden olabilir mi?” sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.16’de verilmiştir.

**Tablo 4.16:** Altıncı Soruya ait Bulgular

<i>Cevap Türü</i>	<i>Anabilim Dalı</i>					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>a) Evet</b>						
<i>Aracın egzozundan çıkan gazlar çevreye zarar verebileceği gibi egzoz susturucusu yoksa veya eskimişse gürültü kirliliği de yapabilir. (K2)</i>						
<i>Çalışma esnasında sürtünme vb.den kaynaklı ısı çıkışları havanın sıcaklığını arttırarak küresel ısınmaya bir miktarda olsa etki eder.(K37)</i>	49	94.2	45	97.8	146	98.6
<i>Arabadan çıkan gaz hava kirliliğine neden olur. Bu gazlar insanlar ve bitkiler üzerinde oldukça zararlı etkiye sahiptir.(B2)</i>						
<i>Arabadan çıkan egzoz dumanları hava kirliliğine, su kirliliğine ve toprak kirliliğine neden olur. Bu çevresel sorunlarda canlı organizmaları olumsuz etkiler. (B7)</i>						
<b>b) Hayır</b>	0	0	0	0	0	0
<b>c) Bilmiyorum</b>	3	5.8	1	2.2	2	1.4

Termodinamiğin uygulamaları arasında yer alan arabaların çevreye olan etkisi hakkında öğretmen adaylarının fikirlerinin alındığı bu soruda öğretmen adaylarının çoğu arabaların çalışırken çevreye zarar verdiğini söylemektedir. Fizik öğretmen adaylarının % 94.2’si, kimya öğretmen adaylarının % 97.8’i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 98.6’sı arabaların çevresel sorunlara sebep olduğunu söylemektedirler.

Yapılan açıklamalar incelendiğinde tabloda görülen örnek cevaplarda gibi öğretmen adayları öncelikle arabaların hava kirliliğine sebep olduğunu vurgulamaktadırlar. Özellikle biyoloji öğretmen adayları yaptıkları açıklamalarında oluşan hava kirliliğinin canlılar üzerindeki etkisine dikkat çekmişlerdir. Hava kirliliğinin yanı sıra arabaların gürültü kirliliğine sebep olduğunu, ayrıca küresel ısınmaya da katkısının olduğunu söyleyen öğretmen adayları da bulunmaktadır.

Verilen cevaplar incelendiğinde arabaların çevresel bir sorun oluşturmayacağını söyleyen öğretmen adayı bulunmamaktadır. Fakat, fizik öğretmen adaylarının % 5.8'i, kimya öğretmen adaylarının % 2.2'si ve biyoloji öğretmen adaylarının % 1.5'i "bilmiyorum" cevabını işaretleyerek, açıklama yapmamışlardır.

#### 4.3.4.2 Sekizinci Soruya ait Bulgular

Testte yer alan "Çift camlı pencerelerin, çevreye bir yararı ya da zararı olabilir mi? Açıklayınız." sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.17'de verilmiştir.

**Tablo 4.17** Sekizinci Soruya ait Bulgular

<i>Cevap Türü</i>	<i>Anabilim Dalı</i>					
	<i>Fizik Öğrt.</i>		<i>Kimya Öğrt.</i>		<i>Biyoloji Öğrt.</i>	
	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
<b>a) Yararı vardır.</b> <i>Çift cam olduğu için evin sıcaklığını korur, ayrıca dışarıdaki soğuk havayı da içeriye geçirmez. Böylece evde enerji tasarrufu sağlanır. (B26)</i> <i>Evinin sıcaklığını korumak için çift camlı pencereler kullanan bir kişi daha az kömür, odun tüketeneğinden çevreye faydası olur. (K26)</i>	21	40.4	20	44.4	73	49.3
<b>b) Zararı vardır.</b> <i>Cam tüketimi arttığı için daha zararlı olur. (F39)</i>	7	13.5	1	2.2	7	4.7
<b>c) Bilmiyorum</b>	20	38.5	23	51.1	62	41.9
<b>d) Hem yararı hem zararı vardır.</b> <i>İçerisinde kanserojen maddeler vardır ve kökeni petrol olduğu için doğada uzun süre kalır. Fakat ısı enerjisi bakımından da yararı vardır. (B28)</i>	4	7.7	1	2.2	5	3.4
<b>e) Yararı ve zararı yoktur.</b>	0	0	0	0	1	0.7

Termodinamiğin prensiplerinden yararlanılarak hazırlanan çift camlı pencerelerin çevreye olan etkisi hakkında öğretmen adaylarının fikirlerinin alındığı bu soruya verilen cevaplar incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının % 40.4'ü, kimya öğretmen adaylarının % 44.4'ü ve biyoloji öğretmen adaylarının % 49.3'ü, çift camlı pencerelerin yararı olduğunu söylemektedir. Öğretmen adaylarının çoğu çift camlı pencerelerin ısı yalıtımı sağladığı için çevreye yararı olduğunu söylemektedirler. Fakat genellikle plastik malzemedan yapılmaları sebebiyle bunun doğaya zarar verdiğini söyleyen ya da bu iki durumu da göz önüne alarak hem yararı hem zararı olduğunu söyleyen öğretmen adayları da vardır. Öğretmen adaylarının cevaplarından örnekler aşağıda verilmiştir.

Fizik öğretmen adaylarının % 38.5'i, kimya öğretmen adaylarının % 51.1'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 41.9'u "bilmiyorum" cevabını işaretleyerek, herhangi bir açıklama yapmamışlardır. Bu durum öğretmen adaylarının neredeyse yarısının çift camlı pencerelerin çevre etkisi hakkında fikir sahibi olmadıklarını göstermektedir.

#### 4.3.4.3 Onüçüncü Soruya ait Bulgular

Testte yer alan "Klimaların çevreye bir yararı ya da zararı olabilir mi?" sorusuna ait bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.18'de verilmiştir.

**Tablo 4.18** Onüçüncü Soruya ait Bulgular

<i>Cevap Türü</i>	<i>Anabilim Dalı</i>					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
<b>a) Yararı vardır.</b> <i>Hava filtreli olanlar havayı temizlediği için yararlıdır.(F36)</i>	4	7.7	5	11.1	10	6.8
<b>b) Zararı vardır.</b> <i>Çok fazla elektrik enerjisi harcadığı için zararlıdır. Ayrıca insan sağlığına da zararlı. (B43)</i> <i>Klimanın içinde soğutmak için kullanılan gaz dışarı çıkarsa zararlıdır. Çünkü sera etkisine neden olur. (B48)</i>	24	46.2	17	37.8	73	49.3
<b>c) Bilmiyorum</b>	20	38.5	21	46.7	58	39.2
<b>d) Hem yararı hem zararı vardır.</b> <i>Çok pratik bir alet, biraz görüntü bozukluğu yapıyor ama çok güzel soğutuyor.(F23)</i>	2	3.8	2	4.4	5	3.4
<b>e) Yararı ve zararı yoktur.</b>	2	3.8	0	0	2	1.4

Termodinamik prensiplerine göre çalışan klimaların çevreye olan etkisi hakkında öğretmen adaylarının fikirlerinin alındığı bu soruda öğretmen adaylarının cevapları incelendiğinde öğretmen adaylarının büyük kısmı klimaların çevreye zararı olduğunu söylemektedir.

Fizik öğretmen adaylarının % 7.7'si, kimya öğretmen adaylarının % 11.1'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 6.8'si klimaların yararı olduğunu düşünmektedir. Sebep olarak da genellikle klimaların havayı temizlediğini ve yaz aylarında çok güzel soğuttuğunu söylemektedirler. Fizik öğretmen adaylarının % 46.2'si, kimya öğretmen adaylarının % 37.8'i ve biyoloji öğretmen adaylarının % 49.3'ü klimaların çevreye zararlı olduğunu düşünmektedir. Çok fazla elektrik harcaması ve sera etkisine sebep olması da başlıca gösterilen zararları arasındadır. Ayrıca klimaların insan sağlığına zararlı olduğunu söyleyen öğretmen adayları da bulunmaktadır.

Fizik öğretmen adaylarının % 38.5'i, kimya öğretmen adaylarının % 46.7'si ve biyoloji öğretmen adaylarının % 39.2'si "bilmiyorum" cevabını işaretleyerek, açıklama yapmamışlardır. Ayrıca öğretmen adayları arasında klimaların hem yararının hem zararının olduğunu da olmadığını da söyleyen öğretmen adayları vardır.

#### **4.3.5 Termodinamik Yasaları ile Çevre Sorunlarının İlişkilendirildiği Sorulara ait Bulgular**

Testte yer alan, termodinamik yasaları ile çevre sorunlarının ilişkilendirildiği 14, 15 ve 16. sorulara ait bulgular ve yorumlar bu kısımda yer almaktadır.

##### **4.3.5.1 Ondördüncü ve Onbeşinci Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan ondördüncü ve onbeşinci sorular termodinamik yasaları ile çevre sorunlarının ilişkilendirilmesi ile ilgili sorulardır. Bu sorulardan elde edilen bulgular ve öğretmen adaylarının cevapları Tablo 4.19'da verilmiştir. Ayrıca fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının termodinamik yasaları ile çevre sorunlarını ilişkilendirmeleri ile ilgili düşüncelerinden örnekler de verilmiştir.

**Tablo 4.19** Ondördüncü Soruya ait Bulgular

Çevresel Sorun	0.yasa				1.yasa				2.yasa				Açıklanamaz			
	Kişi sayısı				Kişi sayısı				Kişi sayısı				Kişi sayısı			
	Fizik öğrt.	Kimya öğrt.	Biyoloji öğrt.	<b>Toplam</b>	Fizik öğrt.	Kimya öğrt.	Biyoloji öğrt.	<b>Toplam</b>	Fizik öğrt.	Kimya öğrt.	Biyoloji öğrt.	<b>Toplam</b>	Fizik öğrt.	Kimya öğrt.	Biyoloji öğrt.	<b>Toplam</b>
Hava kirliliği	3	3	7	<b>13</b>	8	6	23	<b>37</b>	10	8	36	<b>54</b>	22	19	66	<b>107</b>
Ozon tabakasının incelenmesi	1	4	5	<b>10</b>	10	10	24	<b>44</b>	20	19	66	<b>105</b>	11	7	32	<b>50</b>
Nükleer kirlilik	-	4	3	<b>7</b>	15	12	55	<b>82</b>	6	9	21	<b>36</b>	20	12	43	<b>75</b>
Küresel ısınma	11	3	14	<b>28</b>	17	11	25	<b>53</b>	31	32	106	<b>169</b>	1	1	2	<b>4</b>
Buzulların erimesi	16	7	18	<b>41</b>	12	8	8	<b>28</b>	34	36	116	<b>186</b>	1	-	-	<b>1</b>
Su kirliliği	2	3	8	<b>13</b>	7	3	25	<b>35</b>	4	9	25	<b>38</b>	32	21	67	<b>120</b>
Enerji kaynaklarının kullanımı	3	6	15	<b>24</b>	30	23	68	<b>121</b>	11	8	25	<b>44</b>	7	5	21	<b>33</b>
Sera etkisi	10	5	19	<b>34</b>	10	9	24	<b>43</b>	24	20	71	<b>115</b>	4	8	18	<b>30</b>
Mevsim ve sıcaklıkların değişmesi	13	6	20	<b>39</b>	10	11	25	<b>46</b>	25	28	79	<b>132</b>	4	2	8	<b>14</b>
Deniz seviyesinin yükselmesi	7	3	14	<b>24</b>	10	10	20	<b>40</b>	26	25	79	<b>130</b>	9	7	14	<b>30</b>

Yukarıdaki tablo incelendiğinde öğretmen adaylarının bazı çevresel sorunları termodinamik yasaları yardımıyla açıklanabileceğini düşündükleri görülmektedir. Örneğin, küresel ısınma (N=169), buzulların erimesi (N=186), sera etkisi (N=115), mevsim ve sıcaklıkların değişmesi (N=132) ve deniz seviyesinin yükselmesi (N=130), ağırlıklı olarak termodinamiğin ikinci yasası ile ilişkilendirilmiştir. Nükleer kirlilik (N=82)ve enerji kaynaklarının kullanımı (N=121) birinci yasa ile ilişkilendirilirken, sıfırncı yasa ile ağırlıklı olarak ilişkilendirilen bir çevresel sorun yoktur. Ayrıca hava kirliliği (N=107), su kirliliği (N=120) gibi bazı çevresel sorunların da termodinamik yasaları yardımıyla açıklanamayacağına inanılmaktadır.

Örneğin, küresel ısınmanın termodinamiğin ikinci yasası ile açıklanabileceğini söyleyen F12, B46 ve B76 kodlu öğrencilerin bu konudaki açıklamaları şöyledir:

**F12:** *Küresel ısınma, güneşten gelen ışınlar gökyüzüne geri yansyamamaktadır. Bu durum entropinin artmasına sebep olmaktadır.*

**B46:** *Küresel ısınma: dünya her geçen gün biraz daha ısınmakta ve çöl olma boyutuna gelmektedir. Termodinamiğin ikinci yasası olan entropi bu durumu şöyle açıklar; ısınan bir madde kendisinden daha soğuk olan maddeye ısını verebiliyorsa bu entropidir ve bu durum katı olan maddenin sıvı hale veya kendisinden daha düzensiz bir hale geçmesini sağlıyorsa entropinin artışı anlamına gelir. Entropi bir dengeyse, hence bu denge dünyanın da bir dengesidir ve entropinin değişmesi dünyanın dengesinin de ciddi şekilde tehdit etmektedir.*

**B76:** *Küresel ısınma ve sera etkisi bunlar termodinamiğin ikinci yasasıyla açıklanabilir. Çünkü yasa mevcut olan enerjiyi aktarmadaki yolları ele alıyor. Isınan dünyamızda çevresel sorunlar nedeniyle enerji aktarımının tam olarak gerçekleştirilemediği için ozon tabakasının incilmesi, sera etkisi, küresel ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi gibi sonuçlar doğuruyor.*

Elde edilen veriler ışığında buzulların erimesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi de termodinamiğin ikinci yasası ile açıklanabileceğine inanılmaktadır. Bu konuda K9, B118 ve F21 kodlu öğretmen adaylarının açıklamaları şöyledir:

**K9:** *Buzulların erimesi ikinci. yasa ile açıklanabilir. Entropi artar, buzullar eriyerek sıvı hale geçer ve böylece su seviyeleri artar. Buna bağlı olarak da deniz seviyeleri yükselir*

**B118:** *Buzulların erimesiyle meydana gelen hal değişimi sonucu katıdan sıvıya geçiş meydana gelir ve bu da düzensizlik artışına sebep olur, entropi artar. Yani ikinci yasa ile açıklanabilir.*

**F21: Buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi** bence ikinci yasa ile açıklanabilir. İkinci yasa iki cisim arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle ısı alışverişi gerçekleştirdiklerini söylemektedir. Yani deniz suyunun sıcaklığının değişmesiyle buzullar arasında ısı alışverişi olur. Bu da buzulların erimesine sebep oluyor.

Buzulların erimesinin termodinamiğin sıfıncı yasası ile açıklanabileceğini söyleyen F19 kodlu öğrenci bu durumu şöyle açıklamaktadır:

**F19: Termal denge bozulur, sıcaklık artar. Dengenin tekrar sağlanabilmesi aşamasında da buzullar erir.** Bu durum sıfıncı yasa ile açıklanabilir.

Deniz seviyelerinin termodinamiğin birinci yasası ile açıklanabileceğini söyleyen F12 kodlu öğrenci şöyle demektedir:

**F12: Deniz seviyesinin yükselmesi, yeryüzünün ısınıp buzulların erimesiyle mümkündür.** İzole bir sistemde hapsolan ısı buzulları eritmektedir. Bu durumda ancak enerji korunumuyla açıklanabilir.

Bazı öğretmen adayları verilen çevresel sorunları tek tek değil, birbirleri ile ilişkilerini de vererek termodinamik ile olan ilişkisini vermişlerdir. Örneğin:

**K10: Buzulların erimesi katı halden sıvı hale geçmesi bize entropinin arttığını gösterir ve bu termodinamiğin ikinci kanunu ile ilgilidir. Deniz seviyesinin yükselmesi de buzulların eriyip deniz seviyesini yükseltmesi ile ilgilidir. Burada da entropide artış vardır. Aynı şekilde sera etkisinde de sera gazlarının çevreye yayılmasıyla entropide bir artış gözlenir. Bunların toplamı küresel ısınmaya neden olur ve bana göre hepsi termodinamiğin ikinci yasası ile ilgilidir.**



**F20: Küresel ısınma** arttıkça dünyamızdaki hava daha fazla ısınır. Bu ısınma ile soğuk olan **buzullar erimeye** başlar. Termodinamiğin ikinci yasasına göre ısı akışı sıcak cisimden soğuk cisme doğrudur. Yani hava sıcak olduğu için, havadan buzullara doğrudur. Bu yola buzullar erir ve **denizlerdeki su seviyesi yükselmeye** başlar.

**B15: Termodinamiğin ikinci yasası ısı akışıyla ilgili olduğundan küresel ısınma, buzulların erimesi, ozon tabakasının incelmeye bu yasayla açıklanabilir.**

**K5: Buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, mevsim ve sıcaklıkların değişmesi, sera etkisi bunlar hep küresel ısınmanın neden olduğu sorunlardır. Burada bir enerji dönüşümü gerçekleşir. Dolayısıyla bu süreçlerde termodinamiğin birinci yasası kullanılabilir.**

Nükleer kirlilik ve enerji kaynaklarının kullanımı da genellikle termodinamiğin birinci yasası ile ilişkilendirilmiştir. Bu konuda B42 ve B54 kodlu öğretmen adaylarının açıklamaları şöyledir:

**B42: Nükleer kirlilik, termodinamiğin birinci yasasıyla açıklanabilir. Çünkü nükleer enerji büyük dönüşümlerle kimyasal enerjiye çevrilir. Bu da doğaya zarar verir.**

**B54: Nükleer kirlilik, iç enerjideki değişiklikler sonucu meydana geldiği için birinci yasa ile açıklanabilir.**

Ayrıca tablodan da anlaşıldığı gibi öğretmen adayları, hava kirliliği ve su kirliliği gibi bazı çevresel sorunların termodinamik yasaları ile açıklanamayacağını ifade etmektedir. Örneğin F40, F18 ve F54 kodlu öğretmen adaylarının açıklamaları şöyledir:

**F40:** *Hava kirliliği tamamen bacalardan ve egzozlardan çıkan dumanlarla alakalıdır. Burada termodinamik yasalarıyla alakalı bir durum yoktur.*

**B18:** *Hava kirliliği, ikinci yasa ile açıklanabilir, çünkü kirlilik entropi ile ilgilidir.*

**B54:** *Hava kirliliğinin, ısı enerjisi değişimi, enerji korunumu ve ısı akışıyla hiçbir alakası yoktur. O yüzden açıklanamaz*

#### **4.3.5.2 Onaltıncı Soruya ait Bulgular**

Testte yer alan “ İnsanlık, içten ve dıştan yanmalı motorlarda benzin gibi yakıtları enerji kaynağı olarak kullanmaktadır. Bu motorlar bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştürmektedir. Önce bu kaynaklardan ısı enerjisi elde edilmekte sonra ısı enerjisi başka enerji türlerine dönüşmektedir.” Eğer insanlar kaynaklarını ısı enerjisine dönüştürmeye devam ederse gelecekte neler olacağını düşünüyorsunuz? Sorusuna ait öğretmen adaylarının verdikleri cevaplardan örnekler aşağıda verilmiştir.

**F10:** *Isı enerjisi oranı artarak dünya ısınmaya başlayacaktır. Bu durum küresel ısınmayı da etkileyecek. Buzulların erimesiyle deniz seviyesi yükselecek bazı yerler sular altında kalacaktır. Bu durum ekolojik dengenin bozulmasına da yol açacaktır.*

**F12:** *Daha fazla çevre kirliliği, daha fazla iklim değişikliği yaratacaktır. Kaynaklarımız yetersiz kalacak, daha fazla öz kaynak ihtiyacımız olacaktır. Bu da savaş, açlık, sömürgecilik, silah ve siyasal iktidarsızlık doğuracaktır.*

**F18:** *Çevresel sorunlar daha da artacaktır. Kullanılabilir enerji kaynakları azalacak hatta tükenecektir. Daha çevreci olan enerji kaynaklarına yönelirsek enerji dönüşümlerinden en az zararla kurtulabiliriz.*

**F19:** *Isı enerjisi, en düzensiz enerji türüdür ve bazı bilim adamlarının evrenin sonu olarak gördükleri şey de her şeyin bir gün ısıya dönüşeceği*dir.

**F21:** *Isı enerjisindeki artış, beklenen sıcaklıkları arttırmakta ve yeryüzünün dengesi bozmaktadır. Bir süre sonra küresel ısınma nedeniyle tüm dengelerin değişmesine neden olabilir.*

**F46:** *Isınan hava tüm canlılara zarar verir. Yaşam alanlarını ve bazı canlı türlerini yok eder.*

**B18:** *Kaynaklar tükenir. Yaşam zorlaşabilir. Belli bir zaman sonra dönüştürmek için kaynak bulunamaz hale gelir.*

Termodinamiğin bütün yasalarını içeren bu soru, ısı ve enerji arasındaki geri dönüşümü olmayan süreç ve enerji sarfiyatı ile ilgilidir. Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar çoğunlukla doğru olmakla birlikte bu durumun küresel ısınmayla olan ilişkisi de genellikle kurulmuştur. Fakat enerji çeşitlerinin sonunda ısıya dönüşeceğinden bahseden pek olmamıştır.

#### 4.4 Konu İle İlgili Karşılaşılan Kavram Yanılgıları

Termodinamik yasalarının günlük olaylara uygulanması testine öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar içerisinde çeşitli kavram yanılgılarına ve yanlış bilgilere rastlanmıştır. Bu kavram yanılgıları ve yanlış bilgiler Tablo 4.20’de verilmiştir.

**Tablo 4.20** Karşılaşılan Kavram Yanılgıları ve Yanlış Bilgiler

<i>İfadeler</i>	
Termodinamiğin sıfırncı yasası ile ilgili kavram yanılgıları ve yanlış bilgiler	Sıcaklık ve ısı aynı şeylerdir. Bir cismin sıcaklığı artarken enerji değişimi olmaz. Cıva çabuk buharlaşan bir sıvı olduğu için termometrelerde kullanılır. Termometre sıcaklığa karşı yalıtılmıştır. Eğer cisimle termometre aynı ortamda ise termometre ile sıcaklık ölçemeyiz. Termometrenin sıcaklığı yoktur. O yüzden maddeye değdiği zaman onun ısısını alır. Isı iletimi, soğuktan sığa doğru olur.
Termodinamiğin birinci yasası ile ilgili kavram yanılgıları ve yanlış bilgiler	Hareket eden bir arabanın enerjisi vardır. Araba durunca enerjisi yok olur. Enerjinin değişebilmesi için konumunun da değişmesi gerekir. Araç dururken kinetik enerji azalırken potansiyel enerji artar. Araba dururken potansiyel enerjisi ve ağırlığı artar. Araba hareket ederken sürtünmeden ve kinetik enerjiden dolayı enerji artar. Araba birden durunca enerjisi artar. Araba dururken ivmesi bir anlık artar, bu esnada enerjisi artar, sonra azalmaya başlar. Araba dururken kinetik enerjisi artar. Enerji iş yapabilme yeteneği olduğu için arabanın hızı azaldığından yaptığı iş de azalır dolayısıyla enerjisi de azalıyor. Araçın eylemsizliğine bağlı olarak iş gücünü düşürmesi enerji artışına sebep olur. Sürtünme enerjisi ve sıcaklık enerjisi, enerji çeşitleridir. Enerji tüketildiği oranda üretilir. İnsanların enerjiye katkıda bulunması toplam enerjinin artmasına sebep olur. Enerji sadece kinetik ve potansiyel enerjiden ibarettir.
Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili kavram yanılgıları ve yanlış bilgiler	Entropi, düzensizliktir. Entropiye ulaşmak sistem için bir rahatlama durumudur. Çok az bir enerjiyle çok fazla iş yapabilmek için entropinin artması gerekir. Isı enerjisi, enerjinin dağılabileceği yolları azaltır. Sıcaklık artarsa, entropi azalır. Entropi artarsa, reaksiyonlarda artar.

Görüldüğü gibi termodinamik yasaları ile ilgili yapılan çalışmalarda görülen kavram yanılgılarının pek çoğu (Tablo 2.1, 2.2 ve 2.3) burada da görülmektedir.

Karşılaşılan kavram yanılgılarının yanı sıra termodinamik yasalarının uygulamaları ile ilgili diğer sorularda da bazı yanlış bilgilerin olduğu da görülmektedir. Ancak bu sorularla ilgili kavram yanılgılarının tespit edildiği bir

Çalışma olmaması ve bu çalışmadaki ölçeğin kavram yanılığı belirlemek için hazırlanmamış olması sebebiyle bunlar kavram yanılığı olarak değerlendirilmemiştir.

Örneđin đretmen adaylarının (f:24) bir kısmı çift camlı pencerelerin arasının boř olduğunu dūřunmekteler. Buzdolabı ve klimaların çalışma prensibi ile ilgili de sorularda da đretmen adaylarının bir kısmı, buzdolaplarının içerisindeki havayı dışarıya aktararak soğuttuklarını dūřunmekteler. Klimalar için de elektrikle çalıştıkları için verimin dış ortamla bir ilgisinin olmadığını iddia etmekteler. Entropi kavramının geçtiği sorulara verilen cevaplardan da đretmen adaylarının bu kavramı tam olarak anlamadıkları ve zaman zaman enerji ile karıştırdıkları görülmektedir.

## 5 YORUM, TARTIŞMA VE SONUÇ

Fizik, Kimya ve Biyoloji öğretmen adaylarının termodinamik yasalarını günlük olaylara uygulama ve termodinamik ile çevre sorunları arasındaki ilişkiyi kurulabilme düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesindeki 245 öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada araştırmacı tarafından geliştirilen üç adet veri toplama aracı kullanılmıştır. Bunlar: Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi, Kelime İlişkilendirme Testi ve Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi'dir. Çalışmada elde edilen sonuçlar her bir veri toplama aracına göre aşağıdaki gibi özetlenip yorumlanmıştır:

### *Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi*

Öğretmen adayları tarafından en önemli çevresel problem hava kirliliği olarak ifade edilmiştir. Hava kirliliğini, su kirliliği, küresel ısınma ve gürültü kirliliği takip etmiştir. Hava ve su kirliliğinin ilk başta yer almalarının sebebi, yaşadığımız çevredeki bizi doğrudan etkileyen ilk çevresel problemlerin bunlar olduğu düşünülebilir. Küresel ısınma üçüncü sırada yer alırken evsel atıklar daha sonraki sıralarda yerini bulmuştur. Hâlbuki Şahin ve Gül [85] tarafından yapılan çalışmada ortaöğretim öğrencileri tarafında Türkiye'deki en ciddi çevresel sorunlar küresel ısınma, hava kirliliği ve evsel atıklar, dünyadaki en ciddi çevresel sorunlar ise küresel ısınma ve terör-savaş-küreselleşme olduğu ifade edilmiştir. Her ne kadar bu çalışma ile bazı yönleri benzerlik gösterse de örnekteki öğretmen adaylarının bakış açılarında bir miktar farklılıklar olduğu da görülmektedir.

Öğretmen adayları çevresel sorunlarla en fazla ilgilenen alanın öncelikle biyoloji olduğunu, daha sonra bu önceliği sırayla kimya, yer bilimi ve fizik şeklinde sıralamışlardır. Tokuya, Yamamoto ve Takashi'nin [17] lise ve üniversite öğrencileri ile yaptıkları çalışmada ise bu sıralama şu şekildedir: biyoloji, kimya,

fizik ve yer bilimi. Görüldüğü gibi bu iki çalışmanın sonuçları genel olarak benzerlik göstermektedir. Sadece bu çalışmada fizik ve yer biliminin sırası yer değişmiştir. Bu durumun sebebi olarak da Japonya ve ülkemizdeki ders müfredatının verilmiş ve/veya işleniş şekli olabileceği gibi kültürel farklılıkların da bunda etken olabileceği düşünülebilir.

### *Kelime İlişkilendirme Testi*

Yapılan kelime ilişkilendirme testi sonucunda her ne kadar anabilim dallarına göre bazı farklılıklar olsa da genel olarak bazı kavramlar arasında (örneğin: ısı-sıcaklık, iş-enerji) kuvvetli ilişkiler kurulurken bazı kavramlar arasında da (örneğin: çevre kirliliği-enerji) herhangi bir ilişki kurulamamıştır. Öğretmen adaylarının, genel olarak termodinamik ile çevre sorunlarını doğrudan birbirleri ile ilişkilendirememelerine rağmen bazı dolaylı ilişkiler (örneğin: Küresel ısınma-ısı-sıcaklık ya da çevre kirliliği- küresel ısınma- sıcaklık gibi) kurulabildikleri de görülmüştür. Bunun sebebinin öğretim sistemimizden veya ders program içeriklerinde kaynaklandığı söylenebilir. Öztaş'ın [16] çalışmasında da öğrencilerin termodinamik yasalarını ekolojik olaylara tam olarak uygulayamadıklarını ifade eden bir sonuca varması burada bulunan sonucu desteklediği söylenebilir.

Fizik ve Kimya öğretmen adayları en fazla ısı-sıcaklık kavramları arasında ilişki kurarken biyoloji öğretmen adayları ise en fazla ilişkiyi iş ve enerji daha sonra sıcaklık ile ısı kavramları arasında kurmuşlardır. Çevre kirliliği denildiğinde de ise bütün adayların akıllarına ilk gelen çöp (atık) olmuştur. Daha sonra, fizik öğretmen adayları iş-enerji, ısı-enerji, iş-güç ve entropi-düzensizlik arasında; kimya öğretmen adayları sırayla iş-enerji, ısı-enerji, küresel ısınma-buzulların erimesi ve entropi-düzensizlik arasında; biyoloji öğretmen adayları ise sırayla ısı-enerji, küresel ısınma-buzulların erimesi arasında bir ilişki kurulmuştur. Biyoloji öğretmen adayları için en son çizilen (KN 20 ve yukarısı) zihin haritası incelendiğinde ise diğer bölümlerden farklı olarak ATP, fotosentez, su döngüsü gibi biyoloji dersi ile ilgili kavramların ön plana çıktığı görülmüştür. Ayrıca sıcaklık, ısı, enerji ve enerji korunumu kavramları güneş ile ilişkilendirilmiştir. Entropi kavramı da ısı, enerji, kimya ve düzensizlik ile ilişkilendirilmektedir. Fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının ilişkilendirme

testinden elde edilen bulgulara göre çizilen zihin haritalarında, bütün öğretmen adaylarının ısı-sıcaklık ve iş-güç-enerji bağlantılarını kurduğu görülmüştür. Buradan da her bir anabilim dalı öğretmen adayının kendi programlarına özgü gördüğü ders içeriklerinden etkilenecek bir ilişkilendirme yaptıkları söylenebilir. Bunun en belirgin farklılığı biyoloji öğretmen adaylarında görülmektedir zira ATP, fotosentez, su döngüsü gibi kavramlar biyoloji dersine ait kavramlardır. Fizik ve kimya öğretmen adaylarının ise ilişkilendirmeleri daha birbirine yakın ve benzerlik göstermektedir.

Diğer bir önemli sonuç ise, ısı ve sıcaklık kavramlarının her üç anabilim dalında da termometre ile ilişkilendirilmesidir. Sıcaklık termometre ile ölçülürken, ısı termometre ile ölçülmemektedir. Bu durum öğretmen adaylarının yanlış bilgilere veya kavram yanılgılarına sahip olabileceklerini gösterebilir çünkü Buluş, Kırıkkaya ve Güllü'nün [40] çalışmalarında öğrencilerin, ısı ve sıcaklığın ne ile ölçüldüğü konusunda problemler yaşadığını ve hangisinin ne ile ölçüldüğünü sıklıkla karıştırdıkları hatta termometrenin hem ısı hem de sıcaklığın ölçülmesinde kullanıldığını ifade etmektedirler.

İkinci bölümde de değinildiği gibi ısı ve termodinamik ve “entropi” kavramı ile ilgili öğretmen adaylarının birçok kavram yanılgısına sahip oldukları ifade edilmiştir. Mesela, entropi kavramı genellikle düzensizlikle anlatılmaktadır. Fakat makro boyuttaki örneklerden yola çıkarak mikro boyutlara genelleme yapılması, entropi kavramının bu şekilde öğrencileri de yanlış düşünce veya yönlere sevk edebilmektedir. Kelime ilişkilendirme testinde de bütün öğretmen adayların entropiyi düzensizlikle ilişkilendirmeleri böyle bir durumun olabileceğini göstermektedir.

Öğretmen adayları, öğrenim gördüğü anabilim dalı ve müfredatından etkilenecek kavramlar arası ilişkiler kurdukları görülmüştür. Örneğin: iş-fizik, enerji-fizik ya da entropi-kimya, entropi-termodinamik gibi. Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi (ÇSBİT) ve Kelime İlişkilendirme Testi (KİT) sonuçları karşılaştırıldığında buna benzer durumların ortaya çıktığı da görülmektedir. Mesela, çevre kirliliği buna örnek olarak gösterilebilir. En önemli çevresel sorunun “hava kirliliği” olduğunu düşünen öğretmen adaylarının çoğu, kelime ilişkilendirme



testinde de hava kirliliği seçmelerine rağmen, kelime ilişkilendirme test sonuçlarına göre öğretmen adaylarının aklına ilk gelen çevresel sorun çöp (atık) olmuştur. Bu durumun sebebi kelime ilişkilendirme testinde öğretmen adaylarının hiç düşünmeden akıllarına ilk gelen kavramı yazmaları olabilir. Bu durumda, öğretmen adaylarının ilk aklına gelen çevresel sorunun “çöp” olmasına karşın en önemli olduğunu düşündükleri çevresel sorun ise “hava kirliliği” olacak şekilde ifade edilmiştir. Ayrıca, Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testi(ÇSBİT) sonuçlarına göre öğretmen adaylarının çevre sorunlarını diğer bilim dallarına göre fizik ile daha az ilişkilendirdikleri ifade edilmiştir. Kelime İlişkilendirme Test sonuçları da bu durumu doğrular niteliktedir. Çünkü verilen anahtar kavramlar arasında fizik ile kurulan ilişkiler oldukça azdır. Örneğin, enerji-çevre kirliliği, küresel ısınma-enerji gibi ilişkiler kurulamamıştır. Hâlbuki pek çok çevresel sorunun nedeni termodinamiğin temel kavramları yardımıyla açıklanabilmektedir [45].

Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ile İlişkilendirme Testinin diğer bir sonucuna göre ise çevre sorunlarının ekoloji ile kurulan ilişkisinin de oldukça gerilerde kalmasıdır. Daha önce de bahsedildiği gibi, kelime ilişkilendirme testinde öğretmen adayları bazı anahtar kavramları bilim dalları ya da ders isimleri ile ilişkilendirirken; (örneğin: iş-fizik, enerji-fizik ya da entropi-kimya, entropi-termodinamik gibi) çevre kirliliği, küresel ısınma ya da verilen cevap kelimelerin hiçbirisi ekoloji ile ilişkilendirilmemiştir. Bu durumun çevre eğitimi ile ilgili birinci sınıftan itibaren çeşitli dersler alan biyoloji öğretmen adaylarında da böyle olması şaşırtıcı bir durumdur. Bu durum öğretmen adaylarının çevre sorunları ve çözümü konusunda ilgilenen dalın ekoloji olduğu konusunda yeterince vurgu yapılmadığı veya yeterince bilgilendirilmediklerinin bir sonucu olabilir veya yabancı kökenli bir kelime olmasından da kaynaklanabilir.

#### *Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi*

Çeşitli olayların verildiği ve bunların termodinamik yasaları yardımıyla açıklanmasının istendiği Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi'nde öğretmen adaylarının termodinamik yasalarını verilen olaylara uygulamakta zorlandıkları görülmüştür. Sorulara tam cevap veren öğrenci sayısı

oldukça azdır. Ayrıca fizik öğretmenliği öğretmen adaylarının kimya ve biyoloji anabilim dallarına göre biraz daha başarılı oldukları söylenebilir. Bunun sebebi termodinamik dersini diğer bölümlere göre daha detaylı işlemeleri olabilir. Öğretmen adaylarının termodinamik kanunlarını günlük yaşamdaki olaylara uygulama ve onların açıklamasında güçlükler çektiği ile ilgili birçok çalışmadan elde edilen sonuçlarla burada elde edilen sonuçlar birbirini [16, 17]. Mesela, Cochran ve Heron'nun (2006) çalışmalarında da üniversite öğrencilerinin, termodinamiğin ikinci yasasını ısı makineleri ve buzdolapları gibi sistemlere uygulayamamış hatta çoğu zaman ikinci yasa yerine birinci yasa ile açıkladıkları ifade edilmiştir.

Termodinamiğin sıfırıncı yasası ile ilgili olan birinci soruda öğretmen adaylarının termometrenin ne işe yaradığını bilmelerine rağmen çoğu nasıl ölçüm yaptığını bilimsel bir dille doğru olarak ifade edememişlerdir (fizik öğretmen adaylarının % 92.3'ü, kimya öğretmen adaylarının % 97.8'i ,biyoloji öğretmen adaylarının % 100'ü). Bu durum günlük hayatımızda hemen hemen her yerde kullandığımız termometrelerin çalışma prensibinin ilköğretimden üniversiteye kadar birçok fiziksel etkinliklerde kullanılmasına karşın, tam olarak öğrenilmediğinin bir göstergesidir.

Termodinamiğin birinci yasası ile ilgili olan 2., 3., 4., 5. ve 7. sorularda öğretmen adaylarından enerji korunumu ilkesini çeşitli olaylara uygulamaları istenmiştir. Öğretmen adayları enerji korunumunu bildikleri halde verilen örnek durumları açıklamakta zorlanmışlardır. Ayrıca enerji denildiğinde büyük bir kısmın aklına mekanik enerji yani kinetik ve potansiyel enerji gelmektedir. Enerji dönüşümleri de sadece bu iki enerji türü ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bu durumun sebebi, ilköğretim ve ortaöğretim düzeyinde daha çok bu iki enerji türünün üzerinde durulması olabilir [48].

Kapalı bir sistemdeki ve arabalardaki enerji dönüşümü ile ilgili olan 4. ve 5. sorularda ise öğretmen adaylarının çoğu yanlış cevap vermişlerdir. Bu durum öğretmen adaylarının bir sistemin çalışma prensibi ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıklarını ve/veya bir sistemin normal hayatta asla %100 verimle çalışmayacağını göz ardı ettikleri görülmüştür. Benzer düşünceye sahip olarak

Tokuya, Yamamoto ve Takashi [17] tarafından elde edilen sonuçları ile burada elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Öğretmen adayları, enerji dönüşümleri yardımıyla verilen durumları açıklarken, bu dönüşümlerin % 100 verimle gerçekleşeceğini düşünmüşlerdir. Bu durumun sebebi, ilköğretim, ortaöğretimde ve hatta yükseköğretimde hep idealleştirilmiş sistemler üzerinde çalışılması ve genellemelerin hep bu sistemler üzerine yapılmış olması olabilir. Enerji dönüşümlerindeki enerji kayıplarının yeteri kadar vurgulanmaması, idealleştirilmiş sistemlerde gerçekleşen durumların normal hayattaki gerçek sistemlerde de aynı olduğu fikrinin öğrencilerin zihinlerinde yer etmesine ya da aradaki farkın tam olarak anlaşılabilmesi bu durumun bu şekilde yorumlanmasının sebebi olabilir.

Yedinci soruda öğretmen adayları çift camlı pencerelerin ne işe yaradığını bilmelerine rağmen tam açıklama yapamamışlardır. Pek çok öğretmen adayı çift camlı pencerelerin ısı ve ses yalıtımı için kullanıldığını söylemiştir. Fakat bu yalıtımın nasıl sağlandığı hakkında detaylı ve doğru bilgilerinin olmadığı görülmektedir. Termodinamiğin birinci yasası ile ilgili sorular kısmında yer alması ayrıca enerji korunumu ile ilgili hatırlatma bile verilmesi, öğretmen adaylara bir fikir verememiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının pek çoğunun iki cam arasında boşluk olduğu gibi yanlış bir fikre sahip olduğu da görülmüştür.

Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili sorulara (9, 10, 11 ve 12) verilen cevaplara göre öğretmen adaylarının bu yasayı tam olarak anlayamadıkları ve günlük olaylara uygulayamadıkları görülmüştür. Entropi kavramı ile ilgili görülen kavram yanılgıları oldukça fazladır. Öğretmen adaylarının açıklamalarından bu kavramı genellikle makro boyutta tanımladıkları ve kelime ilişkilendirme testinde olduğu gibi genellikle düzensizlikle ifade ettikleri görülmektedir. Ayrıca entropinin enerji ile karıştırıldığı durumlara da rastlanmıştır [12, 34, 57].

Cochran ve Heron'nun (2006) çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da öğretmen adaylarının çoğu termodinamiğin ikinci yasasını buzdolabının çalışma prensibine uygulayamamışlardır. Bu durum ayrıca buzdolabının çalışma prensibini tam olarak bilmediklerinin de bir göstergesi olabilir. Mesela bazı öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar içerisinde buzdolabının çalışırken dışarıdan içeriye soğuk hava vererek soğuttuğunu söylemeleri bu duruma bir örnek olarak verilebilir.

Ayrıca klimanın veriminin sorgulandığı 12. soruda ise verim kavramı ile ilgili de problemlerin olduğu da görülmektedir. Hatta bazı öğretmen adayları klimanın ayarını biz yaptığımız için veriminin değişmeyeceğini söylemektedir. Burada elektrikle çalışan aletlerin veriminin değişmeyeceğine dair bir düşüncenin/inancın olduğu görülmektedir.

Araba, çift camlı pencere ve klimaların çevreye etkisi konusunda öğretmen adaylarının fikirlerinin sorulduğu 6.,8. ve 13. sorularda elde edilen sonuçlara göre öğretmen adaylarının büyük kısmı, arabaların başta hava kirliliği olmak üzere gürültü kirliliği gibi çeşitli çevresel problemlere sebep olabileceğini söylemişlerdir. Klimaların ve çift camlı pencerelerin çevreye olan etkisi öğretmen adayları tarafından tam olarak yorumlanamamıştır. Pek çok öğretmen adayı “bilmiyorum” cevabını işaretleyerek, yorum yapmamıştır.

Termodinamik yasalarının çevre sorunları ile ilişkilendirildiği (14., 15. ve 16.) sorularda öğretmen adaylarının bazı çevresel problemlerin hangi termodinamik yasaları yardımıyla açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Öğretmen adaylarının bazı çevresel sorunların termodinamik yardımıyla açıklanabileceğinin inancındadırlar. Fakat yapılan açıklamalar incelendiğinde gerekli bağlantıların tam olarak kurulamayıp tam olarak doğru açıklamaların yapılmadığı görülmektedir. Termodinamik ile ilgili bilgilerinin yetersiz olması buna sebep olabilir. Bu çevresel sorunlar içerisinde ozon tabakasının incilmesi, küresel ısınma, buzulların erimesi, sera etkisi, deniz seviyesinin yükselmesi, mevsim ve sıcaklıkların değişmesinin termodinamiğin ikinci yasası ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Buzulların erimesinin entropi artışı ile ilişkilendirilerek yapılan açıklamalar da oldukça fazladır. Öğretmen adayları nükleer kirlilik ve enerji kaynaklarının kirlenmesini termodinamiğin birinci yasası ile açıklanmaya çalışılırken hava kirliliği ve su kirliliğinin bu yasalar yardımıyla açıklanamayacağını düşünmektedirler.

Bir önceki bölümde de verildiği gibi Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi'nde elde edilen sonuçlara göre literatürde geçen çeşitli kavram yanılgıları ve yanlış bilgiler bu çalışmada da bulunmuştur. Özellikle

termodinamiğin temel kavramları olan ısı, sıcaklık, enerji ve entropi ile ilgili yapılan kavram yanılgıları ve öğrenci yanlışlıkları oldukça fazladır.

## 6 ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda, yapılan çalışma ile, termodinamik öğretimi ile ve çevre eğitimi ile ilgili olarak verilen öneriler aşağıdaki gibidir:

### *Yapılan çalışma ile ilgili öneriler*

Bu çalışma, Necatibey Eğitim Fakültesinde öğrenim gören fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adayları ile yapılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda daha farklı örneklerle farklı üniversite, bölüm ve anabilim dalları ile çalışılabilir veya farklı üniversitelerle proje çalışmaları yapılabilir. Ayrıca görüşmeler gibi farklı veri toplama teknikleri kullanılarak elde edilen bulgular desteklenebilir.

Araştırmada geliştirilen ölçekler termodinamik ve çevre eğitimi ile ilgili diğer çalışmalarda ve ilgili konuların öğretiminde kullanılabilir. Ayrıca çevre bilincini ya da tutumunu belirlemek için hazırlanan ölçeklerle birlikte kullanılarak, çeşitli karşılaştırmalar da yapılabilir.

Fizik en temel doğa bilimi olmasına rağmen öğretmen adayları çevre sorunlarını öncelikle biyoloji daha sonra kimya ve yer bilimi ile ilişkilendirmişlerdir. Bu durumun sebebi araştırılabilir.

Kelime ilişkilendirme testi sonucunda öğretmen adayları en fazla ilişkiyi, ısı-sıcaklık ve iş-güç-enerji kavramları arasında kurmuşlardır. Bu ilişkinin gerçekten bilinerek mi kurulduğu yoksa sadece konu başlığı olarak bir kalıp halinde öyle verildiği için mi akıllarına geldiği araştırmaya değer bir konudur.

Bu çalışmada buzdolabı, klima, araba, çift camlı pencereler gibi termodinamik prensiplerine göre yapılan ve çalışan çeşitli araçlar ile ilgili sorular sorulmuştur.

Elde edilen veriler ışığında öğretmen adaylarının bu araçların çalışma prensibi hakkında çok fazla bilgisi olmadığı görülmüştür. Günlük hayatta çok fazla kullandığımız bunlar gibi araçların çalışma prensipleri hakkında gerekli temel bilgilendirmeler fizik kitaplarına eklenerek, ortaöğretim seviyesinde verilebilir.

Yapılan çalışmada öğretmen adaylarının farklı alanlar arasında ilişki kurmakta zorlandıkları görülmüştür. Örneğin fizik öğretmenliği öğrencileri termodinamik eğitimi almalarına rağmen herhangi bir yasasını günlük bir olaya uygulamakta zorlanmışlardır. Bu sebepten dolayı biyofizik, fizikokimya ve biyokimya gibi temel bilim dalları arasında ilişki kuran derslerin üniversitelerin programlarında yer almasının bu sorunun giderilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

#### *Termodinamik Öğretimine Yönelik Öneriler*

Termodinamiğin ikinci yasasının, Kelvin-Planck ve Clausius ifadeleri gibi temelde aynı şeyi ifade eden pek çok açıklaması vardır. Bu açıklamaların hepsinin aynı olduğu vurgulanmalıdır. Çünkü bu durum öğrencilerin kafasını karıştırmakta ve sanki farklı şeyleri ifade ettiklerini düşünmelerine sebep olmaktadır.

Entropi kavramının öğretimine gereken önem verilmelidir. Doğadaki süreçlerin gerçekleşme yönü ve entropi ile ilişkisi günlük hayattaki olaylardan örnekler verilerek açıklanabilir. Düzensizlik, kirlilik ya da dağınıklık gibi benzetmeler yapılırken çok dikkat edilerek öğretim yapılmalıdır. Mümkün olduğunca mikro boyutta ele alınması gerektiği vurgulanmalıdır.

Termodinamiğin ısı-sıcaklık ve enerji korunumu ile ilgilenen sıfıncı ve birinci yasası, doğada gerçekleşen bütün süreçlerin temelini oluşturmaktadır. Bu yüzden bu iki yasanın basit anlatımları ilköğretim seviyesinden itibaren verilmeye başlanmalıdır. Bu yasalar anlatılırken mümkün olduğunca günlük hayattaki olaylarla ilişkilendirilmelidir. Enerji dönüşümlerinin gerçekleştiği olaylar üzerinden enerji korunumu anlatılarak, mümkün olduğunca kinetik ve potansiyel enerji dışındaki diğer enerji çeşitleri ile de işlemler yapılmalıdır.

Termodinamik dersleri genellikle nicel ve matematiksel temellere dayanmaktadır. Bu durumda öğrenciyi sadece sınavda geçebilmek için çalışmaya itmektedir. Fakat bu durum öğrencinin konuyu tam anlamamasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla nitel anlatımlarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Ayrıca öğrencilerin termodinamik ile ilgili ön bilgileri tespit edilerek bu bilgilerle öğrencilerin yetersiz oldukları noktalar belirlenerek ve yeni öğretim stratejileri geliştirilerek daha etkili termodinamik öğretimleri yapılabilir.

Termodinamiğin temel kanunlarının ekolojik olayların açıklanmasında kullanılması öğrencilerin farklı alanlar arasında ilişki kurmalarına yardımcı olacaktır. Bu sebeple okullardaki programlara ekofizik ile ilgili konular eklenebilir.

#### *Çevre Eğitime Yönelik Öneriler*

Çevreyi korumanın en etkili yolu bilinçli bireyler yetiştirmektir. Bu aşamada da çevre eğitimi, çevre bilincine sahip bireyler yetiştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Çevre eğitimi, okul hayatının sadece belli bir parçasında olmamalıdır. Çevreyle uyumlu yeni bir yaşam tarzı bireylere benimsetilmelidir. Dolayısıyla her yaş, eğitim ve meslekteki kişilere belirli bir program dâhilinde çevre eğitimi verilmelidir. Özellikle çevre bilincinin küçük yaşlarda kazandırılması önemlidir. O yüzden okulöncesi ve ilköğretim seviyesinde çevre eğitime gereken önem verilmelidir.

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar ışığında öğretmen adaylarının hangi çevre sorunlarını önemli buldukları ve hangi bilim dalları ile ilişkilendirdikleri tespit edilmiştir. Örneğin çevre sorunları ile ilgilenen ekoloji bilimi ile kurulan ilişki oldukça azdır. Bu durum öğretmen adaylarının bilgi eksikliklerinin bir örneğidir. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen sonuçlar kullanılarak çevre eğitimi ile ilgili programların veya derslerin içerikleri düzenlenerek, geliştirilebilir.

Çevre eğitimi dersleri bütün bölümlerde verilmelidir fakat dersin içeriği her bölüm için ayrı ayrı hazırlanmalıdır. Örneğin fizik öğretmenliği öğrencileri için fizik temelli ama aynı zamanda bütün bilim dalları ile ilişkili, kimya öğrencileri için



kimya temelli ama gene bütün bilim dalları ile ilişkili bir program yapılmalıdır. Örneğin, özellikle fizik ile ilgili bölümlerde çevre sorunları ile termodinamik ilişkisinin temel alındığı bir çevre eğitimi ders planı verilebilir. Ayrıca çevresel olaylar ve sorunlar sadece biyoloji ile ilişkilendirilmemelidir. Ekoloji biliminin bütün bilim dalları ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmalıdır.

## KAYNAKÇA

- [1] Şahin, N. F., Cerrah, L., Saka, A. ve Şahin, B., “Yüksek Öğretimde Öğrenci Merkezli Çevre Eğitimi Dersine Yönelik bir Uygulama”, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **24**, 3, (2004), 113-128.
- [2] Spurgeon, R. Ekoloji, 15.Baskı, Çev: Deniz Yurtgören, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitaplığı: 64, Ankara, (2001).
- [3] Çepel, N., Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri, 3. Baskı , Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara, (2008), 24.
- [4] Uzun, N., “Ortaöğretim Öğrencilerinin Çevreye Yönelik Bilgi ve Tutumları Üzerine Bir Çalışma”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, (2007).
- [5] Ünal, S. ve Dımişkı, E., “UNESCO-UNEP Himayesinde Çevre Eğitiminin Gelişimi ve Türkiye’de Ortaöğretim Çevre Eğitimi”, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **16**, 17, (1999), 142-154.
- [6] Meltzer, D. E., “Investigation of Students’ Reasoning Regarding Heat, Work and The First Law of Thermodynamics in an Introductory Calculus-Based General Physics Course”, *Am. J. Phys.*, **72**, 11, (2004), 1432-1446.
- [7] Carlton, K., “Teaching About Heat and Temperature”, *Physics Education*, **35**, 2, (2000), 101-105.
- [8] Aydoğan, S., Güneş, B. ve Gülçiçek, Ç., “Isı ve Sıcaklık Konusunda Kavram Yanılgıları”, *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **23**, 2, (2003),111-124.

- [9] Harrison, A. G., Grayson, D. J. ve Treagust, D. F., “Investigating a Grade 11 Student’s Evolving Conceptions of Heat and Temperature”, *Journal of Research in Science Teaching*, **36**, 1, (1999), 55-78.
- [10] Başer, M. ve Çataloğlu, E., “Kavram Değişimi Yöntemine Dayalı Öğretimin Öğrencilerin Isı Ve Sıcaklık Konusundaki “Yanlış Kavramları”nın Giderilmesindeki Etkisi.”, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **29**, (2005), 43-52.
- [11] Çoban, G. Ü., Aktamış, H. ve Ergin, Ö., “İlköğretim 8.Sınıf Öğrencilerinin Enerjiyle İlgili Görüşleri”, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, **15**, 1, (2007),175-184.
- [12] Sözbilir, M., “Turkish Chemistry Undergraduate Students’ Misunderstandings of Gibbs Free Energy”, *U. Chem. Ed.*, 6, (2002),73-83.
- [13] Coştu, B., Ünal, S. ve Ayas, A., “Günlük Yaşamdaki Olayların Fen Bilimleri Öğretiminde Kullanılması”, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, **8**, 1, (2007), 197-207.
- [14] Nesic, L. ve Raos, M., “Ecophysics and Education”, *Physics, Chemistry and Technology*, **4**, 1, (2006), 101-112.
- [15] Svirezhev, Y. M., “Thermodynamics and Ecology”, *Ecological Modelling*, 132, (2000), 11-22.
- [16] Öztaş, F., “Lise 9. Sınıf Öğrencilerinin Madde Döngüsü ve Enerji Akışı ile İlgili Görüşlerinin Saptanmasına Yönelik Bir Araştırma”, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, **13**, 2, (2005), 381-390.
- [17] Tokuya, I., Yamamoto, G. ve Takashi, S., “How Do Students Understand and Environmental Issues in Relation to Physics”, in *Teaching and Learning of Physics in Cultural Contexts*. (World Scientific Publication), Ed. Yunebae Park, (2004).

- [18] Gökmen, S., ed., Genel Ekoloji, 1. Basım, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2007).
- [19] Serway, R. A. ve Beichner, R.J., Fen ve Mühendislik için Fizik 1, 5. Baskı, Çev. Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, (2002)
- [20] Çengel, Y. A.ve Boles, M. A., Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla, 5. Baskı, Çev.Ed. Ali Pınarbaşı, Güven Bilimsel, İzmir, (2008).
- [21] Keller, F. J., Gettys, W. E. ve Skove, M. J., Fizik, 1.Cilt, 3. Baskı, Çev.Ömür Akyüz, Literatür Yayıncılık, İstanbul, (2005).
- [22] Mikailov, F. ve San, S. E., Termodinamik ve İstatistik Fizik, 1.Baskı, Papatya Yayıncılık, İstanbul, (2008).
- [23] Salinger G. L. ve Sears, F. W., Termodinamik Kinetik Kuram ve İstatistik Termodinamik, 1. Baskı, Çev: Nuri Ünal, Literatür Yayıncılık, İstanbul, (2002).
- [24] Fishbane, P. M., Gasiorowicz, S. ve Thornton, S. T., Temel Fizik Cilt I, 3.Baskı, Ed.Cengiz Yalçın, Arkadaş Yayınevi, Ankara, (2008).
- [25] Strnad, J., “The Second Law of Thermodynamics in a Historical Setting”, *Physics Education*, 19, (1984).
- [26] Baily, M., “Carnot and the Universal Heat Death”, *Am. J. Phys.*, **53**, 11, (1984),1092-1099.
- [27] Wark K., Thermodynamics, 5. Baskı, McGraw-Hill International Editions, NewYork, (1989).
- [28] Bueche, F. J. ve Jerde, D. A., Fizik İlkeleri I, 6.Baskı, Çev. Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, (2000).

- [29] Halliday, D. ve Resnick, R., Fiziğin Temelleri-Mekanik ve Termodinamik, 3. Baskı, Çev. Cengiz Yalçın, Arkadaş Yayınevi, Ankara, (1992).
- [30] Lieb, E. H. ve Yngvason, J., “A Fresh Look at Entropy and the Second Law of Thermodynamics”, *Physics Today*, **53**, 4, (2000), 32-37.
- [31] Tanel, R., “Termodinamiğin İkinci Yasası ve Entropi Konularının Öğrenimine İşbirlikli Öğrenme Yönteminin Etkilerinin İncelenmesi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir, (2006).
- [32] Battino, R., “Mysteries of the First and Second Laws of Thermodynamics”, *Journal of Chemical Education*, **84**, 5, (2007), 753-755.
- [33] Paik, S., Cho, B. ve Go, Y., “Korean 4- to 11-Year-Old Student Conceptions of Heat and Temperature.”, *Journal of Research in Science Teaching*, **44**, 2, (2007), 284-302.
- [34] Carson, E. M. ve Watson, J. R., “Undergraduate Students’ Understanding of Entropy and Gibbs Free Energy”, *U. Chem.Ed.*, 6, (2002), 4-12.
- [35] Chi, M. T. H., Slotta, J. D. ve Leeuw, N., “From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts”, *Learning and Instruction*, 4, (1994), 27-43.
- [36] Cotignola, M.I., Bordogna, C., Punte, G. ve Cappannini O.M., “Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field?”, *Science & Education*, 11, (2002), 279-291.
- [37] Yeşilyurt, M., “High School Students’ Views about Heat and Temperature Concepts”, *International Journal of Environmental and Science Education*, **1**, 1, (2006),1-24.

- [38] Clark, D. ve Jorde, D., “Helping Students Revise Disruptive Experientially Supported Ideas about Thermodynamics: Computer Visualizations and Tactile Models”, *Journal of Research in Science Teaching*, **41**, 1, (2004), 1-23.
- [39] Kesidou, S. ve Duit, R., “ Students’ Conceptions Of The Second Law Of Thermodynamics- An İnterpretive Study”, *Journal of Research in Science Teaching*, **30**,1, (1993), 85-106.
- [40] Buluş Kırıkkaya, E. ve Güllü, D., “Fifth Grade Student’s Misconceptions about Heat-Temperature and Evaporation-Boiling”, *İlköğretim Online*, **7**, 1, (2008), 15-27.
- [41] Eryılmaz, A. ve Sürmeli, E., “Üç-Aşamalı Sorularla Öğrencilerin Isı ve Sıcaklık Konularındaki kavram Yanılgılarının Ölçülmesi”, V.Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Ankara, (2002), 110.
- [42] Gönen, S ve Akgün, A., “Isı ve Sıcaklık Kavramları Arasındaki İlişki ile İlgili Olarak Geliştirilen Çalışma Yaprağının Uygulanabilirliğinin İncelenmesi”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, **3**,11, (2005), 92-106.
- [43] Chiou, G. ve Anderson, O. R., “A study of Undergraduate Physics Student’s Understanding of Heat Conduction Based on Mental Model Theory and an Ontology-Process Analysis”, *Science Education*, (2009).
- [44] Zacharia, Z. C., Olympiou, G. ve Papaevripidou, M., “Effects of Experimenting with Physical and Virtual Manipulatives on Students’ Conceptual Understanding in Heat and Temperature.”, *Journal of Research in Science Teaching*, **45**, 9, (2008), 1021-1035.
- [45] Smith, C., “Environmental Physics”, Routledge Introductions to Environment Series.”, London and New York, 2. Edition, (2001).
- [46] Cebe, M., Fizikokimya, 2. Baskı, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, (1992).

- [47] Kaper, W. H. ve Goedhart, M. J., “Forms of energy”, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part II.”, *International Journal of Science Education*, **24**, 2, (2002a), 119-137.
- [48] Kaper, W. H. ve Goedhart, M. J., “Forms of energy”, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I.”, *International Journal of Science Education*, **24**,1, (2002b), 81-95.
- [49] Loverude, M. E., Kautz, C. H. ve Heron, R. L., “Student Understanding of the First Law of Thermodynamics: Relating Work to the Adiabatic Compression of an Ideal Gaz”, *Am. J. Phys.*, **70**, 2, (2001), 137-148.
- [50] Barrow, G. M., “Thermodynamics Should be Built on Energy- Not on Heat and Work”, *Journal of Chemical Education*, **65**, 2, (1988), 122-125.
- [51] Warren, J. W., “Energy and its carriers: a critical analysis”, *Phys.Educ.*, 18, (1983), 209-212.
- [52] Papadouris, N., Constantinou, C. P., ve Kyratsi, T., “Students’ Use of the Energy Model to Account for Changes in Physical Systems”, *Journal of Research in Science Teaching*, **45**, 4, (2008), 444-469.
- [53] Macdonald, A., “A new statement of the second law of thermodynamics”, *Am. J. Phys.*, **63**, 12, (1995), 1122-1126.
- [54] Marcella, T. V., “Entropy Production and the Second Law of Thermodynamics: An Introduction to Second Law Analysis”, *Am. J. Phys.*, **60**, 10, (1992), 888-895.
- [55] Baierlein, R., “Entropy and the second law: A pedagogical alternative”, *Am. J. Phys.*, **62**, 1, (1993), 15-26.

- [56] Plumb, R. C., "Teaching the Entropy Concept", *J. Chem. Educ.*, **41**, 5, (1964), 254-256.
- [57] Johnstone, A. H., Macdonald, J. J. ve Webb, G., "Misconceptions in School Thermodynamics", *Physics Education*, 12, (1977), 248-251.
- [58] Granville, M. F., "Student Misconceptions in Thermodynamics", *Journal of Chemical Education*, **62**, 10, (1985), 847-848.
- [59] Sichau, C., "Practising Helps: Thermodynamics, History and Experiment", *Science and Education*, 9, (2000), 389-398.
- [60] Cannon, J. W., "Connecting Thermodynamics to Students' Calculus", *Am. J. Phys.*, **72**, 6, (2003), 753-757.
- [61] Sheehan, W. F., "Pollution and Thermodynamics", *Journal of Chemical Education*, **49**, 1, (1972), 18.
- [62] Bucher, M., "Diagram of the Second Law of Thermodynamics", *Am. J. Phys.*, **61**, 5, (1992), 462-466.
- [63] Cochran, M. J. ve Heron, P. R. L., "Development and assessment of research-based tutorials on heat engines and the second law of thermodynamics", *Am. J. Phys.*, **74**, 8, (2006), 734-741.
- [64] Kincanon, E., "Entropy Simulation Helps to Reinforce Physics Concepts", *Physics Education*, 39, (2004), 379-382.
- [65] Silva, J. F. M. Azevedo, "The Thermodynamics of a Refrigeration System", *Physics Education*, 26, (1991), 115-119.



- [66] Cox, A. J., Belloni, M., Dancy, M. ve Christian, W., “Teaching Thermodynamics with Physlets® in Introductory Physics.”, *Physics Education*, **38**, 5, (2003), 433-440.
- [67] Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt. L., Evren, H. ve Düzenli, S., Çevre Kirliliği-Çevre Biyolojisi, 1.Baskı, Palme Yayınları, Ankara, (2000), 64.
- [68] Gülay, H. ve Ekici, G., “MEB Okul Öncesi Eğitim Programının Çevre Eğitimi Açısından Analizi”, *Journal of Turkish Science Education*, **7**, 1, (2010), 74-84.
- [69] Erol, G. H. ve Gezer, K., “Prospective of Elementary School Teachers’ Attitudes Toward Environment and Environmental Problems”, *International Journal of Environmental and Science Education*, **1**, 1, (2006), 65-77.
- [70] Gürü, M. ve Karel, Z., “Atık Pillerin Çevresel Etkileri ve Giderilme Teknikleri”, *Çevre Bilimleri*, **8**, (2009), 9-16.
- [71] Kocataş, A., Ekoloji-Çevre Biyolojisi, 8. Baskı, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, (2003).
- [72] Öznur, A. Z., “İşbirlikli Öğrenme Yaklaşımının Öğretmen Adaylarının Çevreye İlişkin Tutumlarına Etkisi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, (2008).
- [73] Noyan, Ö. F., “Dünden Bugüne Ekoloji Gerçeği”, *Ekoloji*, **1**, (1991), 12-15.
- [74] Mansson, B. A. ve McGlade, J. M., “Ecology, Thermodynamics and H.T. Odum’s Conjectures”, *Oecologia*, **93**, (1993), 582-596.
- [75] Uzunoğlu, S., “Çevre Problemlerine Farklı Bir Bakış”, *Ekoloji*, **12**, (1994), 4-7.
- [76] Pehlivan, M., “Çevre Eğitimi ve Kimyasal Çevre Kirliliği-2”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, **14**, (1995), 32-37.

- [77] Karasar, N., Bilimsel Araştırma Yöntemi, 18.Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2008).
- [78] Kaptan, S., Bilimsel Araştırma Teknikler, Rehber Yayınevi, Ankara, (1973).
- [79] Arlı, M. ve Nazik, M.H., Bilimsel Araştırmaya Giriş, 1.Baskı, Gazi Kitapevi, Ankara, (2001).
- [80] Yıldırım, A. ve Şimşek, H., Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, 5. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, (2006).
- [81] İstifçi, İ., “Playing with Words: A Study on Word Association Responses”, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, **3**, 10, (2010), 360-368.
- [82] Bahar, M., Nartgün, Z., Durmuş, S. ve Bıçak, B., Ölçme ve Değerlendirme, PegemA Yayıncılık, Ankara, (2006).
- [83] Ayas, A.P., Çepni, S., Akdeniz, A.R., Özmen, H., Yiğit, N. ve Ayvacı, H.Ş., Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi, Ed. S. Çepni, PegemA Yayıncılık, 5. baskı, Ankara, (2006).
- [84] Karataş, F. Ö., Köse, S. ve Çoştu, B., “Öğrenci Yanılgılarını ve Anlama Düzeylerini Belirlemede Kullanılan İki Aşamalı Testler”, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **1**, 13, (2003), 54-69.
- [85] Şahin, K. ve Gül, S., “Ortaöğretim Öğrencilerinin Çevre Bilgisi, Davranışı ve Duyarlılıklarının Araştırılması: Samsun Örneği”, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, **17**, 2, (2009), 541-556.

## EK A. Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi

Sevgili arkadaşlar,  
Elinizdeki kitapçık, sizin "termodinamik yasaların uygulanması ve çevre sorunlarıyla ilişkilendirilmesi" ile ilgili fikirlerinizi almak üzere hazırlanmıştır. Lütfen her soruya, dikkatlice okuduktan sonra cevap veriniz. Hatırlatmaları okumayı unutmayınız. Cevaplarınızı yazarken gerekli açıklamaları da mutlaka yapınız.  
Verdiğiniz cevaplarla ilgili herhangi bir not verme ya da puanlama söz konusu değildir. Ayrıca verdiğiniz cevaplar, sadece bu çalışmada kullanılacak ve kişisel bilgiler kesinlikle gizli tutulacaktır.  
Katılımınız için teşekkür ederim.

OFMAE-Fizik Eğitimi  
Arş.Gör. Vahide Nilay KIRTAK

Öğrenci Adı- Soyadı:..... Bölüm:.....  
Cinsiyet:..... Yaş:.....



**Hatırlatma:**  
Termodinamiğin sıfıncı yasası: Aynı sıcaklıkta bulunan A ve B gibi iki cisim, birbirlerine temas etseler bile aralarında ısı enerjisi değişimi olmaz. Ya da bu iki cisimden her biri üçüncü bir C cisim ile termal dengede ise, bu iki cisim de birbirini ile termal dengededir.

1. Yukarıdaki açıklamayı da düşünerek, bir termometre yardımıyla bir cismin sıcaklığını nasıl ölçtiğimizi açıklayabilir misiniz?

.....  
.....  
.....



**Hatırlatma:**  
Termodinamiğin birinci yasası: Enerji korunumu kanununun bir genelleştirilmesidir. İç enerjideki muhtemel değişiklikleri de kapsar.

2. Hareket etmekte olan bir arabanın fren yaparak durduğunu düşünelim. Bu süreçte arabanın enerjisi nasıl değişir?

- a) Artar.  
b) Azalır.  
c) Değişmez.



Cevabınızın nedenini açıklayınız:

.....  
.....  
.....

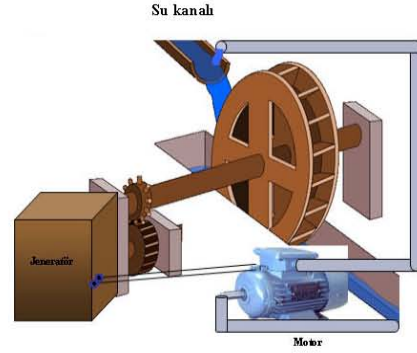
3. "Evrendeki toplam enerji sabittir." cümlesi size ne ifade ediyor? Açıklayınız.

.....  
.....  
.....

4. Bir gölette toplanan su kanallar yardımıyla bir su değirmenine yönlendirilmiştir. Su değirmenine de bir jeneratör bağlanmıştır. Kanallar vasıtasıyla değirmene gelen su, değirmenin çarklarını döndürmekte kullanılmaktadır. Çarklı sistem de jeneratör yardımıyla elektrik enerjisi üretmekte kullanılmaktadır. Üretilen elektrik enerjisi de bir elektrik motoruna bağlanarak değirmenden gelen suyu kanala geri pompalamaktadır. Pompalanan su kanala geldiğinde, göletten kanal yardımıyla gelen su kap atılmaktadır.

Kısacası su değirmeninden üretilen elektrik enerjisi motor vasıtasıyla su değirmenini tekrar döndürmek için kullanılmaktadır. Böyle bir sistem sonsuza kadar çalışır mı? Neden?

- a) Evet.
- b) Hayır.
- c) Bilmiyorum.



Cevabımızın nedenini açıklayınız:

.....

.....

.....

5. Benzinli ya da dizel araçlar, yakıttan elde ettikleri enerjinin tamamını arabayı hareket ettirebilmek (çalıştırma dâhil) için kullanabilirler mi? Açıklayınız.

- a) Evet.
- b) Hayır.
- c) Bilmiyorum.

.....

.....

.....

6. Bir araba çalışırken, çevresel bir soruna neden olabilir mi? Açıklayınız.

- a) Evet.
- b) Hayır.
- c) Bilmiyorum.

.....

.....

.....

7. Çift camlı pencereler ne amaçla kullanılır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

8. Çift camlı pencerelerin, çevreye bir yararı ya da zararı olabilir mi? Açıklayınız.

- a) Yararı vardır.
- b) Zararı vardır.
- c) Bilmiyorum.

.....

.....

.....

**Hatırlatma:**

**Termodinamiğin ikinci yasası:** Doğada hangi süreçlerin olup olamayacağını belirtir. Örneğin, sıcaklıkları farklı iki cisim birbirine değdirildiğinde ısı akışı sıcak cisimden soğuk cisme doğrudur.

İzole bir sistemdeki olayın kendiliğinden meydana gelmesine izin verilirse, sistemin entropisi (enerjiyi dağıtabileceği yolların sayısı) artar. Örneğin, oda sıcaklığına bırakılan bir kalıp buzun erimesi (suyun katı halden sıvı hâle geçmesi) sistemin entropisinin arttığını gösterir.

9. *Bir karpuzu ikiye kesip güneşe bıraktığımızda, karpuzun soğuyacağı iddia edilmektedir. Sizce bu durum mümkün müdür? Bu durum termodinamiğin ikinci yasası ile çelişir mi, çelişmez mi? Açıklayınız.*

- a) Mümkündür. a) Çelişir.  
b) Mümkün değildir. b) Çelişmez.  
c) Bilmiyorum. c) Bilmiyorum.

10. "Küresel ısınma" dünyamızın entropisini sizce nasıl etkilemektedir? Açıklayınız.

- a) Arttırır.  
b) Azaltır.  
c) Değiştirmez.

11. Sıcak bir yaz gününde evde iyice bunalan Ahmet buzdolabının kapağını açık tutarak serinlemek istiyor. Ahmet'in yaptığı gibi bir buzdolabının kapağını açık tutarak mutfağı soğutulabilir miyiz? Cevabımızı açıklayınız.

- a) Evet.  
b) Hayır.  
c) Değiştirmez.



*Soğutucular, ters yönde çalışan iş yapan motorlardır. Ters yönde çalışan bir soğutucu (buzdolabı ve ya klima), soğuk depodan daha sıcak depoya ısı aktarır.*

12. Klimalar genellikle yaz dönemlerinde oda sıcaklığını düşürmek için kullanılır. Klimanın verimi dış ortam sıcaklığına göre değişir mi? Açıklayınız.

- a) Evet, soğuk günlerde daha verimlidir.  
b) Evet, ılık günlerde daha verimlidir.  
c) Hayır, verim değişmez.



*Bir ısı makinesinin verimi, makineden alınan enerji miktarının, bunu almak için harcanan yakıtın verebileceği toplam enerji miktarına oranıdır. Kısacası, üretilen enerjinin verilen enerjiye oranıdır.*

13. Klimaların çevreye bir yararı ya da zararı olabilir mi? Açıklayınız.

- a) Yararı vardır. ....  
b) Zararı vardır. ....  
c) Bilmiyorum. ....



Lütfen bu bölüme geçmeden önce termodinamiğin yasaları ile ilgili hatırlatmaları tekrar okuyunuz.

14. Aşağıda verilen çevresel sorunları sizce termodinamik yasaları ile açıklayabilir miyiz? Açıklayabileceğini düşündüğünüz yasa veya yasalar için bir (x) işareti koyunuz. Eğer açıklanamayacağınızı düşünüyorsanız o zaman "Açıklanamaz" kısmına (x) işareti koyunuz.

Çevresel Sorun	0.yasa	1.yasa	2.yasa	Açıklanamaz	Çevresel Sorun	0.yasa	1.yasa	2.yasa	Açıklanamaz
Hava kirliliği					Su kirliliği				
Ozon tabakasının incilmesi					Enerji kaynaklarının kullanımı				
Nükleer kirlilik					Sera etkisi				
Küresel ısınma					Mevsim ve sıcaklıkların değişmesi				
Buzulların erimesi					Deniz seviyesinin yükselmesi				

15. Yukarıda verilen çevresel sorunlardan birkaç tanesini seçerek, bu sorunları termodinamik yasaları yardımıyla nasıl açıklanacağını ya da açıklanamayacağını belirtiniz.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

16. " İnsanlık, örneğin içten ve dıştan yanmalı motorlarda benzin gibi yakıtları enerji kaynağı olarak kullanmaktadır. Bu motorlar bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştürmektedir. Önce bu kaynaklardan ısı enerjisi elde edilmekte sonra ısı enerjisi başka enerji türlerine dönüşmektedir."

Eğer insanlar kaynaklarını ısı enerjisine dönüştürmeye devam ederse gelecekte neler olacağını düşünüyorsunuz?

.....  
.....  
.....