



**ORTAOKUL DÜZEYİNDE HACİM
KAVRAMINA GİRİŞ:
SOMUT MATERYAL DESTEKLİ
BİR ÖĞRETİM ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ümmügülsüm OKUYUCU

Eskişehir 2019

**ORTAOKUL DÜZEYİNDE HACİM KAVRAMINA GİRİŞ:
SOMUT MATERYAL DESTEKLİ BİR ÖĞRETİM ÖRNEĞİ**

Ümmügülsüm OKUYUCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Matematik Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Emel ÖZDEMİR ERDOĞAN

Eskişehir
Anadolu Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Ocak 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

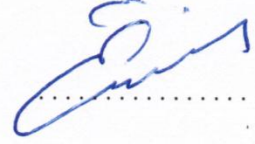
Ümmügülsüm OKUYUCU'nun "Ortaokul Düzeyinde Hacim Kavramına Giriş: Somut Materyal Destekli Bir Öğretim Örneği" başlıklı tezi 02.01.2019 tarihinde, aşağıda belirtilen jüri üyeleri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Matematik Eğitimi programı, yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Unvanı-Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı)

: Doç.Dr. Emel ÖZDEMİR ERDOĞAN



Üye

: Prof.Dr. Kürşat YENİLMEZ



Üye

: Doç.Dr. H.Bahadır YANIK



Prof.Dr. Handan DEVECİ
Anadolu Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Müdür Vekili

ÖZET

ORTAOKUL DÜZEYİNDE HACİM KAVRAMINA GİRİŞ: SOMUT MATERYAL DESTEKLİ BİR ÖĞRETİM ÖRNEĞİ

Ümmügülsüm OKUYUCU

Matematik Eğitimi Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Şubat 2019

Danışman: Doç. Dr. Emel ÖZDEMİR ERDOĞAN

Bu çalışmanın amacı ortaokul matematik dersi öğretim programında geometri ve ölçme öğrenme alanında ilk kez altıncı sınıf seviyesinde kazanımı verilen hacim kavramı ile ilgili deney ve gözleme dayalı günlük hayatta kullanılan somut materyallerle zenginleştirilmiş yeni bir öğretim ortamı sunmak ve bu ortamı farklı açılardan değerlendirmektir. Araştırmada verilerin toplanması, çözümlenmesi ve yorumlanmasında nitel araştırma yöntemi benimsenmiştir. Araştırma 2016-2017 öğretim yılı Eskişehir ilinde yer alan bir devlet okulunda öğrenim gören dördü kız ve üçü erkek öğrenci olmak üzere toplam yedi öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca öğrencilere araştırmacı tarafından oluşturulan 10 adet açık uçlu sorudan oluşan bir yazılı uygulama yapılmıştır. Öğretim süreci boyunca araştırmacının yaptığı gözlemler, öğrencilerle yapılan klinik görüşmeler ve yazılı uygulama ile veriler toplanmıştır. Verilerin analizi sonrasında matematik derslerinde öğrencilere hacim formülünün verilerek daha çok işlemsel bilginin önemsendiği, kavramsal bilginin arka plana atıldığı görülmüştür. Deneylere dayalı, disiplinler arası bağlantılar kurularak, günlük hayatta kullanılan somut materyallerle desteklenmiş öğretim ortamlarının hacim kavramı öğretiminde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ölçme kavramı, Hacim kavramı, Hacim tanımları, Cavalieri prensibi, Arşimet ilkesi.

ABSTRACT

INTRODUCTION TO THE CONCEPT OF VOLUME IN THE MIDDLE SCHOOL LEVEL: A SAMPLE TEACHING WITH CONCRETE MATERIAL SUPPORT

Ümmügülsüm OKUYUCU

Department of Mathematics Education

Anadolu University, Graduate School of Educational Sciences, February 2019

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emel ÖZDEMİR ERDOĞAN

The purpose of this study is to present a new teaching environment enriched with concrete materials used in daily life based on experiment and observation on the concept of volume gained at the sixth grade level for the first time in the field of geometry and measurement learning in the curriculum of secondary school mathematics and to evaluate this environment from different perspectives. Qualitative research method has been adopted in collection, analysis and interpretation of data in the research. The research was carried out with a total of seven students, four of whom were female and three were male who were educated in a public school in Eskişehir' in 2016-2017 academic year. In addition, students were given a written application consisting of 10 open-ended questions developed by the researcher. During the teaching process data were collected through observations made by the researcher, clinical interviews with the students and written application. After analyzing the data, it was observed that mathematical lessons were given to the students by giving the volume formula and more conceptual knowledge was put into the background. By establishing interdisciplinary links based on experiments, it has been concluded that providing instructional environments supported by concrete materials used in daily life is effective in teaching the concept of volume.

Keywords: Measurement concept, Volume concept, Volume definitions, Cavalieri principle, Arshimed principle.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve bu araştırmanın her aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile beni her zaman destekleyen, karşılaştığım olumsuz durumlarda cesaretimi artıran, sadece mesleki anlamda değil hayat tecrübelerinden de faydalandığım değerli öğretmenim ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Emel ÖZDEMİR ERDOĞAN'a,

Tez jürimde yer alarak çalışmama görüş ve önerileri ile katkılar sağlayan her dersini zevkle dinlediğim ve öğrendiğim değerli öğretmenim Sayın Doç.Dr.H. Bahadır YANIK'a ve akademik dünyada olmasına rağmen sınıf ortamından hiç kopmayan, örnek aldığım değerli öğretmenim Sayın Prof. Dr. Kürşat YENİLMEZ'e

Ayrıca yüksek lisans fikrini gönlüme düşüren rahmetli öğretmenim Sayın Prof. Dr. Şuur NİZAMOĞLU'na

Beni bugünlere getiren evlatları olduğum için gurur duyduğum canım annem Hatice SARIKAYA'ya ve canım babam Mehmet SARIKAYA'ya,

Hayatımın her alanında desteğini esirgemeyen yoldaşım, en iyi arkadaşım ve meslektaşım İlhan OKUYUCU'ya

Ve onlara zaman ayıramadığım zamanlarda annelerinin güzel işler peşinde olduğunu bilmelerini istediğim can parelerim Mehmet Yusuf ve Elif'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

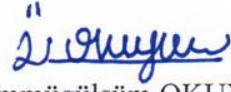
Ümmügülsüm OKUYUCU

Eskişehir 2019

01/02/2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.


Ümmügülsüm OKUYUCU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Kavramsal Çerçeve	3
1.2.1. Ölçme kavramı	3
1.2.2. Ölçme teorisi	4
1.2.3. Ölçmenin bileşenleri	6
1.2.3.1. Nitelik kavramı	6
1.2.3.2. Birim kavramı	7
1.2.3.3. Karşılaştırma	8
1.2.3.4. Miktar kavramı	9
1.3. Hacim Kavramı	11
1.3.1. Cavalieri prensibi	12
1.3.2. Arşimed ilkesi	13
1.4. Matematik Öğretim Programlarında Hacim Ölçme Kazanımları	14
1.5. Ulusal Sınavlarda Hacim Ölçme	17
1.6. Alan Yazın	19
1.7. Araştırmanın Amacı	26
1.8. Araştırmanın Önemi	26
1.9. Çalışmanın Sınırlılıkları	27
2. YÖNTEM	28
2.1. Öğretim Deneyi	29

	<u>Sayfa</u>
2.2. Araştırma Ortamı	31
2.3. Araştırmanın Katılımcıları	31
2.4. Verilerin Toplanması	32
2.4.1. Klinik görüşme	32
2.4.2. Pilot çalışma	33
2.5. Araştırmacının Rolü	34
2.6. Veri Toplama	34
2.6.1. Hacim Kavramı İle İlgili Etkinliklerin Hazırlanması	34
2.6.2. Etkinliklerin Amaçları ve Tanıtları	35
2.6.2.1. Etkinlik 1a	35
2.6.2.2. Etkinlik 1b	36
2.6.2.3. Etkinlik 2	37
2.6.2.4. Etkinlik 3	38
2.6.2.5. Etkinlik 4	39
2.6.2.6. Etkinlik 5	40
2.6.2.7. Etkinlik 6	41
2.7. Veri Analizi	41
2.8. Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenilirliği	42
3. BULGULAR VE YORUM	43
3.1. Birinci Aşama-Hacmin Korunumu	43
3.1.1. Fiziksel Değişiklerin Hacim İle İlişkisi	43
3.2. İkinci Aşama-Farklı Hacim Tanımlarını Algılatma	51
3.2.1. Düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini hesaplama	51
3.2.2. Farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliği	55
3.3. Üçüncü Aşama-Formülleştirme	64
3.4. Dördüncü Aşama-Formülü Uygulama ve Farklı Hacim Tanımlarının Birbirine Eşliği	70
3.5. Hacim Nedir Sorusuna Verilen Öğrenci Yanıtları	74
3.6. Herhangi Bir Geometrik Cismin Hacminin Hesaplanması İle İlgili Öğrenci Görüşleri	75
3.7. Hacim Kavramı İle İlgili Yazılı Uygulama	76

3.7.1. Formül uygulamaya yönelik sorulara verilen öğrenci cevapları	77
3.7.2. Birim küplerle oluşturulmuş yapının hacmini hesaplamaya yönelik öğrenci cevapları	79
3.7.3. Ayırtları daha büyük bir cismi ayırtları daha küçük başka bir cisimle döşemeye yönelik öğrenci cevapları	82
3.7.4. Farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliğine yönelik öğrenci cevapları	84
3.7.5. Hacim korunumuna yönelik öğrenci cevapları	87
4. SONUÇ, TARTIŞMA ve ÖNERİLER	89
4.1. Sonuç ve Tartışma	89
4.1.1. Öğretim deneyi sürecinde kavramsal bilgiden işlemsel bilgiye geçiş süreçleri	89
4.1.2. Öğrencilerin hacim algıları	94
4.2. Öneriler	95
4.2.1. Uygulamaya yönelik öneriler	95
4.2.2. Yapılacak araştırmalara yönelik öneriler	96
KAYNAKÇA	97
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Korunum çeşitleri	10
Tablo 1.2. Piaget'ye göre hacim türleri	12
Tablo 1.3. 2009 yılı ilköğretim matematik dersi 6-8.sınıflar öğretim programında hacim ölçme kazanımları	15
Tablo 1.4. 2013 yılı ortaokul matematik dersi 5-8.sınıflar öğretim programında hacim ölçme kazanımları	16
Tablo 1.5. 2014-2018 yılları arasında yapılan ulusal sınavlardaki hacim konusu soruları	18
Tablo 2.1. Öğretim sürecinin tarih ve süreleri	33
Tablo 2.2. Etkinliklerin amaçları	35
Tablo 2.3. Etkinlik-1a süreci	36
Tablo 2.4. Etkinlik-1b süreci	37
Tablo 2.5. Etkinlik-2 süreci	38
Tablo 2.6. Etkinlik-3 süreci	38
Tablo 2.7. Etkinlik-4 süreci	39
Tablo 2.8. Etkinlik-5 süreci	40
Tablo 2.9. Etkinlik-6 süreci	41
Tablo 3.1. Öğrencilerin hacim korunumu ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler	51
Tablo 3.2. Öğrencilerin düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini hesaplama ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler	54

Tablo 3.3. Öğrencilerin farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler	60
Tablo 3.4. Öğrencilerin farklı görünüşteki yapıların hacim eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler	64
Tablo 3.5. Öğrencilerin formülleştirme ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler	69
Tablo 3.6. Öğrencilerin formülü uygulama ve farklı hacim tanımlarının birbirine eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler	73
Tablo 3.7. Öğrencilerin hacim ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler	74
Tablo 3.8. Öğrencilerin “Herhangi bir cismin hacmini nasıl hesaplırsınız?” sorusuna verdikleri cevaplar	75
Tablo 3.9. Yazılı uygulama sorularının analizi	76
Tablo 3.10. Formül uygulamaya yönelik sorular	77
Tablo 3.11. Birim küplerle oluşturulmuş yapıların hacmini hesaplamaya yönelik sorular	80
Tablo 3.12. Ayrıtları daha büyük bir cismi ayrıtları daha küçük başka bir cisimle döşemeye yönelik sorular	82
Tablo 3.13. Farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliğine yönelik sorular	84
Tablo 3.14. Hacim korunumuna yönelik sorular	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil.1.1. Ölçme Teorisi dönemleri	5
Şekil 1.2. Ölçmenin bileşenleri	6
Şekil 1.3. Standart ve standart olmayan ölçü birimleri	8
Şekil 1.4. Cavalieri'nin hacim formülü	13
Şekil 1.5. Arşimet ilkesi ile hacim hesaplaması	14
Şekil 2.1. Araştırma süreci	28
Şekil 2.2. Öğretim deneyi aşamaları	30
Şekil 2.3. Eşit sayıda birim küpten oluşan farklı görünüşe sahip yapılar	39
Şekil 2.4. Küp şeker kutuları	40

GÖRSELLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Görsel 1.1. Standart olmayan birim örneği	8
Görsel 1.2. Bir kutunun hacim niteliğinin ölçülmesi	9
Görsel 1.3. Cavalieri Prensibi	13
Görsel 3.1. Oyun hamurunun ilk ve son halinin hacim karşılaştırması	44
Görsel 3.2. Bir gruba ait oyun hamuru etkinliği hacim hesabı	45
Görsel 3.3. Onluk taban bloklarının bütün ve parçalanmış halinin hacim karşılaştırması	47
Görsel 3.4. Öğrenci kağıtlarındaki onluk taban bloklarının bütününün ve parçalanmış halinin hacim karşılaştırması	49
Görsel 3.5. Düzgün şekilli olmayan bir cismin hacminin hesaplanması	52
Görsel 3.6. Düzgün şekilli olmayan bir cismin hacminin hesaplanması ile ilgili öğrenci hacim hesabı işlemleri	52
Görsel 3.7. Kavanozun hacmini hesaplama	55
Görsel 3.8. Kupanın ve bardağın hacmini hesaplama	56
Görsel 3.9. Kupanın, kavanozun ve bardağın hacmi	58
Görsel 3.10. Öğrencilere verilen yirmi adet küp şekerler ile oluşturulan yapılar	61
Görsel 3.11. Öğrencilerin istedikleri kadar küp şeker kullanarak oluşturdukları yapılar	62
Görsel 3.12. Kutunun tamamının küp şekerlerle doldurulması sonucu elde edilen hacim	65
Görsel 3.13. Kutunun tabanı ile yüksekliğinin döşenmesi	65

Görsel 3.14. Kutunun tabanı ile yüksekliğinin döşenmesi sonucu elde edilen hacim hesabı	66
Görsel 3.15. Kutunun eni, boyu ve yüksekliğinin döşenmesi	66
Görsel 3.16. Kutunun eni, boyu ve yüksekliğinin döşenmesi ile bulunan hacim hesaplaması	67
Görsel 3.17. Dikdörtgenler prizması şeklindeki bir cismin su dolu bir kaba atılması	71
Görsel 3.18. <i>Taban alanı x yükseklik</i> formülünün kullanımı	78
Görsel 3.19. <i>En x boy x yükseklik</i> formülünün kullanımı	78
Görsel 3.20. Altıncı soruya formül kullanmadan verilen öğrenci cevabı	79
Görsel 3.21. 8a sorusunda formülün kullanımına yönelik öğrenci cevabı	79
Görsel 3.22. İkinci soruya yönelik örnek öğrenci cevabı	80
Görsel 3.23. İkinci soru için hatalı öğrenci cevabı	81
Görsel 3.24. 10a'ya birim küpleri sayarak verilen öğrenci cevabı	81
Görsel 3.25. 10a'ya katlardaki birim küp sayılarını toplayarak verilen öğrenci cevabı	81
Görsel 3.26. 10a'ya verilen hatalı öğrenci cevabı	82
Görsel 3.27. Üçüncü sorunun en x boy x yükseklik formülü ile çözümü	83
Görsel 3.28. Üçüncü sorunun taban alanı x yükseklik formülü ile çözümü	83
Görsel 3.29. Dördüncü sorunun cevabını büyük cismin hacmini küçük cismin hacmine bölerek bulma	83

Görsel 3.30. Büyük cismin ayrıtlarını küçük cismin ayrıtlarına bölüp, bir ayrıt boyunca yerleştirilebilecek küçük küp sayılarını çarparak yapılan çözüm	84
Görsel 3.31. Yedinci sorunun doğru cevabı	85
Görsel 3.32. 8b için oluşturulan 6x6 cm tabanlı kare prizma	85
Görsel 3.33. 1x2x4'lük yapı örneği	86
Görsel 3.34. 2x2x2'lik yapı örneği	86
Görsel 3.35. Eksik oluşturulmuş yapı örneği	87
Görsel 3.36. Görünür olmayan kısımları tespit edilemeyen yapı örneği	87
Görsel 3.37. İki boyutlu ve üç boyutlu öğrenci çizimleri	87
Görsel 3.38. Yer değiştiren su miktarının (taşın hacmi) hacminin doğru hesaplanması	88

1. GİRİŞ

1.1. Problem Durumu

Değişen dünya ve hızla ilerleyen teknolojik gelişmelerin ışığında matematik eğitiminin amaçları da değişmektedir. Günümüzde sadece matematik bilen değil yaşadıkları dünyayı matematiksel bir yetkinlik ile yorumlayabilen diğer bir deyişle günlük hayatta karşılaşılan problemleri çözmek için matematiksel düşünme tarzını geliştiren, uygulama yapan ve temsiller kullanarak sonuçları paylaşabilen bireylerin yetiştirilmesi hedeflenmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Matematik öğretimini etkili bir şekilde yapabilmek için öğrencilerin neyi, ne kadar bildiklerini, matematiği öğrenmek için nelere gereksinimlerinin olduğunu bilmek gerekir. Daha etkin bir öğrenme için öğrencileri destekleyici olmalı ve öğrencilerin muhakeme yeteneği geliştirilmelidir (Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi [NCTM], 2000). NCTM yayınladığı okul matematiği standartlarında, günlük hayatla ilişkili matematiğin önemini vurgulamaktadır (NCTM, 2000). Buna benzer bir vurgu MEB matematik programında da yer almaktadır:

Ortaokul matematik dersi öğretim programı, matematik öğrenmeyi etkin bir süreç olarak ele almakta, öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif katılımcı olmalarını vurgulamakta ve dolayısıyla kendi öğrenme süreçlerinin öznesi olmalarını öngörmektedir. Bu bağlamda öğrencilerin araştırma ve sorgulama yapabilecekleri, iletişim kurabilecekleri, eleştirel düşünebilecekleri, gerekçelendirme yapabilecekleri fikirlerini rahatlıkla paylaşabilecekleri ve farklı çözüm yöntemleri sunabilecekleri sınıf ortamları oluşturulmalıdır. Bu tür öğrenme alanlarının oluşturulması için öğrencilere özerklik veren açık uçlu soru ve etkinliklere yer verilmeli ve öğrencilerin matematik yapmalarına fırsat tanınmalıdır (MEB, 2015, s. 1).

Öğrencilerden istenilen matematiksel becerilerin kazandırılabilmesi için, Van de Walle (1989)'da matematiğin yapısına uygun olarak matematikle ilgili kavramları anlama, işlemleri anlama, kavram ve işlemler arasındaki ilişkiyi kurmalarına yönelik bir öğretimin olması gerektiğini ifade etmektedir. “Kavramsal anlama bir konuya dair temel fikirlerle veya ilişkilerle alakalı bilgidir. İşlemsel anlama matematiksel işlemleri yaparken kullanılan kural ve işlemlere dair bilgi olup ayrıca matematiği temsil için kullanılan sembolizmdir” (Van de Walle, 2013, s.24). İşlemsel bilgi ve kavramsal bilgi birbirine bağımlıdır ve bu iki bilgi türü birlikte kazanılır (Baykul, 2014). Kavramlardan yoksun olarak yapılan bir matematik eğitimi eksik kalacaktır. Matematik yapmak sadece işlemleri eksiksiz ve hızlı yapabilmek anlamına gelmemektedir. Ancak okullarda öğrencileri ulusal sınavlara hazırlamak için kavramların oluşmasına fırsat verilmeden

öğretim yapılmakta, çoktan seçmeli test tekniği teşvik edilmekte; bunu bazı aileler de istemekte, hatta körüklemektedir (Soylu ve Aydın, 2006). Pek çok araştırmada öğrencilerin kavramsal bilgiyi kullanmadan sadece işlemsel bilgiyi kullandığı hatta ezberlediği tespit edilmiştir (Schoenfeld, 1985; Hiebert and Lefevre, 1986; Oaks, 1990; Baki, 1998; İşleyen ve Işık, 2003). Özellikle ilkökul ve ortaokul düzeyinde anlamlı bir öğrenmenin sağlanabilmesi için hem öğretmenler hem de öğrenciler açısından bilgilerin somut materyallerle temsil edildiği öğrenme ortamları önerilmektedir (Kennedy ve Tipps, 1994, Clements ve McMillen, 1996, Moyer, 2001, Olkun 2001, Kelly, 2006). Birçok öğrenci matematik dersini anlamakta zorlanmaktadır. Bunun nedeni matematiğin oldukça soyut bir ders olması olarak düşünülebilir. Ölçme ve geometri öğrenme alanı da bu soyut yapının bir parçasıdır. Somut materyallerin matematik öğretiminde kullanılması, kavramların somut olarak sunulmasını sağlayarak öğrencilerin konuların temelini oluşturan kavramları daha kolay anlamalarına yardımcı olur (Bulut, Çölekoğlu, Seçil, Yıldırım ve Yıldız, 2002). Somut materyaller; nesneler, resimler, modeller gibi özel olarak tasarlanmış ve soyut matematiksel kavramları somutlaştırmak amacı ile meydana getirilmiş matematiksel araç-gereçleri ve günlük yaşamdan nesneleri içerir (Van de Walle, 2013). İlkokul seviyesinde etkili bir matematik öğretimi için sınıf öğretmenlerinin sayma çubukları, fasulyeler, boncuklar, abaküs vs. kullanmaları bilgiyi somutlaştırma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Somut öğretim materyalleri, öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerinin gelişmesine ve kavramların zihinde oluşmasına yardım eder (Moyer, 2001). Somut materyaller matematiksel kavramları, öğrenciler açısından elle tutulur, gözle görülür kılar. Somut materyaller öğrencileri düşünceleri için cesaretlendirir, onlara problemi anlamak ve çözmek için farklı fırsatlar sunar. Öğrencilerin kendilerine olan güvenleri artar ve kendi kararlarını alabilirler. Ayrıca, somut materyal kullanımı, öğrencilerin bakış açılarını genişletir (Kamii ve Lewis, 1990; Özdemir, 2008; Williams ve Kamii, 1986).

Somut materyal kullanımı ile kavramsal anlamının gerçekleştirilebileceği öğrenme alanlarının başında geometri ve ölçme öğrenme alanı gelmektedir.

“Geometri; matematiğin nokta, doğru, düzlem, düzlemsel şekiller, uzay, uzaysal şekiller ve bunlar arasındaki ilişkilerle geometrik şekillerin uzunluk, açı, alan, hacim gibi ölçüleri konu edinen bilim dalıdır” (Baykul, 2000). Usiskin’e (1995) göre ise geometri, matematik ile gerçek dünya arasında arabuluculuk yapan, görsel yapı ve örneklerle çalışan, fiziksel ya da görsel olarak sunum yapan (grafik vb.) ve bu

durumların tamamında matematik dilini kullanarak tutarlılık sağlayan bir bilimdir (Sarama ve Clements, 2009). Öğrenciler, geometri aracılığıyla problemleri çözebilir ve matematik ile günlük hayat arasında ilişki kurabilirler (Duatepe, 2004). Geometri, kişinin etrafındaki nesneleri şekil ve boyut açısından anlamlandırmasına ve etraftaki diğer nesnelere göre karşılaştırmasına yardımcı olmaktadır. Bu noktada devreye ölçme kavramı girmektedir.

Ölçme günlük yaşam durumlarında sık sık karşımıza çıkar. “Bilgi miktarını ölçen gigabaytlardan bilgisayardaki yazı büyüklüğüne, galon başına gidilen milden yemek için ödenen fişlere kadar insanların günlük hayatlarında farklı güncel durumlara uygulanabilen ölçme kavramları ile kuşatılmıştır” (Van de Walle, 2013, s. 369). Bu nedenle ölçme matematik programlarında her seviyede yer alan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ne var ki ölçme öğretiminde de kavramsal anlamadan ziyade işlemsel anlamının ön plana çıkarılması ölçme konusunun öğretiminde de sorunlara neden olmaktadır. Tan Şişman ve Aksu (2009), ölçme alanındaki alan yazın incelendiğinde (Martin & Strutchens, 2000; Grant & Kline, 2003; Stephan & Clements, 2003), genellikle öğrencilerin ölçme kavramlarını anlamlandırmada ve ilişkilendirmede, problem çözme sürecine katılabilmeye güçlükler çektikleri; alan, çevre ve hacim gibi kavramların ne anlama geldiğini bilmeden, ezberlenmiş formüller ile sonucu bulmaya çalıştıklarını ifade etmiştir.

Bu tespitlerden hareketle bu çalışmada amaçlanan somut materyal kullanımını içeren bir öğretim deneyi ile 6. Sınıf programında yer alan hacim kavramının öğrencilerde öncelikle kavramsal anlamayı daha sonra işlemsel anlamayı sağlayacak bir öğretim sürecini ortaya koymaktır.

1.2. Kavramsal Çerçeve

Bu bölümde ölçme kavramı, ölçme teorisi, ölçmenin bileşenleri ile ilgili bilgilere yer verilecektir.

1.2.1. Ölçme kavramı

Öğrenmeyi merkeze alan matematik öğretimi programı kavramsal öğrenmeyi ve problem çözme becerilerine önem veren bir bakış açısına sahiptir. Bu bağlamda cebir, sayılar, geometri, istatistik öğrenme alanlarıyla ilişkili olan ölçme kavramı hem rutin hayatta hem de matematikte oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

NCTM (2000) tarafından hazırlanan ‘Principles and Standards for School Mathematics’ (PSSM) – ‘Okul Matematiği İçin Prensipler ve Standartlar’ adlı dokümanda ölçmenin, matematik alanlarındaki ve matematik ile diğer disiplinler arasındaki fikirleri birleştirmeye yardımcı olduğu vurgulanmıştır.

Ölçme üstüne çalışmalar özellikle Fen Bilimleri, Bilişsel Psikoloji, Matematik Eğitimi olmak üzere 3 alan üstüne yoğunlaşmıştır.

Özellikle fiziğin de temel kavramlarından biri olan ölçmenin önemiyle ilgili olarak Fizikçi Lord Kelvin (1883) “eğer ölçebiliyorsan ne hakkında konuştuğunun farkındasın, eğer ölçtüklerini bir de rakamsal olarak ifade edebiliyorsan, ölçtüğün niteliğin ne olduğu hakkında artık bilgi sahibisindir. Fakat ölçemiyorsan ve rakamsal olarak ifade edemiyorsan sahip olduğun bilgiler yetersizdir ve tatmin edici değildir” der. Örneğin, Goode ve Hatt’a göre (1973) “ölçme, nesne ve olaylara uygun bir şekilde kurallar vermektir.” Ölçme, bir niteliğin gözlemlenerek sayılarla veya sembollerle gösterilmesi biçiminde de tanımlanabilir (Turgut, 1977). Matematik eğitimcisi Van De Walle (2013)’te ölçmeyi ölçülen nitelikle aynı niteliğe sahip bir ölçme birimi ile “doldurulması”, “kaplanması” veya “eşleştirilmesi” şeklinde özetlemiştir. Arıcı (2001) ise ölçmeyi, nesnelerin, durumların ya da kişilerin sahip oldukları belirli bir niteliğin derecesini belirlemek için, bazı kurallar çerçevesinde sembolik değerler vermek olduğunu ifade etmektedir. Yukarıdaki tanımlamalardan hangisi benimsenirse benimsensin, ölçme ile ilgili bazı temel kavramların anlaşılması gerekir. Bunlardan biri ölçülen şeyin varlıkların kendilerinin değil, onların özellikleri olduğudur. Bir insanı ölçemeyiz, onun boyunun uzunluğunu veya kütlesini ölçebiliriz; sınıfın tabanını ölçemeyiz, tabanının alanını ölçebiliriz; bir su deposunun kendisini değil onun iç veya dış yüzeyini ve hacmini ölçebiliriz (Baykul, 2014).

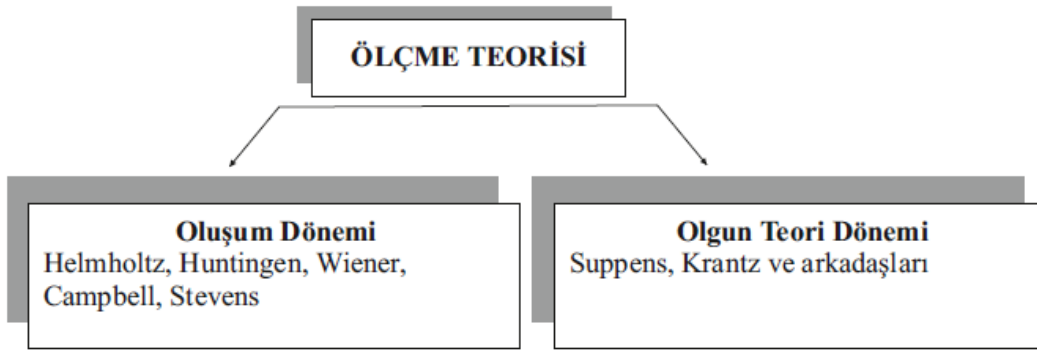
1.2.2. Ölçme teorisi

Ölçme Teorisi, matematikte özellikle istatistikte yoğun olarak kullanılan karmaşık yapılar ve olayların çözümü için kullanılan kuramsal bir araştırmanın sonucudur. Ölçme teorisi iki farklı döneme ayrılır.

1. Oluşum Dönemi

2. Olgun Teori Dönemi

Şekil 1.1.’de ölçme teorisinin dönemleri ve bu dönemlere ait öncü isimler görülmektedir.



Şekil.1.1. Ölçme Teorisi dönemleri

Oluşum döneminin ilk temsilcisi Helmholtz'un 1887'de yayınlanan “Zählen und Messen erkenntnistheoretisch betrachtet” adlı eseri genel olarak ölçme ile ilgili sorulara ilk teorik katkı olarak kabul edilir. Ve aslında, bizim bildiğimiz kadarıyla, bu denemede, ölçümü mümkün kılan koşullar sorusu, ilk kez açıkça formüle edilmiştir. Bu doğrultuda nitelik ile büyüklük arasındaki ilişki irdelendiğinde Helmholtz’e göre “büyüklük” nesnelerin niteliklerinin sayılarla açıklanmasıdır. Helmholtz nesnelerin niteliklerini sayılar ile açıklandığında bu sayılar büyüklüğün değeri olup, değerleri büyüklüklere atama sürecine de ölçme diye tanımlamıştır. Helmholtz belli koşulları sağlayan bir sistem öne sürmüştür (Diez, 1997). Devamında Hölder 1901’de nesnelerin belirli bir özelliğinin sayısal ifadesi veya temsili için gerekli ve yeterli koşulları resmi olarak ilk kez inceleyen kişi olmuştur. 1902’de Huntingon ve 1921’de Wiener ise Helmholtz’un sistemi daha da geliştirmişlerdir. 20.yüzyılın ilk başlarında Ölçme Teorisinin babası olarak kabul edilen Campbell, yazımı 20 yıl süren “Foundations of Science “adlı dört ciltlik kitabında ölçme ile ilgili temel problemleri ve ölçümü mümkün kılan koşulları ilk defa sistematik bir biçimde çalışmıştır. Campbell, ölçümü “nitelikleri temsil edecek sayıların atanması süreci” olarak tanımlar. Oluşum döneminin son temsilcilerinden Stevens ise 1946’larda ölçme konusunda ölçek çeşitlerini ve ölçeklerin matematiksel özellikleri üstünde çalışmıştır (Diez, 1997).

Stevens ile biten oluşum dönemi yerini 1951 yılında Suppes ile başlayan olgun teori dönemine bırakmıştır. Suppes’in yayınladığı “A Set of Independent Axioms for Extensive Quantities” adlı kitabıyla modern ölçme teorisinin temellerini kurmuştur. Krantz vd.(1971)’de 3 ciltlik “Foundation of Measurement” adlı bir eser yazmışlardır. Ölçmenin Temelleri isimli bu yapıt günümüze kadar gelen ölçme teorisini ele aldığından dolayı bir başyapıt olarak atfedilir (Diez, 1997). Kitabın 1.cildinde, nitel

yapıların sayısal temsillerini formülize etmeye yarayan farklı matematiksel sonuçları sunar. Cilt II, nesneyi geometrik, eşik ve olasılıksal gösterimler doğrultusunda genişletir ve Cilt III, aksiyom- yön ve değişmezlik olarak ifade edilen temsili inceler.

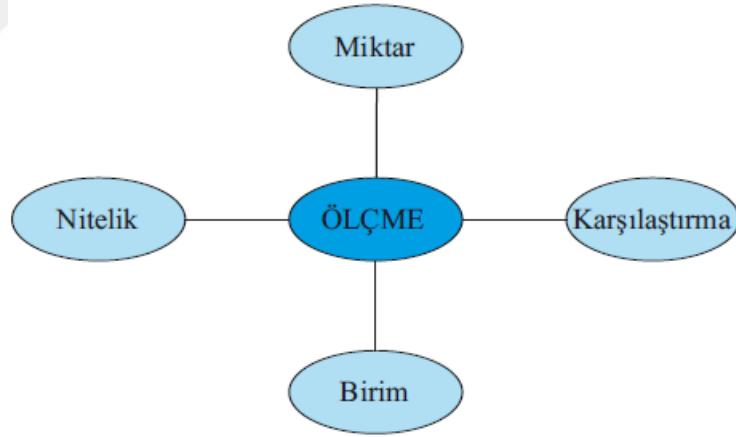
1.2.3. Ölçmenin bileşenleri

Günümüze geldiğinde ise ölçmeyi Bright 1976’da “Ölçme, fiziksel bir nesnenin bir niteliğinin, bu niteliğin miktarını belirlemeye yarayan seçilmiş bir birimle karşılaştırılmasıdır” şeklinde tanımlamıştır.

Bu doğrultuda ölçme kavramı tanımlanırken 4 bileşenden söz edilebilir.

1. Nitelik Kavramı
2. Birim Kavramı
3. Karşılaştırma
4. Miktar Kavramı

Şekil 1.2’de ölçme ve ölçmenin bileşenleri arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Ölçmenin bileşenleri

1.2.3.1. Nitelik kavramı

Bright’ın verdiği ölçme tanımında karşımıza çıkan ilk kavram nitelik kavramıdır. Niteliğin Türk Dil Kurumu’ndaki tanımı şu şekildedir: “Bireyi, nesne veya yaşantının bir yönünü ötekilerden ayırt etmeye yarayan ve ölçülebilen özellik, keyfiyet”(TDK, 2018).

Friedelmeyer (2001)’e göre matematiğin büyük bir bölümü nitelikle ve sayılar arasındaki ilişki üstüne inşa edilmiştir. Bu bağlamda özellikle üzerinde durulması

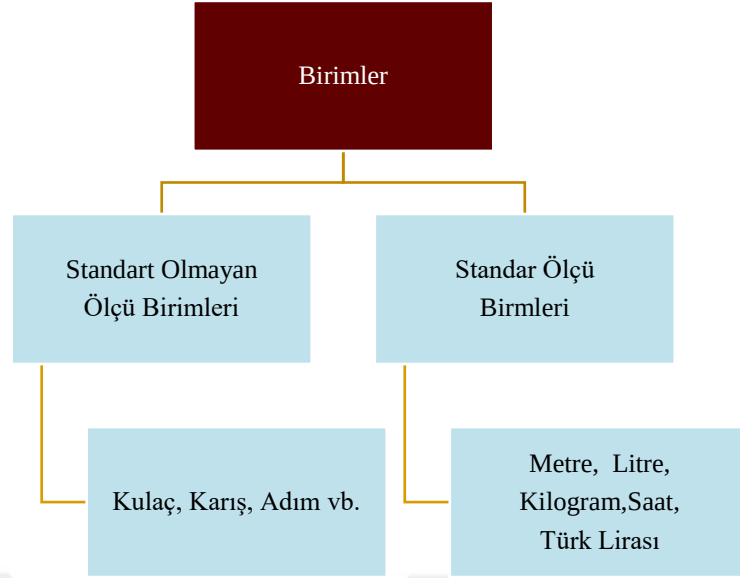
gereken niteliğin ölçümü değil nitelik kavramıdır. Rouche (2006) öğrencilerin ölçmeyi nasıl yapacağından önce niteliğin ne olduğunun bilinmesinin önemini vurgulamıştır. Bir cetvel, bahçe, küre ve ders düşünüldüğünde bu nesnelerin ve olayın öne çıkan nitelikleri cetvelin uzunluğu, bir bahçenin alanı, bir kürenin hacmi, bir dersin süresidir. Ölçme öğretilirken uzunluk, alan, hacim, ağırlık, zaman öğretim programlarında öne çıkan niteliklerdir.

1.2.3.2. Birim kavramı

Türk Dil Kurumu birimi” Bir niceliği ölçmek için kendi cinsinden örnek seçilen değişmez parça” şeklinde tanımlamıştır (TDK, 2018). Ölçmeyle ilgili kavramların içselleştirilmesi ve anlamlı öğrenmenin sağlanması için birim kavramı önemlidir (Wilson ve Rowland, 1993). Birim kavramı ölçülecek nesne veya olgu ile ölçüm arasında doğrudan bir köprü kurmaktadır. Ölçme kavramının anlamlı olarak öğrenilmesi ve içselleştirilmesi büyük oranda birim kavramının anlaşılması ile ilişkilidir. (Hiebert, 1981’den akt. Esen ve Çakıroğlu, 2012). Ölçme işleminde kullanılacak birimlerde üç özelliğin bir arada bulunması önemlidir: Bunlar eşitlik, genellik ve amaca uygunluktur (Turgut, 1993). Bunlardan ilki olan birimlerin eşitliği özelliği, aynı nitelikle ilgili bütün ölçmelerde standart olarak kabul edilen miktarın değişmemesidir. Örneğin uzunlukları ölçmede kullanılan karış eşit bir birim değildir. Genellik ise birimin mümkün olan birçok ülke tarafından kullanılmasıdır. Örneğin dünyanın 1889’dan yılından itibaren kullandığı kütle ölçüm birimi olan kilogramın çok küçük değerlerde de olsa değiştiği, her zaman ve her yerde eşitliğinin korunmadığı gerekçesi ile 2018 yılında Paris ‘de düzenlenen Tartılar ve Ölçüler Konferansında alınan bir kararla kilogram yerine Foton enerjisi ile elektromanyetik dalga frekansının birbirine oranı olan Planck sabitinin kullanılmasına karar verilmiştir. Son özellik ise birimin kullanım amacına uygun olmasıdır. Örneğin bir defterin uzunluğu ölçmede santimetre kullanmak uygunken, şehirlerarası uzaklığı ölçmek için santimetre uygun bir birim değildir.

Ölçmede kullanılan birimler standart olan birimler ve standart olmayan birimler şeklinde ikiye ayrılır. Standart olan birimlere santimetre, metre, metrekare, litre, kilogram; standart olmayan birimlere de kulaç, karış, kap, adım gibi örnekler verilebilir.

Şekil 1.3’de standart ve standart olmayan ölçü birimleri verilmiştir.



Şekil 1.3. Standart ve standart olmayan ölçü birimleri

Görsel 1.1’de verilen iki farklı şişenin hacmi standart olmayan bir birim olan bardağın hacmi cinsinden ifade edilebilir.



Görsel 1.1. Standart olmayan birim örneği

1.2.3.3. Karşılaştırma

Birbirine benzeterek hüküm vermek, değerlendirmek ve mukayese işlemine karşılaştırma denir. Karşılaştırma işlemi için nesnelerin temel niteliklerini göz önünde bulundurmak gerekir. Kişiler etrafındaki olaylar, nesneler ve diğer insanlarla iletişim halindedir ve bu iletişim durumunda çoklukları karşılaştırarak çokluğun niceliğini bilme ihtiyacı duymaktadır (Altun, 1997).

“Mehmet Yusuf’un boyu 132 cm’dir.”

“Elif’in kütlesi Neva’nın kütlesinden 2 kg fazladır.”

Bu cümlelerin her birinde karşılaştırmaya yönelik cümleler vardır. Ölçme işleminin gerçekleşmesi için farklı nesnelerin belirli bir niteliğe göre karşılaştırılması gerekir. Örneğin dikdörtgenler prizması şeklindeki bir cismi küp şekerle doldurma işleminde nesnelerin hacim nitelikleri göz önüne alınarak bir karşılaştırma yapılır.

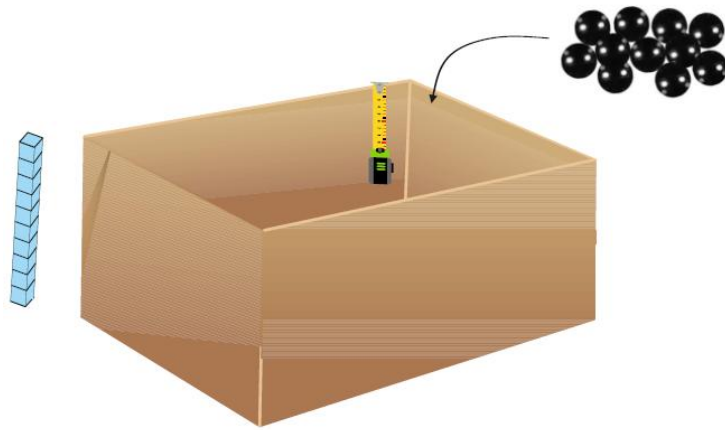
1.2.3.4. *Miktar kavramı*

Bir şeyin ölçülebilen, sayılabilen veya azalıp çoğalabilen durumuna, niceliğine, ölçüsüne miktar denir(TDK, 2018). Karşılaştırma işleminin sonucunda bir sayı elde edilir. Örneğin küçük küplerle bir prizmayı doldurma işleminde, küplerin ve prizmanın hacim niteli göz önüne alınarak karşılaştırılır ve karşılaştırma sonucunda elde edilen örneğin “36 küp” sonucundaki 36 miktar, küp ise birimdir.

O halde ölçmenin yukarıda verilen bileşenleri arasındaki ilişki şu üç adımla ifade edilebilir (Van de Walle, 2013).:

1. Ölçülecek niteliğin belirlenmesi.
2. Ölçülecek niteliğin biriminin belirlenmesi.
3. Ölçülen nesnenin niteliği ile kullanılan birimlerin karşılaştırılması. Bunun için karşılaştırma, doldurma, kaplama eşleme vb. gibi yöntemler kullanılabilir.

Görsel 1.2’de bir kutunun hacim niteliğinin ölçümü için kullanılabilecek birim küpler, misketler görülmektedir.



Görsel 1.2. Bir kutunun hacim niteliğinin ölçülmesi (Van de Walle, 2013’ten uyarlanmıştır).

Herhangi bir kutunun hacim niteliğini ölçmek için bilyeler, pinpon topu, birim küpler, küp şekerler...vb bir çok cisim birim olarak kullanılabilir. Kutu, ifade edilen

birimlerden biriyle tamamen doldurulur ve hacminin kaç birim olduğu o birim cinsinden ifade edilir.

Ölçmedeki en önemli noktalardan biri de korunum ilkesidir. İsviçreli psikolog Jean Piaget, bilişsel gelişimi açıklamak için farklı bir bakış ve kapsamlı bir çalışma ortaya koymuştur. Piaget teorisinde hacim kavramından önce korunum ilkesini irdelemiştir. Korunum kavramı; nesnelerin görünüşlerindeki şekil değişimlerine rağmen, belirli fiziksel özelliklerinin değişmeden aynı kaldığını anlamayı ifade eder (Berk, 1997; Gough, 2008; Piaget, Inhelder ve Szeminska, 1960; Salkind, 2002). Kendi içerisinde belli bir sırada kazanılan korunum becerilerinin kazanılma yaşları bireysel ve kültürel farklılıklara bağlı olarak değişebilmektedir. Sayı, uzunluk, madde korunumu ve nitelik değişmezliğinin 6-7 yaşları arasında; alan ve ağırlık korunumlarının 8-10 yaşları arasında; hacim korunumunun ise 10-12 yaşları arasında kazanıldığı belirtilmektedir (Berk, 1997: 231).

Tablo 1.1’de Piaget’e göre korunum çeşitleri, korunum çeşitlerinin açıklamaları ve korunumu kazanma yaş aralıkları verilmiştir.

Tablo 1.1. *Korunum çeşitleri*

Korunum Çeşitleri	Açıklaması	Yaş
Madde Korunumu	Bir bütünün parçalara ayrılrsa bile miktarının değişmemesi	6-7
Sayı Korunumu	Nesnelerin yakınlaştırılması veya uzaklaştırılması ile miktarda değişme meydana gelmez.	6-7
Nitelik Değişmezliği	Bir kaptan diğerine boşaltılan sıvının miktarı değişmez	6-7
Uzunluk Korunumu	Bir cismin kıvrılması veya farklı şekillere sokulması ile uzunluğu değişmez.	6-7
Alan Korunumu	Bir kağıttan kesilen parçaların toplamı ile, kesilmeden önceki alanı birbirine eşittir.	8-10
Ağırlık Korunumu	Bir bütün halindeki hamurun ağırlığı ile parçalara bölünmüş halinin ağırlıkları toplamı aynıdır.	8-10
Hacim Korunumu	Bir kütle suya atıldığında ne kadar su taşıyorsa, bu kütlenin parçalara ayrılıp veya şekli değiştirilip suya atıldığında bir önceki durumla aynı miktar su taşar.	11-12 ve üzeri

Ölçülerin her birinin öğretiminin temelini ölçünün korunumu oluşturur. Örneğin: paralel ve birbirine yakın iki çubuğu gözleyerek boylarının eş olduklarını söyleyen bir öğrenci, çubuklar birbirinden uzaklaştırıldığında ve paralelliği bozulduğunda bu iki çubuğun farklı boylara sahip olduğunu söylerse, uzunluğun korunumunu anlamamış demektir. Çubukların boylarının ikinci durumda da eş olduğunu söyleyen öğrenci ise

korunumu anlamıştır. Öğrencilere herhangi bir niteliğin ölçümünü öğretmeden önce, o niteliğin korunumunun tam anlamıyla kazandırılmış olması gerekir (Ersoy, 1991).

İlerleyen bölümde hacim kavramı, Cavalieri prensibi ve Arşimed ilkesinden söz edilecektir.

1.3. Hacim Kavramı

Uzaydaki her nesne kaç boyutlu olduğuna bağlı olarak bir veya birden çok niteliğe sahiptir. Örneğin bir gitarın teli için uzunluk niteliği, kitabın kapağını kaplamak söz konusu ise nesnenin alan niteliği, dikdörtgenler prizması şeklindeki bir kutunun uzunluk, alan ve hacim nitelikleri olmasına rağmen hacim niteliği ile ön plandadır.

Günlük hayatta çok kullandığımız hacim ölçümünün milattan önceki zamanlarda yapıldığı örneğin Yunan matematikçi Arşimed'in üç boyutlu cisimlerin hacim hesaplamalarını yaptığı ve bu hesaplamaların Öklid yardımıyla (Elementler XII.Kitap) günümüze ulaştığı bilinmektedir (Burton, 2011). Sadece Yunanlılar değil, çoğu medeniyetin hacim ölçme konusunda çalışmaları vardır. Babilliler düzlemsel şekillerin alanlarını ve hacimlerini hesaplamış, Sümerler ise hacim ölçmek için “log”adını verdikleri bir birim geliştirmişlerdir (Ronan, 1905 akt. Baykul, 2014, s. 342). Eski Mısır Uygarlığı'nda kesik piramidin hacmini hesaplamaya yönelik çalışmalara rastlanmaktadır.

“Hacim nedir?” sorusu hem matematik eğitimcilerini hem de diğer bilim insanlarını yakından ilgilendirir. Bu alanda en iyi bilinen çalışma Piaget (1970, akt. Olkun ve Knaupp, 1999)'nin çocukların hacmi nasıl algıladıklarını araştırdığı çalışmadır. Piaget iki tip hacimden bahseder. Bunlardan biri dış (exterior) ya da yer değiştiren hacim (displacement volume) ve diğeri iç hacimdir. Dış hacim çevredeki uzamsal ortamlarla ilişki içinde olan obje tarafından işgal edilen bölgedir. İç hacim; bir yapının içerisindeki birim tuğlaların sayısı gibi bir takım sınırlar içeren madde miktarıdır. Çocuklar iç hacmi öncelikle fark ederler fakat henüz ölçümü hakkında bir anlayışa sahip değillerdir.

Tablo 1.2’de Piaget’e göre hacim türleri olan iç hacim ve yer değiştiren hacim (dış hacim) gösterilmiştir. Katı bir cismi sınırlandıran bölgelerin arasında kalan hacmine iç hacim, cisimlerin taşıdığı suyun hacmi de dış hacim denir. Bu çalışmada Piaget’in hacim tanımları kapsamında bu iki tanım üstünde durulacaktır.

Tablo 1.2. *Piaget'ye göre hacim türleri*

Piaget'e göre Hacim Türleri	Açıklamaları
İç Hacim(kapasite), (İnterior Volume)	Katı bir cismi sınırlandıran bölgelerin arasında kalan hacmine iç hacim denir.
Yer Değiştiren Hacim (Displacement Volume) veya Dış Hacim (Exterior Volume)	Cisimlerin taşıdığı suyun hacmi ya da eşit olarak yerinden edilen su miktarlarının denkliğidir. Aynı zamanda çevredeki uzamsal ortamlarla ilişki içinde olan obje tarafından işgal edilen bölgedir.

Piaget'nin çalışmalarına göre en geç kazanılan korunum ilkesi hacim korunumuna yöneliktir. Baykul (2014) da hacmin korunumunun zihinsel gelişim yönünden hemen gelişen bir süreç olmadığını ve hacim kavramının kazanılması için öğrencilerin ortaokul birinci hatta ikinci sınıfa kadar beklenilmesi gerektiğini savunur.

Hacim ölçümlerinde İtalyan matematikçi Cavalieri'nin geliştirdiği prensip kullanılır ve Türkiye'de matematik dersi programları hacim öğretimini bu prensip ekseninde ele almaktadır.

1.3.1. Cavalieri prensibi

Cavalieri prensibinin fikir babası, ünlü astronom Johannes Kepler'dir. Kepler, "Şarap Fıçılarına Dair Yeni Ölçümler" adlı çalışmasında şarap fıçılarının hacimleri hesaplama için bir yol önermiştir. Kepler'e göre şarap fıçılarını belli sayıda dilime ayrılıp, bu dilimlerin her birinin hacimlerinin ayrı ayrı hesaplanmasından sonra bu dilimlerin hacimlerinin toplamalarının alınması, fıçının toplam hacim değerini verir. Cavalieri daha sonra bu prensibi genelleştirerek, bugün bildiğimiz matematiksel prensibi ortaya koymuştur (Canan vd., 2012).

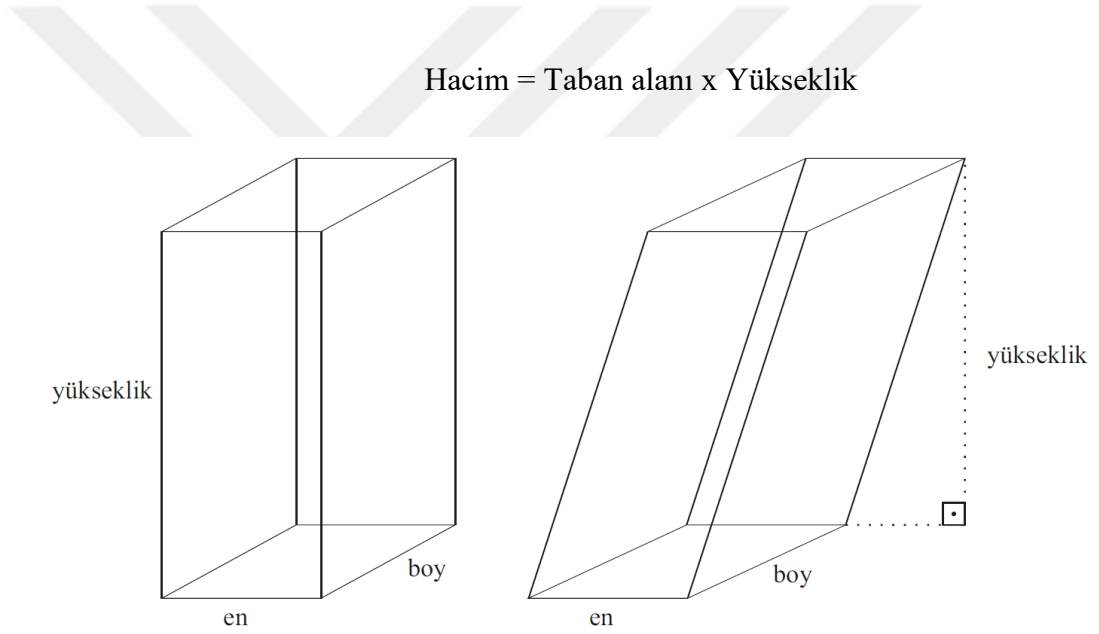
Cavalieri oluşturduğu kuramda geometrik büyüklüğü, bu büyüklüğün ayrılabilirliği en son terim olan, sonsuz elemanlı bir sayıdan oluştuğunu kabul eder. Bu nedenle de bu elemanları bölünemez olarak niteler. Bu bölünmezlerin toplamını da uzunluk, alan ve hacmin ölçümü olarak kabul eder.

Eşit yüksekliğe sahip iki katı madde, tabanlarına paralel düzlemlerle kesildiğinde, aynı alana sahip kesitler elde ediliyorsa bu iki katının hacimleri birbirine eşittir (Kern ve Bland, 1948). Bir başka deyişle bir nesnenin katmanlardan oluştuğu varsayıldığında, bu katmanların toplamı cismin hacmini verir. Görsel 1.3.'de parçaların duruşları birbirinden farklı olsa da eşit sayıda ve özdeş madeni para içerdikleri için hacimleri eşittir.



Görsel 1.3. Cavalieri prensibi

Şekil 1.4’de Cavalieri prensibinden hareketle bir prizma ister dik ister eğik olsun aynı taban alanı ve yüksekliğe sahipse hacimleri de eşittir.



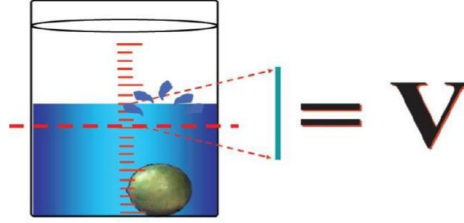
Şekil 1.4. Cavalieri’nin hacim formülü

Cavalier’i hacmi formüle dayalı olarak hesaplamış olmasına karşın Arşimed hacmi, Arşimed ilkesi olarak anılacak yöntemle hesaplamıştır.

1.3.2. Arşimed ilkesi

Düzensiz şekilli cisimlerin hacimlerini ölçmek için kullanılan yöntemlerden bir tanesi Arşimet ilkesidir (Archimedean Principle). Bu yöntemde hacmi ölçülmek istenen nesne içi su dolu bir kaba atılır ve cismin taşırdığı veya yükselmesine neden olduğu su miktarı cismin hacminin ölçüsü olur. Sıvı yer değiştirmesi yöntemi ile hacim

ölçümünde bilinen hacme sahip bir sıvının içine atılan herhangi bir yapı, sahip olduğu hacim kadar sıvının yer değiştirmesine sebep olur(Canan vd., 2002).



Şekil 1.5. Arşimet ilke ile hacim hesaplaması (Canan vd., 2002).

Şekil 1.5.'de sıvının içerisine atılan düzensiz şekilli bir cisim, sıvıda yer değiştirdiği miktar kadar hacme sahiptir.

Arşimet prensibi sadece fizik ve matematikte değil, tıp, veterinerlik gibi bölümlerde de sık sık kullanılır. Tıp alanında beynin hacmini ya da veterinerlik bölümünde koyunların böbrek hacmini bulmada Arşimed prensibi kullanışlı bir yoldur (Canan vd.; Ordu, 2015).

İzleyen bölümde Türkiye’de uygulanan son 3 öğretim programındaki hacim ölçme kazanımları incelenmiştir.

1.4. Matematik Öğretim Programlarında Hacim Ölçme Kazanımları

Ülkemizde, Cumhuriyet döneminde ilköğretim matematik programı ilk kez 1924 yılında yayınlanmıştır. Daha sonra bu programı 1936, 1948, 1968, 1983, 1990, 1999, 2005, 2009 ve 2013 programları takip etmiştir. Milli Eğitim Bakanlığı’nın son değişiklik düşüncesi ise 2017 yılında paydaşlara sunulan ve 2018 yılında yayınlanan programla olmuştur. Burada bu programlardan son üçü incelenerek ortaokul matematik programlarında “hacim ölçme” konusunun hangi açılardan ele alındığı gösterilmek istenmektedir.

2009 yılında yayınlanan “İlköğretim Matematik Dersi 6-8. Sınıflar Öğretim Programı ve Kılavuzu”na göre hacim ölçme ilk kez 6.sınıf seviyesinde ele alınmıştır. Hacim ölçme ile ilgili toplam 12 kazanımın yer aldığı programda, bu kazanımlardan 4’ü 6.sınıf, 2’si 7.sınıf ve 6 tanesi de 8.sınıf seviyesinde belirlenmiştir. 6.sınıfta dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacim bağıntısının oluşturulması, bu prizmaların hacimleriyle ilgili tahminler yürütme, bağıntıları kullanarak problem çözme

ve hacim ölçüsü birimlerini açıklama ve birbirine dönüştürme yer almaktadır (Meb, 2009). 7.sınıfta dik dairesel silindirin hacim bağıntısı ve hacminin tahmin edilmesi; 8.sınıfta ise hacim bağıntısı oluşturma ve hacmi tahmin etme kazanımları dik prizmalar, piramit, koni ve küre için tekrarlanmaktadır. Dikkat edileceği üzere burada hacim ölçme konusu, hacim bağıntılarına odaklanmıştır. Kazanımlar hacim kavramına veya hacim ölçmeye yönelik değil, bağıntıları kullanarak hacmi hesaplamaya yöneliktir.

Tablo 1.3.'de 2009 yılı ilköğretim matematik dersi öğretim programındaki 6-8.sınıflarındaki hacim ölçme kazanımlarına yer verilmiştir.

Tablo 1.3. 2009 yılı ilköğretim matematik dersi 6-8. sınıflar öğretim programında hacim ölçme kazanımları

Alt Öğrenme Alanları	
	6.Sınıf Kazanımları
Hacmi Ölçme	1. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmine ait bağıntıları oluşturur. 2. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmini strateji kullanarak tahmin eder. 3. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmine ile ilgili problemleri çözer ve kurar. 4. Hacim ölçme birimlerini tanıır ve birbirine dönüştürür.
	7.Sınıf Kazanımları
Geometrik Cisimlerin Hacmi	1. Dik dairesel silindirin hacmini tahmin eder ve hacim bağıntısını oluşturur. 2. Dik dairesel silindirin hacmiyle ilgili problemleri çözer ve kurar.
	8.Sınıf Kazanımlar
Hacmi Ölçme	1. Dik prizmaların hacim bağıntılarını oluşturur. 2. Dik piramidin hacim bağıntısını oluşturur 3. Dik dairesel koninin hacim bağıntısını oluşturur. 4. Kürenin hacim bağıntısını oluşturur. 5. Geometrik cisimlerin hacimleriyle ilgili problemleri çözer ve kurar. 6. Geometrik cisimlerin hacimlerini strateji kullanarak tahmin eder.

2013 yılında yayınlanan Ortaokul Matematik Dersi (5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı'nda ise; hacim ölçme konusuyla alakalı 6.sınıfta 5 kazanım ve 8.sınıfta 1 kazanım olmak üzere toplam 6 kazanım mevcuttur. Burada öne çıkan kavram “birim küp” kavramıdır. “Dikdörtgenler prizmasının içine boşluk kalmayacak biçimde yerleştirilen birim küp sayısının o cismin hacmi olduğunu anlar; verilen cismin hacmini birim küpleri sayarak hesaplar” (MEB, 2013, s: 21). 6.sınıf seviyesindeki kazanımlarda dikdörtgenler prizmasıyla sınırlı kalınmış fakat açıklamalar kısmında kare prizma ve küpe yer verilmiştir. Bu durum programda şu şekilde yer bulmuştur. “Verilen bir hacme

sahip farklı dikdörtgenler prizmalarını birim küplerle oluşturur; hacmin taban alanı ile yüksekliğin çarpımı olduğunu gerekçesiyle açıklar” (MEB, 2013, s: 21). Ayrıca bu programdaki bir başka değişiklikte hacim kavramının öğretimine yönelik olmuştur. Açıklamalar kısmında yer alan bir ifade şu şekildedir. “Hacmi anlamlandırmaya yönelik çalışmalara yer verilir”, “Hacmin, herhangi bir cismin boşlukta kapladığı yer olduğu vurgulanır” (MEB, 2013). Bu programda 8.sınıf seviyesinde ise sadece dik silindirin hacim bağıntısının oluşturulmasına yer verilmiştir. 2013 programı 2009 programına göre, hacim ölçme konusunda bir hayli sadeleşme yaşamıştır. Hem kazanım sayısı hem de incelenecek geometrik cisim sayısı azaltılmıştır. Ayrıca bu programda, önceki programa göre hacim kavramı bir miktar daha fazla önemsenmiştir ancak, yine de hacim hesaplama öne çıkmaktadır.

Tablo 1.4’de 2013 yılı ilköğretim matematik dersi öğretim programındaki 6-8.sınıflarındaki hacim ölçme kazanımlarına yer verilmiştir.

Tablo 1.4. 2013 yılı ortaokul matematik dersi 5-8.sınıflar öğretim programında hacim ölçme kazanımları

Alt Öğrenme Alanları	
Geometrik Cisimler ve Hacim Ölçme	6.Sınıf Kazanımları 1. Dikdörtgenler prizmasının içinde boşluk kalmayacak biçimde yerleştirilen birim küp sayısının o cismin hacmi olduğunu anlar; verilen cismin hacmini birim küpleri sayarak hesaplar. <i>Öğrenciler hacmi ölçmeye yönelik stratejiler geliştirmesine fırsat verilir. Örneğin, birim küpler sayılırken oluşan tabakalarda kaç tane birim küp olduğuna ve toplam kaç tabaka bulunduğuna dikkat çekilir. Hacmi anlamlandırmaya yönelik çalışmalara yer verilir. Hacmin, herhangi bir cismin boşlukta kapladığı yer olduğu vurgulanır.</i> 2. Verilen bir hacme sahip farklı dikdörtgenler prizmalarını birim küplerle oluşturur; hacmin taban alanı ve yüksekliğin çarpımı olduğunu gerekçesiyle açıklar. <i>Kare prizma ve küpün, dikdörtgenler prizmasının özel bir hali olduğu dikkate alınır. Hacim bağıntısının oluşturulması modelleri yardımıyla yapılır. Verilen bir hacme sahip, prizma olmayan yapılar oluşturmaya yönelik çalışmalara da yer verilir.</i> 3. Dikdörtgenler prizmasının hacim bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. <i>Bilgi ve iletişim teknolojilerinden örneğin, dinamik geometri yazılımlarından yararlanılabilir.</i> 4. Standart hacim ölçme birimlerini tanırlar ve santimetreküp-desimetreküp-metreküp birimleri arasında dönüşüm yapar. <i>Hacim ölçme birimleri m^3, dm^3, cm^3, mm^3 ile sınırlandırılır.</i> 5. Dikdörtgenler prizmasının hacmini tahmin eder.
	8.Sınıf Kazanımları 1. Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer. <i>Somut modellerle çalışmalara yer verilir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılabilir.</i> <i>Dik dairesel silindirin hacmini tahmin etmeye yönelik çalışmalara yer</i>

verilir.

Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını dik prizmanın hacim bağıntısı ile ilişkilendirmeye yönelik çalışmalara yer verilir.

Terimler: Birim küp, hacim, santimetre küp, metre küp

Semboller: m^3 , dm^3 , cm^3 , mm^3

Milli Eğitim Bakanlığı'nın 2018 yılında yayınladığı Matematik Dersi Öğretim Programı (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)'nda hacim ölçme konusunda bir değişikliğe gidilmemiştir ve 2013 yılı kazanımları ve açıklamalar kısmı aynen korunmuştur.

1.5. Ulusal Sınavlarda Hacim Ölçme

Türkiye'de mevcut bulunan ilköğretim, ortaöğretim ve yüksek öğretim kademeleri arasındaki geçişler, ulusal düzeyde düzenlenen sınavlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. 1955 yılından itibaren eğitim vermeye başlayan kolejler öğrencilerini sınavla seçmekteydi. Orta öğretim kurumlarına geçişte sınav uygulamasının başlangıcı kabul edilen bu duruma, zaman içinde fen liseleri, Anadolu imam hatip liseleri, Anadolu öğretmen liseleri ve sosyal bilimler liseleri dahil olmuştur. Ayrıca Anadolu liseleri 1999 yılından itibaren ilkokul sonrası öğrencilerini sınavla belirlerken, yüksek öğretime geçişlerde de 1960 yıllarda başlayan sınavla öğrenci alma uygulaması, 1974 yılında Üniversiteler Arası Kurul tarafından alınan kararla tüm ülkede merkezi olarak uygulanmaya başlamıştır (Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi [ÖSYM], 2018). Orta öğretime geçişlerde zaman içinde birçok sistem denemiştir. Bunlar sırasıyla; Liselere Giriş Sınavı (LGS), Ortaöğretim Kurumları Seçme ve Yerleştirme Sınavı (OKS), Seviye Belirleme Sınavı (SBS) ve Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş (TEOG) sistemidir. Bu sınavlar haricinde Parasız Yatılılık ve Bursluluk Sınavı (PBYS) da ulusal düzeyde uygulanmaktadır.

Bu uygulamalar, okullarda sunulan eğitim – öğretim hizmetlerini ölçmekten uzak olduğu ve bir üst eğitim kumuna geçmenin aracı olarak görüldüğü gerekçesiyle eleştirilere maruz kalmıştır (Zayimoğlu Öztürk ve Aksoy, 2014). Son yıllarda uygulanan TEOG sınavlarında yer alan sorular hatırlama düzeyindedir (Özden vd., 2014). Bu durum göz önüne alındığında öğrenciler kavramların altında yatanları derinlemesine araştırmak yerine, çözüme odaklı, işlem becerisi önemseyen yüzeysel bilgiyle yetinmektedir. Geçmiş yıllarda uygulanan PBYS, LGS, OKS ve SBS sınavlarında hacim ölçmeye yönelik sorulara hemen hemen her yıl yer verilmiştir. Ancak bu soruların geneli hacim kavramına yönelik sorular değildir. Daha çok üç

boyutlu düzgün cisimlerin hacimlerinin formüle dayalı olarak hesaplanması şeklinde sorulmuştur. Öğrenciler hacim kavramını anlamadan *en x boy x yükseklik* veya *taban alanı x yükseklik* formüllerinden birini kullanarak sonuca ulaşabilmektedir.

2013-2014 eğitim öğretim yılından itibaren uygulanan TEOG sisteminde hacim ölçme konusu sınav konuları dışında bırakılmıştır. Bu nedenle 4 yıl boyunca uygulanan sınavlarda hacim ölçmeye dair sorular yer almamıştır.

Tablo 1.5’de 2014-2018 yılları arasında yapılan ulusal sınavlarda sorulmuş olan hacim konusu ile ilgili sorulara örnekler verilmiştir.

Tablo 1.5. 2014-2018 yılları arasında ulusal sınavlarda çıkan hacim soruları

Yıl	Sınav Adı	Soru sayısı	Kazanım No	Örnek soru
-----	-----------	-------------	------------	------------

Lgs 1 K1

Bir kargo şirketi gönderilen kargonun kilogram cinsinden kütlesi ile desimetreküp cinsinden hacmini hesaplıyor ve hangisine göre kargo ücreti fazla ise o ücreti alıyor. Bu kargo şirketine ait ücret tarifesi Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1: Kütlelerine Göre Kargo Ücreti

Kütle (x kg)	Ücret (TL)
$0 < x \leq 3$	5
$3 < x \leq 6$	6,50
$6 < x \leq 10$	8

Tablo 2: Hacimlerine Göre Kargo Ücreti

Hacim (y dm ³)	Ücret (TL)
$0 < y \leq 9$	5,50
$9 < y \leq 18$	7
$18 < y \leq 30$	9

Buse bu kargo şirketi ile Tablo 3’te yarıçaplarının uzunlukları, yükseklikleri ve kütleleri verilen dik dairesel silindirik şeklindeki kargoları yollamıştır.

Tablo 3: Kargolara Ait Bilgiler

Kargo	Yarıçapının Uzunluğu (cm)	Yüksekliği (cm)	Kütlesi (kg)
1. kargo	12	20	4
2. kargo	15	18	6

Buna göre Buse bu kargolar için kaç lira ödeme yapmıştır? (π yerine 3 alınız.)

Pybs 8.Sınıf 1 K1

Bir dik dairesel silindirin yüksekliği taban yarıçapının uzunluğunun 2 katıdır.

Bu silindirin hacmi 48 cm³ olduğuna göre yüksekliği kaç santimetredir? (π yerine 3 alınız.)

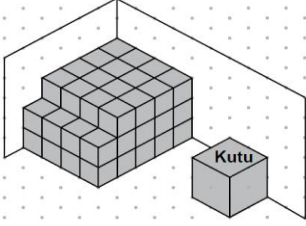
Pybs 6.Sınıf 1 K2

Yukarıda izometrik kâğıtta verilen dikdörtgenler prizması kaç birim küpten oluşmaktadır?

Pybs 8.Sınıf 1 K1

Yukarıdaki dik koni ve dik silindir şeklindeki kapların yükseklikleri h birimdir. Koni şeklindeki I.kabın yarıçapı 3r birim olup, ağzına kadar su ile doludur. Bu konideki su ile taban yarıçapı r birim olan silindir şeklindeki II.kap tamamen doldurulduktan sonra, artan su taban yarıçapı 2r birim olan silindir şeklindeki III.kaba boşaltılıyor.

Buna göre III.kaptaki suyun yüksekliği kaç h birim olur?

	Pybs 6.Sını f	1	K2	Boyutları 6 m, 3 m ve 2 m olan dikdörtgenler prizması şeklindeki bir kamyon kasasına, her bir ayrıntının uzunluğu 0,5 m olan küp şeklinde 200 koli yerleştirilmiştir.
				Bu kamyonun kasasına dışarı taşmayacak şekilde bu kolilerden <u>en fazla</u> kaç tane daha yerleştirilebilir?
2016	Pybs 6.Sını f	2	K2	Ayrıtlarının uzunlukları 4 cm, 4 cm, 8 cm olan kare dik prizma şeklinde boş bir kutu bulunmaktadır. Bunun içine, ayrıt uzunlukları bu kutunun ayrıt uzunluklarının yarısına eşit olan kare dik prizma şeklindeki şekerlerden <u>en fazla</u> kaç tane konulabilir?
				
2015	Pybs 6.Sını f	2	K2	Yukarıdaki şekildeki birim küplerle oluşturulmuş yapının hacmi, yanındaki kutunun hacminin kaç katıdır?
2014	Pybs 6.Sını f	1	K2	İki küpten büyük olanın bir ayrıt uzunluğu, küçük olanın bir ayrıt uzunluğunun üç katına eşittir. Büyük küpün hacmi, küçük küpün hacminden 702 cm^3 fazla olduğuna göre, küçük küpün hacmi kaç santimetreküptür?
K1: Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer. K2: Verilen bir hacme sahip farklı dikdörtgenler prizmalarını birim küplerle oluşturur; hacmin taban alanı ve yüksekliğin çarpımı olduğunu gerekçesiyle açıklar.				

Programlara bakıldığında hacim kavramına giderek daha fazla yer verildiği ancak hacim hesaplamasının hala birincil hedef olduğu görülmektedir. Hacim hesaplama kazanım seviyesinde programda yer bulmuşken hacim kavramını anlamlandırmaya yönelik kazanımlara yer verilmediği sadece kazanımların uyarılar kısmında yer verildiği görülmüştür.

Programlara bağlı olarak hazırlanan ulusal sınavlarda da hacim kavramını anlamlandırmaya yönelik soruların azlığı, hacim formülü kullanmaya yönelik soruların fazlalığı dikkat çekmektedir.

1.6. Alan Yazın

Bu bölümde hacim konusunda yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

a) Hacim kavramının öğretimine yönelik çalışmalar

Passelaigue ve Munier (2015) yılında nitelik ve ölçme kavramları üzerinde çalışmışlardır. Katılımcılarının öğretmen adayları olduğu çalışmada nitelik öğretimi yapılabilmesi için öğretmenlerin nitelik ve ölçme kavramlarını ustalıkla ayırt etmelerinin önemi vurgulanmaktadır. Çalışmanın sonucunda öğretmen adayların yarısından fazlasının niteliği belirsiz bir kavram olarak düşündükleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışmada bu kavram yanılgısının olası nedenleri ve öğretime etkisi tartışılmıştır.

Guisard vd. (2015) 10-12 yaş arası çocuklarda hacim kavramını anlamak, hacmin sadece bir sayı olarak değil, bir büyüklük olarak düşünmenin temel konu olduğu bir çalışma yapmışlardır. Değişik şekillerdeki kutuların doldurulması ve farklı şekil ve boyutlardaki katıların batırılması gibi birçok deneyle hacim ilişkili kavramların öğretimini manipüle etmiş, öğrencilerin zihinlerinde tutarlılık sağlayan görüntülerin oluşmasına yardımcı olmuştur.

Aydın Karaca (2014) yaptığı çalışmada öğrencilerin uzunluk, alan ve hacim ölçme kavramlarını anlamaya ilişkin yeterliliklerini incelemiştir. Çalışma, Rize ilinde 3 devlet okulunda 59 kız, 51 erkek öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Veri toplamak amacıyla açık uçlu ve çoktan seçmeli sorulardan oluşan bir test uygulanmıştır. Elde edilen veriler iki aşamada değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmanın sonucunda öğrencilerin birim küplerle oluşturulmuş yapıların hacimlerini belirlemede güçlük yaşadıkları görülmüştür. Çalışmada hacim ölçme ile ilgili sorulan sorulara ancak %43 oranında doğru cevap verilebilmiştir.

Esen ve Çakıroğlu (2010) Ankara’da bir devlet üniversitesinde 4.sınıfa devam eden 16 erkek ve 8 kız ilköğretim matematik öğretmen adayı ile yaptıkları çalışmada, ilköğretim matematik öğretmen adaylarının hacim ölçmede birim kullanmaya yönelik kavrayışlarını incelemişlerdir. Öğretmen adaylarının hacim ölçme konusundaki birim kullanmaya yönelik kavrayışlarını ortaya çıkarmak için bir örnek durum sunulmuştur. Çalışmada öğretmen adaylarının hacim ölçme ile ilgili matematiksel alan bilgilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Veriler analiz edilirken Leinhardt’ın ortaya koyduğu Anlama Teorisinden faydalanılmıştır. Yapılan değerlendirmede öğretmen adaylarından 7 tanesi hatayı tespit edebilmiş, bunlardan da sadece 2 tanesi hatanın kaynağı hakkında geçerli bir yorum yapabilmıştır. Araştırmanın sonucunda öğretmen adaylarının hacim formülünü kullanmada herhangi bir sıkıntı yaşamadıkları fakat hacim kavramını işlemsel bir sonuç olarak algıladıkları görülmüştür. Hacim ölçmeye daha kavramsal

yaklaşan öğretmen adayları hatayı tespit edebilmiştir. Bunun dışında hacim ölçme konusunda formüle dayalı yaklaşımın ön planda olması, öğretmen adaylarının daha önce birim kavramını sorgulamadıklarını göstermiştir. Çalışmanın sonunda matematik öğretiminin kavramsal şekilde olması gerektiğine ve kavramsal öğretimin anlamlı öğrenmedeki önemine vurgu yapılmıştır.

Tan Şişman ve Aksu'nun (2010) altıncı sınıf öğrencilerinin uzunluk, alan ve hacim ölçüleri konularındaki kavramsal ve işlemsel bilgilerini ve sözel problem çözme becerilerini araştırmıştır. Öğrencilerin kavramsal bilgi içeren ve koordinasyon gerektiren sorularda daha az, işlemsel bilgi gerektiren sorularda daha fazla başarılı oldukları gözlemlenmiştir.

b) Uzunluk, alan ve hacim konularının öğretiminin farklı değişkenler açısından değerlendirildiği çalışmalar

Olkun (2003) Bolu ili merkez ilçesinde “öğrencilere hacim formülü ne zaman anlamlı gelir?” isimli bir çalışma yapmıştır. 4-5-6 ve 7.sınıf seviyesindeki öğrencilerin küplerden yapılmış dikdörtgen prizmaların içindeki birim küp sayısını bulmaktaki başarılarını ve birim küp sayılarını bulurken ne gibi stratejiler kullandıklarını incelemiştir. Çalışmada, farklı büyüklüklerde prizmalara ait görsellerin bulunduğu 5 soruluk bir test uygulanmıştır. Bu testteki sorularda öğrencilerden dikdörtgen prizmalardaki birim küp sayılarını bulmaları ve birim küp sayısını bulurken kullandıkları stratejileri yazmaları istenmiştir. Öğrencilerin sorulara vermiş oldukları cevaplar incelenmiştir. Analiz sonucunda sosyo-ekonomik düzey arttıkça öğrencilerin elde ettiği toplam puanda da anlamlı bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin, basit yapılarda ileri stratejiler kullanırken, birim küp sayısı arttıkça daha ilkel stratejilere yöneldikleri gözlemlenmiştir. Bu durumun bir nedeni olarak büyük yapılarda 3 boyutluluğu ve yapısal düzenliliği algılayan zorluğu olduğu düşünülmüştür. İlkel stratejiler kullanan öğrencilerin daha fazla hata yaptığı gözlemlenirken gelişmiş stratejiler kullanan öğrencilerin daha az hata yapmıştır. Araştırmanın bir diğer önemli bulgusu da öğrencilerin 7.sınıfa gelmelerine rağmen birim küp sayısını bulamamış olmalarıdır. Prizmanın içindeki birim küp sayısını katmanlı yapı yardımıyla bulamayan öğrencilere hacim formülünün verilmesi uygun bulunmamıştır.

Kültür, Kaplan ve Kaplan (2002), ilköğretim 4. ve 5. sınıflarda uzunluk, alan ve hacim konularının öğretiminin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu

çalışmada öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar, velilerin sosyo-ekonomi durumlarının okullara göre dağılımının öğrenci başarısı üzerindeki etkileri ve derse giren öğretmenlerin mezun oldukları okul türünün, meslekteki kıdemlerinin ve uyguladıkları öğretim yöntemlerinin öğrencilerin başarılarını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Araştırmanın hacim konusu ilgilendiren kısmında 5.sınıf öğrencilerinin 4.sınıf öğrencilerine göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

c) Birim kullanmaya yönelik çalışmalar

Reece ve Kamii (2001) 2-5 sınıflarda okuyan 257 tane öğrenciyle yaptıkları çalışmada, öğrencilerin hacim ölçerken birim yineleme ve muhakeme becerilerini ölçmeye çalışmışlardır. Öğrencilere farklı görünen ancak aynı hacme sahip iki kutu verilmiştir ve kutuların içleri mısır taneleriyle doldurularak hacimleri karşılaştırılmıştır. Daha sonra öğrencilere farklı görünüşlü ancak eşit hacme sahip kaplar tekrar verilmiş ve bu kapların içini daha küçük bir kabın yardımıyla pirinç doldurmaları istenmiştir. Bu şekilde öğrencilerin büyük kapları doldurmak için küçük kabı kaç kere kullandıkları, yani birim yineleme işlemini kaç kere yaptıkları her iki kap için gözlemlenmiştir. Araştırmanın sonucunda 3.sınıf öğrencilerinin %51'inin akıl yürütme becerilerini, 4.sınıf öğrencilerinin de %56'sının birim yinelemeyi anladıkları ortaya çıkmıştır. Ancak ölçme konularının 2.sınıf seviyesine uygun olmadığı görülmüştür.

Battista ve Clements (1998) 3,4 ve 5.sınıf öğrencileriyle yaptıkları araştırmada, öğrencilerin üç boyutlu yapılarla ilgili anlayışlarını araştırmışlardır. Öncelikle öğrencilerin prizmanın içinde yer alan küp dizilerini numaralandırmalarını istemişler ve bu işlemi gerçekleştirirkenki zihinsel aktivitelerin neler olduğunu incelemişlerdir. Çıkan sonuçlara göre öğrenciler bir prizmanın hacmini bulurken sıralanmış birim küp dizilerini bir tabaka olarak kabul etmek veya birim küpleri saymak gibi yöntemlere başvurmuşlardır. 3.sınıftan 5.sınıfa doğru gidilirken tabakalandırma yönteminin daha fazla, birim küp saymanın daha az kullanıldığı görülmüştür.

d) Hacim öğretiminde model kullanmaya yönelik çalışmalar

Özdemir ve Işık (2015) 10 ortaokul matematik öğretmenin katılımıyla çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Öğretmenlerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde ulaşılan veriler, içerik ve betimsel analiz yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada matematik öğretmenlerinin, katı cisimleri

anlatırken model kullandıkları ancak modelleme yöntemlerini tam anlamıyla bilmedikleri için matematiksel modelleme etkinliklerine yeterince yer vermedikleri sonucuna ulaşmıştır.

e) Hacim öğretiminde teknoloji kullanmaya yönelik çalışmalar

Akgül (2014) yaptığı araştırmada geometrik cisimlerin yüzey alanı ve hacim hesabı kazanımının anlamlandırılmasında Cabri 3D yazılımının öğrenci başarısına ve tutumuna etkisini araştırmıştır. Çalışma 6,7 ve 8.sınıf seviyesinde yapılmıştır ve çalışmanın sonucunda Cabri 3D yazılımının geometrik cisimlerin alanları ve hacimleri konusunda öğrencilerin başarılarına ve tutumlarına olumlu katkı sunduğu gözlemlenmiştir.

Gürbüz ve Gülburnu (2013) çalışmalarında, Cabri 3D ile yapılan geometri öğretiminin kavramsal öğrenmeye etkisini araştırmıştır. Bunun için öğretim programı ışığında prizmalar ve hacim hesabı kazanımlarına uygun Cabri 3D etkinlikleri ve çalışma yaprakları hazırlamış ve uygulamıştır. Verilerin analizinde nicel ve nitel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre Cabri 3D programının kavramsal öğrenmeye katkısının olduğu görülmüştür.

f) Ölçmenin korunumu üzerine yapılan çalışmalar

Doğan ve Koçyiğit (2015) yaptıkları çalışmada 5-14 yaşları arasındaki çocukların temel korunum becerilerini incelemişlerdir. Öğrencilerin, madde, miktar, sayı, uzunluk, alan, hacim ve ağırlık korunumu algılarını incelemek amacıyla genel tarama modellerinden kesit alma yöntemiyle değişik yaş seviyelerinden aynı anda veri toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda çocukların korunum kazanımlarını anlama yaşlarının, Piaget'nin bahsettiği yaş kategorilerine uygun olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra bazı öğrencilerin bu becerileri daha erken yaşlarda da edinebildiği gözlemlenmiştir.

Yıldızlar ve Yazıcıoğlu'nun (2011) ilköğretim okullarında görev yapan ve birinci sınıf okutan öğretmenlerin, öğrencilerin korunum ile ilgili hazır bulunuşluk düzeylerini belirlemeye yönelik yaptıkları etkinlikleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmanın bulgularına göre; sayı ve uzunluk korunumu açısından öğretmenlerin oldukça etkinlik yaptığı, kütle ve hacim korunumu açısından etkinliklerde öğretmenlerin “Bazen” seçeneğini tercih ettikleri saptanmıştır. Bu durumda

öğretmenlerin alan, kütle ve hacim korunumu boyutundaki etkinlikleri hazır bulunuşluluk düzeyini oluşturacak şekilde yapmadıkları ancak sayı ve uzunluk korunumu ile ilgili hazır bulunuşluluk düzeylerini oluşturacak etkinlikleri yaptıklarını söyleyebiliriz.

Çapri ve Çelikkaleli (2005) yaptıkları çalışmada Mersin’de çocuk yuvasında yaşayan 7-11 yaş grubu çocuklar ile ailesinin yanında yaşayan 7-11 yaş grubu çocukların ölçmenin korunumu gelişim düzeylerini cinsiyet ve sınıf değişkenleri açısından incelemiştir. Araştırma verilerinin elde edilmesinde, Piaget’nin (1952) korunumunun kazanılıp kazanılmadığını incelemek için geliştirdiği problemler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda 7-11 yaş grubu çocuklarda, ölçmenin korunumu gelişim düzeyleri açısından cinsiyete göre anlamlı bir farklılık oluşmamıştır.

g) Hacim konusunda yazma becerileri üzerine yapılmış çalışmalar

Demirel, Somyürek ve Yılmaz (2017) ortaokul öğrencilerinin sahip olduğu yazılı argümantasyon becerilerini geometrik cisimler ve ölçme konusuna yönelik olarak incelemek nedeniyle bir çalışma yapmışlardır. Araştırmanın sonunda öğrencilerin en çok, argüman öğelerinden biri olan iddia öğesini kullandığı, kaliteli argümanların en önemli göstergesi olan çürütmeleri ise daha az kullandığı görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin yazılı argümanlarını destekleyecek kanıtlar sunmadıkları da görülmüştür. dikkate değer bir başka veri ise yazılı argümantasyon becerisi ile akademik başarı arasında anlamlı bir bağ bulunmayışı olmuştur.

Çontay (2012) yaptığı çalışmada yazma etkinliklerinin geometrik cisimlerin yüzey alanları ve hacmi konusunda bir etkisinin olup olmadığını araştırmıştır. 8.sınıf öğrencileri ile yürütülen bu çalışmanın sonunda yazma etkinliklerinin geometrik cisimlerin yüzey alanlarını ve hacmini hesaplamada olumlu katkı sağladığı görülmüştür.

h) Hacim konusunda sahip olunan kavram yanlışları ve bilgi eksiklikleri üzerine yapılan çalışmalar

Dağı (2010) öğrencilerin çevre, alan ve hacim konularıyla alakalı kavram yanlışlarını incelediği çalışmada, elde ettiği verileri yüzde ve frekans yöntemiyle analiz etmiştir. Araştırmada sonunda elde edilen bazı bulgular şu şekildedir: Bazı geometrik şekillerin özelliklerinin öğrenciler tarafından tam olarak bilinmediği, öğrencilerin noktalı kağıt üzerinde verilen bir yapıyı oluşturan birim küpleri saymakta

zorlanmadıkları ancak hatalı saydıkları, verilen bir prizmanın içini dolduran birim küplerin sayısını hesaplayamadıkları görülmüştür. Öğrencilerin ölçme konularında birçok hataya ve yanlış bilgiye sahip oldukları tespit edilmiştir.

Köse (2007) yaptığı araştırmada altıncı sınıf matematik dersi ölçüler konusunda öğrenme eksikliklerini tamamlama eğitiminin, öğrencinin akademik başarısına etkisini araştırmıştır. Çalışmada hacim ölçüsü birimleri ve aralarındaki ilişkiler ve küp ile dikdörtgenler prizmasının hacmi konularının öğretilmesine de yer verilmiştir. Öğrenciler için matematik başarı testi ön test olarak uygulanmış sonra deney gruplarına öğrenme eksikliklerini tamamlama eğitimi verilmiştir. Hazırlanan öğretim etkinliklerinin uygulanmasından sonra aynı test son-test olarak uygulanmıştır. Araştırma sonunda öğrenciye somut materyaller vermenin konunun öğretilmesine olumlu katkı yaptığı vurgulanmıştır.

Gökdal (2004) 8. ve 11.sınıf düzeyinde yaptığı çalışmada bu iki seviyedeki öğrencilerin alan ve hacim konusunda sahip oldukları kavram yanlışlarını araştırmıştır. Araştırmanın sonuçlarından biri öğrencilerin hacim konusunda daha fazla kavram yanlışlığına sahip olmaları ve hacim sorularında daha az başarılı olmalarıdır. Araştırmacı çalışmasının sonucunda formülünden önce kavramsal öğretimin kavram yanlışlıklarının gidereceği önerisinde de bulunmuştur.

i) Somut materyal kullanımına yönelik çalışmalar

Kutluca ve Akın (2013) yaptıkları çalışmada ortaokul kademesinde tam sayılar konusunun somut materyallerle öğretilmesine yönelik olarak dört kefli cebir terazisinin uygulanabilirliği konusunda öğretmen adaylarının görüşlerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda matematiksel kavramların öğretilmesinde ya da öğrenilen kavramları somutlaştırılmasında ve kalıcılığını sağlanmasında dört kefli cebir terazisi somut materyalinin olumlu etkisinin olduğunu gözlemlemişlerdir.

Toptaş (2008) 1. sınıf geometri alt öğrenme alanlarının öğretim sürecinde kullanılan öğretim materyalleri ile öğretme-öğrenme sürecini incelemiş öğretim sürecince yeterince somut materyal kullanılmamanın öğrenmeyi olumsuz etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Voulgaris ve Evangelidou (1995) tarafından yapılan araştırmada, Kıbrıs'da 10-12 yaş aralığındaki öğrencilerin hacim ölçmeyi öğrenmeleri konu edinilmiştir. Çalışmada 3 okuldan 90 öğrenci seçilerek gruplar oluşturulmuştur. Öğrencilere $3 \times 3 \times 5$, $3 \times 4 \times 5$ ve

2x3x4 boyutlarında dikdörtgen prizma şeklinde cisimler verilmiş ve hacimlerini hesaplamaları istenmiştir. Sonuçta öğrencilere dikdörtgenler prizmasının hacim formülünü vermeden önce, onların somut yapılarla geometrik cisimleri anlamalarının sağlanması gerektiği anlaşılmıştır.

Alan yazın incelendiğinde hacim konusunda az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Yapılan çalışmalar uzunluk, alan ve hacim öğretimini birlikte ele almaktadır. Bu çalışmalar daha çok bu üç niteliğin farklı değişkenler açısından incelenmesine, birim kullanımına, kavram yanlışlarına ve korunum ilkesine yöneliktir. Bunun yanında MEB hazırladığı matematik öğretimi programlarında hacim konusuna ait kazanımlarda formül kullanmayı önemsemiş yapılan ulusal sınavlarda bu doğrultuda sorular sormuştur. Hatta TEOG sisteminin uygulandığı yıllarda hacim konusu tamamen yok sayılmıştır. Öğrenme sürecinde somut materyal kullanmadan sadece formüle dayalı işlemlerin yapıldığı öğretim ortamlarının hacim kavramının algılanmasında etkili olmadığı görülmüştür. Öğrencilerin hacmi sadece formülle hesaplanan bir işlem den ibaret olarak görmemeleri ve hacmi kavramsal olarak algılamının önemini fark etmeleri için somut materyallerle desteklenen bir öğretim ortamı tasarlanmıştır.

1.7. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı ortaokul altıncı sınıf öğrencilerinin hacim kavramını algılamalarını sağlamaktır. Bu amaca yönelik olarak günlük hayatta kolayca erişilebilen somut materyallerle desteklenmiş bir öğretim ortamında hem öğrencilerin hacim kavramını algılamalarına yardımcı olmak hem de disiplinler arası bir yaklaşımla öğrencilerin derse olan istekleri artırılıp öğrenmeyi daha kalıcı kılmak hedeflenmiştir. Oluşturulan somut materyallerle hacim kavramının öğretiminde kavramsal bilgidен işlemsel bilgiye doğru ilerleyen bir öğretimi incelemek amaçlanmıştır. Bu bağlamda aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır.

- Ortaokul altıncı sınıf öğrencilerinin somut materyal destekli bir öğretim deneyinde hacim kavramını algılama süreçleri nasıl gerçekleşmektedir?
- Ortaokul altıncı sınıf öğrencilerinin öğretim sonrasında hacim algısı nasıldır?

1.8. Araştırmanın Önemi

Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programında yer alan geometri ve ölçme öğrenme alanı matematiksel pek çok kavramla ilişkilidir. Ayrıca matematiğin gerçek

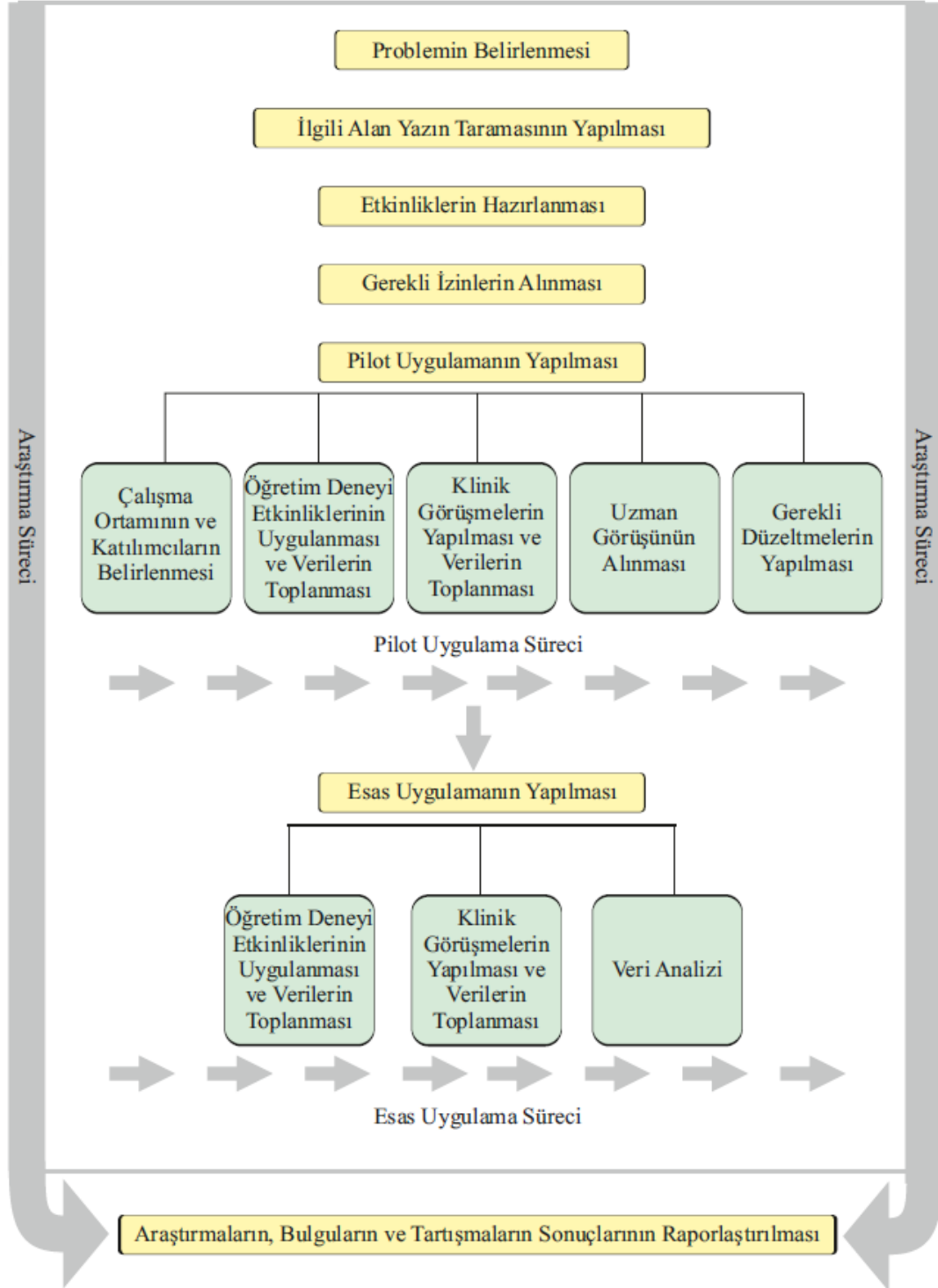
hayatla ilişkilendirilmesine olanak sağladığı için önemlidir. Birçok çalışma kavramsal öğrenmenin önemi üzerinde durmaktadır. Matematik eğitiminin genel amaçlarından bir tanesi şu şekildedir; “öğrenci, matematiksel kavramları anlayabilecek, bunlar arasında ilişkiler kurabilecek, bu kavram ve ilişkileri günlük hayatta ve diğer disiplinlerde kullanabilecektir” (MEB, 2015). Bu noktadan hareketle ortaokul matematik dersi öğretim programının hacim öğretimini tek boyuta indirgemesi, sadece “*en x boy x yükseklik*” formülüne bağlı kalınmasının hacim kavramının öğrenimi üzerinde oluşturduğu olumsuzluklar ve öğrencilerin hacim kavramı ile ilgili öğrenme süreçleri araştırmaya değer bulunmuştur. Türkiye’de matematik eğitimi alan yazını incelendiğinde hacim kavramının algılanması, bu kavramı hem günlük hayatla hem disiplinler arası bir ilişki ile irdeleyen, somut materyallerle desteklenmiş deney ve gözlemler içeren bir çalışma bulunmamaktadır.

1.9. Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışma, araştırmaya dahil edilen etkinlikler ve bu etkinliklerle ulaşabilecekleri hacim kavramı, katılımcılarının verdikleri cevaplar ile sınırlıdır.

2. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeli , araştırmaya katılanlar, araştırmada veri toplamak için kullanılacak araçlar ve ulaşılan verilerin analiz süreci açıklanmıştır . Tüm araştırma süreci Şekil 2.1’de bütünsel olarak görülmektedir.



Şekil 2.1. Araştırma süreci

Öğrencilerde hacim kavramının oluşturulmasına yönelik yapılan bu araştırma nitel bir çalışma olarak desenlenmiştir. Görüşme, gözlem ve belge analizi gibi nitel veri toplama araçlarının kullanıldığı ve olayların ve algıların doğal, gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konduğu, nitel bir sürecin izlendiği araştırmalara nitel araştırma denir. (Şimşek ve Yıldırım, 2000, s.19).

Bir diğer tanımla nitel araştırma, sosyal yaşamı ve insana dair sorunları kendine özgü yöntemlerle irdeleyerek anlam verme sürecidir (Cresswell, 1998). Nitel araştırma, probleminin sayısını, ortaya çıkış sıklığını ve ne yoğunlukta yaşandığını değil problemin ölçülemeyen ya da ölçülmesi zor olan yönlerini yani problem sürecini ve problemin ne anlama geldiğini sorgular (Denzin ve Lincoln, 1998).

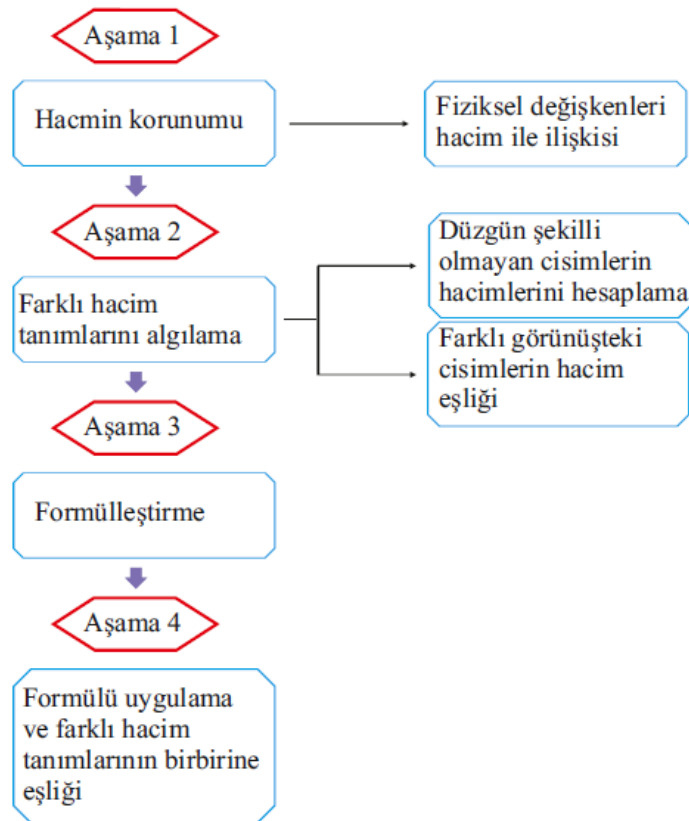
Bu araştırmanın modelini “öğretim deneyi” (teaching experiments) ve bunu desteklemek için yapılan “klinik görüşmeler” (clinical interviews) oluşturmaktadır. Araştırma süreci Şekil 2.1.’de belirtilmiştir.

2.1. Öğretim Deneyi

Bu çalışmada nitel araştırma yaklaşımlarından Öğretim Deneyi Yöntemi (Teaching Experiment Methodology) kullanılmıştır. Öğretim deneyinin temel amacı, öğrencilerin ilk elden, dolaysız bir şekilde öğrenmelerini sağlamak ve akıl yürütme süreçlerini incelemektir. Bu yöntemde, öğretim süreci araştırmacı tarafından tasarlanır, ve organize edilir. Araştırmacı keşfedici bir karakterdedir ve öğrencilerdeki bilgi/kavram gelişimi ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır (Steffe ve Thomson, 2000). Öğretim deneyi, öğrencilerin matematiksel etkinliklerini anlaması ve keşfetmesi için tasarlanmış bir yöntemdir (Steffe ve Thompson, 2000). Öğrenenin öğrenme düzeyinin ortaya çıkarılmasında, özellikle de fen ve matematik araştırmalarında kullanılabilecek en uygun yöntemlerden biridir (Kelly ve Lesh, 2000). Bu yöntemde öğretmen araştırmacı rolündedir. Araştırmacı teori ile uygulamayı sınıf ortamında birleştirir ve uygulamada çözülmesi gereken problemlere yanıt verebilmek amacıyla çalışır (Güven, 2006). Araştırmacı öğretim deneyinde öğretmen rolüyle hareket etmenin ötesinde, öğretimle ilgili bilgileri analiz etmek durumundadır (Steffe, 1991).

Bu yöntem bir dizi oturum (öğretim bölümü) içerir. Bu oturum öğretmen, öğrenci, gözlemci ve kayıt yöntemini içermektedir (Steffe ve Thompson, 2000). Bu araştırmada öğretmenin kendisi öğretim yapan kişi, öğrenciler 6. sınıf öğrencileri, tez danışmanı şahit, video kayıt sistemi de veri kayıt yöntemidir.

Şekil 2.2’de öğretim deneyinin ilk aşaması olan fiziksel değişkenlik ve hacim arasındaki ilişki irdelenerek hacmin korunumu ilkesinin vurgulanmasına yönelik etkinliklere, ikinci aşamada nesnelerin fiziksel yapılarına bağlı olarak Piaget’nin farklı hacim tanımlarının hissettirilmesine yönelik etkinliklere ve üçüncü aşamada Cavalier formülünün keşfettirilmesine yönelik etkinliklere yer verilmiştir. Öğretim deneyinin son aşamasında ise formülün kullanılması ve farklı hacim tanımlarının eşliğinin vurgulanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Aşamalar yürütülürken öğretim deneyinin döngüsel yapısına dikkat edilmiştir. Öncelikle alan yazın incelenmiş ve öğrencilerin hacim konusunda yaşadıkları zorluklar tespit edilmiştir. Daha sonra öğrencilerin yaşadıkları bu zorlukları gidermek amacıyla etkinlikler tasarlanmıştır. Her etkinliğin uygulama aşamasından sonra öğrencilerin süreci tartışmaları sağlanmış ve öğrencilerle klinik görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Video kayıt altına alınan klinik görüşmelerden elde edilen verilerin dökümü yapılmış, öğretimde eksik kalan yönler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu süreçte etkinliklerle ulaşılmaya çalışılan hedeflere ulaşıldığı görüldüğü için araştırmanın başında tasarlanan etkinliklerin, plana bağlı olarak uygulanmasına devam edilmiştir.



Şekil 2.2. Öğretim deneyi aşamaları

2.2. Araştırma Ortamı

Araştırmanın uygulaması, Eskişehir İl Milli Eğitim Müdürlüğü ve Eskişehir Valiliği'nin izni ile (Ek-1), Anadolu Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Kararı (Ek-6) doğrultusunda Eskişehir il merkezinde yer alan sosyo-ekonomik düzeyleri orta seviyede olan ailelerin çocuklarına ikili eğitim veren bir devlet ortaokulunda, 2016-2017 öğretim yılı bahar döneminde gerçekleştirilmiştir. Öğretim deneyi ve klinik görüşmeler okul saati dışında araştırmaya katılan öğrencilerle birlikte öğrencilerin kendilerini daha rahat hissettikleri ve fiziksel olarak uygun şartlar barındıran okul atölyesinde gerçekleşmiştir. Araştırma boyunca video kamera öğrencileri rahatsız etmeyecek ve tüm etkinliklerin rahatlıkla izlenebileceği bir yere yerleştirilmiştir. Görüşmeler sırasında görüşmecinin öğrenciler ile yüz yüze olduğu ve öğrencilerin yaptıklarını rahat görebildiği bir oturma düzeni oluşturulmasına dikkat edilmiştir.

2.3. Araştırmanın Katılımcıları

Araştırmanın katılımcılarını 2016-2017 eğitim-öğretim yılı Eskişehir ilinde bir devlet ortaokulunda 6.sınıfta öğrenim gören 4 kız, 3 erkek öğrencidir.

Amaçsal örnekleme, çalışmanın amacına uygun olarak bilgi açısından zengin durumların seçilerek derinlemesine araştırma yapılmasına olanak tanıdığı için araştırmanın örnekleme yöntemi olarak seçilmiştir. Amaçsal örnekleme yaklaşımının birçok yöntemi vardır. Araştırmanın katılımcıları seçilirken amaçsal örnekleme yönteminin maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Burada amaç, çekirdek bir örneklem oluşturmak ve bu örnekleme çalışılan problem lehine taraf tutacak öğrencilerin çeşitliliğini en yüksek düzeyde yansıtmaktır. (Yıldırım ve Şimşek, 2005).

Bu bağlamda öğrencilerin araştırmaya seçilme sebepleri şu şekilde sıralanabilir:

- Öğrenciler gönüllü olarak çalışmaya katılmışlardır.
- Matematik öğretmenlerinin görüşü alınmıştır.
- Öğrencilerin akademik başarıları dikkate alınmıştır. Üst, orta ve alt seviye öğrenciler seçilmiştir.
- Öğrenciler araştırmada hedeflenen kavramları bilmemekle birlikte bunlara temel oluşturan ön bilgiye sahiptir.
- Kendilerini iyi ifade edebilen öğrenciler çalışmaya katılmışlardır.

2.4. Verilerin Toplanması

Nitel araştırmalarda, görüşme, gözlem ve doküman incelemesi aracılığıyla toplanan veriler, çevreyle ilgili veriler, süreçle ilgili veriler ve algılara ilişkin veriler olmak üzere üç türdür (Yıldırım ve şimşek, 2005). Bu araştırmada veriler  ğretim deneyi sürecinde yapılan video kaydı ve (Ginsburg, 1981; Clement, 2000) görüşme tekniğinin bir çeşidi olan klinik görüşme ile elde edilmiştir. Öğretim deneyi süreci grup çalışması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca  ğretim deneyi sonunda öğrencilere yazılı olarak hacimle ilgili sorular içeren bir değerlendirme yapılmıştır. Öğrencilerin bu yazılı kağıtları da veri olarak değerlendirilmiştir.

2.4.1. Klinik görüşme

Klinik görüşme, bilgi yapısının şekli ile usavurma sürecini ve becerilerini araştırmak, öğrencilerin fikirlerini derinlemesine araştırmak için öğrenciyle karşılıklı gerçekleştirilen görüşmeler bütünüdür (Clement, 2000, s. 547).

Klinik görüşmelerde öğrenciye araştırılan konuya ilişkin yol gösterilir ve öğrencinin matematiksel kavrama nasıl bir anlam verdiğini ortaya çıkarmak gayesiyle matematiksel içeriğe odaklanması sağlanır (Zazkis ve Hazzan, 1999). Bu çalışmada da öğrencilerin hacim kavramını uygulama sonrasında nasıl yapılandırdıklarını keşfetmek ve hacim kavramına yönelik yorumlarını incelemek amacıyla klinik görüşmeler yapılmıştır.

Klinik görüşmelerde elde edilen verilerin güvenilir olması için uygulamanın her aşaması kamera ile kayıt altına alınmalıdır (Baki, Karataş ve Güven, 2002). Bu araştırmada öğrencilerin hacim kavramı ile ilgili yorumlarının incelenmesi amacıyla video kayıt cihazı, ses kayıt cihazı kullanılmıştır. Ayrıca  ğrencilere etkinlikleri uygularken yapacakları işlemleri ve düşüncelerini yazabilecekleri kağıtlar verilmiştir.

Goldin'e (2000) göre ise klinik görüşmelerin yapılandırılması ve planlanmasında dikkat edilmesi gereken 10 ilke şu şekildedir. Araştırma ve klinik görüşme sorularının oluşturulması, pilot uygulama yapılması, öğrencilere uygun görevlerin verilmesi, zengin temsil yapılarını içeren görevler seçme, tanımlanan görüşmeleri ayrıntılı bir biçimde açıklama, dış öğrenme çevresiyle en yüksek düzeyde iletişim, kaydedileceklere karar vermek ve olabildiğince olduğunca fazla kayıt yapmak, karşılaşılabilecek yeni durumlar veya tahmin edilemeyen olaylar için dikkatli olma, öğrenciyi serbestçe problem çözebilme yönünde cesaretlendirme, uygun durumlarda uzlaşma şeklindedir.

Klinik görüşmelerin planlanması ve yürütülmesinde bahsedilen ilkelere dikkat edilmiştir. Bu bağlamda klinik görüşme soruları hazırlanırken ilgili alan yazın taranmış, matematik öğretim programındaki kazanımlar incelenmiş, yerli ve yabancı kaynaklardaki araştırmalar dikkate alınmıştır. Hunting’e (1997) göre klinik görüşmenin soruları açık uçlu olmalı, düşünme sürecinin açıklanabilmesi için tartışmaya açık olmalı ve karşılıklı konuşmaya imkanı sağlamalıdır. Hem öğrenciye hem de araştırmacıya sırayla düşünme süreçlerini yansıtmaları için izin vermelidir. Ayrıca klinik görüşme sorularının doğasına uygun olarak “Ben senin düşünce tarzını öğrenmeye çalışıyorum. O yüzden bu soruyu çözerken yüksek sesle düşüncelerini benimle paylaşır mısın?”, “Ne yaptığını yüksek sesle söyler misin?”, “Bunu nasıl düşündüğünü söyler misin?”, “Nasıl çözdüğünü açıklayabilir misin?”, “Nasıl biliyorsun? Nasıl karar verdin?”, “Niçin?”, “Bulduğun sonucun doğruluğunu nasıl kontrol edersin?”, “Emin misin?” şeklinde soru biçimleri kullanılmıştır. Ayrıca soruların tam olarak anlaşılama ihtimaline karşın “yeniden açıklar mısın?” gibi sorular da yöneltilebilir (Clement, 2000, s.572). Hazırlanan klinik görüşme soruları bir öğretim üyesi ve ortaokulda görev yapan bir matematik öğretmeni olmak üzere matematik eğitimi alanında uzman iki kişiye sunulmuştur.

2.4.2. Pilot çalışma

Pilot çalışması ise MEB’e bağlı bir ortaokulda 6.sınıfta öğrenim gören 2 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Esas uygulamada yer alan etkinlikler uygulanmıştır. Esas uygulama esnasında ortaya çıkabilecek olan eksikleri gidermek amacıyla esas uygulamadan 2 hafta önce gerçekleşmiştir. Pilot çalışması esnasında karşılaşılan durumlar göz önünde bulundurularak etkinliklerdeki esas uygulama son halini almıştır.

Tablo 2.1’de öğretim sürecinin bölümleri, uygulama, tarih ve süresi ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Tablo 2.1. Öğretim sürecinin tarih ve süreleri

Öğretim Süreci Bölümleri	Uygulama	Tarih	Süre (dk)
Aşama-1: Hacmin Korunumu	Hacim kavramı ile ilgili ön görüşme	29.05.2016	20
	Etkinlik 1a	29.05.2016	7.30
	Etkinlik 1b	29.05.2016	5.50

	Etkinlik 1a ve 1b'nin klinik görüşme	29.05.2016	7
	Etkinlik 2	30.05.2016	3.30
	Etkinlik 2'nin klinik görüşmesi	30.05.2016	9
Aşama-2:Farklı hacim tanımlarını algılama	Etkinlik 3	30.05.2016	16.37
	Etkinlik 3'ün klinik görüşmesi	30.05.2016	10
	Etkinlik 4	31.05.2016	15.43
Aşama-3: Formülleştirme	Etkinlik 5	31.05.2016	40.27
	Etkinlik 4 ve Etkinlik 5'in klinik görüşmesi	31.05.2016	13.07
Aşama-4: Formülü uygulama	Etkinlik 6	01.06.2016	16.23
Farklı hacim tanımların eşliği	Hacim kavramı ile ilgili yazılı uygulama	01.06.2016	40
	Hacim kavramı ile ilgili son görüşme	01.06.2016	38.36

2.5. Araştırmacının Rolü

Nitel araştırmalarda araştırmacı, alanda bizzat zaman geçiren, araştırma dâhilindeki kişilerle direk görüşen ve gerekli durumlarda bu kişilerin tecrübelerini yaşayan, alanda elde ettiği deneyimleri verilerin analizinde kullanan kişidir (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Bu araştırmanın araştırmacısı, araştırma sürecinin her türlü aşamasının planlaması ve yürütülmesinde tarafsızlığını korumuştur, görüşmeler esnasında öğrencilerin nasıl düşündüğünü ortaya çıkartacak, onların yüksek sesle düşünmesini sağlayacak sorular yönelmiştir.

2.6. Veri Toplama

Araştırmanın verileri, 29 Mayıs-1 Haziran 2016 tarihlerinde arasında toplanmıştır. Öğretim Deneyi öncesi öğrenci ve velilerden görüşme izni istenmiştir(EK 2 ve EK 3). Öğretim Deneyi süresince öğrencilerden sesli düşüncelerini, düşüncelerini açıklanması istenmiştir. Öğretim deneyinin her bir aşaması sonrasında katılımcılarla o aşamayla ilgili olarak klinik görüşme gerçekleştirilmiştir. Öğretim deneyinin sonunda yazılı bir uygulama da yapılmıştır.

2.6.1. Hacim kavramı ile ilgili etkinliklerin hazırlanması

Somut materyal kullanımıyla hacim kavramının hissettirilmesinin amaçlandığı bu çalışma kapsamında uygulanacak etkinliklerin hazırlanması sırasında alan yazın incelenmiş, uzman görüşü alınmış, matematik öğretimi programındaki uyarılar dikkate

alınmış, matematik ve fen bilimi öğretimi kitaplarından faydalanılmıştır. Etkinliklerin bir kısmı araştırmalarda yer alan örneklerden uyarlanmış, bir kısmı matematik ve fen bilimi öğretimi kitaplarından doğrudan alınmıştır.

2.6.2. Etkinliklerin amaçları ve tanıtımları

Hacim Kavramı Öğretim Sürecinde etkinlik 1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6 üzerinde çalışılmıştır. Etkinlikler hazırlanırken öğrencilerin kazanmaları hedeflenen kavramlar öncelik sırası göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Tablo 2.2.'de de etkinlikler ve amaçları verilmektedir.

Tablo 2.2. Etkinliklerin amaçları

Etkinliğin Adı	Amaç
Etkinlik 1a	Bir cismin şeklinin değişmesinin hacmini değiştirmedeğini anlaşılması (Hacim Korunumu)
Etkinlik 1b	Bir cismin bütün hali ile parçalara ayrılmış halinin hacimlerinin eşit olması (Hacim Korunumu)
Etkinlik 2	Düzgün Şekli Olmayan Cisimlerin Hacimlerinin Hesaplanması
Etkinlik 3	Bir nesneyi sınırlandıran yüzeylerin arasında kalan hacmi hesaplama
Etkinlik 4	Farklı görünümlere sahip yapıların aynı hacme sahip olabileceğini keşfetme, birim kavramına giriş
Etkinlik 5	Formül keşfetme
Etkinlik 6	Formül kullanma

Aşağıda hazırlanan etkinliklerin tanıtımı ve tasarlanan uygulama süreçleri verilmektedir.

2.6.2.1. Etkinlik-1a

Etkinlik 1a'da öğrencilere beher kap, oyun hamuru, renkli kalem, kâğıt ve yeteri kadar su verilir. Öğrenciler beher kabın içine, rastgele bir seviyeye kadar su doldurur. Beher kaplardaki su seviyesini renkli kalemle işaretlemeleri istenir. Renkli kalemle işaretledikleri su seviyesini kâğıtlarına kaydederler. Öğrencilerden kendilerine verilen oyun hamurlarını beher kap içindeki suya atmaları istenir. Öğrenciler değişen su seviyesini renkli kalemle işaretleyip, etkinlik kâğıtlarına kaydederler. Öğrencilerden, elde ettikleri verilere dayanarak, iki su seviyesi arasındaki farkın ne kadar olduğunu bulmaları beklenir. Etkinliğin ikinci kısmında kendilerine verilen oyun hamurlarından

istedikleri bir şekil oluşturmaları istenir. Şekil verdikleri oyun hamurları tekrar beher kaptaki su içine atılır. Öğrencilerin bir önceki durumda gözlemledikleri su seviyesi farkını ikinci durumda da gözlemlmeleri sağlanır. Öğrencilere her iki durumda da oluşan su seviyesi farkının niçin oluşmuş olabileceği sorulur.

Bu deneyde cisimlerdeki fiziksel değişikliklerin cisimlerin hacmini değiştirmedeği bilgisini öğrencilerin kazanması hedeflenmiştir.

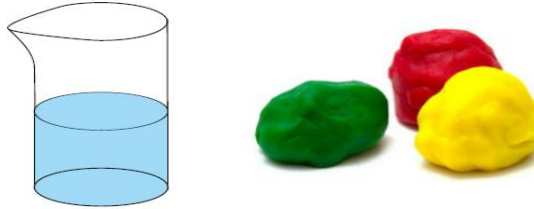
Tablo 2.3'te etkinlik 1a sürecinde kullanılan araç-gereçler ve yapım aşamaları bilgisine yer verilmiştir.

Tablo 2.3. Etkinlik-1a süreci

ARAÇ –GEREÇLER: Farklı renklerde oyun hamurları, Legolar, beherglas, dereceli silindir, su, kâğıt, kalem

YAPIM AŞAMALARI:

- 1 – Öğrenciler iki gruba ayrılır.
- 2 – Gruplara eşit büyüklükte oyun hamuru ve eşit büyüklükte beherglaslar içinde bir miktar su verilir.
- 3 – Her iki grup beherglas içindeki su seviyesini renkli kalemle işaretler.
- 4 – Birinci grup oyun hamurunu, şeklini bozmadan, beherglas içine atar ve suyun yeni seviyesini renkli kalemle işaretler.
- 5 – İkinci grup oyun hamurundan herhangi bir şekil oluşturur, hamuru suyun içine atar ve yeni su seviyesini renkli kalemle işaretler.
- 6 – Her iki grup, işaretlemiş oldukları su seviyeleri arasındaki farkı cetvel ile ölçer.
- 7 – İki ölçüm sonucu karşılaştırılır.



Beher Kap ve Oyun Hamurları

2.6.2.2. Etkinlik-1b

Etkinlik 1b'de öğrencilere dereceli silindir, onluk taban bloğu (10 cm^3) ve bir miktar su verilir. Öğrencilerden suyu belirli bir seviyeye kadar dereceli silindire dökerek su seviyesini kaydetmeleri ve onluk taban bloğunu hiçbir yeri suyun dışında kalmayacak şekilde suyun içine atmaları istenir. Yeni su seviyeleri kaydedilir. Su seviyesindeki değişim ve bu değişimin sebepleri sorulur. Etkinliğin ikinci bölümünde öğrenciler dereceli silindirlerin içine tekrar belirli bir seviyeye kadar su doldurup, suyun

seviyesini kaydederler. Bu kez suyun içine 1cm³'lük 10 blok atılır ve oluşan yeni su seviyesi kaydedilir. Su seviyesindeki değişim hesaplanıp bir önceki etkinlikte elde edilen seviye farkıyla karşılaştırılır.

Bu deneyde cisimlerin fiziksel olarak parçalara ayrılrsa bile toplamda hacminin değişmediği bilgisinin kazanılması hedeflenmiştir.

Tablo 2.4.'te etkinlik 1b sürecinde kullanılan araç-gereçler ve yapım aşamaları bilgisine yer verilmiştir.

Tablo 2.4. Etkinlik-1b süreci

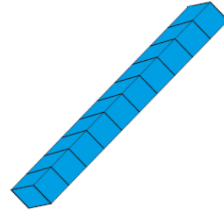
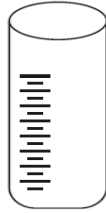
ARAÇ –GEREÇLER: Onluk taban blokları, dereceli silindir, kâğıt, kalem

YAPIM AŞAMALARI:

- 1 – Öğrenciler iki gruba ayrılır.
- 2 – Dereceli silindire belli miktarda su koyulması ve seviyesinin kaydedilmesi istenir.
- 3 – Onluk taban bloğu suyun içine atılır ve yeni oluşan seviye kaydedilir.
- 4 – Su seviyesindeki fark hesaplanır, onluk bloklar suyun içinden çıkartılır.
- 5 - Dereceli silindire belli miktarda su koyulması ve seviyesinin kaydedilmesi istenir.
- 6 – Suyun içine 1cm³'lük 10 blok atılır ve oluşan yeni su seviyesini kaydedilir.

TARTIŞMA SORULARI:

- 1 – Su seviyelerindeki değişimin sebebi nedir?
- 2- Onluk taban blokları bütün şeklinde atmakla, birer birer atmanın sonucunda neler oluşmuştur?



Dereceli Silindir ve Onluk
Taban Bloğu

2.6.2.3. Etkinlik-2

Baykul (2009, s. 441)'un Ortaokulda Matematik Öğretimi kitabı incelenerek oluşturulan bu etkinlikte öğrencilere düzgün şekilli olmayan taş, dereceli silindir, renkli kalem ve bir miktar su verilir. Dereceli silindir önce bir miktar su ile doldurulup seviyesi işaretlenir. Sonra düzgün şekilli olmayan taş dereceli silindirin içine atılır ve yeni oluşan su seviyesi kaydedilir. Öğrencilerden bu seviye farkının sebebi tartışılması istenir.

Bu deneydeki amaç düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacmini bulmak için cismi su gibi maddenin içine atıp yer değiştirdiği sıvı miktarının hacim olduğu bilgisini

öğrencilere kazandırmaktır. Tablo 2.5.'te etkinlik 2 sürecinde kullanılan araç-gereçler ve yapım aşamaları bilgisine yer verilmiştir.

Tablo 2.5. Etkinlik-2 süreci

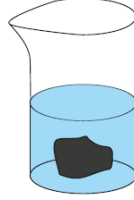
ARAÇ – GEREÇLER: Düzgün biçimli olmayan bir taş, su, dereceli silindir.

YAPIM AŞAMALARI:

- 1 – Dereceli silindire belli bir seviyeye kadar su konulur.
- 2 – Öğrenciler suyun seviyesini kaydederler.
- 3 – Taş dereceli silindirin içine atılır, suyun seviyesindeki değişim gözlemlenir.
- 4 – Suyun yeni seviyesi kaydedilir.

TARTIŞMA SORULARI:

- 1 – Suyun seviyesi neden değişti?
- 2 – Seviye değişikliğinin taşın hacmi ile ilgisi var mıdır?
- 3 – Sizce taşın hacmi ne kadardır?
- 4 – Düzgün olmayan bütün cisimlerin hacimleri bu yöntemle ölçülebilir mi?



Beher kap içindeki
suya atılmış taş

2.6.2.4. Etkinlik-3

Etkinlik 3'de hacmi aynı fakat şekli farklı kaplar verilir. Öğrencilere bu kapların hacimlerinin nasıl ölçülebileceği ve hangi kabın daha fazla su alabileceği hakkındaki düşünceleri sorulur. Kaplar hiç boşluk kalmayacak şekilde su ile doldurulur. Kapların içindeki su dereceli silindirin içine aktarılır. Sonuçların karşılaştırılması istenir.

Bu deneydeki amaç hem Piaget'in iç hacim tanımı desteklemek hem de farklı görünüşteki cisimlerin hacimlerinin birbirleri ile eş olabileceği bilgisidir. Tablo 2.6.'da etkinlik 3 sürecinde kullanılan araç-gereçler ve yapım aşamasına yer verilmiştir.

Tablo 2.6. Etkinlik-3 süreci

ARAÇ – GEREÇLER: Su, Hacimleri aynı fakat şekilleri farklı bardaklar, dereceli silindir

YAPIM AŞAMALARI:

- 1- Bardaklar su ile doldurulur.
- 2 – Bardaklardaki sular dereceli silindire boşaltılır.
- 3 – Suyun seviyesi ölçülür ve kaydedilir.

TARTIŞMA SORULARI:

- 1 – Size göre bardağın hacmi ne kadardır?

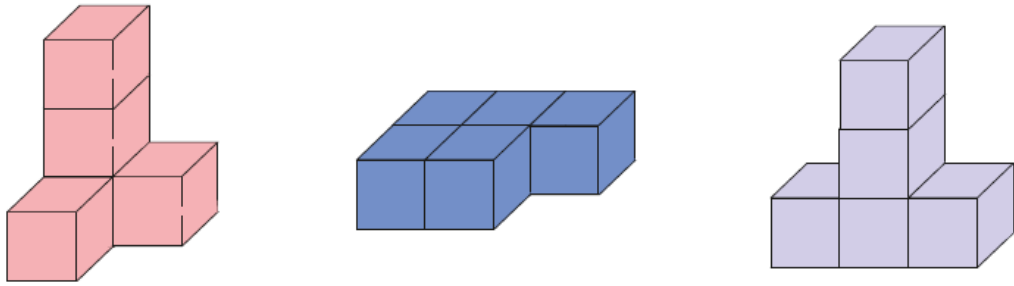
2- Şekilleri farklı olsa da bardakların hacimlerini karşılaştırın



Aynı hacme sahip farklı kaplar.

2.6.2.5. Etkinlik-4

Etkinlik 4'te öğrencilere belli bir sayıda küp şeker verilir. Küp şekerlerle istedikleri bir yapıyı oluşturmaları istenir. Oluşan yapıların hacimlerinin aynı, görüşlerinin farklı olmasının tartışılması istenir. Şekil 2.4.'te eşit sayıda birim küp kullanılarak yapılabilecek farklı görünüme sahip olan yapı örneklerine yer verilmiştir.



Şekil 2.3. Eşit sayıda birim küpten oluşan farklı görünüme sahip yapılar

Tablo 2.7'de etkinlik 4 sürecinde kullanılan araç-gereçler ve yapım aşamasına yer verilmiştir.

Tablo 2.7. Etkinlik-4 süreci

ARAÇ – GEREÇLER: 20 adet küp şeker

YAPIM AŞAMALARI:

1- Verilen küp şekerler ile bir şekil yapılır

TARTIŞMA SORULARI:

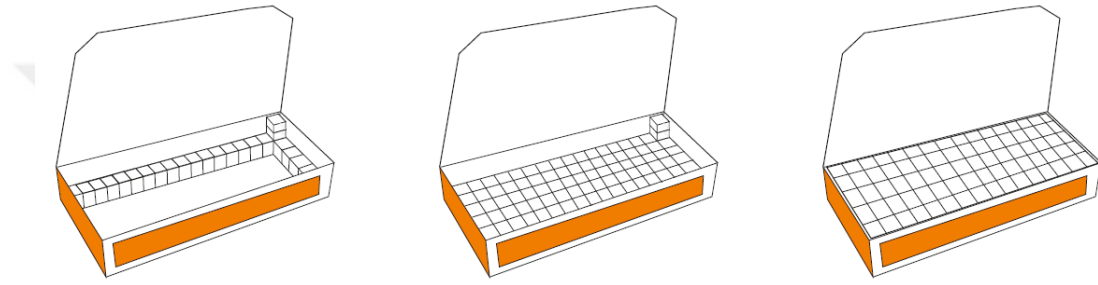
1 – Oluşturulan yapıların hacimleri ne kadardır?

2- Hacimlerinin aynı görüşlerinin farklı olmasının sebebi ne olabilir?

Bu deneyin amacı hem farklı görünümlere sahip yapıların aynı hacme sahip olabileceğini göstermek hem de birim kavramına giriş yapmaktır.

2.6.2.6. Etkinlik-5

Etkinlik 5'te öğrencilere küp şekerler, dikdörtgenler prizması şeklinde kaplar verilir. Önce kaplar küp şekerlerle tamamen doldurulur. Küp şekerin ve küp şeker sayısının neyi ifade ettiğinin tartışılması istenir. Sonra dikdörtgen prizması şeklindeki kabın tabanı ve istenilen bir köşesi küp şekerle doldurulur. Oluşan durumun bir önceki durumla karşılaştırılıp bağlantı kurulması sağlanır. Etkinliğin son bölümünde dikdörtgenler prizması şeklindeki kabın farklı 3 ayrıtı boyunca küp şekerler yerleştirilir. Ve önceki durumlarla olan bağlantının tartışılması istenir.



Şekil 2.4. Küp şeker kutuları

Bu deneyin amacı öğrencilerin Cavalieri formülünü keşfetmeleridir. Bu nedenle deney aşama aşama uygulanmıştır.

Tablo 2.8.'de etkinlik 5 sürecinde kullanılan araç-gereçler ve yapım aşamasına yer verilmiştir.

Tablo 2.8. Etkinlik-5 süreci

ARAÇ – GEREÇLER: Küp şekerler, çeşitli büyüklüklerdeki kutular

YAPIM AŞAMALARI:

1 – Kutuların içi hiç boşluk kalmayacak şekilde küp şekerle doldurulur.

2 – Küp şekerler sayılır ve sayısı kaydedilir.

3 – Kutular boşaltılır.

4 – Kutunun tabanı boşluk kalmayacak biçimde küp şekerle doldurulur.

5 – Kutunun köşelerinden bir tanesi seçilerek bu köşeye kutunun ağız seviyesine kadar küp şeker dizilir.

6 - Tabana koydukları küp şeker miktarı ile köşelerden birine dizdikleri küp şeker miktarı kaydedilir.

7 – Tabana koydukları küp şeker miktarı ile köşelerden birine dizdikleri küp şeker miktarının, ilk kaydettikleri şeker miktarıyla ilgisi sezdirilmeye çalışılır.

8 – Kutu tekrar boşaltılır.

9 – Bu kez, taban doldurulmadan, kutunun ayrıtları boyunca küp şekerler dizilir.

10 – Ayrıtlar boyunca dizilen şeker miktarlarının 1. ve 2. durumlarda kaydedilen şeker miktarları ile ilgisi sezdirilmeye çalışılır.

TARTIŞMA SORULARI:

-
- 1 – Üç durumda elde edilen küp şeker sayılarının kutunun hacmiyle ilişkisi nedir?
 - 2- Bütün kutular için hacmi hesaplayabileceğimiz bir genelleme oluşturulabilir mi?
-

2.6.2.7. Etkinlik-6

Etkinlik 6’da öğrencilere dikdörtgenler prizması şeklinde bir cisim, cetvel, dereceli silindir, renkli kalem ve yeterince su verilir. Önce dereceli silindirin içine bir miktar su koyulur ve su seviyesi kaydedilir. Dikdörtgenler prizması şeklindeki cisim suya atılır ve oluşan yeni su seviyesi kaydedilir. Aradaki oluşan fark bulunur. Etkinliğin 2. kısmında dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin en, boy, yükseklik değerleri ölçülüp Cavalieri formülü ile hacmi hesaplanır. Sonuçların karşılaştırılması istenir.

Bu deneyin amacı öğrencilerin cisimlerin hacimlerinin hem formül yoluyla hem de formül kullanmadan da hesaplanabilir olduğunun bilgisinin keşfetmeleridir.

Tablo 2.9.’da etkinlik 6 sürecinde kullanılan araç-gereçler ve yapım aşamasına yer verilmiştir.

Tablo 2.9. Etkinlik-6 süreci

ARAÇ – GEREÇLER: Dikdörtgenler prizması şeklinde bir cisim, cetvel, dereceli silindir, renkli kalem, Kâğıt ve su
YAPIM AŞAMALARI:
1- Dereceli silindirin içine bir miktar su koyulur ve su seviyesi kaydedilir.
2- Dikdörtgenler prizması şeklindeki cisim suya atılır ve oluşan yeni su seviyesi kaydedilir.
3- Su seviyeler arasında oluşan fark bulunur.
4- Dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin en, boy, yükseklik değerleri ölçülür.
5- Dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin hacmi hesaplanır.
TARTIŞMA SORULARI:
1- Dikdörtgenler prizması şeklindeki cismi suya atıldığında elde edilen sonuç ile cismin en, boy, yüksekliğini çarpıldığında elde edilen sonucunu karşılaştırın.

2.7. Veri Analizi

Araştırmada toplanan veriler analiz edilmeden önce, etkinlikler esnasında ve klinik görüşmeler ile elde edilen verilerin dökümü ve kontrolü yapılmıştır. Bu dökümlerde öğrencilerin konuşmalarına hiçbir düzeltme yapılmamıştır.

Araştırmada nitel analiz yöntemlerinden tematik analiz yöntemi kullanılmıştır. Temalar, katılımcının görüşme esnasında kullandığı ifadelerden oluşturulabileceği gibi araştırmacının, alandaki bilgi donanımına dayanarak verilerde olan bilgilere adlar vermesiyle de oluşturulabilir (Patton, 1990).

Tematik analiz yönteminde görüşme verilerinin dökümleri birkaç kez okunur ve ifadeler anlamlandırmaya çalışılır. Daha sonra kodlamaya geçilir. Kodlama sırasında birbiri ile bağlantılı kısımlar bir araya getirilip, geçici temalar oluşturulur. Her tema toplanan veri seti ve kodlar ile ilişkilendirilir. Oluşturulan temalar anlamlandırılır ve tanımlanır (Ersoy, 2013).

Bu araştırmada araştırmacı ve bir alan uzmanı birbirinden bağımsız olarak kavramsal çerçeveyi de dikkate alarak temalar ve alt temalar belirlemiştir. Veriler bir araya getirilip ortak yönler bulunmaya çalışılmıştır. Daha sonra temalar ve alt temalar birbiri ile anlamlı bir bütün haline getirilmiştir. Son olarak temalar ve alt temalar tablolar, diyagramlar ve öğrenci kağıtlarından alınan doğrudan alıntılar ile desteklenmiştir.

2.8. Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenilirliği

Bilimsel araştırmalarda araştırma sürecinin açık ve ayrıntılı tanımlanması araştırmanın geçerliliği ve güvenilirliği ile sağlanır. Bu bağlamda Yıldırım ve Şimşek'e (2005) göre geçerlilik ve güvenilirliği sağlayan faktörler iç geçerlik yerine inandırıcılık, dış geçerlik yerine aktarılabilirlik, iç güvenilirlik yerine tutarlık, dış güvenilirlik yerine teyit edilebilirliktir (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

Araştırmanın inandırıcılığını artırmak amacıyla öğrencilere not verilmemiş, araştırmacılara zaman kısıtlaması getirilmemiş ve katılımcılarla sürekli iletişim içinde olunmuştur. Verilerin analizi sonucunda elde edilen bulguları desteklemek amacıyla öğrenci diyalogları, öğrenci etkinlik kağıtları, araştırmacı gözlemleri, klinik görüşme dökümleri, yazılı uygulama verileri bir bütün halinde değerlendirilerek birbirlerini destekleyecek şekilde sunulmuştur. Nitel araştırmalarda geçerliliği sağlamak amacıyla tavsiye edilen ve çoklu veri toplamayı içeren üçleme gerçekleştirilmiştir (Cresswell, 2013). Araştırmada ayrıntılı betimlemeler ve doğrudan alıntılarla aktarılabilirlik sağlanmıştır. Araştırma tutarlık ve teyit incelemesinin sağlanması için farklı iki matematik eğitimcisi tarafından veriler ve kodlamalar incelenmiştir.

3. BULGULAR VE YORUM

Bu bölümde, ortaokul altıncı sınıf öğrencilerinin hacim kavramını algılama, farklı hacim tanımlarının eşliği ve formülleştirme ile ilgili bir öğretim süreci ve bu süreçte kullandıkları stratejileri belirlemek amacıyla yapılan araştırma sürecinden elde edilen verilerin analizi sonucunda ortaya çıkan bulgulara ve yorumlarına yer verilmiştir. Ayrıca öğretim süreci sonunda yapılan 10 adet açık uçlu sorudan oluşan yazılı uygulamaya ait bulgular ve yorumlara yer verilmiştir. Öğretim sürecine katılan 7 öğrenci Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7 şeklinde kodlanmıştır.

3.1. Birinci Aşama-Hacmin Korunumu

Bu bölümde Piaget'in hacim korunumunu destekleyen iki adet deneye yer verilecektir.

3.1.1. Fiziksel değişiklerin hacim ile ilişkisi

Bir cismin şeklinin değişmesinin hacmini değiştirmedığının anlaşılmasının amaçlandığı etkinlik 1a'da öğrenciler üç gruba ayrıldı. Her gruba beher kap, oyun hamuru, renkli kalem, kâğıt ve yeteri kadar su verildi. Öğrenciler beher kabın içine, rastgele bir seviyeye kadar su doldurdu. Her gruptan, beher kaplardaki su seviyesini renkli kalemle işaretlemeleri istendi. Öğrenciler renkli kalemle işaretledikleri su seviyesini kâğıtlarına kaydettiler. Öğrencilerden kendilerine verilen oyun hamurlarını beher kap içindeki suya atmalarını istendi. Daha sonra öğrenciler değişen su seviyesini renkli kalemle işaretlediler ve etkinlik kâğıtlarına kaydettiler. Öğrencilerden, elde ettikleri verilere dayanarak, iki su seviyesi arasındaki farkın ne kadar olduğunu bulmaları beklendi.

İkinci durumda öğrencilerin su içindeki oyun hamurlarını çıkararak bu oyun hamurlarından istedikleri bir şekil oluşturmaları istendi. Gruplardan biri çivi, biri mikrofon, üçüncüsü ise silindir oluşturdu. Daha sonra şekil verdikleri oyun hamurlarını tekrar beher kaptaki su içine attılar. Öğrencilerin bir önceki durumda gözlemledikleri su seviyesi farkını ikinci durumda da gözlemlmeleri sağlandı.

Görsel 3.1'de oyun hamurunun ilk ve son hallerinin hacimlerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Görsel 3.1. Oyun hamurunun ilk ve son halinin hacim karşılaştırması

Öğrencilere her iki durumda da oluşan su seviyesi farkının niçin oluşmuş olabileceği soruldu ve etkinlik esnasında aşağıdaki yanıtlara ulaşıldı:

Öğretmen: ... yazmanızı istiyorum yeni oluşan su seviyesini. Ve aradaki farka bakın bakalım ne kadar bir fark oluşmuş kendiniz yazın oraya. Evet. Şimdi 2. aşamamıza geliyoruz. Oyun hamurlarını suyun içinden çıkarmanızı istiyorum. Evet çıkardınız. Şimdi istediğiniz şekli yapın. Canavar mı yaparsınız, çiçek mi yaparsınız istediğiniz şekli yapın. Değişik şekiller yapmanızı istiyorum. Ne yaptın sen?

Öğrenci: Mikrofon.

Öğrenci: Çivi.

Öğrenci: Top

Öğretmen: Şeklini bayağı değiştirdiniz değil mi? Tamam çok güzel. Şimdi, suların seviyesi yine aynı seviyesine indi değil mi siz suyu aldığınız zaman?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Peki. Oyun hamurlarının şeklini değiştirdiniz. İlk yaptığınız oyun hamurlarıyla alakası yok değil mi? Sizin öyle miydi Ö2 yine böyle top şeklinde miydi?

Öğrenci: Yuvarlaktı.

Öğretmen: Farklı bir şey yapın şimdi. Evet, şimdi herkesin oyun hamuru ilk yaptığı şekilden farklı mı?

Evet.

Öğretmen: Şimdi suyun içine atmanızı istiyorum. Tam girmesi lazım. Peki şimdi nereye geldi?

Öğrenci: Aynı yere.

Öğretmen: Aynı yere geldi peki, çok güzel. Şimdi su seviyesindeki bu değişiklik, oyun hamurunu attığınızda su seviyesinde bir değişiklik oldu değil mi?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Şimdi isteyenlerin konuşmasını istiyorum. Sizce bu oyun hamurunu suyun içine attığımız zamanki değişikliğin sebebi ne olabilir? Bunun üzerine konuşacağız. Evet, Ö6?

Öğrenci: Bence hacim olabilir. Oyun hamurunun hacmi olabilir.

Öğretmen: Ö7?

Öğrenci: Öğretmenim suyun hacmiyle onun hacmi birleştiğinde başka bir hacim oluşturdular demek istiyorum ben.

Öğretmen: Konuşmak isteyen var mı aranızda? Tamam?

Öğrenci: Bence suyun içinde oyun hamurunun kapladığı yerle alakalı değişim.

Öğretmen: Çok güzel. Var mı konuşmak isteyen aranızda? Peki, şunu soracağım size: oyun hamurunu önce bir attık değil mi? Sonra onun üstünde fiziksel bir değişiklik yaptık değiştirdik. Sonra ne oldu bu hacmini değiştirdi mi sizce?

Öğrenci: Hayır.

Öğretmen: Hayır diyenlerden biri konuşsun. Evet, Ö2?

Öğrenci: Öğretmenim oyun hamuru oyun hamuru yani başka bir madde atmadık. Şekil değişse de oyun hamuru yani.

Öğretmen: Evet. Ö3 sen de konuşmak istiyordun?

Öğrenci: Aynı şekilde yani şeklini değiştirdik sadece ama yine oyun hamuru içindeki.

Öğretmen: Buna hacimle bağlantı kurabilir misiniz?

Öğrenci: Öğretmenim hacim bir yerde kapladığı alandır. Oyun hamuru da kapladığı alan değişmediği için olabilir.

Öğretmen: Yani siz oyun hamurunun şeklini değiştirdiniz fakat ne oldu yine bu farklar

Öğrenci: Hacmi aynı kaldı.

Öğrenci: Hacmi aynı. Sadece şekli farklı.

Öğretmen: Evet. Çok güzel.

Aşağıda oyun hamuru etkinliğinde bir gruba ait, su seviyesindeki değişimi gösteren hesaplamalar görülmektedir. Öğrenciler su seviyesindeki değişimi hesaplamıştır. Daha sonra oyun hamurunun şeklini değiştirip tekrar suya attıktan sonra su seviyesindeki farkın aynı olduğunu görmüşler ve bu durumu sözel olarak ifade etmişlerdir.

Görsel 3.2.'de bir gruba ait oyun hamuru etkinliğindeki hacim hesabı görülmektedir.

ETKİNLİK 1A

$$\begin{aligned} &280 \text{ cm}^3 \\ &320 \text{ cm}^3 \\ &\text{Fark} = 40 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Görsel 3.2. Bir gruba ait oyun hamuru etkinliği hacim hesabı

Ö1

Öğrenci cismin şeklinde değişiklik olsa da hacminin aynı kaldığını ifade etmiştir. Ayrıca oyun hamuru suyun içine atıldığı zaman suyun seviyesindeki değişikliği suyun hacmi ile oyun hamurunun hacminin birleşmesi olarak yorumlamıştır.

Öğrenci: Cisim ayrılrsa da farklı şekillere girse de hacmi hiç değişmiyor, hep aynı kalıyor.

Öğretmen: Evet. Peki, oyun hamurunu suyun içine attık. Suyun seviyesi değişti. Neden değişmiş olabilir suyun seviyesi?

Öğrenci: Suyun hacmiyle oyun hamurunun hacmi birleştiği için olabilir. Onun için yükselmiş olabilir.

Ö2

Öğrenci hacim korunumu ile ilgili şekil değişikliği olsa da hacminin aynı kaldığını ifade etmiştir.

Öğrenci: Mesela şekli değişse de hacmi aynı. Durumu değişse de hacmi aynı. : Öğretmenim oyun hamuru oyun hamuru yani başka bir madde atmadık. Şekil değişse de oyun hamuru yani.

Ö3

Öğrenci bir cismin fiziksel olarak değişikliğe uğrasa da hacmin aynı kaldığını ifade etmiştir. Ayrıca suyun içine atılan oyun hamurunun su seviyesindeki artışa sebep olduğunu ve artışın oyun hamurunun hacmi olduğunu söylemiştir.

Öğrenci: Deneylerde öncelikle fiziksel değişimin hacme etkisi olmadığını gözlemledik. Çünkü oyun hamuru attığımızda yine aynı sonuca ulaştık hacim olarak. Aynı şekilde oyun hamurunun da şeklini değiştirdiğimizde yine suyun içine attığımızda aynı şekilde yükseldi suyun seviyesi yani hacmi yine aynı kaldı. Aynı maddeden yapılmış şeylerin şekli farklı olsa da hacimleri aynı oluyormuş onu öğrendim.

Öğretmen: Peki, bir şey soracağım. Beherglassın içine belirli bir miktar suyu koyduk oyun hamurunu attık içine onu. Suyun seviyesi değişti arada bir fark oluştu. Bu fark ne olabilir?

Öğrenci: Bu fark oyun hamurunun suyun içindeki hacmi.

Ö4

Öğrenci cisimlerin şekilleri değiştiğinde hacimlerinin aynı kaldığını ifade ederek hacim korunumu algıladığını göstermektedir.

Öğretmen: Ö4, ne yaptık bu etkinlik hakkında neler öğrendin?

Öğrenci: Normal bir oyun hamurunu suyun içine attığımızda hacminin arttığını, oyun hamurunun şeklini değiştirdiğimizde hacminin aynı olduğunu gözlemledik.

Öğretmen: Peki, ‘oyun hamurunu suyun içine attık suyun seviyesi yükseldi’ ne demek bu?

Öğrenci: Hacminin arttığının göstergesi.

Öğretmen: Neyin hacmi artıyor?

Öğrenci: Oyun hamuru suyun hacmini artırıyor.

Ö5

Öğrenci bir cismin fiziksel olarak değişikliğe uğrasa da hacmin aynı kaldığını ifade etmiştir.

Öğrenci: Ben deneylerde hacmin fiziksel değişiklik olduğunda da değişmediğini anladım.

Öğretmen: Çok güzel. Diyorsun ki bir cismin şeklinin fiziksel değişikliğe uğraması hacmini değiştirmiyor. Peki, mesela oyun hamurunu atınca suyla ilgili bir değişiklik oldu, ne oldu?

Öğrenci: Evet, oyun hamurunun hacmi ile suyun hacmi birleşerek büyük bir hacim oluşturdu.

Ö6

Fiziksel olarak değişikliğin bir cismin hacmini değiştirmediyi ifade etmiştir.

Öğrenci: Şimdi ben bu deney sonucunda hacmin nasıl hesaplandığını öğrendim. Ve şekil değişse bile ağırlık değişmediği için hacimde bir farklılık olmadığını gördüm.

Öğretmen: Çok güzel. Peki, şekil değişiyor değil mi? Şekil değiştiği zaman hacim ne oluyor?

Öğrenci: Fiziksel değişime uğruyor yani bir şey olmuyor.

Öğretmen: Hacim aynı mı kalıyor?

Öğrenci: Evet, hacim aynı kalıyor.

Ö7

Öğrenci önce hacim hesaplanması ile ilgili ifadeler kullanmış ve hacmi tanımlama yoluna gitmiştir.

Öğretmen: Ö7, 2 tane deney yaptık bu deneylerde ne anladın?

Öğrenci: Bu deneylerde hacmi öğrendim.

Öğretmen: Hacim ne demek?

Öğrenci: Bir suyun ya da bir balonun içine konulan hava miktarı mesela. Ya da bir kabın içine koyduğumuz su.

Öğretmen: Bu deneylerde yaptığımız hacimler nelerdi?

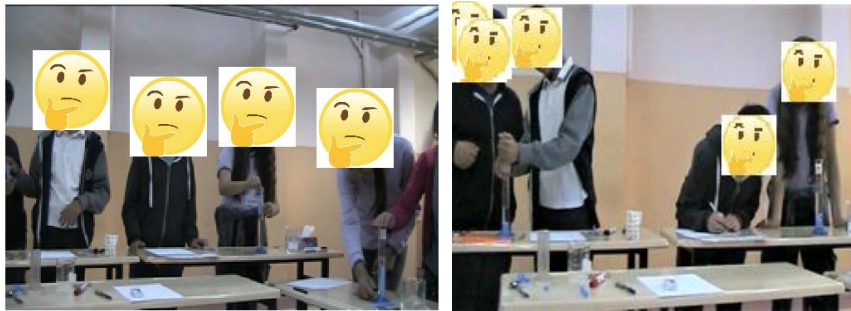
Öğrenci: Beherglasın içindeki su, onun içine attığımız oyun hamuru.

Öğretmen: Nasıl buldun bu oyun hamurunun hacmini?

Öğrenci: Kabın içine attık ilk önce oyun hamurunu. Beherglas 280'di oyun hamurunu atınca 320 oldu. Farkını alınca 40 santimetreküp olarak hacmini bulduk.

Bir cismin bütün hali ile parçalara ayrılmış halinin hacimlerinin eşit olduğunun anlaşılması hedeflenen etkinlik 1b'de, ilk olarak öğrencilere dereceli silindir, onluk taban bloğu (10 cm^3) ve bir miktar su verildi. Öğrencilerden suyu belirli bir seviyeye kadar dereceli silindire dökerek su seviyesini kaydetmeleri ve daha sonra onluk taban bloğunu suyun içine, hiçbir yeri suyun dışında kalmayacak şekilde atmaları istendi. Öğrenciler böylelikle su seviyesindeki değişimi gördüler ve yeni su seviyelerini kaydetttiler.

Görsel 3.3.'de onluk taban bloklarının önce bütün halinin daha sonra parçalanmış halinin hacim karşılaştırılması gösterilmektedir.



Görsel 3.3. Onluk taban bloklarının bütün ve parçalanmış halinin hacim karşılaştırması

Öğretmen: Evet arkadaşlar şimdi etkinlik 1B'ye geldik. Etkinlik 1B'de beherglasların içindeki suyun bir miktarını dereceli silindire dökmenizi istiyorum önce. İstedığınız miktar dökün. Yalnız net ölçebileceğiniz miktar olsun. Şimdi herkes dereceli silindirde kaç santimetreküp su koyduysa kağıtlarına yazmanızı istiyorum. İşaretlemenize gerek yok. İşaretli zaten o. Çocuklar aldınız mı notları.

Öğrenci : Evet.

Öğretmen : Tamam. Şimdi, sizden 10'luk taban bloğunuzu suyunuzun içine atmanızı istiyorum. Arada bir fark oluştu değil mi?

Öğrenci : Evet.

Öğretmen : Yeni ölçümünüzü kağıdınıza yazmanızı istiyorum. Evet. Şimdi, aradaki farkı hesaplamanızı istiyorum. Kaç dedin İremcim?

Öğrenci : 10 santimetreküp.

Öğretmen : Peki bu 10 santimetreküp ne olabilir sizce? Ö3?

Öğrenci : 10'luk taban bloğunun suyun içinde kapladığı hacim.

Öğretmen : Evet. Sizler de mi aynı şeyi düşünüyorsunuz?

Öğrenci : Evet.

Daha sonra öğrenciler dereceli silindirlerin içine tekrar belirli bir seviyeye kadar su doldurup, suyun seviyesini kaydettiler. Bu kez suyun içine 1cm³'lük 10 blok attılar ve oluşan yeni su seviyesini kaydettiler. Su seviyesindeki değişimi hesaplayarak bir önceki etkinlikte elde edilen seviye farkıyla aynı olduğunu gördüler. Öğrenciler bu durumu şu şekilde değerlendirdiler.

Öğretmen: Çok güzel. Peki, şimdi sizden 10'luk taban bloğunu çıkarmanızı istiyorum sudan. Şöyle yapabilirsiniz suyu dökün beherglaslarınızın içine tamamen. Peki, şimdi yeniden istediğiniz kadar dereceli silindirin içine su koymanızı istiyorum. Farklılık oldu aynısını yapmak zorunda değilsiniz istediğiniz kadar koydunuz. Şimdi çocuklar, 1'likleri atmanızı istiyorum.

Öğrenci: Hepsini mi?

Öğretmen: Hepsini. İlk ölçümü kaydettiniz değil mi? Peki, şimdi attıktan sonra oluşan yeni ölçümü kaydetmenizi istiyorum. Ve aradaki farkı hesaplamanızı istiyorum. Sonra şeyi düşünmenizi istiyorum, bunu attığınız zamanki oluşan farkla bunu attığınız zaman oluşan farkı karşılaştırmanızı istiyorum.

Öğrenci: Aynı çıktı.

Öğretmen: Aynı çıktı. Şimdi bununla ilgili konuşacağız. Acaba neden aynı çıkmış olabilir? Evet, Ö7?

Öğrenci: Hocam bu da oyun hamuru deneyi gibiydi, hiç hacmimiz değişmedi. Hacmimiz aynıydı. Hacim üzerine hacim ekledik gene aynı sonucu bulduk.

Öğretmen: Çok güzel. Ö2?

Öğrenci: Oyun hamuru gibi evet bu sadece bölündü, yani parçalara ayrıldı sadece.

Öğretmen: Fiziksel değişime mi uğradı?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Peki, sonuç ne oldu?

Öğrenci: Sonuç yine aynı çıktı.

Öğretmen: Ö6?

Öğrenci: Yine Ö2'nin dediği gibi her biri ayrıldı, bu sefer birim 1 santimetreküp oldu. 6 tane atarsak 6 santimetreküp olacak. Kaç tane atarsak ona göre değişecek.

Öğretmen: Güzel. Ö1?

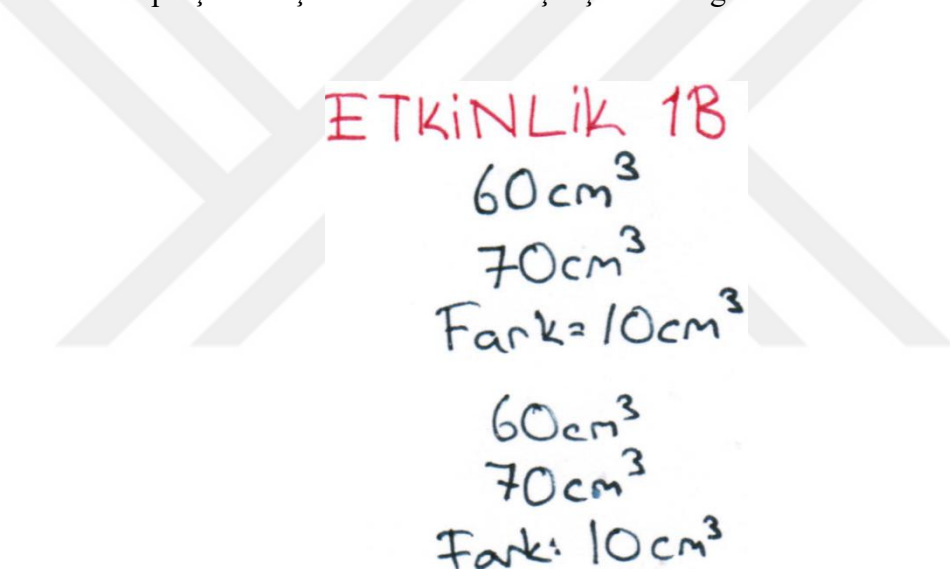
Öğrenci: Öğretmenim 10 birim küpü parçalara ayırdık ama yine de hacmi değişmedi. Çıkan sonuç aynı oldu.

Öğrenci: Bu birim küpler birleştiğinde zaten 10'luk taban bloğunu oluşturuyorlar.

Öğrenciler dereceli silindire 60 cm^3 su doldurduktan sonra onluk taban bloğunu bütün olarak suya attılar. Son durumda suyun hacminin 70 cm^3 olduğunu gördüler. İki ölçüm arasındaki farkın suya atılan cismin hacmi olduğunu ifade ettiler. Daha sonra 1 cm^3 'lük 10 parça halinde olan onluk taban bloğunu 60 cm^3 hacme sahip suya attılar ve yine ölçümün 70 cm^3 olduğunu gördüler. İki durumun sonuçlarını karşılaştıran öğrenciler sonucun aynı olduğunu farkettiler.

Yapılan bu etkinlik öğrencilerin hacmin korunumu ile ilgili bilgilerini pekiştirmiştir. Öğrenciler şekil parçalara ayrılabilir hacminin değişmeyeceğini ifade etmişlerdir.

Görsel 3.4.'te bir gruba ait öğrenci kağıtlarındaki onluk taban bloklarının bütününün ve parçalanmış halinin hacim karşılaştırılması gösterilmektedir.



Görsel 3.4. Öğrenci kağıtlarındaki onluk taban bloklarının bütününün ve parçalanmış halinin hacim karşılaştırması

Ö1

Bir cismin fiziksel olarak parçalanmasının hacmini değiştirmediğini ifade etmiştir.

Öğrenci: Cisim ayrılabilir farklı şekillere girse de hacmi hiç değişmiyor, hep aynı kalıyor.

Öğretmen: Peki, 10'luk taban blokları ve 1'lik taban blokları arasında bir deney yaptık orda neyi gözlemledin?

Öğrenci: O da aynı şekilde yani fiziksel olarak değişiyor ama hacmi yine değişmiyor.

Ö3

Öğrenci bir cismin fiziksel olarak parçalara ayrılmış hali ile bütün halinin aynı hacme sahip olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Küplerde küpleri birim küp olarak attığımızda ve hepsini 10 tane attığımızda yine aynı sonuca ulaştık hacim olarak..

Öğretmen: 10'luk taban bloğunu attık suyun içine ne oldu?

Öğrenci: Yine suyun seviyesi yükseldi yani 10'luk taban bloğu da suyun içinde bir hacme sahip.

Ö4

Bir cismin fiziksel olarak parçalanmasının hacmini değiştirmedığını ifade etmiştir.

Öğretmen: Ö7, ne yaptık bu etkinlik hakkında neler öğrendin?

Öğrenci: 10'luk birim küplerinde attığımız zaman hacim değişti ama 10 tanesini bölüp de attığımızda hacim aynı oldu. Bunun sebebi de 10'a ayrılmış küplerin de 10'luk küplerin de hacminin aynı olması.

Ö5

Öğrenci bir cismin fiziksel olarak parçalara ayrılmış hali ile bütün halinin aynı hacme sahip olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Ben deneylerde hacmin fiziksel değişiklik olduğunda da değişmediğini anladım.

Öğretmen: 10'luk taban bloklarıyla ilgili ne söylemek istersin?

Öğrenci: 10'luk taban bloklarını attığımızdaki farkla 1'lik taban bloklarını attığımız fark aynı oldu.

Ö6

Bir cismin fiziksel olarak parçalanmasının hacmini değiştirmedığını ifade etmiştir.

Öğrenci: Mesela 10'luk taban bloğunda 1 tane attık 1 santimetreküp çıktı. 10 tane attık 10 santimetreküp çıktı. 6 tane atsaydık 6, 20 tane atsaydık 20 santimetreküp çıkacaktı. Eş parçalara bölündüğü için santimetreküpleri aynı oldu.

Ö7

Öğrenci bir cismin fiziksel olarak parçalara ayrılmış hali ile bütün halinin aynı hacme sahip olduğunu ifade etmiştir.

Öğretmen: 10'luk taban blokları hakkında ne demek istersin?

Öğrenci: Silindir küpün içine belirli bir su koyduk. Bizimki 50 idi galiba. Sonra 10'luk taban bloğunu attığımızda 60 olmuştu. 60 tan 50yi çıkardığımızda 10u bulmuştuk.

Öğretmen: Peki, ne buldurdum ben size burada?

Öğrenci: 10luk taban bloğunun hacmini bulduk.

Öğretmen: Peki, fiziksel olarak 10'luk taban bloklarını bir bütün attık bir de 1'lik 1'lik attık. Bunun hakkında ne söylemek istersin?

Öğrenci: Şekil değişse de hacim değişmiyor.

Öğretim deneyinin ilk aşaması olan hacim korunumunun oluşturulmasının hedeflendiği bu iki etkinlikte, genel olarak klinik görüşmeler ile elde edilen sonuçlarda ve etkinlik esnasına dayalı gözlemler sonucunda öğrencilerin bir cismin şekli değişse de hacminin değişmediğini, fiziksel olarak bir cismin bütün hali ile parçalara ayrılmış halinin hacimlerinin eşit olduğunu kavradıkları gözlemlenmiştir. Öğrencilerle etkinlik sonunda yapılan klinik görüşmelerde hacim korunumu ile ilgili hedefe ulaşılmıştır. Planlanan öğretim deneyi döngüsündeki bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

Tablo 3.1.'de klinik görüşmelerde öğrencilerin hacim korunumu vurguladıkları ifadeler sunulmaktadır.

Tablo 3.1. Öğrencilerin hacim korunumu ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfade
Ö1	Cisim ayrılrsa da farklı şekillere girse de hacmi hiç değişmiyor.
Ö2	Şekli değişse de hacmi aynı. Durumu değişse de hacmi aynıdır.
Ö3	Fiziksel değişimin hacme etkisi olmadığını gözlemledik.
Ö4	Oyun hamurunun şeklini değiştirdiğimizde hacmi aynıdır.
Ö5	Hacim fiziksel değişiklik olduğunda da değişmiyor.
Ö6	Şekil değişse bile ağırlık değişmediği için hacimde bir farklılık olmaz.
Ö7	Şekil değişse de hacim değişmiyor.

Bunun yanı sıra bir öğrenci etkinlik esnasında santimetreküp ya da ağırlık gibi ifadeler kullanılmamasına rağmen klinik görüşmelerde santimetreküp ve ağırlık terimlerini kullanmışlardır. Bunun sebebi fen bilimleri öğretim programlarında kullanılan ağırlık kavramı ile ilişkilendirmesi olabilir.

3.2. İkinci Aşama-Farklı Hacim Tanımlarını Algılama

Bu bölümde düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini hesaplama ve farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliğine yönelik öğrenci bulgularına yer verilecektir.

3.2.1. Düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini hesaplama

Etkinlik 2'de öğrencilere düzgün şekilli olmayan taş, dereceli silindir, renkli kalem ve bir miktar su verildi. Dereceli silindir önce bir miktar su ile doldurulup seviyesi işaretlendi. Sonra düzgün şekilli olmayan taş dereceli silindirin içine atıldı ve yeni oluşan su seviyesi kaydedildi. Öğrencilerden bu seviye farkının sebebi tartışılması istendi. Uygulama esnasında öğrencilerle araştırmacı arasında aşağıdaki gibi diyalog geçmiştir:

Öğretmen: Evet, peki şimdi böylece biz neyi hesaplamış olduk? Ö6?

Öğrenci: Taşın hacmini hesaplamış olduk.

Öğretmen: Peki, bir şey soracağım size; bu yöntem sizce genel olarak ta kullanılabilir mi? Mesela düzgün şekilli olmayan cisimlerin, Ö3?

Öğrenci: Bence kullanılabilir. Çünkü dediğiniz gibi cetvelle ölçemeyeceğimiz için su yardımıyla ölçeriz.

Aynı etkinlik daha küçük bir taşla ve dereceli silindir kullanılarak tekrar edildi. Buradan öğrencilerin bu durumla ilgili bir genelleme yapmaları beklendi.

Öğretmen: Bir önceki deneyimizle bu deneyimiz arasında fark var mı sizce? Ö1?

Öğrenci: Ama yaptığımız iş aynı yani ikisini de suyun içine atıyoruz ikisi de tam bir şekli olmayan cisim ama sadece hacimleri farklı çıkıyor.

Öğretmen: Evet. Çok güzel. Konuşmak isteyen? Ö2?

Öğrenci: Hocam hacim, şekil fark etmeksizin yani şekil düzensiz de olsa düzenli de olsa suya atsak ta hacmi bulabiliriz. Bu kadar.

Görsel 3.5.'te düzgün şekilli olmayan bir cismin hacminin hesaplanması için öğrencilerin yaptıkları deneyden bir görüntüye yer verilmiştir.



Görsel 3.5. Düzgün şekilli olmayan bir cismin hacminin hesaplanması

Öğrencilere deney esnasında iki adet şekli düzgün olmayan taş verildi. Bu taşlardan birisi büyük diğeri küçüktü. Öğrenciler taşların hacimlerini ölçmek için dereceli silindirin içine istedikleri bir miktar su koydular. Seviyesini kaydedip taşı suyun içine attılar. Yeni oluşan su seviyesi gördükten sonra aradaki farkı bulup taşın hacmini buldular. İkinci taş için de aynı işlemleri uygulayıp düzgün şekilli olmayan cisimleri su gibi maddelerin içine atıp oluşan farkın şeklin hacmi olduğunu gözlemlediler.

Görsel 3.6.'da düzgün şekilli olmayan bir cismin hacminin hesaplanması ile ilgili öğrenci hacim hesabı işlemleri görülmektedir.

$$\begin{array}{l} 280 \text{ cm}^3 \\ 300 \text{ cm}^3 \\ \hline 55 \text{ cm}^3 \\ 57 \text{ cm}^3 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Fark } 20 \text{ cm}^3 \\ \text{Fark } 20 \text{ cm}^3 \end{array}$$

Görsel 3.6. Düzgün şekilli olmayan bir cismin hacminin hesaplanması ile ilgili öğrenci hacim hesabı işlemleri

Ö1

Öğrenci cisim eğer düzgün şekilli değilse suya atılıp hacmini bulabileceğimizi ifade etmiştir.

Öğretmen: Ne gördün sen bu deneyde Ö1?

Öğrenci: Düzgün şekilli değillerdi o yüzden suda yaptık yani suya attık. Farkı bulduk öyle öğrendik.

Ö2

Öğrenci düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini hesaplarken sadece suya atarak değil un, pirinç ve kuma da atılabileceğini ifade etmiştir.

Öğrenci: Taşların hacmini suya atarak ta bulabiliyormuşuz. Ve başka yöntemlerle de bulabiliyormuşuz mesela un, pirinç, kum gibi.

Öğretmen: Güzel. Peki, taşın şekli nasıldı?

Öğrenci: Yamuk yumuk yani belirsiz. Onları da suya atarak bulabiliyormuşuz.

Öğretmen: Peki, dünkü konu ile bugünkü konu arasında bir şeyler düşünebilir misin?

Öğrenci: Mesela oyun hamurunun şeklini bozmuştuk o da taş gibi oldu mesela değişik. İkisinin bağlantısı var. İkisi de yamuk şekilliydi atınca yine de bulunuyor.

Ö3

Öğrenci cisim eğer düzgün şekilli değilse suya atılıp hacmini bulabileceğimizi ifade etmiştir.

Öğretmen: Evet Ö3, bugünkü deney hakkında konuşalım. Neler öğrendin anlat bana.

Öğrenci: Bugünkü deneyde tam bir şekilleri olmayan cisimlerin de hacimlerinin olduğunu, bunun da su ve beherglaslar yardımıyla ölçebileceğimizi öğrendik.

Ö4

Öğrenci cisim eğer düzgün şekilli değilse suya atılıp hacmini bulabileceğimizi ifade etmiştir.

Öğrenci: Bugün küçük taşları dereceli silindire attık. Ve onun hacmini ölçtük. Beherglası da büyük taşı atıp onun da hacmini ölçtük. Hacimleri belli olan taşları da hacimleri bulmak için suyun hacminden çıkardık.

Öğretmen: Çok güzel.

Öğrenci: Düzgün şekilli olmayan hacim için, suyun içine attığımız zaman ölçebiliyoruz. Bir cetveller ya da başka bir şey ile ölçemediğimiz için su ile ölçüyoruz.

Ö5

Öğrenci cisim eğer düzgün şekilli değilse suya atılıp hacmini bulabileceğimizi ifade etmiştir.

Öğrenci: Dereceli silindire ve beherglası su koyduk farklı derecelerde. İçine iki tane taş attık farklı şekillerde ve farklı hacimde. Suya attık ve taşın hacmini ölçtük.

Öğretmen: Genel olarak ne söyleyebilirsin bu deney hakkında?

Öğrenci: Bir cismin şekli farklı olsa da hacmini bulabiliriz. Düzgün şekilli olmayanlarınkini bile bulabiliyoruz hacmini suya atarak.

Ö6

Öğrenci cisim eğer düzgün şekilli değilse suya atılıp hacmini bulabileceğimizi ifade etmiştir.

Öğretmen: Ö6, az önceki deneyimizi düşünmeni istiyorum senden, ne yaptık bunları anlat bize?

Öğrenci: Demin ki deneyde taşın hacmini ölçtük. Büyük taşın hacmini; beherglasın içindeki suyu ölçtük sonra büyük taşı içine attığımızda farkı gördük. O büyük taşın hacmi idi. Küçük taşı ise dereceli silindirin içine attık orada küçük taşın hacmini öğrendik.

Ö7

Öğrenci cisim eğer düzgün şekilli değilse suya atılıp hacmini bulabileceğimizi ifade etmiştir.

Öğretmen: Evet Ö7, bugünkü deney hakkında konuşalım.

Öğrenci: Bugünkü deney hakkında kısa bir özet geçerseniz, taşın hacmini bulduk kısaca. 2 tane taş koyduk dereceli silindirin içine küçük taş attık. Onun hacminin daha küçük olduğunu öğrendim ben. Bir de beherglasın içine büyük bir taş attık. İlk önce kabımızdaki ölçümüz 280di. 280 den 300'e çıktı bizimki. Arada 20 fark vardı. Yani 20 farkta taşın hacmini bulmuş olduk.

Öğretmen: Ne gördün sen bu deneyde?

Öğrenci: Şekilleri farklı olan taşlar yani arkadaşlarımdan deneylerinde iki grubun deneyi aynı çıktı. Yani 30 farkı buldular. İkisinin taşının hacmi aynıymış. Ben öyle gördüm. Ama bizimki 20 idi. Farklıydı bizimki. Onlar nasıl aynı buldu bilemiyorum ama belki taşlarda vardır belki de her taş aynı olmadığı için hacimleri farklı olabilir diye düşünüyorum.

Öğretmen: Peki, düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimleri bu yöntemle bulunabilir mi?

Öğrenci: Evet, bence bulunabilir.

Tablo 3.2.'de öğrencilerin düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini hesaplama ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler yer verilmiştir.

Tablo 3.2. Öğrencilerin düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini hesaplama ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfadeler
Ö1	Düzgün şekilli değillerdi o yüzden suda yaptık yani suya attık. Farkı bulduk
Ö2	Taşların hacmini suya atarak ta bulabiliyormuşuz. Ve başka yöntemlerle de bulabiliyormuşuz mesela un, pirinç, kum gibi.
Ö3	Tam bir şekilleri olmayan cisimlerin de hacimlerinin olduğunu, bunun da su ve beherglaslar yardımıyla ölçebileceğimizi öğrendik.
Ö4	Düzgün şekilli olmayan hacim için, suyun içine attığımız zaman ölçebiliyoruz. Bir cetvelle ya da başka bir şey ile ölçemediğimiz için su ile ölçüyoruz.
Ö5	Bir cismin şekli farklı olsa da hacmini bulabiliriz. Düzgün şekilli olmayanlarınkini bile bulabiliyoruz hacmini suya atarak.
Ö6	Büyük taşın hacmini; beherglasın içindeki suyu ölçtük sonra büyük taşı içine attığımızda farkı gördük. O büyük taşın hacmi idi. Küçük taşı ise dereceli silindirin içine attık orada küçük taşın hacmini öğrendik.
Ö7	Düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimleri suyun içine atarak bulunabilir.

Genel olarak etkinlik 2 uygulaması esnasında gözlemler ve klinik görüşmeler sonucunda öğrenciler düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimlerini bulmak için su, un, kum, pirinç gibi maddelerin içine atılarak hesap edebileceklerini kavradıkları gözlemlenmiştir.

Ayrıca bir öğrenci düzgün şekilli olmayan cisimlerin hacimleri hesaplanırken sadece su ile değil un, kum, pirinç kullanabileceğini ifade etmiştir.

3.2.2. Farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliği

Bu etkinlikte öğrenciler üç gruba ayrıldılar ve her gruba hacmi aynı fakat şekli farklı birer kap verildi. Öğrencilere bu kapların hacimlerinin nasıl ölçülebileceği hakkındaki düşünceleri soruldu.

Öğretmen: Evet arkadaşlar görmüş olduğunuz kavanozun hacmini ölçmek için ne yaparım? Ö6?

Öğrenci: Büyük bir kaba su doldurup o kavanozu onun içine attığımız zaman kaç santimetre küp yükseliyorsa ilk ölçtüğümüz sudan onu çıkarıp hacmini bulabiliriz.

Görsel 3.7.'de kavanozun hacmini hesaplamak için bir öğrencinin kavanozu doldurma işlemi görülmektedir.



Görsel 3.7. Kavanozun hacmini hesaplama

Daha sonra kabın içine su doldurup, bu suyun miktarını beher kap veya dereceli silindir yardımıyla ölçebileceğimiz şeklinde öğrenciler yönlendirildi. Gruplardan bu yöntemi kullanarak kendilerine verilen kapların hacimlerini ölçmeleri istendi. Öğrenciler ellerinde bulunan kapları ağzına kadar, hiç boşluk kalmayacak şekilde su ile doldurdular. Daha sonra kaplarının içindeki suyu dikkatlice beher kabın içine aktardılar. Bu arada gruplardan biri suyun bir kısmını behere aktarırken kaşık kullanmaya çalıştı.

Ancak yine de bir miktar suyun taşıdığını gördüler. Öğrencilerden biri bu durumu, “kaşığın da hacmi var” diyerek açıkladı.

Öğrenci: Hocam kaşığı suya soktuğumuzda yine dökülüyor, çünkü hacmi var.

Öğrenciler beherglasa aktardıkları su seviyesinin ne kadar olduğunu kâğıtlarına kaydetti. Öğretmen bu etkinlikte ne elde ettiklerini öğrencilere sordu.

Görsel 3.8.’de öğrenciler kendilerine verilen kupa ve hacmin hacmini hesaplamak için su ile doldurma işleminden bir sahne verilmiştir.

Öğrenci: Bardağın hacmini bulduk.

Öğrenci: Kavanozumuzun hacmini bulduk.

Öğrenci: Kavanozumuzun hacmini su sayesinde bulduk.

Öğrenci: Biz de bardağın hacmini bulduk.

Öğretmen: Şimdi Ö5 ve Ö3’e sormak istiyorum. Olabilir mi böyle?

Öğrenci: Olamaz diye tahmin etmiştim ama oluyor sanırım.

Öğretmen: Neden olmuş olabilir?

Öğrenci: Yani, içine kapladığı yeri bulduğumuz için aynı sonuç çıkacaktır o yüzden olabilir.



Görsel 3.8. Kupanın ve bardağın hacmini hesaplama

Öğrencilerden birisi, kapların hacmini hesaplamanın ikinci bir yolu olduğunu, bu kapları içi su dolu daha büyük bir kaba atarak su seviyesindeki değişimin kabın hacmi olacağını söyledi. Diğer öğrencilerde bu fikri desteklediler. Ancak sadece bir tanesi bu şekilde yapılan bir ölçümden aynı sonucun elde edilemeyeceğini düşündüğünü ifade etti.

Öğrenci: Yani mesela bu biraz daha büyük olsaydı bunun içine koyardık. Birimini biliyorsak hem daha az su dökülmüş olurdu hem de tam kesin bir sonuç bulurduk.

Öğretmen: Peki bir şey sormak istiyorum size hepinize. Şimdi anladınız mı Ö7’ın demek istediğini? Ö7 diyor ki az önce yaptığımız deneye benzetiyor Ö7 hani içine attık ya?

Şimdi kavanozun içine atsaydık bunu, kavanozu daha büyük bir şeyin içine atsaydık ve şu anki senin sonucunla aynı şey çıkar mıydı?

Öğrenci: Evet çıkardı. Zaten bunun hacmini bulmak için de eğer bunun içine bir şey konulabilseydi bunun içine koyardık ona dökerdik hacmini gene bulmuş olurduk. Bunu direkt attık gene bunu da atabilirdik. Ama atmadık.

Öğretmen: Ö6'ın bir düşüncesi var. Sizler aynı olduğunu düşünüyorsunuz nedenine geleceğim az sonra. Ö6 öyle olmaz diyorsun değil mi? Evet Ö6 neden öyle değil diyorsun?

Öğrenci: Bence öyle olmaz çünkü; ben şahsen kavanozun içinin hacim olduğunu düşünmüyorum. Çünkü boş içi. Kenardaki cam şeyin alanı bence hacim olabilir. Çünkü bunun içine bir sürü şey sokabiliriz yani hacim kaplayabilir.

Daha sonra öğretmen öğrencilere, kaplarımızı su yerine başka bir madde (un, kum... vs.) doldursaydık aynı sonucu elde edip edemeyeceğimizi sordu.

Öğrenci: Bence olur. Çünkü onun içine kabına doldurduğumuzda onun şeklini alır. Şeklini aldığı için de su da onun şeklini alıyor. Ve hacmini bulmuş oluruz.

Öğrenci: Öğretmenim hacim hiç değişmiyor. O yüzden gene aynı sonuca ulaşırdık. Yani dışı da içi de un da olsa su da olsa değişmiyor.

Öğretmen: Ö3?

Öğrenci: Bence değişirdi çünkü un ile su aynı madde olmadığı için. Farklı özelliklerle sahip oldukları için değişirdi bence hacmi.

Öğretmen: Ö6?

Öğrenci: Ben de Ö3'e katılıyorum. Çünkü kumu koyduğumuz zaman arasında boşluklar kalabilir çok az da olsa.

Öğretmen: Boşluklar kalmasaydı Ö6?

Öğrenci: Boşluk kalmasaydı olurdu.

Öğrenci: Öğretmenim, aynı şeyin olmasının sebebi hacmin değişmemesi.

Öğretmen: Ö1?

Öğrenci: Öğretmenim, hem o var hem de şu: ikisi de farklı yerleri kapsamıyor. İkisi de aynı yere konuluyor.

Öğrenci: Bence de Ö1'in dediği gibi çünkü aynı kapta işlem yapıyoruz. Yani içindeki maddeler farklı olsa da yine de aynı kapta olduğu için aynı çıkabilirdi.

Öğretmen öğrencilere kullanmış oldukları kapların hacimlerini karşılaştırdıklarında hangisinin daha büyük hacme sahip olduğunu tahmin etmelerini istedi. Bu iş için gruplardan birinin kavanozu ile diğer grubun bardağı karşılaştırıldı. Bir öğrenci kendi kavanozlarından beherglasa aktardıkları suyu diğer grubun bardağına dökerek karşılaştırma yapılabileceğini söyledi. Bu deney uygulandığında her iki kabın da hacminin eşit olduğu gözlemlendi. Bu öğrencileri şaşırtan bir sonuç oldu.

Öğrenci: Hacimleri aynı çıktı. Şahsen ben kavanozun hacmi daha büyüktür diye düşünüyordum ama eşit çıktılar.

Öğretmen: Neden daha büyük olduğunu düşünüyordun kavanozun?

Öğrenci: Daha kalın olduğu için daha geniş olduğu için düşündüm. Bardağın da uzun olduğunu düşündüm ama bana kavanoz daha yakın geldi. Ama deneyde gördüm ki eşitmiş.

Öğretmen: Tamam. Ö2?

Öğrenci: Hocam kavanozu ben de sandım çünkü o kısa ve geniş. Ama o uzun ve dar olduğu için kavanoz diye düşünmüştüm. Ama ikisi de aynıymış.

Öğretmen: Neden öyle olmuş olabilir?

Öğrenci: Öğretmenim hacimleri aynı olduğu için.

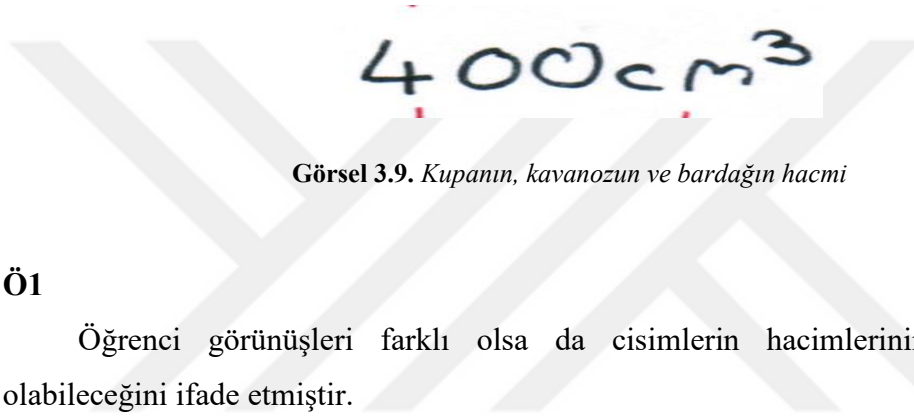
Öğrenciler en sonunda şu sonuca ulaştılar:

Öğretmen: Peki, nasıl bir sonuca ulaşabiliriz buradan ?

Öğrenci: Öğretmenim, farklı şekillerde olsalar da farklı cisimlerin hacimleri aynı olabilir.

Öğrencilere farklı görünümlere fakat aynı hacme sahip kupa, kavanoz ve bardak verildi. Hacimlerinin hesaplanmasından önce hangisinin hacminin büyük olabileceği hakkında tahmin etmeleri istendi. Öğrenciler farklı görüşler sundular. Sonrasında kupa, kavanoz, bardağın aynı hacme sahip olduğunu gördüler. Aşağıda grupların ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Görsel 3.9.'da öğrenci kağıtlarındaki kupa, kavanoz ve bardağın hacminin ölçüm sonucu gösterilmiştir.



Görsel 3.9. Kupanın, kavanozun ve bardağın hacmi

Ö1

Öğrenci görünümleri farklı olsa da cisimlerin hacimlerinin birbirine eşit olabileceğini ifade etmiştir.

Öğretmen: Ö1'ciğim deney hakkında konuşalım neler yaptık?

Öğrenci: 3 tane bardak vardı. Üçünün de hacimleri birbirine eşitti. Ve hacmi başka türlü ölçmüştük içine su doldurarak.

Öğretmen: Evet. Böyle de mi hacim ölçülebiliyormuş cisimlerin?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Peki, ne düşünüyorsun bu konu hakkında?

Öğrenci: İlk önce kalınlıklarına göre hacimleri değişir sanıyordum ama değişmedi aynı çıktı. Bazı cisimlerin hacimleri birbirine eşit yani şekilleri farklı olsa da birbirine eşit oluyor.

Ö2

Öğrenci görünümleri farklı olsa da cisimlerin hacimlerinin birbirine eşit olabileceğini ifade etmiştir.

Öğretmen: Ö2, en son deneyimizi hatırlıyorsun? Onun hakkında konuşalım seninle. Ne düşünüyorsun onun hakkında ne gibi çıkarımların oldu. Neler öğrendin?

Öğrenci: Tamam. Öğretmenim, şimdi kavanoz deneyi yapmıştık. Ben kavanoz demiştim çünkü genişti. Bardak daha ince ve uzun olduğu için onu düşünmemiştim. Ama ikisinin de hacimleri aynı çıktı. En şaşırdığım da buydu.

Öğretmen: Peki, nasıldı, genel olarak ne söyleyebilirsin peki bununla ilgili?

Öğrenci: Şekli geniş, uzun nasıl olursa olsun hacimleri aynıdır.

Öğretmen: Çok güzel. Peki, şekillerin hacimlerini nasıl yollarla ölçebiliyormuşuz?

Öğrenci: Suyu atarak, su seviyesi yükseliyorsa öyle yapabiliriz. Bir de o yaptığımız bardaklarla.

Öğretmen: Ne yaptık biz orada? Mesela kavanozun hacmini nasıl ölçtük?
Öğrenci: İçine bardaklarla yaptık bir de su döktük içine.
Öğretmen: Evet. Sonra o suyu nereye döktük?
Öğrenci: Dereceli silindire.
Öğretmen: Ne oldu dereceli silindirde?
Öğrenci: Su seviyesi yükseldi.
Öğretmen: Çok güzel. Biz o su seviyesi yüksekliğinde neyi ölçmüş olduk?
Öğrenci: Kavanozun hacmini.
Öğretmen: Peki, bu genel olarak bütün cisimlerde yapılabilir mi?
Öğrenci: Yapılabilir.

Ö3

Öğrenci deneyin başında farklı cisimlerin hacimlerinin eşit olamayacağını düşündüğünü deneyin sonunda ölçümler yapıldıktan sonra hacimlerinin eşliğini gözlemlediğini ve bu duruma şaşırdığını ifade etmiştir. Ayrıca öğrenci seans sırasında iç hacim tanımı geçmemesine rağmen bardakların iç hacmi ile ilgili bir çıkarımda bulunmuştur.

Öğretmen: Evet Ö3, deneyimizi hatırlıyorsun önce deneyimiz hakkında konuşalım.
Öğrenci: Deneyimizde kupa, kavanoz ve bardağın hacimlerinin aynı olduğunu gördük.
Öğretmen: Peki, ondan önce ne yaptık?
Öğrenci: İçlerine su doldurduk ondan sonra hepsinin aynı hacimde...
Öğretmen: Nasıl ölçtük peki bu kavanozların hacmini?
Öğrenci: Beherglasla. Suyu içine doldurduk ondan sonra beherglasın içine koyduk ve kaç santimetreküp olduğunu gördük hacminin.
Öğretmen: Böylece hacmini hesaplamış mı olduk?
Öğrenci: Evet. Ondan sonra şekillerinin farklı olmalarına rağmen hacimlerinin aynı çıkabileceğini gördük.
Öğretmen: Şaşırdın mı bu duruma?
Öğrenci: Evet, çok şaşırdım.
Öğretmen: Ne düşünüyorsun bu konu hakkında?
Öğrenci: Ben zannetmezdim ama farklı şekillerdeki cisimlerin hacimlerinin aynı olabileceğini gördük.
Öğretmen: Peki, bunu nasıl yapabiliyoruz yani bunun eşit olduğunu nasıl bilimsel yolla gösterebiliyoruz? Farklı şekiller var bakıyorsun gözünle farklı geliyor sana ?
Öğrenci: Ama hepsinin iç hacmini içinin aynı miktarda su aldığını gördük deneyde. O şekilde hepsinin hacminin de aynı olabileceğini gördük.

Ö4

Öğrenci deneyin başında farklı cisimlerin hacimlerini aynı olmadığını düşünmüş, daha sonra yapılan deney sonucunda hacimlerinin eş olduğunu gözlemlemiş ve buna şaşırdığını ifade etmiştir.

Öğretmen: Evet, Ö7. En son yaptığımız etkinlik hakkında konuşmak istiyorum seninle. Önce bana onu bir anlatır mısın yani neler yaptık onda?
Öğrenci: En son etkinlikte bir kavanoz bir bardağın hacmini ölçtük. Hacmini ölçmeyi öğrendik. İkisinin de hacminin aynı olduğunu öğrendik. Ama bize kavanozun genişliği daha fazla olduğu için onun hacmi daha büyük diye sanırken ikisi de aynı çıktı hacmi.

Öğretmen: Genel olarak ne söyleyebilirsin peki bu durumla ilgili?

Öğrenci: İlginç bir şey yani.

Ö5

Öğrenci deneyin başında farklı cisimlerin hacimlerini aynı olmadığını düşünmüş, daha sonra yapılan deney sonucunda hacimlerinin eş olduğunu gözlemlemiş ve buna şaşırdığını ifade etmiştir.

Öğrenci: Deneyimizde farklı şekillere sahip iki kaba su koyduk ve hacimlerinin aynı olduğunu gördük.

Öğrenci: Hacimlerinin aynı olduğunu gördüğümüzde hepimiz şaşırmıştık. Çünkü farklı şekillerdi. Herkes farklı bir şeklin daha büyük olduğunu düşünmüştü. Ama ikisinin de aynı olduğunu gördük.

Ö6

Öğrenci deneyin başında farklı cisimlerin hacimlerini aynı olmadığını düşünmüş, daha sonra yapılan deney sonucunda hacimlerinin eş olduğunu gözlemlemiş ve buna şaşırdığını ifade etmiştir.

Öğrenci: Önce,ölçeceğimiz kabın içine su doldurduk bir miktarda.

Öğretmen: Ne yaptık öyle, öyle neyini ölçmüştük?

Öğrenci: Hacmini ölçmüştük. Ben ama inanmıyordum hacmini ölçeceğimize. Yani pek aklıma uymuyordu. Ama sonra hacminin ölçüldüğünü gördük. Sonra bardakla kavanozu karşılaştırdık. Ben kavanozun daha büyük olacağını düşündüm.

Öğretme: Neden öyle düşündün Ö6?

Öğrenci: Kavanoz çok geniştir. Bardak ta uzundu ama kavanoz daha yakın geldi. Ondan kavanoz demiştim. Sonra bir de bardakla kavanozun hacmini sordum. Ben bu sefer kupa ile bardak arasında kupa dedim ama hepsi birbirine eşit gelince çok şaşırdım. Bu durum beni çok etkiledi.

Öğretmen: Peki, neden öyle oldu sence?

Öğrenci: Hacimleri eşit olduğu için.

Ö7

Bir şeklin hacmi bulunurken şeklinin değişiklik arz edebileceği fakat şekle bakılmaksızın hacimlerinin eş olabileceğini ifade etmiştir.

Öğretmen: Farklı bardaklar kullandık kavanozlar kullandık. Onun hakkında konuşalım mı?

Öğrenci: Hacim; uzunluk, genişlik, şekil değişikliği fark etmeksizin hacim ne olursa olsun aynıdır. Ben bunu öğrendim.

Tablo 3.3.'de öğrencilerin farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler bulunmaktadır.

Tablo 3.3. Öğrencilerin farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfadeler
Ö1	Bazı cisimlerin hacimleri birbirine eşit yani şekilleri farklı olsa da birbirine eşit oluyor.
Ö2	Şekli geniş, uzun nasıl olursa olsun bazı şekillerin hacimleri aynıdır.

Ö3	Farklı şekillerdeki cisimlerin hacimlerinin aynı olabileceğini gördük.
Ö4	Bir kavanoz bir bardağın hacmini ölçtük. Hacmini ölçmeyi öğrendik. İkisinin de hacminin aynı olduğunu öğrendik. Ama bize kavanozun genişliği daha fazla olduğu için onun hacmi daha büyük diye sanırken ikisi de aynı çıktı hacmi.
Ö5	Deneyimizde farklı şekillere sahip iki kaba su koyduk ve hacimlerinin aynı olduğunu gördük. Hacimlerinin aynı olduğunu gördüğümüzde hepimiz şaşırmıştık. Çünkü farklı şekillerdi. Herkes farklı bir şeklin daha büyük olduğunu düşünmüştü. Ama ikisinin de aynı olduğunu gördük.
Ö6	Önce, ölçeceğimiz kabın içine su doldurduk bir miktarda. Hacmini ölçmüştük. Ben ama inanmıyordum hacmini ölçeceğimize. Yani pek aklıma uymuyordu. Ama sonra hacminin ölçüldüğünü gördük. Sonra bardakla kavanozu karşılaştırdık. Ben kavanozun daha büyük olacağını düşündüm. Kavanoz çok genişti çünkü. Bardak ta uzundu ama kavanoz daha yakın geldi. Ondan kavanoz demiştim. Sonra bir de bardakla kavanozun hacmini sordum. Ben bu sefer kupa ile bardak arasında kupa dedim ama hepsi birbirine eşit gelince çok şaşırdım. Bu durum beni çok etkiledi.
Ö7	Hacim; uzunluk, genişlik, şekil değişikliği fark etmeksizin hacim ne olursa olsun aynıdır.

Genel olarak etkinlik 3 uygulama esnasında ve klinik görüşmeler sonucunda öncelikle öğrenciler kavanoz veya bardağın hacminin hesaplanması sorulduğunda bir önceki deneyden öğrendikleri içi su dolu daha büyük bir kaba atabileceklerini ve yükseldiği su miktarının kavanozun veya bardağın hacmi olacağını ifade etmişlerdir. Kavanoz ve bardakların içine su vs..gibi maddeler konulup hacminin ölçülebileceğini öğrenmişlerdir. Ayrıca fiziksel olarak birbirinden çok farklı görünen cisimlerin hacimlerinin eş olabileceğini gözlemlemişlerdir. Bunu gözlemlediklerinde buna çok şaşırdıklarını ve çok etkilendiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca bir öğrenci uygulama sırasında ve sonrasında araştırmacı tarafından iç hacim ifadesi kullanılmamasına rağmen kavanozun ve bardakların iç hacminden bahsetmiştir.

Farklı görünüşteki yapıların hacimlerinin aynı olabileceğinin amaçlandığı etkinlik 4'te öğrencilere 20 adet küp şeker verilmiştir. Bu küp şekerlerle istedikleri yapıyı oluşturmaları istenmiştir. Görsel 3.10.'da öğrencilere verilen yirmi adet küp şekerler ile oluşturulan yapılar görülmektedir.



Görsel 3.10. Öğrencilere verilen yirmi adet küp şekerler ile oluşturulan yapılar

Daha sonra öğrencilerin birbirlerinin yapılarını inceleyerek bir genellemeye varmaları amaçlanmıştır.

Öğretmen: 20 tane şeker var. Fakat hepinizin şekillerine bakmanızı istiyorum. Benzeyen var mı birbirine yani aynı olan var mı?

Öğrenci: Benziyor ama aynı değil.

Öğrenci: Şekillerin hacmi aynı olsa bile şekli farklı olabilir.

Öğrenci: Hepsinde 20 tane küp şeker kullandığımız için bütün şekillerin hacimleri aynı olacaktır. Şekilleri farklı ama hacimleri aynı.

Daha sonra bütün öğrencilerden istedikleri sayıda küp şeker kullanarak bir yapı oluşturmaları istendi. Öğrencilerin oluşturdukları yapılardaki şeker sayısı bir diğer öğrenci tarafından sayılarak tespit edildi. Bu şekilde tüm şekilleri oluşturan küp şeker sayıları bulundu. Öğrencilerden bu durumu değerlendirmeleri istendi.

Görsel 3.11.'de öğrencilerin istedikleri kadar küp şeker kullanarak oluşturdukları yapılar görülmektedir.



Görsel 3.11. Öğrencilerin istedikleri kadar küp şeker kullanarak oluşturdukları yapılar

Öğrenci: Öğretmenim küp şekerleri sayarak şeklin hacmini bulduk.

Öğretmen: Güzel.

Öğrenci: Şimdi küp şekerlerden herkes değişik bir şekil yaptı ve onların hepsinin hacmini bulduk sayarak.

Öğretmen: Farklı şekillerin mi?

Öğrenci: Evet. Farklı şekillerin hacmini bulduk.

Öğretmen: Farklı hacimler olabilir mi?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Peki, farklı şekillerin aynı hacimleri olabilir mi?

Öğrenci: Olabilir.

Öğretmen: Demek ki iki tane neyimiz var genel bilgimiz var. Peki, bir daha birisi tekrar edebilir mi onu bana? Ö3?

Öğrenci: Farklı şekillerin aynı hacimleri de olabilir, farklı şekillerin farklı hacimleri de olabilir.

Ö1

Öğrenci farklı cisimlerin aynı hacme sahip olabileceğini ifade etmiştir.

Öğretmen: Evet, Ö1. Ben size 20 küp şeker verdim ve sizden şekiller istedim. Önce onun hakkında konuşalım.

Öğrenci: Hepimiz ayrı ayrı şekiller yaptık. Herkes 20 küp aldı. Ama hacimleri yine aynı oldu.

Ö2

Öğrenci aynı hacme sahip farklı cisimlerin olabileceğini ifade etmiştir.

Öğretmen: 20 birim küplük farklı şekiller vardı

Öğrenci: Evet, ama aynı hacimdi. Çünkü küp şeker aynı. Yani küp şeker küp şeker olduğu için hacmi aynı. Herhangi değişik bir malzeme kullanmadık sadece siz sayı söylediniz.

Ö3

Öğrenci aynı hacme sahip farklı cisimlerin olabileceğini ifade etmiştir.

Öğrenci: 20 birim küple hepimiz değişik şekiller oluşturduk. Bu şekillerin farklı olmasına rağmen hepsinin hacmi aynıydı. Çünkü hepsinde 20 tane küp şeker vardı. Herkes 20şer tane değişik değişik şekiller yaptı herkes 20 küp şeker kullandı.

Öğretmen: Evet, ama farklı şekiller olmasına rağmen

Öğrenci: Aynı hacimde. Yani şekiller farklılık gösterse bile hacimler aynı olabilirmiş.

Ö4

Öğrenci aynı hacme sahip farklı cisimlerin olabileceğini ifade etmiştir.

Öğrenci: 20 birim küple hepimiz şekiller yaptık. O şekillerin hacminin aynı olduğunu öğrendik. En sonunda farklı istediğimiz kadar şekillerle yaptık ve hacimlerinin farklı olduğunu öğrendik.

Ö5

Öğrenci aynı hacme sahip farklı cisimlerin olabileceğini ifade etmiştir.

Öğrenci: Herkesin aynı sayıda küp şekeri olmasına rağmen herkes farklı şekiller ortaya koydu. Bu da demek oluyor ki hacim aynı olsa bile farklı şekillerde olabilir.

Ö6

Öğrenci aynı hacme sahip farklı cisimlerin olabileceğini ifade etmiştir.

Öğretmen: Peki, ilk etkinlik hakkında ne düşünüyorsun? Hani önce 20 birim küplük şeyler vermiştim size, kendiniz oluşturun demiştim. Sonra da kendiniz istediğiniz sayıda birim küp oluşturdunuz bir de o etkinlik hakkında konuşalım.

Öğrenci: Evet, o etkinlik hakkında kendimiz şekiller yapmaya çalıştık. Onları saydık kaç birim küp oldu ve hacimlerini bulmaya çalıştık.

Ö7

Öğrenci aynı hacme sahip farklı cisimlerin olabileceğini ifade etmiştir.

Öğrenci: O 20 küp etkinliğinde herkes aynı 20 tane küp şekerden kuleler şekiller yapmıştık. Onların hepsinin hacimleri aynıydı. Çünkü şekilleri farklı olsa bile hepsinin birimi küpü aynıydı.

Öğretmen: Evet. Sonra siz kendiniz yaptınız. Kendi istediğiniz sayıda yaptınız?

Öğrenci: Evet, doğru. O zaman da bizim bütün küp şekerlerimiz aynı, birimi hacmi filan aynı ama bizim şekillerimiz ve sayılarımız aynı olmadığı için hacimlerimiz farklı çıkmıştı.

Genel olarak etkinlik esnasında gözlemler ve klinik görüşmeler sonunda öğrencilerin aynı hacme sahip farklı yapılar olabileceğini kavramışlardır. Ayrıca bir cismin boşlukta kapladığı yerin o cismin hacmi olduğuna dair ifadeler kullanmışlardır.

Tablo 3.4.'te öğrencilerin farklı görünüşteki yapıların hacim eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadelere yer verilmiştir. Öğrenciler, aynı sayıda küp şekerle oluşturulan şekillerin görünümünün farklı olmasına rağmen hacimlerinin aynı olduğunu görmüştür.

Tablo 3.4. Öğrencilerin farklı görünüşteki yapıların hacim eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfadeler
Ö1	Hepimiz ayrı ayrı şekiller yaptık. Herkes 20 küp aldı. Ama hacimleri yine aynı oldu
Ö2	20 birim küplük farklı şekiller vardı ama aynı hacimdi.
Ö3	Şekiller farklılık gösterse bile hacimler aynı olabilirmiş.
Ö4	20 birim küple hepimiz şekiller yaptık. O şekillerin hacminin aynı olduğunu öğrendik.
Ö5	En sonunda farklı istediğimiz kadar şekillerle yaptık ve hacimlerinin farklı olduğunu öğrendik
Ö6	Herkesin aynı sayıda küp şekeri olmasına rağmen herkes farklı şekiller ortaya koydu. Bu da demek oluyor ki hacim aynı olsa bile farklı şekillerde olabilir.
Ö7	Kendimiz şekiller yapmaya çalıştık. Onları saydık kaç birim küp oldu ve hacimlerini bulmaya çalıştık.
	Şekilleri farklı olsa bile hepsinin birimi küpü aynıydı. Kendi istediğimiz zaman da bizim bütün küp şekerlerimiz aynı, birimi hacmi filan aynı ama bizim şekillerimiz ve sayılarımız aynı olmadığı için hacimlerimiz farklı çıkmıştı.

Yapılan etkinlikler ve klinik görüşmeler sonucunda öğrencilerin farklı hacim tanımlarını algılamaları ile ilgili hedefe ulaşılmıştır. Planlanan öğretim deneyi döngüsündeki bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

3.3. Üçüncü Aşama-Formülleştirme

Öğrencilere çok sayıda küp şeker verildi ve bu küp şekerleri dikdörtgen kutulara düzenli bir şekilde yerleştirmeleri istendi. Öğrenciler bir önceki etkinlikte yola çıkarak kutulara yerleştirdikleri küp şeker sayısının kutunun hacmi olduğu kanısına vardılar.

Öğretmen: Peki. Şimdi arkadaşlar ne yaptık kutuyu. Ö5?

Öğrenci: Doldurduk yani kutunun hacmini bulduk.

Öğrenciler öncelikle kutunun hacmini bulmak için kullandıkları küp şeker sayısını kaydettiler.

Görsel 3.12.'de öğrenci kağıtlarındaki kutunun tamamının küp şekerlerle doldurulması sonucu elde edilen hacim görülmektedir.

320 Küp Şeker

Görsel 3.12. Kutunun tamamının küp şekerlerle doldurulması sonucu elde edilen hacim

Bu etkinlik, kutunun sadece tabanı ve bir kenar ayrıt boyunca yüksekliği küp şekerle doldurularak tekrar edildi. Bu kez öğrenciler kutunun hacmini tabana yerleştirdikleri küp şeker sayısı ile yüksekliğe yerleştirdikleri küp şeker sayısını çarparak bulabilecekleri sonucuna ulaştılar.

Öğrenci: Tabanı 80 bulduk.

Öğretmen: Yüksekliği kaç?

Öğrenci: 4 birim.

Öğretmen: Ne oluyor peki bu sayılar arasında bir bağlantı var mı?

Öğrenci: Evet. İkisini çarparak hacmini buluruz.

Öğretmen: Hadi oradan bir formül çıkarın bana.

Öğrenci: Öğretmenim, taban çarpı yükseklik eşittir hacim.

Öğretmen: Taban çarpı yükseklik mi demek lazım yoksa?

Öğrenci: Taban alanı çarpı yükseklik eşittir hacim.

Görsel 3.13.'te öğrenciler kutunun tabanı ile yüksekliğini döşemişlerdir. Buradan hareketle kutunun tabanına döşen küp şeker sayısı ile yüksekliğe döşenen küp şeker sayısının hacim ile ilgisini görmeleri beklenmektedir. Öğrenciler kutunun hacmini tabanı ve yüksekliğini döşeyerek de bulunabileceğini gördüler.



Görsel 3.13. Kutunun tabanı ile yüksekliğinin döşenmesi

Görsel 3.14.'te kutunun tabanı ile yüksekliğinin döşenmesi sonucu elde edilen hacim hesabı görülmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Taban alanı} &= 80 & \text{Yükseklik} &= 4 \\ \text{Hacim} &= \text{Taban alanı} \times \text{Yükseklik} \\ 320 &= 80 \times 4 \end{aligned}$$

Görsel 3.14. Kutunun tabanı ile yüksekliğinin döşenmesi sonucu elde edilen hacim hesabı

Bu etkinlikte henüz daha 3.aşamaya geçmeden öğrencilerden bir tanesi prizmaların hacminin genel formülünü elde etmeyi başardı.

Öğrenci: Tabanın bir kenarı ile öbür kenarını çarpıp, yükseklik ile çarpacağız.

Son olarak öğrencilerden kutuyu veya tabanını tam doldurmadan sadece 3 farklı ayırt boyunca küp şekerleri dizmeleri istendi.

Görsel 3.15.'te kutunun sadece eni, boyu ve yüksekliğinin döşenmesi görülmektedir. En, boy ve yüksekliğe döşenen küp şeker sayıları ile hacim arasındaki ilişkiyi kurmaları beklenmektedir. Öğrenciler kutunun hepsini doldurmadan sadece enini, boyunu ve yüksekliği döşeyip kutunun hacmini bulup çalışma kâğıtlarına bu durumu kaydetmişlerdir.



Görsel 3.15. Kutunun eni, boyu ve yüksekliğinin döşenmesi

Görsel 3.16.'da öğrenci kâğıtlarında kutunun eni, boyu ve yüksekliğinin döşenmesi ile bulunan hacim hesaplaması gösterilmektedir.

$$\text{Yükseklik} \times \text{uzun kenar} \times \text{kısa kenar} = \text{Hacim}$$

$$4 \times 10 \times 8 = 320$$

Görsel 3.16. Kutunun eni, boyu ve yüksekliğinin döşenmesi ile bulunan hacim hesaplaması

Ö1

Öğrenci dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin küp şekerler ile doldurularak hacmin bulunmasını çok uzun olduğunu ifade etmiştir. Formüle ulaşma sırasında 1.yolun en uzun, taban *alanı* $\times$ *yükseklik* formülünün biraz daha kısa, *en* $\times$ *boy* $\times$ *yükseklik* formülünün ise en kısa olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Etkinlikte küp şekerleri kutusunun içine koyduk. Kutunun hacmini bulmaya çalışıyorduk o zaman. Dolduracağımız zaman bayağı zaman kaybettik çok uzundu çünkü. Ama diğer ikinci yolda ilk tabanı doldurduk sadece küp şekerlerle bir de yüksekliği bulduk. O yükseklikle onu çarptık. Tabanın alanı ile yüksekliği çarptık hacmini bulduk. Üçüncüsünde sadece kısa kenarla uzun kenarı çarptık sonra da yükseklikle çarptık bu en kısıası idi.

Ö2

Öğrenci *en* $\times$ *boy* $\times$ *yükseklik* formülünün daha kolay, diğerlerinin daha uzun olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: İlk başta hepsini dizdik. Kutuyu tamamen doldurduk. Sonra sadece alt tabanını doldurduk yüksekliğini doldurduk. Sonra da ayrıtlarını yani uzun kenar kısa kenar yüksekliğini öyle yaptık.

Öğretmen: Bundan nasıl bir genelleme çıkardın?

Öğrenci: Mesela bunun da farklı farklı böyle kısa yolları var.

Öğretme: Neler onlar?

Öğrenci: İlk baştaki en uzun olan ve en zor olandı. İkincisi daha da kolaylaştı.

Öğretmen: Neydi ikincide çıkarılan formül?

Öğrenci: İkincide sadece alt tabanla yüksekliği çarptık.

Öğretmen: Evet. Ne bulduk böylece?

Öğrenci: Böylece gene hacmini bulduk.

Öğretmen: Üçüncü aşamada ne yaptık?

Öğrenci: Kısa kenarla uzun kenarı çarptık. Sonra onu yüksekliğiyle çarptık o en kısa yoluydu.

Ö3

Öğrenci önce taban alanı $\times$ yükseklik ile hacim formülünü bulduğunu ifade ediyor. Sonra *en* $\times$ *boy* $\times$ *yükseklik* ile elde edilen hacim formülü ile *taban alanı* $\times$ *yükseklik* formülünün aynı olduğuna ulaşıyor.

Öğrenci: Son küp şeker etkinliğinde hacmin formülünü bulduk aslında. İlk önce taban alanı $\times$ yüksekliğinin çarpılmasında hacmin ortaya çıktığını öğrendik. İkinci formül olarak ta dikdörtgenler prizması için yaptık bu deneyi. Uzun kenarla kısa kenarı çarpıp yüksekliği çarptık. Zaten uzun kenarla kısa kenarı çarptığımızda taban alanını veriyor yine aynı sonuçla hacme ulaştık.

Ö4

Öğrenci dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin küp şekerler ile doldurularak hacmin bulunmasını çok uzun olduğunu ifade etmiştir. Formüle ulaşma sırasında 1.yolun en zor, taban *alanı x yükseklik* formülünün biraz daha kısa, *en x boy x yükseklik* formülünün ise en kolay olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: O şekerli olanlarda, ilk önce kaba bir sürü şeker dizdik. Ve o kabın hacmini bulmuş olduk böylece. En son da hacim bulma yolunu öğrendik. Taban alanı çarpı yükseklik ile hacmini bulduk. Daha kolay yöntemi olan ilk önce taban alanını yaptık. Sonra yüksekliğini bulup onunla çarpıp yine hacmi bulduk. Ondan daha kolay yöntemi olan eni ile boyunu çarptık yani uzun kenar ile kısa kenarı çarptık ve yükseklikle de çarptık böylece hacmini bulduk.

Ö5

Öğrenci dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin küp şekerler ile doldurularak hacmin bulunmasını çok uzun olduğunu ifade etmiştir. Formüle ulaşma sırasında 1.yolun en zor, taban *alanı x yükseklik* formülünün biraz daha kısa, *en x boy x yükseklik* formülünün ise en kolay olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Öğretmenim, öncelikle bir kutunun hacmini nasıl bulabileceğimizi öğrendim. Kutunun içinde şekerleri çizerek bulabileceğimizi öğrendim bunun uzun yolu olduğu ve çok uğraşmamız gerektiğini de öğrendim. İkinci olarak tabanı dizip yükseklikle birlikte tabanın alanı çarpı yükseklik formülünü öğrendim. Bu da diğerine göre uzundu. Ama en sonuncusu en kolaydı ve her zaman da kullanabileceğimiz bir yöntemdi. Uzun kenar çarpı kısa kenar ikisini çarparak kutumuzun tabanının alanını bulduk. Yükseklikle de taban alanını çarparak kutunun hacmini bulduk.

Öğrenci dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin küp şekerler ile doldurularak hacmin bulunmasını çok uzun olduğunu ifade etmiştir. Formüle ulaşma sırasında 1.yolun en zor, taban *alanı x yükseklik* formülünün biraz daha kısa, *en x boy x yükseklik* formülünün ise en kolay olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Öğretmenim, öncelikle bir kutunun hacmini nasıl bulabileceğimizi öğrendim. Kutunun içinde şekerleri çizerek bulabileceğimizi öğrendim bunun uzun yolu olduğu ve çok uğraşmamız gerektiğini de öğrendim. İkinci olarak tabanı dizip yükseklikle birlikte tabanın alanı çarpı yükseklik formülünü öğrendim. Bu da diğerine göre uzundu. Ama en sonuncusu en kolaydı ve her zaman da kullanabileceğimiz bir yöntemdi. Uzun kenar çarpı kısa kenar ikisini çarparak kutumuzun tabanının alanını bulduk. Yükseklikle de taban alanını çarparak kutunun hacmini bulduk.

Ö6

Öğrenci dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin küp şekerler ile doldurularak hacmin bulunmasını çok uzun olduğunu ifade etmiştir. Formüle ulaşma sırasında 1.yolun en zor, taban *alanı*yükseklik* formülünün biraz daha kısa, *en*boy*yükseklik* formülünün ise en kolay olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Küp şekerlerle yaptığımız etkinlikte kutunun alanını bulmaya çalıştık. İlkinde taban alanını bulup yükseklikle çarptık. Pardon en ilkinde tamamen döşedik. Sonrakinde taban alanını yapıp yükseklikle çarptık. Ondan sonrakinde iki kenarı bulup yükseklikle çarpmıştık.

Ö7

Öğrenci hacmi bulmak için kullanılan formülleri ifade etmiştir.

Öğrenci: En son hacmin nasıl bulunabileceğini öğrendim matematiksel işlemle. Matematiksel işlemle mesela kare bir cismin yani küp bir cismin hacmini bulacak olursak, kenar ile kenar formülünü yaparız. Kenar çarpı kenar çarpı kenar çarpı yükseklik yani yükseklik zaten kenar oluyor karede. Dikdörtgende ise uzun kenar çarpı kısa kenar oluyordu. Bir de evet öyleydi hacmi buluyordu bu. Bir de şey vardı son deneyimizde ilk önce kutuyu şekerle doldurmuştuk. Bizimki 288 küp şekerdi. Bazı arkadaşlarımızınki 300 200 filan çıkmıştı tam hatırlamıyorum.

Öğretmen: Evet. Bir de bir formülümüz vardı önce tamamen doldurmuştuk kutuyu daha sonra da

Öğrenci: Evet tabanla. Kutunun sadece tabanını doldurmuştuk. Kaç kat olduğunu bulmuştuk. Tabanla katını çarptık. 4 kat çarpı taban bizim tabanımız 72 idi. 4 çarpı 72 288 bulduk.

Öğretmen: O zaman formülleri bir bana tekrar eder misin?

Öğrenci: Formüllerimiz birinciden bakarsak yani ilk yaptığımız kutuyu doldurduk öyle yaptık. İkincisi olarak taban çarpı kat.

Öğretmen: Taban? Taban alanı mı desek?

Öğrenci: Taban alanı çarpı yükseklik yaptık. Ondan sonra uzun kenar çarpı kısa kenar yaptık. Başka yoktu.

Öğretmen: Bir de yükseklik.

Öğrenci: Yükseklik vardı evet unuttum onu.

Tablo 3.5.'te öğrencilerin formülleştirme ile ilgili kullandıkları sözel ifadelere yer verilmiştir.

Tablo 3.5. Öğrencilerin Formülleştirme İle İlgili Kullandıkları Sözel İfadeler

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfadeler
Ö1	Etkinlikte küp şekerleri kutusunun içine koyduk. Kutunun hacmini bulmaya çalışıyorduk. Tabanın alanı ile yüksekliği çarptık hacmini bulduk. Üçüncüsünde sadece kısa kenarla uzun kenarı çarptık sonra da yükseklikle çarptık bu en kısası idi.
Ö2	İlk başta hepsini dizdik. Kutuyu tamamen doldurduk. Sonra sadece alt tabanını doldurduk yüksekliğini doldurduk. Sonra da ayrıtlarını yani uzun kenar kısa kenar yüksekliğini öyle yaptık.
Ö3	Hacmin formülünü bulduk aslında. İlk önce taban alanı çarpı yüksekliğinin çarpılmasında hacmin ortaya çıktığını öğrendik. İkinci formül olarak ta dikdörtgenler prizması için yaptık bu deneyi. Uzun kenarla kısa kenarı çarpıp yüksekliği çarptık. Zaten uzun kenarla kısa kenarı çarptığımızda taban alanını veriyor yine aynı sonuçla hacme ulaştık.
Ö4	İlk önce kaba bir sürü şekeri dizdik. Ve o kabın hacmini bulmuş olduk böylece. En son da hacim bulma yolunu öğrendik. Taban alanı çarpı yükseklik ile hacmini bulduk. Daha kolay yöntemi olan ilk önce taban alanını yaptık. Sonra yüksekliğini bulup onunla çarpıp yine hacmi bulduk. Ondan daha kolay yöntemi olan eni ile boyunu çarptık yani uzun kenar ile kısa kenarı çarptık ve yükseklikle de çarptık böylece hacmini bulduk.
Ö5	Öğretmenim, öncelikle bir kutunun hacmini nasıl bulabileceğimizi öğrendim. Kutunun içinde şekerleri çizerek bulabileceğimizi öğrendim bunun uzun yolu olduğu ve çok

	uğraşmamız gerektiğini de öğrendim. İkinci olarak tabanı dizip yükseklikle birlikte tabanın alanı çarpı yükseklik formülünü öğrendim. Bu da diğerine göre uzundu. Ama en sonuncusu en kolaydı ve her zaman da kullanabileceğimiz bir yöntemdi. Uzun kenar çarpı kısa kenar ikisini çarparak kutumuzun tabanının alanını bulduk. Yükseklikle de taban alanını çarparak kutunun hacmini bulduk.
Ö6	En ilkinde tamamen döşedik. Sonrakinde taban alanını yapıp yükseklikle çarptık. Ondan sonrakinde iki kenarı bulup yükseklikle çarpmıştık.
Ö7	İlk önce kutuyu şekerle doldurmuştuk. Taban alanı çarpı yükseklik yaptık. Ondan sonra uzun kenar çarpı kısa kenar çarpı yükseklik yaptık.

Genel olarak etkinlik esnasındaki gözlemlere ve kinik görüşmelere bakıldığında öğrencilerin dikdörtgenler prizması şeklindeki bir kutunun hacmini bulmak için önce kutunun tamamını doldurmuşlardır. Daha sonra kutunun taban katmanının doldurup bu katmandan kaç adet olabileceğini bulmak adına kutunun sadece yüksekliğini döşemişlerdir. Son durumda ise kutunun tabanının sadece enini, boyunu ve yükseklik ayrıtını döşeyip formülü bulmuşlardır. Öğrencilerden bir tanesi daha en, boy, yükseklik döşemesine geçmeden böyle yapabileceğine dair bir çıkarımda bulunmuştur. Öğrencilerin formülü bulma aşamasında kutunun içini tamamen küp şekerlerle doldurmanın çok zor ve çok zaman aldığını, sadece en, boy, yükseklik ayrıtılarını döşeyerek hacmi bulmanın çok kolay olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapılan etkinlikler ve klinik görüşmeler sonucunda öğrencilerin formülleştirme ile ilgili hedefe ulaştıkları gözlemlenmiştir. Planlanan öğretim deneyi döngüsündeki bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

3.4. Dördüncü Aşama-Formülü Uygulama ve Farklı Hacim Tanımlarının Birbirine Eşliği

Bu etkinlikte öğrencilere dikdörtgenler prizması şeklindeki bir tahta parçası, beherglas, kalem, kağıt, su ve cetvel verildi. Öğrenciler önce dikdörtgenler prizmasını suya atarak taşıdığı su miktarı sayesinde prizmanın hacmini buldular. Daha sonra aynı prizmayı en, boy ve yüksekliğini cetvelle ölçüp kaydettiler. Ölçümlerden elde edilen sonuçları; $Hacim = En \times Boy \times Yükseklik$ formülünde yerine yazarak hacmi hesapladılar. Her iki yolla da elde edilen sonuçları karşılaştırdılar ve elde edilen sonuçların hemen hemen aynı olduğunu gördüler. Görsel 3.17’de bir öğrencini dikdörtgenler prizması şeklindeki tahta bloğu su dolu kabın içine atarak yer değiştiren su miktarını gözlemledikleri durum görülmektedir.



Görsel 3.17. Dikdörtgenler prizması şeklindeki bir cismin su dolu bir kaba atılması

Öğretmen: Tamam 20,02. Çok güzel. Şimdi arkadaşlar bir yorumlayalım. Suyun içine attığımız zaman kaç çıktı hacmi?

Öğrenci: 20.

Öğretmen: 20 santimetreküp çıktı. Peki, ayrıt uzunluklarını çarptığımız zaman kaç çıktı?

Öğrenci: 20,02 çıktı.

Öğretmen: Çok yakın rakamlar. Şimdi bu konu hakkında konuşalım.

Öğrenci: İki ölçümü de tam doğru yaptığımız zaman sonuçların aynı çıkması gerek. Öyle oluyor.

Öğretmen: Peki, ne düşünüyorsun Ö6 bu konu hakkında? Suyun içine atmak ve ayrıtlarını hesaplayıp çarpmak işlemlerinin hacimle bir bağlantısını kurabilir misin?

Öğrenci: Hacim birden fazla yolla bulunabilir. Onu kurabiliyorum ben.

Ö1

Öğrenci hacim bulunurken birden fazla yolu olduğunu ifade etmiştir. Birinci yolunun ayrıtlarını ölçüp $en \times boy \times yükseklik$ formülü kullanmak, ikinci yolun ise cismi suya atarak yer değiştirdiği su miktarını bulmak olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Ayrıtlarını, uzun kenarını, kısa kenarını ve yüksekliğini ölçtük sonra hepsini çarptık. 20,2 çıktı. Sonra onu suyu attık öyle hacmini bulduk. O 20 çıktı arasında pek bir fark yoktu. Küsuratlı sadece.

Öğretmen: Bunu genelleylebilir misin? Yani, bir çıkarım yapabilir misin bununla ilgili? Cisimlerin hacmini bulurken böyle de yapılabilir şöyle de yapılabilir gibi?

Öğrenci: Evet. Birden çok yolu var.

Öğretmen: Nedir mesela?

Öğrenci: Mesela su ile yapabiliriz sonra ayrıtlarını ölçerek yapabiliriz.

Ö2

Öğrenci dikdörtgenler prizması şeklinde olan cisimlerin suyun içerisine atmaktan ziyade ayrıtları ölçerek hesap yapmanın daha iyi olacağını, taş gibi düzensiz şekilleri ise suya atıp hacim bulmayı tercih edeceğini ifade etmiştir.

Öğrenci: Dikdörtgenler prizması konusu hakkında, mesela düzlem şeklinde olan şeyleri suya atınca pek fazla beklediğimiz sonuç çıkmıyormuş. Mesela düzensiz şekilde olan taş gibi onları atsak daha iyi oluyormuş. Yamuk şekilli olanları suya atarsak daha iyi olur. Düz olanları atsak da iyi olur.

Ö3

Öğrenci hacim bulurken şeklin düzgün olup olmayacağına bakacağını, eğer düzgünse ayrıtlarını çarpıp hacim bulağını, eğer düzgün değilse suyun içine atacağını ifade etmiştir.

Öğrenci: Dikdörtgenler prizması şeklindeki cismimizin uzun kenarını, kısa kenarını ve yüksekliğini cetveller yardımı ile ölçtük. Sonra öğretmenim hepsini çarptık. Böylece hacmini bulduk. Daha sonra dikdörtgenler prizmasını suyun içine attık ve suyun ne kadar yükseldiğini gördük. Çünkü ne kadar yükselirse o onun hacmi olacak. Sonuçlar birbirine çok yakın çıktı. Demek ki düzgün cisimleri kenarlarını ve yüksekliğini hesaplayıp ta bulabiliyormuşuz, suyun içine de atabiliyormuşuz. Ama ben tercihen kenar uzunluklarını bulup çarpmayı tercih ederdim.

Ö4

Öğrenci hacim bulunurken birden fazla yolu olduğunu ifade etmiştir. Birinci yolunun ayrıtlarını ölçüp $en\ x\ boy\ x\ yükseklik$ formülü kullanmak, ikinci yolun ise cismi suya atarak yer değiştirdiği su miktarını bulmak olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Öğretmenim bize verdiğiniz dikdörtgenler prizmasının enini, boyunu, yüksekliğini bulduk ve hepsini çarptık. Böylece hacmini bulduk. Sonra suyu ne kadar yükselttiğine baktık.

Öğretmen: Neden böyle yaptık?

Öğrenci: Bu şekilde suyun içine atarak ta enini, boyunu, yüksekliğine çarpıp hesap ederek aynı sonuca ulaşıyoruz.

Öğretmen: Peki biz aynı sonuca mı ulaştık?

Öğrenci: Birbirine çok yakın değerlere ulaştık.

Öğretmen: Neden aynı sonuca ulaşamadık?

Öğrenci: Belki cetvelle yanlış ölçmüştüzdür.

Ö5

Öğrenci hacim bulunurken birden fazla yolu olduğunu ifade etmiştir. Birinci yolunun ayrıtlarını ölçüp $en\ x\ boy\ x\ yükseklik$ formülü kullanmak, ikinci yolun ise cismi suya atarak yer değiştirdiği su miktarını bulmak olduğunu ifade etmiştir.

Öğrenci: Bir cismi suya koyduğumuzda hacmini ölçüyoruz. Uzun kenarı ve kısa kenarını çarpıp yüksekliğini çarptığımızda da ölçüyoruz hacmini.

Ö6

Hacim hesaplamanın birden fazla yolu olduğunu, istersek cismi suya atabileceğimizi istersek $en\ x\ boy\ x\ yükseklik$ çarpıp bulabileceğimizi ifade etmiştir.

Öğretmen: Bu deneyimiz hakkında ne düşünüyorsun?

Öğrenci: Öğretmenim. Hacim birden fazla yolla bulunabilir. İlki suya atabiliriz. Diğeri eni, boyu, yüksekliği çarpıp da hacim bulabiliriz.

Ö7

Öğrenci cisimlerin hacmini bulurken ayrıtlarını ölçüp hacmini hesaplanabileceğini veya suyun içine atarak yer değiştirdiği sıvı miktarına göre de hacminin

bulunabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca deneyde çok az da olsa hesaplanan hacimler arasında fark olduğunu, bu farkın da test hatası olduğunu düşünmüştür.

Öğretmen: Evet, Ö7 en son ki deney hakkında ne konuşmak istersin? Neler öğrendin en son ki deney hakkında şu dikdörtgenler prizmasıyla ilgili hani suya attık ya?

Öğrenci: Düzgün yüzeylerde olan bir cismin hacmini bulmak istiyorsak bence şey yapmalıyız. Cetvelle ayrıtlarını ölçüp formülü uygulamalıyız. Eğer tahta gibi suyun yüzeyine çıkan bir cisimse bence bunu kullanmalıyız. Ama diğer taş gibi olsa suda daha iyi hacim ölçmek için.

Öğretmen: Peki, biz bu deneyde dikdörtgenle prizmasının ayrıtlarını ölçtük bir de suyun içine attık. Niye böyle bir şey yaptık sizinle?

Öğrenci: Hacimlerinin aynı çıkacağını bulmak için.

Öğretmen: Bulduk mu?

Öğrenci: 2mm fark vardı ama bayağı bir yaklaştık.

Öğretmen: Yani o kadar olabilir mi?

Öğrenci: Evet, olabilir test hatası olabilir.

Genel olarak uygulama esnasındaki gözlemlere ve klinik görüşmelere dayanarak öğrencilerin cisimlerin hacimlerini hesaplamada tek bir yol olmadığını ve birden fazla yol olduğunu ifade etmişlerdir. Düzgün şekilli ve ayrıtları ölçülebilen cisimlerin hacimlerini hesaplamada *en x boy x yükseklik* hesabını kullanabildikleri söylemişlerdir. Ayrıca bu şekli su, kum, un gibi maddelerin içine de atarak hacmini hesaplayabileceklerini ve iki sonucun birbirine eşit olacağını ifade etmişlerdir.

Tablo 3.6.'da öğrencilerin formül kullanımı ve farklı hacim tanımlarının eşliği ile ilgili açıklamaları birlikte verilmektedir.

Tablo 3.6. Öğrencilerin formülü uygulama ve farklı hacim tanımlarının birbirine eşliği ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfadeler
Ö1	Hacim hesaplamasını su ile yapabiliriz sonra ayrıtlarını ölçerek yapabiliriz.
Ö2	Dikdörtgenler prizması konusu hakkında, mesela düzlem şeklinde olan şeyleri suya atınca pek fazla beklediğimiz sonuç çıkmıyormuş. Mesela düzensiz şekilde olan taş gibi onları atsak daha iyi oluyormuş. Yamuk şekilli olanları suya atarsak daha iyi olur. Düz olanları atsak da iyi olur.
Ö3	Dikdörtgenler prizması şeklindeki cismimizin uzun kenarını, kısa kenarını ve yüksekliğini cetveller yardımı ile ölçtük. Sonra öğretmenim hepsini çarptık. Böylece hacmini bulduk. Daha sonra dikdörtgenler prizmasını suyun içine attık ve suyun ne kadar yükseldiğini gördük. Çünkü ne kadar yükselirse o onun hacmi olacak. Sonuçlar birbirine çok yakın çıktı. Demek ki düzgün cisimleri kenarlarını ve yüksekliğini hesaplayıp ta bulabiliyormuşuz, suyun içine de atabiliyormuşuz. Ama ben tercihen kenar uzunluklarını bulup çarpmayı tercih ederdim.
Ö4	Suyun içine atarak ta enini, boyunu, yüksekliğine çarpıp hesap ederek aynı sonuca ulaşıyoruz.
Ö5	Bir cismi suya koyduğumuzda hacmini ölçüyoruz. Uzun kenarı ve kısa kenarını çarpıp yüksekliğini çarptığımızda da ölçüyoruz hacmini.
Ö6	Hacim birden fazla yolla bulunabilir. İlki suya atabiliriz. Diğer eni, boyu, yüksekliği

Ö7	çarpıp hacim bulabiliriz. Hacimlerinin aynı çıkacağını bulmak için dikdörtgenle prizmasının ayrıtlarını ölçtük bir de suyun içine attık.
----	---

Yapılan etkinlikler sonucunda öğrenciler hacim formülünü uygulayabilmiş ve farklı hacim tanımlarının eşliğini deneylerin sonuçlarını karşılaştırarak algılamıştır. Klinik görüşmeler sonucunda istenilen hedefe ulaşıldığı görülmüştür. Planlanan öğretim deneyi döngüsü tamamlandığı için yazılı uygulama aşamasına geçilmiştir.

3.5. Hacim Nedir Sorusuna Verilen Öğrenci Yanıtları

Uygulama öncesi ve sonrası öğrencilere “Hacim nedir?”, “Bir arkadaşınıza hacmi anlatmak isteseydiniz nasıl anlatırdınız?” soruları soruldu. Uygulama öncesi öğrencilerin çoğunluğu hacmi bir cismin boşlukta kapladığı alan olarak tanımladılar. Uygulama sonrası tekrar aynı sorular soruldu.

Tablo 3.7.’de öğrencilerin “Hacim nedir?”, “Bir arkadaşınıza hacmi anlatmak isteseydiniz nasıl anlatırdınız?” sorularına verdikleri cevaplar bulunmaktadır.

Tablo 3.7. Öğrencilerin hacim ile ilgili kullandıkları sözel ifadeler

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfadeler
Ö1	Hacim, bir cismin evrende kapladığı alanların birleşimiymiş diye anlatırdım. Hacim hep aynıdır. Hamur deneyini de anlatırdım. İlk başta suyu koyduk miktarına baktık yazdık. Sonra hamuru direkt yuvarlak şekilde attık miktarına baktık yazdık. Farkı bulduk. Yani hamurun hacmini bulduk. Sonra tekrar suyu aynı miktarda koyduk. Hamurun şeklini değiştirdik tekrar attık aradaki fark aynı oldu. Hacmini bulduk yani hacim asla değişmiyor. Şekil değişse de değişmiyor.
Ö2	Öncelikli olarak formüllerden başladım. Formüller taban alanı çarpı yükseklik eşittir hacim. Daha sonra hacmin ne olduğunu anlatırdım size. Hacim demek bir şeyin kapladığı alandır. Örnekler verirdim bu yaptığımız deneyler hakkında konuşurdum. Mesela oyun hamuru deneyinden anlatırdım. Örnek şimdi bir tane normal bir oyun hamuru attık hacmini bulduk. Ve onun şeklini değiştirdik tekrardan attık ve sonuç değişmedi. Oyun hamuru oyun hamuruydu sadece şekli değişti. Yamuk şekilli olanları suya atarsak daha iyi olur. Düz olanları atsak da iyi olur.
Ö3	Hacim, bir cismin boşlukta kapladığı yer. Bunu bulmak için deneylerde yaptığımız gibi birkaç formül var. Taban alanı çarpı yüksekliktir. Ondan sonra bu geometrik bir cisimse işte kısa kenar çarpı uzun kenar çarpı yükseklik. Bir de beherglasların içine tam şekli belli olmayan cisimleri suyun içine dereceli kaplarda biz ölçebiliyoruz hacimlerini. Çünkü onların belli bir şekilleri yok mesela. O şekilde anlatırım.
Ö4	Her şeyin neredeyse bir hacmi var. Hacim kaplanan yer oluyor. Hacmi bir arkadaşına anlatsam sizin gibi deneylerle, suya atarak, formülle beraber anlatırdım.
Ö5	Bir cismin kapladığı yer olarak anlatmak isterdim. Hacmi formülleriyle anlatırdım. Kısa kenar çarpı uzun kenar eşittir taban alanı. Taban alanı ile de yüksekliği çarparak hacmi buluyoruz. Suyla ilgili yaptığımız deneyleri anlatırdım. Boş bir kabın içine su doldurarak içine hacmini ölçmek istediğimiz nesneyi atıyoruz. Ne kadar artarsa o cismin hacmi oluyor.

Ö6	Hacim bir maddenin boşlukta kapladığı yerdir. Hacim deyince bütün eşyalar aklıma geliyor. Her eşya boşlukta bir yer kaplıyor. Biz bile kaplıyoruz yani.
Ö7	Hacim yani bir suyun içine attığımız taş onun hacmini ölçmek için kullanırız. Hacim yani onun büyüklüğü olabilir. Biz de şuan bir hacim ölçebiliriz hava ortamındayız biz de. Burası bir salon salonun içinde bizler varız. Cisimler şuan belirli yerde. Hava tabi görünmediği için ölçemiyoruz. Suyu da mesela beherglasın içine su koyduk. Bir salon olduğunu düşünürsek içine biz atıldık yani oyuncak bebek olarak biz atıldık. Bizim hacmimizi, normal suyun hacminden bizim hacmimizi çıkartarak bizim hacmimizi bulabilirdik. Hacim yani büyüklük demek bence.

Öğretim Deneyi sonunda öğrencilerin verdikleri cevaplarda ilk başta yaptıkları alana bağlı tanım yerine 2 öğrenci dışında tüm öğrencilerin tanımı değiştirdikleri ve yer olarak ifade ettikleri görülmektedir. Öğrencilerin hacim korunumu ve düzgün/düzgün olmayan geometrik cisimlerin hacimlerinin bulunmasına yönelik açıklamalara yer vermeleri ve bir öğrencinin hacmi büyüklük olarak tanımlaması dikkat çekmektedir.

3.6. Herhangi Bir Geometrik Cismin Hacminin Hesaplanması İle İlgili Öğrenci Görüşleri

Öğrencilere uygulama sonrası şu ana kadar “Hiç görmediğiniz bir geometrik bir cismin hacmini nasıl hesaplıyorsunuz?” sorusu soruldu. Bazı öğrenciler önce şeklin düzgün olup olmadığını sorguladılar. Eğer sınırları düzgün ve ölçülebilir ise hacim hesaplanırken en x boy x yükseklik formülü kullanacaklarını, eğer şekil düzgün değilse su, un, kum gibi maddelerin içine atıp maddeyi yükseltme ya da taşıma miktarlarının bulunup hacmi hesaplayacaklarını ifade etmişlerdir.

Tablo 3.8.’de öğrencilerin uygulama sonrası “Herhangi bir geometrik cismin hacmini nasıl hesaplıyorsunuz?” sorusuna verdikleri cevaplar bulunmaktadır.

Tablo 3.8. Öğrencilerin “Herhangi bir geometrik cismin hacmini nasıl hesaplıyorsunuz?” sorusuna verdikleri cevaplar

Öğrenci	Kullanılan Sözel İfadeler
Ö1	Hesaplarım çünkü öyle düz değilse suya atarım o şekilde yaparım. Eğer düzse de uzun kenar kısa kenar yüksekliği çarpırım yine hacmini bulurum.
Ö2	Suya atardım. Kumun içine atardım. Kumun da derecelerini yapardım. Mesela kumun içine atınca direkt yükselince hacmini bulmuş olurum o şekilde.
Ö3	Düzgünse ben sanırım cetvelle ölçüp formül geliştirmeye çalışırım. Ama düzgün değilse beherglaslarda su yardımıyla bulurum.
Ö4	Eğer cetvelle ölçbiliyorsak cetvelle ölçüp ilk önce uzun kenarı, kısa kenarı yüksekliği çarpıp öyle bulurum. Ya da suyun hacmini bulup, suyun içine atıp, farkı bulup hacmi bulurum.
Ö5	Bir cismi suya koyduğumuzda hacmini ölçüyoruz. Veya şekil düzgün ise uzun kenarı ve kısa kenarını çarpıp yüksekliğini çarpığımızda da ölçüyoruz hacmini.

Ö6	Şekil düzse yamuk değilse cetvelle hesaplarım. Yamru yumru ise suya atar hesaplarım veya un sıkıştırırım içine koyarım.
Ö7	Eğer cetvelle ölçebiliyorsak cetvelle ölçüp, ilk önce uzun kenar sonra kısa kenarını yüksekliğini çarpıp öyle bulurum. Ya da suyun hacmini bulup suyun içine atıp ondan farkını bulurum.

Öğrenciler hacim hesaplama ile ilgili iki yol olduğunu belirtmişlerdir. Eğer cismin ayrıtları cetvel, mezura vb... standart ölçme araçları ile ölçülebiliyorsa en x boy x yükseklik formülünü kullanacaklarını, eğer ayrıtları düzgün değilse su, kum, un gibi maddelerin içine atıp yer değiştirdiği madde miktarı ile cismin hacmini hesaplayabileceklerini belirtmişlerdir.

3.7. Hacim Kavramı İle İlgili Yazılı Uygulama

Hacim kavramı ile ilgili etkinliklerden sonra öğrencilere 10 soru ve 2 adet alt sorudan oluşan bir yazılı uygulama yapılmıştır. İçerisinde birim küplerle verilen yapıların hacmini hesaplama, eni boyu yüksekliği verilen düzgün şekilli bir cismin hacmini hesaplama(Cavalieri prensibi), ayrıtları düzgün ve sınırlı olan daha büyük bir şeklin yine ayrıtları düzgün ve sınırlı olan daha küçük bir cisimle doldurulması, Arşimed ilkesine yönelik sorular bulunmaktadır. Takip eden bölümlerde soru bazında öğrenciye göre bulgular sunulacaktır. Tablo 3.9.'da yazılı uygulamada yer alan öğrenci cevaplarının analizi görülmektedir.

Tablo 3.9. Yazılı Uygulama Sorularının Analizi

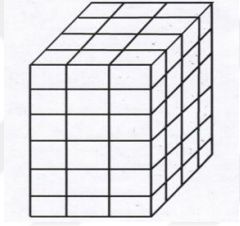
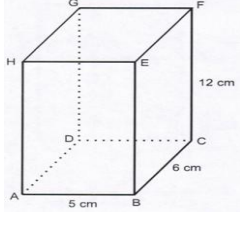
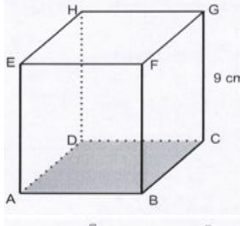
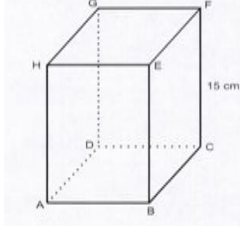
Öğretim Süreci Bölümleri	Soru Numarası	Doğru Cevap Veren Öğrenci Sayısı	Yanlış Cevap Veren Öğrenci Sayısı
Formül Uygulama (Cavalieri Prensibi)	1.Soru	6	1
	5.Soru	7	0
	6.Soru	6	1
	8a.Soru	7	0
Birim Küplerle Oluşturulmuş Yapının Hacmini Hesaplama	10a.Soru	6	1
	2.Soru	6	1
Ayrıtları daha büyük bir cismi ayrıtları daha küçük başka bir cisimle döşeme	3.Soru	7	0
	4.Soru	5	2

	7.Soru	5	2
Farklı Görünüşteki Cisimlerin Hacim Eşliği	8b.Soru	5	2
	10b.Soru	6	1
Hacim Korunumu (Arşimet Prensibi)	9.Soru	2	5

3.7.1. Formül uygulamaya yönelik sorulara verilen öğrenci cevapları

Tablo 3.10.'da öğrencilere formül uygulamaya yönelik olarak sorulan 1, 5, 6 ve 8a soruları görülmektedir.

Tablo 3.10. Formül uygulamaya yönelik sorular

Soru numarası	Soru
1	 Yukarıda verilen dikdörtgenler prizmasında kaç tane birim küp kullanılmıştır?
5	 Yukarıdaki dikdörtgen prizmanın hacmi kaç cm^3'tür?
6	 Taban alanı 28 cm^2 olan prizmanın hacmi kaç cm^3'tür?
8a	 Yukarıdaki prizmanın hacmi 540 cm^3'tür. Verilen prizmanın taban alanı kaç cm^2'dir?

Formül kullanmaya yönelik olarak sorulan yazılı uygulamanın birinci sorusuna üç öğrenci *taban alanı x yükseklik* formülünü, üç öğrenci de *en x boy x yükseklik* formülünü kullanarak doğru cevap vermiştir. Bir öğrenci ise istenen cevaba ulaşamamıştır. Görsel 3.18.'de bir öğrencinin *taban alanı x yükseklik* formülünü kullanarak hacim hesaplaması görülmektedir.

Yukarıdaki soruya
Taban alanı x h Formül
taban alanı = $3 \times 4 = 12$
Cevap = 72
$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 6 = h \\ \hline 72 \end{array}$$

Görsel 3.18. *taban alanı x yükseklik* formülünün kullanımı

Formül kullanmaya yönelik olarak sorulan beşinci soruya tüm öğrenciler doğru cevap vermiştir. Öğrencilerden beşi *taban alanı x yükseklik* formülünü, ikisi ise *en x boy x yükseklik* formülünü kullanmıştır. Görsel 3.19. bir öğrencini *en x boy x yükseklik* formülünü kullanarak hacmi nasıl hesapladığını göstermektedir.

En = 6cm
Boy = 5cm
Yükseklik = 12cm
$$\begin{array}{r} 5 \times 6 = 30 \\ \times 12 \\ \hline 60 \\ \times 30 \\ \hline 360 \text{ cm}^3 \end{array}$$

Görsel 3.19. *en x boy x yükseklik* formülünün kullanımı

Yazılı uygulamanın altıncı sorusuna sadece bir öğrenci yanlış cevap vermiştir. Doğru cevabı bulan öğrencilerden üçü formül kullanmış diğer üçü ise kullanmamıştır. Görsel 3.20.'de görüldüğü gibi bazı öğrenciler formülü yazmadan verilen sayıları çarparak doğru sonuca ulaşmıştır.

$$\begin{array}{r} 28 \quad 9 \quad 7 \\ \hline 252 \text{ cm}^3 \end{array}$$

Görsel 3.20. Altıncı soruya formül kullanmadan verilen öğrenci cevabı

Yazılı uygulamanın sekizinci sorusunun a bölümündeki problemi bütün öğrenciler doğru cevaplamıştır. Öğrencilerin dördü hacim formülünden bağımsız çözüm yaparken üç tanesi formül kullanmıştır. Görsel 3.21.'de görüldüğü üzere öğrenci taban alanını bulmak için formülden faydalanarak bir denklem oluşturmuş, bölme işlemini yaparak cevaba ulaşmıştır.

Öğrencilerin 1, 5, 6 ve 8a sorularına verdikleri cevaplar incelendiğinde hacim hesaplamada formül kullanımında sorun yaşamadıkları görülmüştür.

$$540 = 15 \cdot 36$$

$$\begin{array}{r} 540 \div 15 \\ \underline{450} \\ 90 \\ \underline{90} \\ 00 \end{array}$$

Taban 36, Yükseklik 15

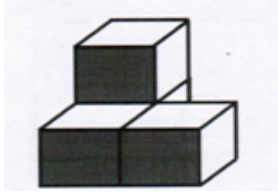
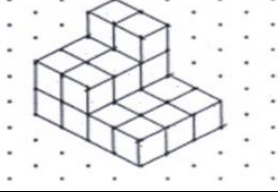
Görsel 3.21. 8a sorusunda formülün kullanımına yönelik öğrenci cevabı

Öğrenciler soruları cevaplarken çoğunlukla hacim formüllerini kullanmayı tercih etmişlerdir. Bu durum somut materyallerle desteklenmiş öğretim ortamının öğrenmeye olumlu katkı yaptığını ve hacim kavramını algılamış olan öğrencilerin formül kullanmada zorlanmadıklarını göstermektedir.

3.7.2. Birim küplerle oluşturulmuş yapının hacmini hesaplamaya yönelik öğrenci cevapları

Tablo 3.11.'de birim küplerle oluşturulmuş yapıların hacimlerini hesaplamaya yönelik olarak öğrencilere sorulmuş olan sorular görülmektedir.

Tablo 3.11. Birim küplerle oluşturulmuş yapıların hacmini hesaplamaya yönelik sorular

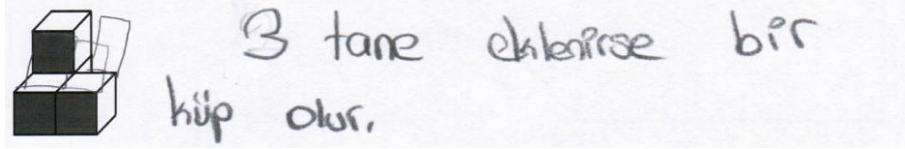
Soru numarası	Soru
2	 Dört adet birim küpten oluşan yukarıdaki en az kaç tane daha birim küp eklenirse şekil bir küp olur?
10a	 Yukarıda verilen çok küplünün hacmi kaç br^3'tür?

Yazılı uygulamanın ikinci sorusu birim küplerle oluşturulmuş bir şeklin üzerine eklenen birim küplerle küp oluşturmaya yöneliktir. İkinci soruya 6 tane öğrenci doğru cevabı vermiştir. Fakat bir öğrenci yanlış cevap vermiştir. Yanlış cevap vermesinin nedeni yapının görünmeyen kısmına 1 adet birim küpü eklememiş olması olabilir. Diğer öğrenciler doğru cevabı verebilmişlerdir. Görsel 3.22.'de ikinci soruya verilmiş örnek cevap görülmektedir. Cevapta öğrenci ilk önce oluşturulabilecek en küçük küpün hacmini bulmuş daha sonra da elde ettiği sayıdan şekilde verilen küp birim sayısını çıkartmıştır.

4 adet birim küpten elde edilmiş şekle en az 4 küpekle-
nirse bir küp olur. Çünkü
en küçük küpü oluşturmak için
bu formül kullanılır.
 $2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$
 $8 - 4 = 4$

Görsel 3.22. İkinci soruya yönelik örnek öğrenci cevabı

Görsel 3.23.'de ikinci soruya hatalı cevap vermiş olan öğrencinin cevabı görülmektedir. Öğrenci verilen şekildeki birim küpleri saydıktan sonra yapının görünmeyen kısmına birim küp eklemeyi unutmuş dolayısıyla eklenmedi gereken birim küp sayısını bir tane eksik söylemiştir.



Görsel 3.23. İkinci soru için hatalı öğrenci cevabı

Yazılı uygulamanın onuncu sorusunun a bölümünde birim küplerle oluşturulmuş bir yapı verilmiştir. Bu yapının hacminin hesaplanması istenmiştir. Yazılı uygulamanın onuncu sorusunda a bölümüne ait probleme altı öğrenci doğru yanıt vermiştir. Bir öğrenci yanlış cevap vermiştir. Yanlış cevap veren öğrenci yapıyı bir bütün olarak düşünmüş olabilir. Görsel 3.24.'te öğrenci bir birim küpün hacmini formülle hesaplamış daha sonra yapıda bulunan birim küpleri saymış, birim küp sayısı ile birim küpün hacmini çarparak sonuca ulaşmıştır.

$$\begin{aligned} &20 \text{ br}^3 \text{ tır. Çünkü taban} \\ &\text{alanı } 1 \text{ cm, yükseklik } 1 \text{ cm} \\ &= \text{hacim } 1 \text{ cm}^3 \text{ dir.} \\ &\text{Küp sayısı ise } 20 \text{ tane dir.} \\ &20 \cdot 1 = 20 \text{ br}^3 \text{ olur.} \end{aligned}$$

Görsel 3.24. 10a'ya birim küpleri sayarak verilen öğrenci cevabı

Görsel 3.25.'te öğrenci verilen yapıda yer alan katlarda bulunan birim küpleri ayrı ayrı saymış daha sonra bunları toplayarak yapının hacmini bulmuştur.

$$\begin{aligned} &\text{Taban } 2 \cdot 2 \\ &1. \text{ kat } 2 \cdot 6 \\ &2. \text{ kat } 2 \cdot 2 \\ &\hline &20 \text{ br}^3 \end{aligned}$$

Görsel 3.25. 10a'ya katlardaki birim küp sayılarını toplayarak verilen öğrenci cevabı

Görsel 3.26’da öğrenci yapıyı bir prizma olarak kabul etmiş ve bu prizmanın hacmini formül kullanarak hesaplamıştır. Ancak yapıda eksik olan birim küp sayısını prizmanın hacminden çıkarmamıştır.

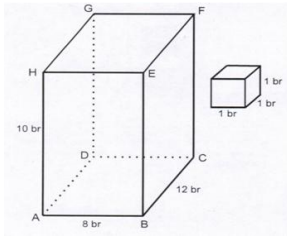
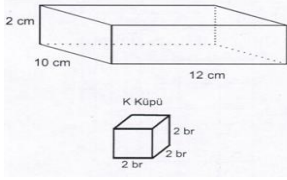
$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 4 \\ \hline 12 \end{array} \quad \begin{array}{r} 12 \\ \times 3 \\ \hline 36 \end{array}$$

Görsel 3.26. 10a’ya verilen hatalı öğrenci cevabı

3.7.3. Ayrıtları daha büyük bir cismi ayrıtları daha küçük başka bir cisimle döşemeye yönelik öğrenci cevapları

Tablo 3.12.’de verilen bir prizmanın ayrıtları daha küçük olan başka bir prizmayla döşenmesine yönelik sorular görülmektedir. Yazılı uygulamanın üçüncü sorusu eni, boyu ve yüksekliği verilen bir cismi birim küple doldurmaya yöneliktir. Bu soruyu bütün öğrenciler doğru cevaplamıştır.

Tablo 3.12. Ayrıtları daha büyük bir cismi ayrıtları daha küçük başka bir cisimle döşemeye yönelik sorular

Soru numarası	Soru
3	 Ayrıtlar uzunlukları yukarıdaki gibi olan bir dikdörtgenler prizması elde edebilmek için kaç adet birim küpe ihtiyaç vardır?
4	 Yukarıda verilen dikdörtgenler prizmasının içine K küpünden kaç tanesi sığdırılabilir?

Görsel 3.27.’de görüldüğü üzere öğrenci cismin hacminin gerekli birim küp sayısına eşit olduğunu fark etmiş ve cismin hacmini eni, boyu ve yüksekliği çarparak bulmuştur.

$$\text{En. boy. } h = \\ 10 \cdot 8 \cdot 12 = 960 \text{ br}^3$$

Görsel 3.27. Üçüncü sorunun en x boy x yükseklik formülü ile çözümü

Aynı şekilde buradaki öğrenci de gerekli birim küp sayısının cismin hacmine eşit olduğunu fark etmiş ve görsel 3.28.’de görüldüğü gibi cismin hacmini taban alanı ile yüksekliği çarparak bulmuştur.

$$\begin{array}{l} \text{taban alanı} \times h \\ \begin{array}{r} 12 \\ \times 8 \\ \hline 96 \end{array} \quad \begin{array}{r} 96 = \text{tea.} \\ 10 \\ \times 8 \\ \hline 80 \\ + 96 \\ \hline 960 // \end{array} \end{array}$$

Görsel 3.28. Üçüncü sorunun taban alanı x yükseklik formülü ile çözümü

Yazılı uygulamanın dördüncü sorusu eni, boyu ve yüksekliği verilen daha büyük bir cismi öğrencilerin alışık olduğu birim küp dışında ayrıtları 2 cm olan bir küpü birim olarak kabul ederek büyük cismin hacmini verecek küp sayısını bulmaya yöneliktir.

Görsel 3.29.’de öğrenci önce küçük cismin daha sonra büyük cismin hacmini hesaplamış daha sonra büyük cismin hacmini küçük cismin hacmine bölerek gerekli olan küçük cisim sayısını bulmuştur.

$$\begin{array}{l} 1c = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8 \text{ br}^2 \\ \text{Taban Alanı} = 10 \cdot 12 = 120 \\ \text{Yükseklik} = 2 \\ 120 \cdot 2 = 240 \\ 240 : 8 = 30 \\ 30 \text{ tane sığdırılabilir.} \end{array}$$

Görsel 3.29. Dördüncü sorunun cevabını büyük cismin hacmini küçük cismin hacmine bölerek bulma

Soruya 5 öğrenci doğru cevap vermiştir. Hatalı cevap veren iki öğrenci de büyük cismin hacmini doğru bulmuşlardır. Fakat yanlış cevap veren bir öğrenci küçük cismin

hacmini de doğru bulmasına rağmen bölmeyi yanlış yapmıştır. Bundan dolayı cevabı yanlıştır. Hatalı cevap veren diğer öğrenci ise büyük cismin hacmini küçük cismin sadece bir ayrıt uzunluğuna bölmüştür.

Görsel 3.30’da öğrenci büyük cismin ayrıt uzunluklarını küçük cismin ayrıt uzunluklarına bölerek bir ayrıt boyunca yerleştirilebilecek küçük küp sayılarını bulmuş ve buları çarparak gerekli küçük küp sayısını elde etmiştir.

$$\begin{array}{l} 2:2=1 \\ 10:2=5 \\ 12:2=6 \end{array} \quad \begin{array}{l} 6.5=30 \text{ br}^2 \\ \times 1 \\ \hline 30 \text{ br}^3 \end{array}$$

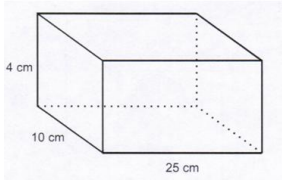
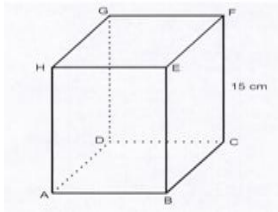
Görsel 3.30. Büyük cismin ayrıtlarını küçük cismin ayrıtlarına bölüp, bir ayrıt boyunca yerleştirilebilecek küçük küp sayılarını çarparak yapılan çözüm

3.7.4. Farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliğine yönelik öğrenci cevapları

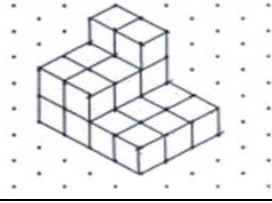
Tablo 3.13.’te farklı görünüşe sahip geometrik cisimlerin hacimlerinin hesaplanmasına yönelik olarak sorulan 3, 4 ve 7. soruya yer verilmiştir.

Yazılı uygulamanın yedinci sorusunda öğrencilerden eni, boyu, yüksekliği verilen bir dikdörtgenler prizması ile aynı hacme sahip bir küp oluşturmaları istenmiştir. Soruda 2 öğrenci doğru cevaba ulaşamamıştır. Her ikisi de soruda verilen dikdörtgenler prizmasının hacmini bulmasına rağmen, aynı hacme sahip küpü çizememişlerdir.

Tablo 3.13. Farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliğine yönelik sorular

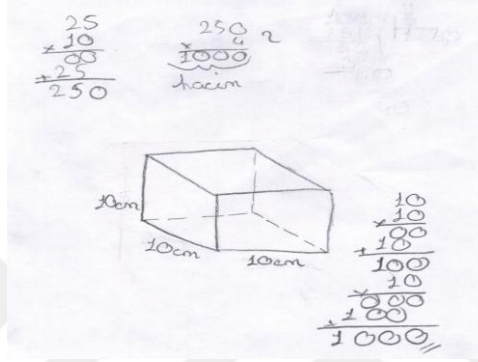
Soru numarası	Soru
7	 Yukarıda verilen dikdörtgenler prizması ile aynı hacme sahip bir küp çiziniz.
8b	 Verilen prizmanın kenar uzunluklarını kaç cm’dir? Bir model oluşturarak gösteriniz.

10b



Siz de sekiz birim küplük bir yapı oluşturunuz.

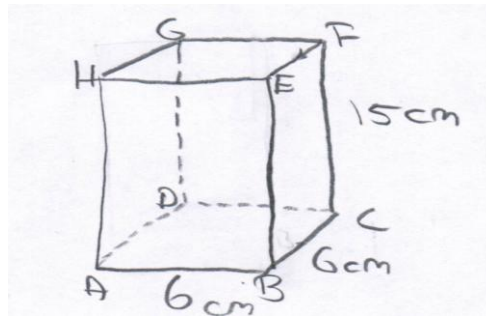
Görsel 3.31.'da görünen cevapta öğrenci prizmanın hacmini hesaplamış ve prizmanın hacmine denk hacme sahip küpü çizerek göstermiştir.



Görsel 3.31. Yedinci sorunun doğru cevabı

Yazılı uygulamanın sekizinci sorusunun b bölümünde bir önceki soruda verilen prizmanın tabanının kenar uzunluklarının alabileceği değerlere göre, öğrencilerden bir model çizmeleri istenmiştir. Soruya verilen cevaplarda taban alanına göre üç öğrenci kenar uzunlukları 6 x 6 cm'lik kare prizma modelini oluşturmuştur. İki öğrenci 9 x 4 cm'lik dikdörtgenler prizması oluşturmuştur. Bir öğrenci taban alanı çevre gibi düşünmüş ve yanlış model çizmiştir. Diğer öğrenci ise soruyu cevaplayamamıştır.

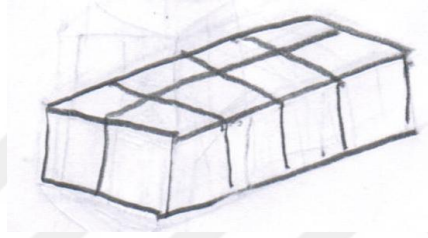
Görsel 3.32'de öğrenci taban alanını 36 santimetrekare olarak hesaplığı prizmanın taban ayrıtlarını 6 cm olarak düşünmüş ve bir kare prizma oluşturmuştur.



Görsel 3.32. 8b için oluşturulan 6x6 cm tabanlı kare prizma

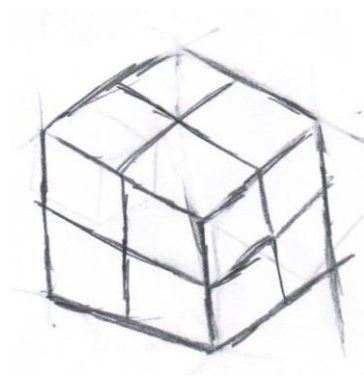
Yazılı uygulamanın onuncu sorusunun b bölümünde öğrencilerden, belirli sayıda verilen birim küplerle üç boyutlu bir cisim inşa etmeleri istenmektedir. Beş öğrenci uygun yapı oluşturmayı başarmıştır. Oluşturdukları yapıların dört tanesi $1 \times 2 \times 4$ 'lük dikdörtgenler prizması iken bir tanesi $2 \times 2 \times 2$ 'lik küp olmuştur. Bir öğrenci oluşturduğu yapıda eksik sayıda birim küp kullanmıştır. Diğer bir öğrencinin ise oluşturduğu yapıda kaç tane birim küp olduğu tam olarak anlaşılamamaktadır. Ayrıca öğrencilerden beşi üç boyutlu çizim yaparken iki tanesi iki boyutlu çizim yapmıştır.

Görsel 3.33.'de öğrenci verilen birim küpleri ikişer ikişer yan yana dizerek 8 br^3 'lük bir yapı oluşturmuştur.



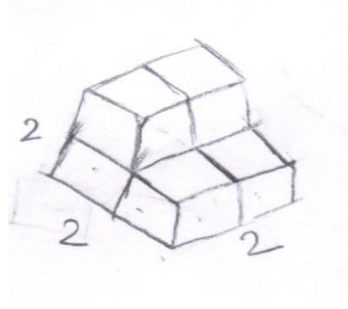
Görsel 3.33. $1 \times 2 \times 4$ 'lük yapı örneği

Görsel 3.34.'de verilen örnek cevapta öğrenci verilen birim küpleri 2×2 'lik iki katman olarak dizmiş ve neticede bir ayrıt uzunluğu iki birim olan küp oluşturmuştur. Bu soruya verilen cevaplar arasında küp oluşturulmuş tek örnektir.



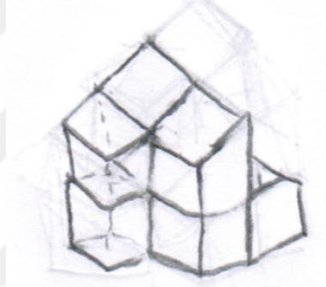
Görsel 3.34. $2 \times 2 \times 2$ 'lik yapı örneği

Görsel 3.35.'de öğrenci yapıyı oluştururken her ayrıt boyunca iki birim küp yerleştirmesi gerektiğini belirlemiş ancak çizimde iki tane birim küp eksik kaldığı için istenilen hacme sahip yapı oluşturulamamıştır.



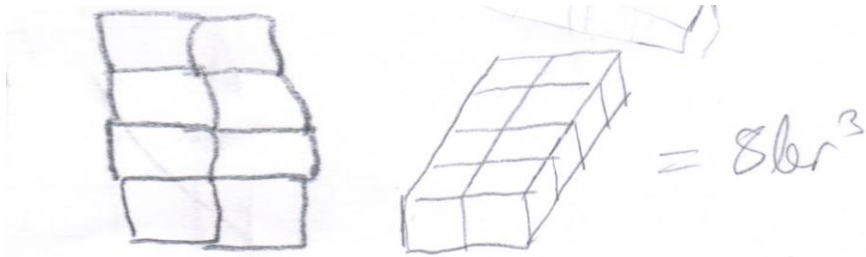
Görsel 3.35. Eksik oluşturulmuş yapı örneği

Görsel 3.36.'de görünen yapıda öğrenci altı tane görünür birim küp oluşturmuştur. Yapının görünmeyen kısmında birim küp olup olmadığı tespit edilemeyeceği için çizim bu haliyle eksik kalmıştır. Ayrıca oluşturulan yapı prizma değildir.



Görsel 3.36. Görünür olmayan kısımları tespit edilemeyen yapı örneği

Görsel 3.37.'da öğrencilerin oluşturdukları yapıların çizimlerinden örnekler görülmektedir. Bazı öğrenciler çizimlerini üç boyutlu bazıları ise iki boyutlu yapmıştır.



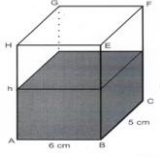
Görsel 3.37. İki boyutlu ve üç boyutlu öğrenci çizimleri

3.7.5. Hacim korunumuna yönelik öğrenci cevapları

Tablo 3.14. yazılı uygulamada öğrencilere yöneltilen hacim korunumu sorusu görülmektedir. Yazılı uygulamanın dokuzuncu sorusunda taban ayrıtları verilen su ile

dolu dikdörtgenler prizmasının içine bir taş atılmış ve taşın suyun seviyesinde meydana getirdiği yükseliş verilmiştir. Öğrencilerden su seviyesindeki yükselişi ve prizmanın ayırıt uzunluklarını kullanarak taşın hacmini hesaplamaları beklenmiştir.

Tablo 3.14. Hacim korunumuna yönelik sorular

Soru numarası	Soru
9	 Yukarıda verilen dikdörtgenler prizması şeklindeki kap h seviyesine kadar su ile doludur. Suyun içine atılan bir taş suyun seviyesini 3 cm yükselttiğine göre taşın hacmi kaç cm³'tür?

Yazılı uygulamanın dokuzuncu sorusuna iki öğrenci doğru cevap vermiştir. Diğer öğrenciler sorudaki taşın su seviyesinde meydana getirdiği yükselmeyi hacim olarak ifade etmişler, taban alanı ile çarpmamışlardır.

Görsel 3.38.'de öğrenci taşın hacmini iki farklı yolla bulmuştur. Bu yollardan birincisinde suyun taş atılmadan önceki hacminden taş atıldıktan sonraki hacmi çıkarmıştır. Diğer yolda ise prizmanın taban alanıyla su seviyesindeki yükselme miktarını çarparak sonuca ulaşmıştır.

$$\begin{aligned}
 &\text{seviyesine} \\
 &\text{adı olan } 26 \cdot 6 \cdot 5 = 36 \cdot 5 = 180 \\
 &\text{suğun hacmi?} \\
 &\text{taş atıldıktan sonra} = 6 \cdot 9 \cdot 5 = 270 \\
 &\text{taşın hacmi?} \\
 &180 - 270 = 90 \text{ cm}^3 \\
 &\quad = \text{Taşın hacmi} \\
 &\text{2. yol} \\
 &6 \cdot 3 \cdot 5 = 18 \cdot 5 \\
 &\quad = 90 \text{ cm}^3 \text{ Taşın hacmi}
 \end{aligned}$$

Görsel 3.38. Yer değiştiren su miktarının (taşın hacmi) hacminin doğru hesaplanması

4. SONUÇ, TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu bölümde; araştırma kapsamında elde edilen sonuçlara, araştırmalar ile elde edilen bulguların ilgili araştırmalar ile tartışılmasına ve ileride yapılabilecek benzer nitelikteki araştırmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

4.1. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada ortaokul altıncı sınıf öğrencilerinin hacim kavramını algılamaları için somut materyal destekli tasarlanan bir öğretim deneyi sürecinde kavramsal bilgiden işlemsel bilgiye geçiş süreçlerinin nasıl gerçekleştirildiği ve öğretim sonrası hacim algıları araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara dayanarak kavramsal bilgiden işlemsel bilgiye geçiş süreçlerine ilişkin "Hacim korunumu", "Farklı hacim tanımlarını algılama", "Formülleştirme", "Formülü Uygulama ve Farklı Hacim Tanımlarının Birbirine Eşliği" ve "Yazılı uygulama sonuçları" başlıkları altında, öğretim deneyi sonrası hacim algıları ise "Öğrencilerin Hacim nedir? Bir arkadaşınıza hacmi anlatmak isteseydiniz nasıl anlatırdınız?" , "Herhangi Bir Geometrik Cismin Hacminin Hesaplanması İle İlgili Öğrenci Görüşleri" başlıkları altında elde edilen sonuçlar verilmektedir.

4.1.1. Öğretim deneyi sürecinde kavramsal bilgiden işlemsel bilgiye geçiş süreçleri

Hacim korunumu bölümünde öğretim deneyinin bir özelliği olarak, öğrenciler ilk elden ve dolaysız bir şekilde, öğrenmelerine yardım eden deneyler yapmış, gözlemlerde bulunmuş ve gerçek yaşamda rahatlıkla bulunabilen somut materyalleri kullanmıştır. Öğrenciler Piaget'in hacim korunumu idrakinde zorlanmamışlar, bir cismin suya atıldığında taşıdığı su miktarı ile bu cismin parçalara ayrıldıktan veya şekli değiştirildikten sonra suya atıldığında taşıdığı su miktarının aynı olduğunu keşfetmişlerdir. Öğrenciler kendilerine fiziksel değişikliklerin hacmi değiştirmediği bilgisi doğrudan verilmemesine rağmen, öğretim deneyi yönteminin bir özelliği olan bilgiyi akıl yürütmelerle keşfetme yolunu kullanarak bu sonuca tam olarak ulaşmışlardır. Ayrıca araştırmanın sonucunda çocukların korunumu anlama yaşlarının, Piaget'nin yaş kategorilerine uygun olduğu sonucu Doğan ve Koçyiğit (2015) çalışması ile paraleldir.

Araştırmaya katılan kız ve erkek öğrenciler hacim korunumu kazanmışlardır. Bu durum Çapri ve Çelikkaleli (2005)'nin ölçmenin korunumunun cinsiyete göre anlamlı bir farklılık oluşmaması sonucu ile paraleldir.

Öğrenciler Piaget'in hacim tanımlarından olan yer değiştiren hacmi (displacement volume) yani bir cismin yer değiştirdiği sıvı miktarının o cisme ait hacim olduğunu ve hacmin bu yolla da bulunabilir olduğunu, yani Arşimed prensibini, keşfetmişlerdir.

Somut materyal kullanımının öğrencilerin keşfetmesine, akıl yürütmesine ve genellemeler yapmasına fırsat tanıdığı, öğrenmeyi desteklediği ve kolaylaştırdığı görülmüştür. Bu sonuç Kutluca ve Akın (2013) matematiksel kavramların öğretiminde ya da öğrenilen kavramları somutlaştırılmasında ve kalıcılığını sağlanmasında somut materyalinin olumlu etkisinin olduğu sonucu ile uyumludur.

Farklı hacim tanımlarını algılama bölümünde öğrenciler standart ölçme araçları ile ayrıtlarını ölçemediği şekli düzgün olmayan cisimlerin hacimlerini, Piaget'in hacim tanımlarından olan yer değiştiren hacmi (displacement volume) yer değiştirdikleri sıvı miktarı olan Arşimed ilkesini kullanarak ölçebileceklerini keşfetmişlerdir. Bu sonuç Canan vd., (2002) çalışması ile uyumludur. Ayrıca bir öğrenci sıvı yerine kum, un, pirinç gibi maddelerin de kullanılabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Öğrenciler Piaget'in tanımlarından olan katı bir cismi sınırlandıran bölgeler arasında kalan hacmi yani iç hacmi farklı görünümlere sahip cisimlerin yüzeyin içine sıvı doldurarak bulunabileceğini keşfetmişlerdir. Öncelikle araştırmacının kendilerine verdiği farklı görünüme sahip eş hacimli bardak ve kavanozun hacimlerinin birbirine eşit olmadığını düşünmüşlerdir. Sonrasında bu cisimlerin hacimlerinin kendilerinden daha büyük ve içi su dolu bir kaba atılarak yer değiştiren hacim (displacement volume) veya bu cisimlerin içlerinin su, un, kum, pirinç gibi maddelerle doldurularak iç hacim (interior volume) ölçülebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Böylece öğrenciler Piaget'in hacim tanımlarından olan iç ve yer değiştiren hacmin birbirine eşitliğini deneyler yoluyla, günlük hayattan somut materyaller kullanarak keşfetmişlerdir. Ancak bir öğrenci, cismi suyun içine attığımızda içinin hacmini değil, cam kısmın hacmini bulabileceğimizi ve hacmin camın alanı olabileceğini ifade ettiği görülmüştür. Farklı hacim tanımlarının ilk defa öğrencilerin deneyimlemeye çalıştığı bu aşamada öğrencinin henüz bu tanımları ayıramadığı ve hacmi yüzey alanı ile ilişkilendirdiği söylenebilir. Daha sonra kavanozun içindeki suyun bardağa aktarılarak hacimlerinin karşılaştırılması şeklindeki deney sürecinde yapılan gözlemler ve kendi aralarında yaptıkları fikir

alışverişlerinden yola çıkarak, farklı görünümdeki cisimlerin eş hacme sahip olabilecekleri sonucuna ulaşmışlardır. Bu durum Guissard vd., (2015) çalışmasından elde ettiği sonuç ile uyumludur.

Bu deneyin sonrasında yapılan klinik görüşmelerde bir öğrenci, herhangi bir yönlendirme olmaksızın, elde edilen sonucun cismin iç hacmi olduğunu ifade etmiştir. Bu durum sunulan farklı öğretim ortamının öğrencilere düşünme ve keşfetme fırsatı verdiğini göstermiştir.

Diğer bir etkinlikte öğrenciler yirmişer küp şeker ile farklı görünüme sahip yapılar oluşturdular. Bu yapıların hacimleri ile ilgili fikirleri sorulduğunda yapıların aynı hacme sahip olduklarını ifade ettiler. Bu sonucu herkesin eşit sayıda küp şeker almasına bağladılar. Öğrenciler aynı sayıda küp şekerden oluşturulan yapıların hacimlerinin eşit olacağı sonucuna ulaşmıştır.

Öğrencilere istedikleri sayıda küp şekerle oluşturdukları yapıların hacmi sorulduğunda kullandıkları küp şeker sayısının yapının hacmine eşit olacağı sonucuna ulaşmışlardır. Öğrencilerin bu etkinlikte yapının hacminin boşlukta kapladığı yer olduğunu algılamaları sağlanmıştır. Kullanılan küp şeker sayısı ile oluşturulan şeklin hacminin ifade edilmesi öğrencilerde birim kavramına giriş yapılmasına imkan vermiştir.

Formülleştirme bölümünde öğrencilerin dikdörtgenler prizması şeklindeki kutuyu küp şekerler ile doldurduğu deneyin başında öğrenciler kutunun hacminin içine konulabilecek küp şeker sayısı kadar olacağını ifade etmişlerdir. Öğrenciler bir önceki deneyden hareketle akıl yürüterek ve çıkarımda bulunarak yüzeyleri sınırlı cisimlerin hacminin, cismin içine yerleştirilebilecek birim küp sayısı kadar olduğunu keşfetmişlerdir.

Öğrenciler dikdörtgenler prizması şeklinde kutunun tabanını küp şekerler ile doldurup bir katman elde etmiştir. Bu katmandan kutunun içine kaç tane sığacağını yüksekliğe bağlı olduğunu ve katmandaki küp şeker sayısı ile yüksekliğinin çarpımının şeklin hacmine eşit olacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Dikdörtgenler prizması şeklindeki kutunun tabanının kısa ve uzun ayırıtı ile kutunun yüksekliği boyunca küp şeker dizilmiş, dizili küp şeker sayılarının çarpımının kutunun hacmine eşit olacağı öğrenciler tarafından bulunmuştur. Hatta bir öğrenci bu deney öncesi en, boy ve yükseklik çarpımının hacme eşit olacağı varsayımında bulunmuş, deney sonrasında da varsayımının doğru olduğu kanıtlanmıştır. Böylece

öğrenciler Cavalieri Prensibine deneyler, gözlemler yoluyla somut materyal kullanarak ulaşmışlardır.

Kavramsal bilgiden işlemsel bilgiye geçilen bu aşamada farklı ve zenginleştirilmiş materyallerle desteklenen eğitim ortamlarındaki öğrenciler hacim formülünü akıl yürüterek ve çıkarımda bulunarak çok rahat bir şekilde keşfetmişlerdir. Formülleştirme sürecinde kendileri yaparak ve yaşayarak deneyimler oluşturdıkları için formüle ulaşmaları ve formülü kullanmaları çok kolay olmuştur.

Araştırmaya katılan öğrenciler hacim formülünü bulmada önce dikdörtgenler prizması şeklindeki cismin bir tabakasını daha sonra bu tabakalardan kaç tane olduğunu sayarak hacim formülüne ulaşmışlardır. Bu sonuç Olkun (2003) ve Battista & Clements(1996)'in yaptığı araştırmalarında elde ettiği literatürde tanımlanan üç değişik kavramsallaştırmaya uygundur. Bu kavramsallaşmalar “bir küme yüzey”, “bir küme grup” ve “organize küpler”dir.

Araştırmada hacmin formülleştirme sürecine geçilmeden önce öğrencilere küp şekerler verilmiş, öğrencilerin hacim kavramını içselleştirmelerine olanak sağlanmıştır. Bu durum Voulgaris ve Evangelidou (1995) araştırmalarında öğrencilere dikdörtgenler prizmasının hacim formülünü vermeden önce, onların somut yapılarla geometrik cisimleri anlamalarının sağlanması gerektiği sonucuyla paralellik göstermektedir.

Formül uygulama ve farklı Hacim tanımlarının birbirine eşliği bölümünde öğrenciler dikdörtgenler prizması şeklindeki tahta parçasının hacmini yer değiştirdiği sıvı miktarı (Arşimed İlkesi) ve formülü kullanma yollarıyla (Cavalieri Prensibi) hesaplamıştır. İki sonucu karşılaştıran öğrenciler sonuçların birbirine çok yakın olduğunu görmüşlerdir. İki sonuç arasındaki farkın ölçen kişiden kaynaklanabileceğini düşünmüşler, bunun bir ölçüm hatası olduğu kanısına varmışlardır. Öğrenciler bu deneyle cisimlerinin hacminin farklı yollarla hesaplanabileceğini keşfetmişlerdir. Bazı öğrenciler yollar arasında karşılaştırma yapmışlardır. Neticede yer değiştiren hacim ile bir cismin içini boşluk kalmayacak şekilde doldurduğumuzda elde edilen hacmin aynı sonucu verdiğini görmüşler ve bu hacim tanımlarının birbirine eş olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Öğrencilerle yapılan deneyler ve klinik görüşmelerden sonra öğrencilere araştırmacının hazırladığı açık uçlu sorulardan oluşmuş bir yazılı uygulama yapılmıştır. Uygulama sonuçları beş alt başlık halinde incelenmiştir.

Formül uygulama yönelik yazılı uygulamanın dört adet sorusu ayrıtlarının

uzunluğu ölçülebilen düzgün sınırlı cisimlerin hacmini hesaplamaktı. Bu sorularda öğrenciler Cavalieri Prensibini uygulayıp formülle sonuca ulaştılar. Bu sorularda öğrencilerin büyük çoğunluğu doğru cevaba ulaşmıştır. Özellikle en, boy, yükseklik verilip hacminin istendiği veya hacmi ve diğer iki ayrıtı verilip verilmeyen diğer ayrıtı istendiği üst düzey düşünme becerisi gerektirmeyen sorulara öğrencilerin çok rahatlıkla cevap verebildiği sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenciler formül uygulama sorularında özellikle işlemsel bilginin kullanıldığı sorularda kendilerinden beklenen sonuca genellikle ulaşmışlardır. Bu durum Tan Şişman ve Aksu'nun (2010) öğrencilerin işlemsel bilgi içeren sorularda daha fazla başarılı oldukları sonucu ile uyumludur.

Birim küplerle oluşturulmuş bir yapının hacmini hesaplamaya yönelik yazılı uygulamanın iki adet sorusunu birim küplerle oluşturulmuş bir yapının hacmini hesaplamaktı. Bu iki soruya öğrencilerin büyük çoğunluğu doğru cevap vermiştir. Öğrenciler bir cismin boşlukta kapladığı yer olan hacmini, cismi oluşturan birim küpleri sayarak bulabilmişlerdir. Ayrıca hacmin sadece Cavalieri formülünü kullanılarak hesaplanmadığını bazı yapıların hacminin hesaplanmasında birim küpleri sayarak doğru yanıtı ulaşabileceği sonucuna varmışlardır.

Araştırmaya katılan öğrencilerin büyük çoğunluğu birim küplerden oluşmuş bir cismin hacmini çok rahat bir şekilde hesaplamıştır. Fakat bazı öğrenciler birim küplerle oluşturulmuş yapıların görünen kısmının hacmi fazla veya eksik saymaktadırlar. Bu sonuç Dağlı(2010) ve Batista, Clements (1998)' in araştırmalarında elde ettiği birim küplerden oluşan bir cismin içerdiği birim küp adedini fiziksel anlamda saymaktan kaynaklanan hatalara sebep olması sonucuyla paralellik göstermektedir.

Araştırmada birim küplerle bir yapıyı tamamlayarak prizma haline getirme sorusunu sadece bir öğrenci yanlış cevaplamıştır. Bu sonuç Aydın Karaca'nın (2014) yaptığı çalışmadaki birim küpleri kullanarak şeklin hacmini tamamlama amacıyla hazırlanmış bir soruda öğrencilerin eksik küp sayısını belirlemede zorlandıkları sonucu ile paraleldir.

Ayrıtları daha büyük bir cismi, ayrıtları daha küçük başka bir cisimle doldurmak Yazılı uygulamanın iki adet sorusu ayrıtları daha büyük bir cismi, ayrıtları daha küçük başka bir cisimle doldurmaktı. Hacmin bir cismin aynı niteliğe sahip başka bir cisimle doldurmak olduğunu keşfeden öğrencilerin çoğunluğu bu iki soruya doğru cevap vermiştir. Öğrenciler bir cismin hacmini hesaplarken kendinden daha küçük bir cisimle de doldurulup da bulunabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Bu durum Reece ve

Kamii (2001) sonucıyla uyumludur.

Araştırmada ayrıtları daha büyük bir prizmayı, ayrıtları daha küçük bir prizma ile doldurulması istenip, öğrencilerde birim yineleme kavramı gözlenmiştir. Fakat bir öğrencinin bu soruyu yapamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum Hirstein (1981), öğrencilerin birim küp sayılarını bulmada yaptığı hataların görünen küpler ya da küp yüzeyleri ile ilgili olduğu sonucuyla paralellik göstermektedir.

Farklı görünüşteki cisimlerin hacim eşliği Yazılı uygulamanın üç sorusu farklı görünüşteki cisimlerin hacimlerin birbirine eş olmasıydı. Öğrencilerin büyük çoğunluğu bu sorulara doğru cevap verebilmiştir. Öğrenciler bazı cisimlerin ve bazı geometrik yapıların farklı görünüşte olabileceklerini yine de aynı hacme sahip olabilecekleri sonucuna ulaşmışlardır.

Hacim korunumu Yazılı uygulamanın bir sorusu özellikle üst düzey düşünme becerisi isteyen, bir cismin suyun içine atıldığında yer değiştirdiği miktarın o cismin hacmine eşit olduğu bilgisini kullanmaya yöneliktir. Öğrenciler bu soruda suyun içine atılan bir cismin suyu yükseltme sebebinin hacim olabileceğini ifade etmişler fakat dereceli silindir de yükselttiği su seviyesine hacim yorumunu yapmışlardır. Bu bağlamda öğrencilerin bir cismin su içine atıldığında suyun yer değiştirme sebebinin taşın hacmi olduğu sonucuna vardıkları fakat prizmada hesaplama hataları yaptıkları düşünülebilir

4.1.2. Öğrencilerin hacim algıları

Öğrencilerin “Hacim nedir? Bir arkadaşınıza hacmi anlatmak isteseydiniz nasıl anlatırdınız?” sorularına verdikleri cevaplar değerlendirildiğinde ortaokul altıncı sınıf öğrencilerinin öğretim süreci sonucunda hacim kavramını algılayışlarındaki farkındalıkları artmıştır. Öğretim deneyi esnasında sunulan zengin somut materyal kullanımı, fen bilimleri gibi farklı disiplinlerle bağlantıların kullanılması, deneyler yapıp öğrencinin yaparak yaşarak deneyimlemesi sonucunda öğrenciler bir cismin boşlukta kapladığı yerin o cismin hacmi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Öğretim deneyinin istenen ve beklenen sonuçlarından bir tanesi hacmin büyüklük olarak algılanmasıydı ve öğrencilerden bir tanesi hacmi bir büyüklük olarak tanımlamıştır. Bu sonuç Guissard vd., (2015) hacmin sadece bir sayı olarak değil, bir büyüklük olarak düşünmenin temel konu olduğu çalışmalarından elde ettikleri ile uyumludur. Başka bir öğrenci ise hacmin bir cismin evrende kapladığı alanların birleşimi olduğu yargısına

varmıştır. Öğrenciler arkadaşlarına hacim konusunu anlatırken cisimleri kategorize etmişlerdir. Eğer cismin sınırları düzgünse Cavalieri formülü ile, cismin sınırları düzgün değilse Arşimed prensibine dayalı deneylerle anlatmayı tercih edecekleri sonucuna ulaştılar.

Öğrencilere herhangi bir geometrik cisim verilse hacmini hesaplanmanız istense sorusuna cismin hacmini hesaplayabilmek için iki farklı yolları olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuçlardan ilki eğer cisim düzgün ise yani ayrıtlarını standart ölçme araçları olan cetvel, mezura ile ölçülebiliyorsa en x boy x yükseklik formülü(Cavalieri Prensibi)kullanıp hacmini bulma yoluydu. İkinci sonuç ise özellikle cismin ayrıtları ölçülebilir değilse sıvı gibi maddelerin içine atıp yer değıştirdiği miktarın(Arşimed Prensibi) cismin hacmine eş olacağı yoluydu. Dolayısıyla öğrenciler kendilerine herhangi bir geometrik cisim verildiğinde bu geometrik cismin hacmini hesaplayabilecekleri sonucuna ulaşmışlardır.

4.2. Öneriler

Araştırma sonuçlarına dayalı olarak geliştirilen öneriler “Uygulamaya Yönelik Öneriler” ve “Yapılacak Araştırmalara Yönelik Öneriler” olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

4.2.1. Uygulamaya yönelik öneriler

- Milli Eğitim Bakanlığı matematik öğretim programlarında kavramsal öğrenmenin önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda matematik öğretim programında sadece hacim hesaplamaya yönelik değil, hacim kavramının gelişimine yönelik etkinlikler düzenlenmelidir.

- Hacim kavramı sadece matematiğin değil, fen bilimlerinin de önemli bir konusudur. Fen bilimleri ve matematik öğretim programları eş güdümlü olmalıdır.

- Öğretmenler öncelikle öğrencilere hacim kavramını öğretmeye başlamadan önce öğrencilerin geçmiş bilgilerini ön değerlendirme yaparak, bu ön değerlendirmenin sonucuna göre eğer eksik ya da yanlış öğrenmeler varsa bu öğrenme eksiklikleri giderilmelidir.

- Öğretmenler hacim kavramı ile ilgili derslerinde daha fazla somut materyal kullanmalıdır. Kullanılan somut materyaller günlük hayattan seçilmeli, öğrencinin ilgisini çekebilen nitelikte olmalıdır.

- Öğrencilerin hacim kavramını geliştirmek için birim küplerle oluşturulmuş yapıların sınıf içi etkinliklerde daha fazla yer alması gerekir. Ayrıca birim küplere oluşturulmuş yapıların çiziminin de yaptırılması hacim kavramının gelişimine oldukça faydalı olur.

- Öğretmenler derste günlük hayatla ilişkili farklı etkinlikler hazırlamalıdır. Kullandıkları soruların tek bir strateji ile değil birden fazla strateji ile çözülmesi öğrencilerin akıl yürütmeleri açısından faydalı olacaktır.

- Öğrencilerin akran grupları ile problemleri tartışması, farklı çözüm yolları bulmalarına yardımcı olabilir.

4.2.2. Yapılacak araştırmalara yönelik öneriler

- Matematik ders kitaplarında hacim konusunun ele alınış biçimi, etkinliklerin yeterliliği ile ilgili bir araştırma yapılabilir.

- Öğretmenlerin hacim kavramını öğretme ve değerlendirme süreçlerine yönelik bir araştırma yapılabilir.

- Bu araştırma daha fazla öğrenci ve daha farklı veri toplama araçları ile tekrar gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Akgül, A. (2014). *Ortaokul 6, 7 ve 8. sınıflarda geometrik cisimlerin alan ve hacimlerinin öğretiminde cabri 3d yazılımının öğrenci başarısı ve tutumuna etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Altun, M. (1997). İlkokul öğretiminde miktar korunumu üzerine bir çalışma. *Milli Eğitim Dergisi*, Sayı, 135.
- Arıcı, H. (2001). *İstatistik: Yöntemler ve Uygulamalar*. (13. baskı). Ankara: Meteksan Yayınları.
- Aydın Karaca, Ö. (2014). *8.sınıf öğrencilerin uzunluk, alan ve hacim ölçme kavramlarını anlamaya ilişkin yeterliliklerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Baki, A. (1998). Matematik öğretiminde işlemsel ve kavramsal bilginin dengelenmesi, *40.yıl kuruluş sempozyumu, özel sayı*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, s.250-258,
- Batista, M. T. and Clements, D. H. (1998). Students' understanding of three dimensional arrays: Findings from a research and curriculum development project. In R. Lehrer and D. Chazan (Eds.), *Designing learning environments for developing understanding of geometry and space*. Hillsdale, NJ: LEA Publishers.
- Baykul, Y. (2000). *İlköğretimde matematik öğretimi: 1-5. Sınıflar için*. (4. baskı). Ankara: PegemA yayıncılık.
- Baykul, Y. (2014). *Ortaokulda matematik öğretimi*. (2. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Bright, G.W. (1976). Estimation as part of learning to measure. In D. Nelson & R. E. Reys (Eds.), *Measurement in school mathematics: 1976 yearbook*. Reston, VA: National council of teachers of mathematics, pp. 87-104.
- Berk, L. E. (1997). *Child Development* (4th Edition). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Bulut, S., Çömlekoğlu, G., Seçil, S.Ö., Yıldırım, H. ve Yıldız, B.T. (2002). Matematik öğretiminde somut materyallerin kullanılması. V. *Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Canan, S., Şahin, B., Odacı, E., Ünal, B., Aslan, H., Bilgiç, S. ve Kaplan, S. (2002). Toplam hacim, hacim yoğunluğu ve hacim oranlarının hesaplanmasında

- kullanılan bir stereolojik yöntem: Cavalieri Prensibi. *T Klin Tıp Bilimleri*, 22, 7-14.
- Clement, J. (2000). Analysis of clinical interviews: Foundations and model viability. A.E. Kelly and R.A. Lesh (Eds.). *Handbook of research design in mathematics and science education*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Clements, D. H. and McMillen, S. (1996). Rethinking Concrete Manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2 (5), 270-279.
- Çapri, B. ve Çelikkaleli, Ö. (2005). İlköğretim birinci kademedeki (7-11 yaş grubu) çocukların korunum gelişim düzeylerinin cinsiyet ve sınıf değişkeni açısından incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(1), 48-65.
- Çontay, E. G. (2012). *Geometrik cisimlerin yüzey alanları ve hacimleri konusunda yazma etkinliklerinin 8. Sınıf öğrencilerinin başarılarına ve geometriye yönelik öz yeterliklerine etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative Inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Dağlı, H. (2010). İlköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin çevre, alan ve hacim konularına ilişkin kavram yanlışları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Afyon: Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Demirel, T., Somyürek, S. ve Yılmaz, G. (2017). Ortaokul öğrencilerinin geometrik cisimler ve hacim ölçme konusuna yönelik yazılı argümantasyon becerilerinin incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 191-211.
- Denzin, N. K. and Lincoln, Y. S. (1998). *The landscape of qualitative research: Theories and issues*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications
- Diez, J. A. (1997a). A hundred years of numbers – An historical introduction to measurement theory, 1887–1990, Part I. *Studies in History and Philosophy of Science*, 28(1), 167–185.
- Diez, J. A. (1997b). A hundred years of numbers – An historical introduction to measurement theory, 1887–1990, Part II. *Studies in History and Philosophy of Science*, 28(2), 237–265.

- Doğan, H. ve Koçyiğit, S. (2015). Beş-on dört yaşlar arası çocuklarda temel korunum becerilerinin incelenmesi. Ankara: *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, (1), 266-282.
- Duatepe, A. (2004). *The effects of drama based instruction on seventh grade students' geometry achievement, Van Hiele geometric thinking levels, attitude toward mathematics and geometry*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Ersoy, A. (2013). Türk öğretmen adaylarının kültürlerarası deneyimlerinde karşılaştıkları sorunlar: Erasmus değişim programı örneği. *Eğitim ve Bilim*, 38(168) 154-166.
- Esen, Y. ve Çakıroğlu E. (2012). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının hacim ölçmede birim kullanmaya yönelik kavrayışları. *Matematik Eğitimi Dergisi*, 1, 21-30.
- Friedelmeyer, J. P. (2001). Grandeurs et nombres, l'histoire édifiante d'un couple fécond [Quantities and numbers, edifying story of a fruitful couple]. *Repères IREM*, 44, 5-31.
- Ginsburg, H.P. (1981). The clinical interview in psychological research on mathematical thinking: Aims, rationales, techniques. *For The Learning of Mathematics*, 1(3), 4-11.
- Goode, W. ve Hatt, P. (1973). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Metodları*. (Çev. Ruşen Keleş). Ankara: TODAİE Yayınları
- Gough, J. (2008). Just a cup. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 13(2), 9-14. <https://eric.ed.gov/?id=EJ802700>. 26.12.2018
- Gökdağ, N. (2004). *İlköğretim 8. sınıf ve ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin alan ve hacim konularındaki kavram yanılgıları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Grant, T. J., and Kline, K. (2004). Embracing the complexity of practice as a site for inquiry. In R. N. Rubenstein & G. W. Bright (Eds.), *National Council of Teachers of Mathematics 2004 Yearbook: Perspectives on the teaching of mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, pp. 195-206.
- Guissard, M. F., Henry, V., Lambrecht, P., Van Geet, P., Vansimpson, S. and Centre de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques. (2015). Math & manip pour construire la notion de volume. *IREM*, (96), 35-44

- Gürbüz, R. ve Gülburnu, M. (2013). 8. sınıf geometri öğretiminde kullanılan cabri 3D'nin kavramsal öğrenmeye etkisi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 4(3), 224-24.
- Güven, B. (2006). *Öğretmen adaylarının küresel geometri anlama düzeylerinin karakterize edilmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hiebert, J. and Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 1-27.
- http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=M%C4%B0KTAR
17.12.2018 tarihinde erişildi.
- Hunting, R. P. (1997). Clinical interview methods in mathematics education research and practice. *The Journal of Mathematical Behavior*, 16(2), 145-165.
- İşleyen, T. and Işık, A. (2003). Conceptual knowledge in mathematics education, *Journal of The Korea Society of Mathematical Education Series: D Research in Mathematical Education*, 7 (2), 91- 99.
- Kamii, C. and Lewis, B. A. (1990). Constructivism and first grade arithmetics. *Arithmetic Teacher*, 38 (1), 34-35.
- Kaptan, F. (1998), *Fen Bilgisi Öğretimi*, Ankara: Anı Yayıncılık.
- Kelly, A. C. (2006). Using manipulatives in mathematical problem solving: A performance based analysis. *The Montana Mathematics Enthusiast* , 3(2), 184-193.
- Kelly, A. E. and Lesh, R. A. (2000). *Handbook of research design in mathematics and science education*. London: Lawrence Erlbaum.
- Kelvin, W. (1883). From lecture to the Institution of Civil Engineers, London (3 May 1883), 'Electrical Units Measurement'. *Popular Lectures and Addresses* (1889), 1, 80–81.
- Kern, W. F. and Bland, J. R. (1948). *Solid Mensuration with Proofs*. (2nd ed). New York: Wiley, pp. 25-27 and 145-146.
- Köse, S. (2007). *İlköğretim altıncı sınıf matematik dersi ölçüler ünitesinde öğrenme eksiklikleri tamamlanarak yapılan öğretimin öğrenci başarısına etkisi*.

- Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kutluca, T. ve Akın, M. F. (2013). Somut materyallerle matematik öğretimi: dört kefeli cebir terazisi kullanımı üzerine nitel bir çalışma. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 4(1), 48-65.
- Kültür, N., Kaplan, A. ve Kaplan, N. (2002). İlköğretim okulları 4. ve 5. sınıflarda uzunluk, alan ve hacim ölçüleri konularının öğretiminin değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 10(2), 297-308.
- Martin, W. and Strutchens, M. E. (2000). *Geometry and measurement*. In E. A. Silver (Ed.), Results of the 1996 NAEP mathematics assessment. Reston, VA: NCTM.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2005). *İlköğretim matematik dersi (1-5) öğretim programı*. Ankara: Devlet Kitapları Müdürlüğü Basım Evi.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2009). *İlköğretim matematik dersi 6-8. sınıflar öğretim programı*. Ankara: MEB Yayınları.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2013). *Ortaokul matematik dersi 5-8. sınıflar öğretim programı*. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018). *İlkokul ve ortaokul matematik dersi 1-8. sınıflar öğretim programı*. Ankara.
- Moyer, P. S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulative to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 175-197.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Oaks, A. B. (1990). Writing to learn mathematics: Why do we need it and how can it help us?. Paper presented at *Associations of Mathematics Teachers of New York States Conference* 'de, Ellenvile.
- Olkun, S. (2001). Öğrencilerin hacim formülünü anlamlandırmalarına yardım edelim. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 1(1), 181-190.
- Olkun, S. (2003). Öğrencilere hacim formülü ne zaman anlamlı gelir? *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (25), 160-165.
- Olkun, S. and Knaupp, J.E. (1999). Children's understanding of rectangular solids made of small cubes. Paper presented at *The Annual Meeting of The Southwest*

- Educational Research Association*. San Antonio: Southwest Educational Research Association,
- Ordu, P. B. (2015). *Akkaraman koyunu böbreklerinde morfolometrik ölçümler*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özdemir, İ. E. (2008). Sınıf öğretmenleri adaylarının matematik öğretiminde materyal kullanımına ilişkin bilişsel becerileri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (35), 362-373.
- Özdemir, G. ve Işık, A. (2015). Katı cisimlerin alan ve hacimlerinin matematiksel model ve matematiksel modelleme yöntemiyle öğretimine yönelik öğretmen görüşleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1251- 1276.
- Özden, M., Akgün, A., Çinici, A., Sezer, B., Yıldız, S. ve Taş, M. M. (2014). Merkezi sistem ortak sınav fen bilimleri sorularının Webb'in bilgi derinliği seviyelerine göre analizi. *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 91-108.
- Passelaigue, D. and Munier, V. (2015). Schoolteacher trainees' difficulties about the concepts of attribute and measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 89(3), 307-336.
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods*. (2th Ed). London: Sage Publications.
- Piaget, J., Inhelder, B. and Szeminska, A. (1960). *The child's conception of geometry*. Oxford, Enand: Basic Books.
- Reece, C. S. and Kamii, C. (2001). The measurent of volume: Why do young children measure inaccurately? *School Science and Mathematics*, 101(7), 356-361.
- Rouche, N. (2006). Nombres, grandeurs, proportions [Numbers, attributes, proportions]. Paris: Ellipses.
- Sarama, J. and Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: Learning trajectories for young children*. New York: Routledge.
- Salkind, N. J. (2002). *Child Development*. NewYork: The Macmillan Psychology Reference Series.
- Schoenfeld, A. H. (1985). Mathematical Problem Solving. *Academic Press Inc*, Florida.
- Steffe, L. P. (1991). The constructivist teaching experiment: Illustrations and implications. In E. Von Glasersfeld (Ed.), *Radical Constructivism in Mathematics Education*. New York: Kluwer Academic Publishers, pp. 177-194.

- Steffe, L. P. and Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In R. Lesh and A. E. Kelly (Eds.), *Research Design In Mathematics And Science Education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 267-307
- Stephan, M. and Clements, D. H. (2003). Linear and area measurement in prekindergarten to grade 2. *Learning and teaching measurement 2003 year book*. Reston: NCTM, pp. 3-16
- Soylu, Y. ve Aydın, S. (2006). Matematik derslerinde kavramsal ve işlemsel öğrenmenin dengelemesinin önemi üzerine bir çalışma. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt: (8) Sayı: (2), s.83-95.
- Tan Şişman, G. ve Aksu, M. (2009). Yedinci sınıf öğrencilerinin alan ve çevre konularındaki başarıları. *İlköğretim Online*, 8(1), 243-253.
- Toptaş, V. (2008). Geometri alt öğrenme alanının öğretiminde kullanılan öğretim materyalleri ile öğretme-öğrenme sürecinin bir birinci sınıfta incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41(1), 299-323
- Turgut, F. M. (1993). *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Metodları*. (9. Baskı). Ankara: Saydam Matbaacılık.
- Usiskin, Z. (1995). Why is algebra important to learn? *American Educator*, 19, 30-37.
- Van De Walle, J. A . (1989). *Elementary School Mathematics*. Longmont, New York: Virginia Commonwealth University.
- Van De Walle, J. A. (2013). *Elementary And Middle School Mathematics: Teaching Developmentally*. (7. Edition) United States of America: Pearson Education.
- Voulgaris, S. and Evangelidou, A. (2004). Volume conception in late primary school children in Cyprus. *Quaderni di ricerca in didattica*. n14.
- Williams, C. K. and Kamii, C. (1986). How do children learn by handling objects? *Young Children*, 42(1) 23-46.
- Wilson, P. S. and Rowland, R. (1993) Teaching measurement. R. Jensen (Ed), *Research ideas for the classroom: Early childhood mathematics (NCTM Research Innovation Project)* içinde (s. 171-194). New York: Macmillan.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

- Yıldızlar, M. ve Yazıcıoğlu, B. (2011). İlköğretim birinci sınıf öğretmenlerinin korunum ile ilgili yaptığı etkinlikler. *E- journal of new world sciences academy*, 6(1), 268 – 282.
- Zayimoğlu Öztürk, F, ve Aksoy, H. (2014). Temel eğitimden ortaöğretime geçiş modelinin 8. sınıf öğrenci görüşlerine göre değerlendirilmesi (Ordu ili örneği). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33 (2), 439-454.
- Zazkis, R. and Hazzan, O. 1999. Interviewing in mathematics education research: Choosing the questions. *Journal of Mathematical Behavior*, 17 (4), 429 – 439.



EKLER

EK-1. Araştırma İzin Yazısı

EK-2. Öğrenci Görüşme Soruları

EK-3. Araştırma Gönüllü Katılım Formu

EK-4. Veli İzin Formu

EK-5. Yazılı Uygulama Soruları

EK-6: Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Karar Belgesi

EK-1. Araştırma İzin Yazısı

	T.C. ESKİŞEHİR VALİLİĞİ İl Millî Eğitim Müdürlüğü	
Sayı : 88074293/605.01/7992082		31.05.2017
Konu : Araştırma Projesi		
VALİLİK MAKAMINA		
İlgi: Anadolu Üniversitesi Genel Sekreterlik Yazı İşleri Müdürlüğü' nün 15/05/2017 tarih ve E.42184 sayılı yazısı. İlgi yazı ile; Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik Eğitimi Anabilim Dalı Matematik Eğitimi Yüksek Lisans Programı öğrencisi Ümmüğülsüm OKUYUCU' nun "Hacim Kavramı İçin Bir Öğretim Süreci" başlıklı uygulama çalışması Araştırma İzin Komisyonu tarafından incelenmiş ve komisyon tarafından sakınca görülmediği tespit edilmiş olup, komisyon tarafından belirtilen okullarda yukarıda adı geçen projenin gerçekleştirilmesi uygun görülmektedir. Makamlarınızca da uygun görülmesi halinde takdirlerinize arz ederim.		
Barış HANCI Müdür Yardımcısı		
OLUR .../05/2017 Necmi ÖZEN Vali a. İl Millî Eğitim Müdürü		
Büyükdere Mah. Atatürk Bldv. No:247 ESKİŞEHİR Elektronik Ağ: www.eskisehir.meb.gov.tr e-posta: strateji26@meb.gov.tr	Ayrıntılı bilgi için: L.TOKAT Tel : (0 222) 239 72 00/213-425 Faks: (0 222) 239 39 22	
Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. http://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden 88fd-78d1-3e04-b5ff-8ec9 kodu ile teyit edilebilir.		

T.C
ESKİŞEHİR VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

ARAŞTIRMA DEĞERLENDİRME FORMU

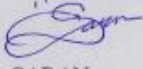
ARAŞTIRMA SAHİBİNİN	
Adı Soyadı	Ümmügülsüm OKUYUCU
Kurumu/Üniversitesi	Anadolu Üniversitesi
Araştırma Yapılacak Eğitim Kurumu ve Kademesi	Orgeneral Halil Sözer Ortaokulu
Araştırmanın Konusu	Hacim Kavramı İçin Bir Öğretim Süreci
Üniversite / Kurum Onayı	Var
Araştırma/Proje/Ödev/ Tez Önerisi	Var
Veri Toplama Araçları	Gözlem Formu, Görüşme Formu
Görüş İstenecek Birimler	-
KOMİSYON GÖRÜŞÜ	
Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü'nün 2012/13 sayılı genelgesi gereğince 2016-2017 öğretim yılında uygulanmasında sakınca yoktur.	
Komisyon Kararı	KABUL (Oybirliği ile)
Muhalef Üyenin Adı ve Soyadı	Gerekçesi :

KOMİSYON

25/05/2017

Komisyon Başkanı
Barış HANCI
Millî Eğitim Müdür Yardımcısı

Üye 
Dr. Seda ERCAN AKKAYA
Baş Öğretmen

Üye 
Ömer GARAN
Öğretmen

Üye 
E. Şenay KUTLU
Öğretmen

Ek 2. Veli İzin Formu

Sayın Veli;

Bu çalışma, **Hacim Kavramı İçin Bir Öğretim Süreci** başlıklı bir araştırma çalışması olup hacim kavramının öğretilmesinin hacim hesaplama üzerine etkisini inceleme amacını taşımaktadır. Çalışma, Ümmügülsüm OKUYUCU tarafından yürütülmektedir.

- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmalarınızın video ve ses kayıtları yapılacak, not defterleriniz çalışma sonunda toplanacak ve çalışmalarınız araştırmacı tarafından gözlemlenip gözlem notları tutulacaktır. Ayrıca süreç ile ilgili klinik görüşmeler yapılacaktır. Tüm bu veriler çalışmanın amacı doğrultusunda incelenecektir.
- Araştırmada katılımcıların isimleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmacının amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler araştırmacı tarafından korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim. Çalışma hakkındaki sorularınızı Orgeneral Halil Sözer Ortaokulu'ndan Ümmügülsüm OKUYUCU'ya (ummugulsum.okuyucu@hotmail.com/05447289956) yöneltebilirsiniz.

Araştırmacı Adı	: Ümmügülsüm OKUYUCU
Adres	: Kurtuluş M. Maide Bolel
Huzurevi C. No: 12 A-10	
İş Tel	: (0222) 230 31 03
Cep Tel	: 05447289956

Bu çalışmaya çocuğumun katılmasına izin veriyorum, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabilceğimizi bilerek toplanan bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Veli Adı ve Soyadı:

İmza:

Tarih:

EK 3. Araştırma Gönüllü Katılım Formu

Bu çalışma, **Hacim Kavramı İçin Bir Öğretim Süreci** başlıklı bir araştırma çalışması olup hacim kavramının öğretilmesinin hacim hesaplama üzerine etkisini inceleme amacını taşımaktadır. Çalışma, Ümmügülsüm OKUYUCU tarafından yürütülmektedir.

- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmalarınızın video ve ses kayıtları yapılacak, not defterleriniz çalışma sonunda toplanacak ve çalışmalarınız araştırmacı tarafından gözlemlenip gözlem notları tutulacaktır. Ayrıca süreç ile ilgili klinik görüşmeler yapılacaktır. Tüm bu veriler çalışmanın amacı doğrultusunda incelenecektir.
- Araştırmada katılımcıların isimleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler araştırmacı tarafından korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim. Çalışma hakkındaki sorularınızı Orgeneral Halil Sözer Ortaokulu'ndan Ümmügülsüm OKUYUCU'ya (ummugulsum.okuyucu@hotmail.com/05447289956) yöneltebilirsiniz.

Araştırmacı Adı	: Ümmügülsüm OKUYUCU
Adres	: Kurtuluş M. Maide Bolel
Huzurevi C. No: 12 A-10	
İş Tel	: (0222) 230 31 03
Cep Tel	: 05447289956

Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabileceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Katılımcı Ad ve Soyadı:
İmza:
Tarih:

EK 4. Görüşme Formu

Uygulamadan sonra her öğrenciyle bire bir görüşmeler yapılarak bu formdaki sorular sorulacaktır.

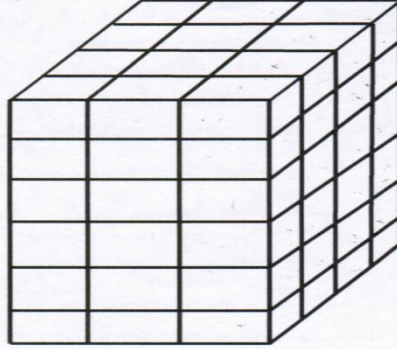
Görüşülen Kişi:

Görüşme Soruları:

1. Uygulama ortamıyla ilgili düşünceleriniz nelerdir. Sizin fikrinize göre uygulama ortamında başka neler olabilirdi?
2. Uygulama esnasında anlamakta zorlandığınız veya çok kolay anlayabildiğiniz bir durum oldu mu?
3. Uygulama yöntemleriyle ilgili düşünceleriniz nelerdir?
4. Hacim konusu ile ilgili uygulamadan önce ve sonraki düşünceleriniz arasında bir değişim oldu mu?
5. Size, daha önce görmediğiniz bir geometrik cisim verilse, hacmini bulabilir misiniz? Nasıl?
6. Matematiğe karşı tutumunuzda uygulamadan önce ve sonraki düşünceleriniz arasında bir değişim oldu mu?

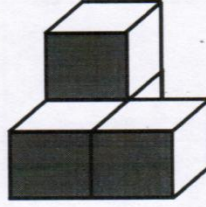
EK 5. Yazılı Uygulama Soruları

1.



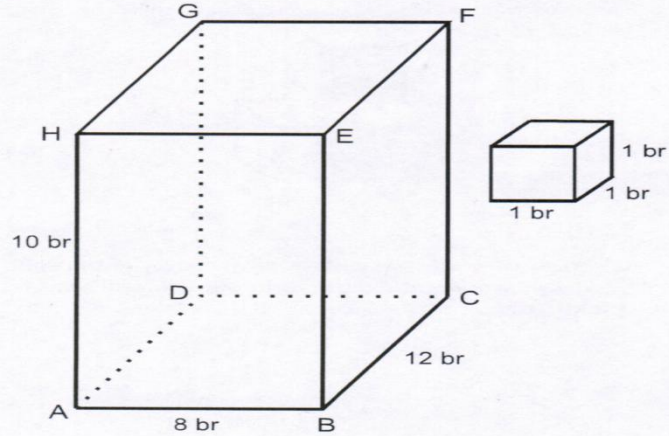
Yukarıda verilen dikdörtgenler prizmasında kaç tane birim küp kullanılmıştır?

2.



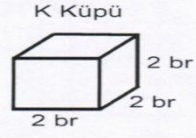
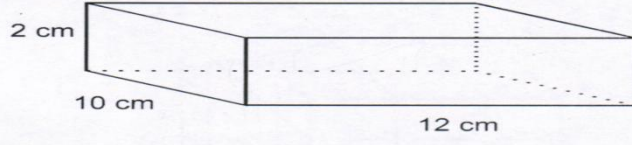
4 adet birim küpten elde edilmiş olan yukarıdaki şekle en az kaç tane daha birim küp eklenirse şekil bir küp olur?

3.



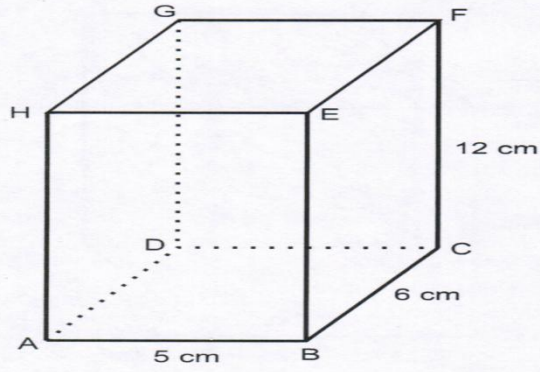
Ayrıt uzunlukları yukarıdaki gibi olan bir dikdörtgenler prizması elde edebilmek için kaç adet birim küpe ihtiyaç vardır?

4.



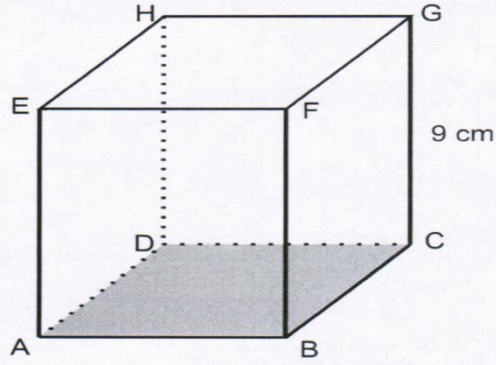
Yukarıda verilen dikdörtgenler prizmasının içine K küpünden kaç tanesi sığdırılabilir?

5.



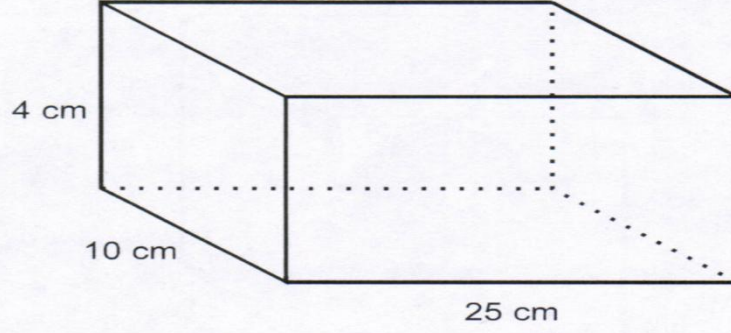
Yukarıdaki dikdörtgen prizmanın hacmi kaç cm^3 tür?

6.



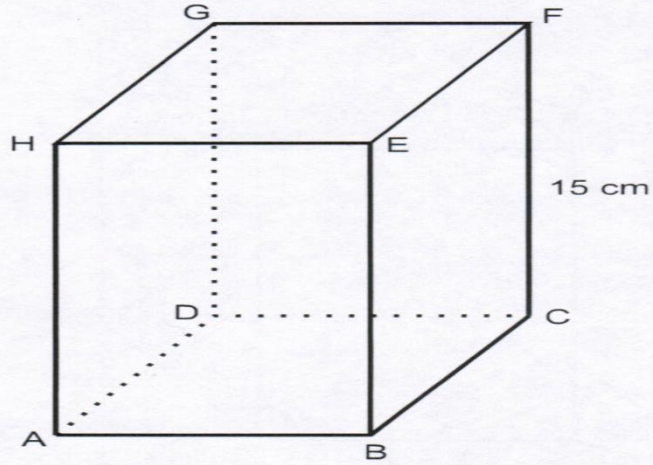
Taban alanı 28 cm^2 olan prizmanın hacmi kaç cm^3 tür?

7.



Yukarıda verilen dikdörtgenler prizması ile aynı hacme sahip bir küp çiziniz.

8.

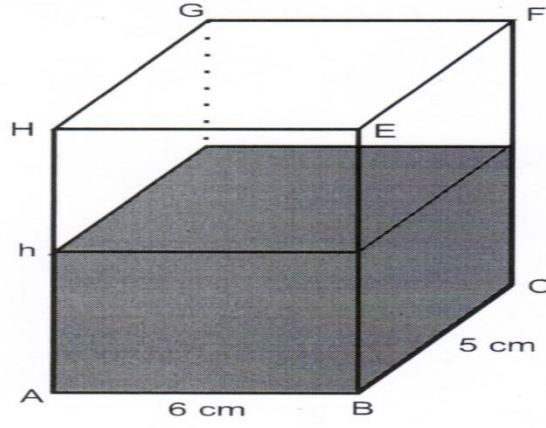


Yukarıdaki prizmanın hacmi 540 cm^3 tür.

a) Verilen prizmanın taban alanı kaç cm^2 dir?

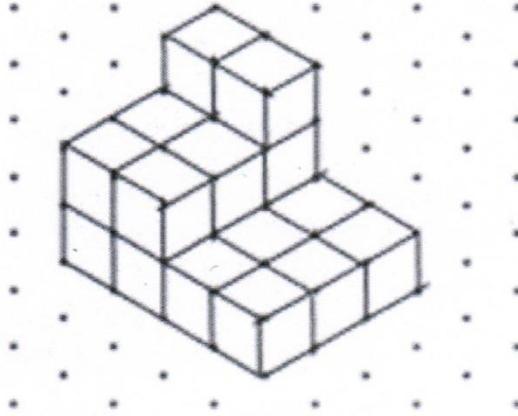
b) Verilen prizmanın kenar uzunluklarını kaç cm 'dir? Bir model oluşturarak gösteriniz.

9.



Yukarıda verilen dikdörtgenler prizması şeklindeki kap h seviyesine kadar su ile doludur. Suyun içine atılan bir taş su seviyesini 3 cm yükselttiğine göre taşın hacmi kaç cm^3 tür?

10.



Yukarıda verilen çok küplü şeklin hacmi kaç br^3 tür?

b) Sizde 8 br^3 lük bir yapı oluşturunuz.

EK-6. Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Karar Belgesi

Evrak Kayıt Tarihi: 01.04.2017

Protokol No: 38526

Tarih: 24.04.2017



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERÎ BİLİMLER BİLİMSSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU
KARAR BELGESİ

ÇALIŞMANIN TÜRÜ:	Yüksek Lisans Tez Çalışması
KONU:	Eğitim Bilimleri
BAŞLIK:	Hacim Kavramı İçin Bir Öğretim Süreci
PROJE/TEZ YÜRÜTÜCÜSÜ:	Doç. Dr. Emel ÖZDEMİR ERDOĞAN
TEZ YAZARI:	Ümmügülsüm OKUYUCU
ALT KOMİSYON GÖRÜŞÜ:	-
KARAR:	Olumlu
 Prof. Dr. Coşkun BAYRAK (Başkan-Eğitim Fak.)	
 Prof. Dr. T. Volkan YÜZER (Başkan Yardımcısı-Açıköğretim Fak.)	 Prof. Dr. Esra CEYHAN (Eğitim Fak.)
 Prof. Dr. Münevver ÇAKI (Güzel Sanatlar Fak.)	 Prof. Dr. M. Erkan ÜYÜMEZ (İkt. ve İdari Bil. Fak.)
 Prof. Dr. Handan DEVECİ (Eğitim Fak.)	 Prof. Dr. Emel ŞIKLAR (İkt. ve İdari Bil. Fak.)

ÖZ GEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Ümmügülsüm OKUYUCU
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Kütahya / 1986
E-Posta : ummugulsum.okuyucu@hotmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi

- Lisans: 2004-2008 Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi
İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü (İzmir)
- Lise: 2000-2004 Kütahya Anadolu Öğretmen Lisesi(Kütahya)
- 2013-... Orgeneral Halil Sözer Ortaokulu (Odunpazarı/Eskişehir)
- 2012-2013
Mahmudiye Ortaokulu (Mahmudiye/Eskişehir)
Necatibey İlkokulu (Mahmudiye/Eskişehir)
İsmet Paşa Ortaokulu (Mahmudiye/Eskişehir)
- 2010-2012
Şehit Metin Arslan İlköğretim Okulu (Sarıkaya/Yozgat)
Tepedoğan İlköğretim Okulu (Sarıkaya/Yozgat)

Yayınları ve Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri

- 2016, Proje Danışmanlığı, Tübitak 4006 Projesi, Eskişehir.
- 2006, 1.Ulusal Matematik Eğitimi Öğrenci Sempozyumu, İzmir