



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

ÖĞRENCİLERİN ÜÇ BOYUTLU YAZICI ETKİNLİKLERİ İLE
GEOMETRİK CİSİMLER KONUSUNDAKİ
KAVRAM İMAJLARININ VE TANIMLARININ İNCELENMESİ

KÜBRA YILDIRIM

İzmir
2022

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

ÖĞRENCİLERİN ÜÇ BOYUTLU YAZICI ETKİNLİKLERİ İLE
GEOMETRİK CİSİMLER KONUSUNDAKİ
KAVRAM İMAJLARININ VE TANIMLARININ İNCELENMESİ

KÜBRA YILDIRIM

DANIŞMAN
PROF. DR. CENK KEŞAN

İzmir
2022

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum “Öğrencilerin Üç Boyutlu Yazıcı Etkinlikleri ile Geometrik Cisimler Konusundaki Kavram İmajlarının ve Tanımlarının İncelenmesi” adlı çalışmanın içerdiği fikri izinsiz başka bir yerden almadığımı; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında ve bölümlerinin yazımında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, ayrıca bu çalışmanın Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve *intihal içermediğini* beyan ederim. Herhangi bir zamanda aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonuca razı olduğumu bildiririm.

25/11/2022

KÜBRA YILDIRIM



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU



Tarih: 14/12/2022

Tez Başlığı:

Öğrencilerin Üç Boyutlu Yazıcı Etkinlikleri ile Geometrik Cisimler Konusundaki Kavram İmajlarının ve Tanımlarının İncelenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam **254** sayfalık kısmına ilişkin, **14/12/2022** tarihinde **tez danışmanım tarafından** Dokuz Eylül Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'nın sağladığı İntihal Tespit Programından (**Turnitin-Tez İntihal Analiz Programı**) aşağıda belirtilen **filtreleme tiplerinden biri** (uygun olanı işaretleyiniz) uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin **benzerlik oranı % 3' tür**.

- <http://www.kutuphane.deu.edu.tr/turnitin-tez-intihal-analiz-programi/> adresindeki Tez İntihal Analiz

Programı Kullanım Kılavuzunu okudum ☒

Filtreleme Tipi 1(Maksimum %15) ☒

Filtreleme Tipi 2(Maksimum %30) ☐

☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☒ Kaynakça hariç, ☒ Alıntılar dâhil, ☒ Altı (6) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.	☐ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☐ Kaynakça dâhil, ☐ Alıntılar dâhil.
EK 1- İntihal Tespit Programı Raporu İLK SAYFA Çıktısı. ☒ EK 2- İntihal Tespit Programı Raporu (Tümü) Cd İçinde. ☒	

Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve yukarıda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmasının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı : Kübra Yıldırım
Öğrenci No : 2016950003
Anabilim Dalı : Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi
Programı : İlköğretim Matematik Öğretmenliği Doktora
Statüsü : Yüksek Lisans ☐ Doktora ☒

ÖĞRENCİ

Kübra YILDIRIM

14/12/2022

DANIŞMAN

Prof. Dr. Cenk KEŞAN

14/12/2022

Açıklamalar

1: Bu formu teslim etmeden önce sizden istenen bilgileri uygun kutucuğu (☐) işaretleyerek doldurunuz.

Kullanıcı şifre vb. konusunda sorun yaşanması durumunda Üniversitemiz Merkez Kütüphanesinde bulunan Turnitin yetkilisine (Ali Taş Tel: +90 232 301 0000 veya ali.tas@deu.edu.tr) başvurunuz.

2: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu" formu tezin ciltlenmiş ve elektronik nüshalarının içerisinde ekler kısmında yer alır.

3: Tez savunmasında düzeltme alınması durumunda bu form güncellenerek yeniden hazırlanır.

4: Turnitin-Tez İntihal Analiz Programına yükleme yapılırken Dosya Başlığı (document title) olarak **tez başlığının tamamı**, Yazar Adı (author's first name) olarak **öğrencinin adı**, Yazar Soyadı (author's last name) olarak **öğrencinin soyadı** bilgisini yazınız.

TEŞEKKÜR

Öncelikle beni 3B yazıcı teknolojisi ile tanıştıran ve doktora tezimin her aşamasında yardımcı olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Cenk Keleşan'a, tezim için değerli düşüncelerini benimle paylaşan ve bu süreçte kendilerinden çok şey öğrendiğim Sayın Doç. Dr. Melike Yiğit Koyunkaya'ya, Sayın Doç. Dr. Kemal Altıparmak'a, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kürşat Arslan'a, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aysun Nüket Elçi'ye, Sayın Arş. Gör. Yusuf Erkuş'a, Sayın Arş. Gör. Dr. Mustafa Akdemir'e, Sayın Dr. Ozan Pala'ya, Sayın Öğr. Gör. Abdulkadir Güllü'ye, Sayın Uzm. Tecelli Yıldırım'a ve Sayın Hasan Gümüş'e çok teşekkür ederim. Ayrıca birlikte görev yaptığım ve alanları ile ilgili bilgilerini benimle paylaşan Sayın Emrah Akbulut'a, Sayın Damla Koldaş'a ve Sayın Kudret Kösem'e çok teşekkür ederim.

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından kabul edilen 2019.KB.EGT.007 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Bu sebeple Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine destekleri için teşekkür ederim.

Bu süreçte akademik alanda desteklenmek ne kadar önemli olsa da arkanda sana güvenen ve seni destekleyen insanların varlığı da bir o kadar değerlidir. Bu yaşıma kadar eğitimim için her türlü maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen annem Leyla Yıldırım'a ve babam Muzaffer Yıldırım'a çok teşekkür ederim. Son olarak beni bu süreçte motive eden ve bana inanan herkese teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Kübra YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

ÖZET	xiii
ABSTRACT	xvii
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Amaç ve Önem.....	4
1.3. Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri	6
1.4. Sınırlılıklar	7
1.5. Varsayımlar.....	7
1.6. Tanımlar	7
1.7. Kısaltmalar	9
BÖLÜM II	10
KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	10
2.1. Üç Boyutlu Yazıcılar.....	10
2.2. 3B Yazıcıların Kullandıkları Materyaller (Filament).....	10
2.2.1. PVA Filament (Destek)	11
2.2.2. PLA Filament	12
2.3. Ultimaker-3	12
2.4. 3B Yazıcının Çalışma Mekanizması	13
2.5. 3B Baskı Alma Süreci	14
2.5.1.Üç Boyutlu Tasarım	14
2.5.2. Dilimleme.....	17
2.5.3. 3B Baskı	18
2.6. Eğitimde 3B Yazıcı Kullanımı ve 3B Yazıcı ile İlgili Araştırmalar	18
2.7. Alan Yazında Geometrik Cisimler ile İlgili Araştırmalar	20
2.8. Kavram	26

2.9. Kavram Tanımı- Kavram İmajı.....	27
2.9.1 Kavram Tanımı	27
2.9.2 Kavram İmajı.....	28
2.9.3. Uyandırılmış Kavram İmajı	30
2.9.4 Kavram (İmajı) Oluşturma	30
2.9.5. Bilişsel Görevlerde Kavram Tanımı-Kavram İmajı	32
BÖLÜM III	36
YÖNTEM	36
3.1. Araştırmanın Modeli	36
3.2. Çalışma Grubu.....	37
3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları.....	39
3.4. Uygulama Süreci	40
3.4.1. Pilot Uygulama.....	40
3.4.2. Asıl Uygulama.....	42
3.4.2.1. Tinkercad, Cura ve Ultimaker-3 Eğitimleri	43
3.4.2.2. Ayrıntılı Matematik Ders Planları ve Uzaktan Eğitim Süreci.....	46
3.4.2.3. Uzaktan Eğitimin Dezavantajı.....	51
3.4.2.4. Pandemi Sürecinde Yüz Yüze Görüşmeler	51
3.5. Verilerin Analizi.....	52
3.6. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği.....	55
3.7. Araştırmacının Rolü	57
BÖLÜM IV	58
BULGULAR.....	58
4.1 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 5. Sınıf Öğrencilerinin Kavram İmajları ve Tanımları.....	58
4.1.1. Dikdörtgenler Prizması Kavramına Dair İmajları ve Tanımları.....	58
4.1.2. Kare Prizma Kavramına Dair İmajları ve Tanımları.....	66
4.1.3. Küp Kavramına Dair İmajları ve Tanımları	73

4.1.4. Dikdörtgenler Prizmasının Temel Elemanlara Dair İmajları ve Tanımları	78
4.2. 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 6. Sınıf Öğrencilerinin Kavram İmajları ve Tanımları	82
4.2.1. Prizma Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	82
4.2.2. Dikdörtgenler Prizması Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	84
4.2.3. Kare Prizma Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	87
4.2.4. Küp Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	88
4.2.5. Dikdörtgenler Prizmasının Hacim Hesabında Kullandığı İmajları	90
4.3. 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 8. Sınıf Öğrencilerinin Kavram İmajları ve Tanımları	95
4.3.1. Dik Prizma Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	95
4.3.2. Dik Dairesel Silindir Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	105
4.3.3. Dik Piramit Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	113
4.3.4. Dik Koni Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	119
4.3.4. Temel Elemanları ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları	125
4.4. Geometrik Cisimler Kazanımlarını Öğrenme Sürecinde 3B Yazıcı Kullanan Ortaokul Öğrencilerinin 3B Yazıcı ile İlgili Düşünceleri	131
4.5. Geometrik Cisimler Kazanımlarını Öğrenme Sürecinde 3B Yazıcı Kullanan Ortaokul Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri .	135
BÖLÜM V	140
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	140
5.1. Sonuç ve Tartışma	140
5.1.1 Geometrik Cisimler Kazanımlarına Ait Kavram İmajları ve Kavram Tanımları	140
5.1.2 3B Yazıcı ve 3B Yazıcı ile Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri.....	159
5.2. Öneriler	163
KAYNAKÇA.....	166
EK 1. Öğrencinin Akademik Özgeçmişi	184
EK 2. Uygulama İzinleri.....	186
EK 3. Etik İzin	187

EK 4. Beşinci Sınıf Ders Planları	188
EK 5. Altıncı Sınıf Ders Planları	199
EK 6. Sekizinci Sınıf Ders Planları	211
EK 7. Görüşme Soruları	224



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 Çalışma grubu.....	38
Tablo 2 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması kavramına dair imajları ve tanımları.....	59
Tablo 3 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması açılım çizimlerinin incelenmesi	62
Tablo 4 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasında yüzey alanı hesaplamalarının incelenmesi	64
Tablo 5 Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi.....	65
Tablo 6 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizması kavramına dair imajları ve tanımları	67
Tablo 7 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma açılım çizimlerinin incelenmesi	69
Tablo 8 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizmasında yüzey alanı hesaplamalarının incelenmesi	71
Tablo 9 Beşinci sınıf öğrencilerinin kare prizması için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi.....	72
Tablo 10 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına dair imajları ve tanımları.....	74
Tablo 11 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp açılım çizimlerinin incelenmesi	76
Tablo 12 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küpün yüzey alanı hesaplamalarının incelenmesi	77
Tablo 13 Beşinci sınıf öğrencilerinin küp için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi	78
Tablo 14 Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasının temel elemanlarına ait imajları ve tanımları	79
Tablo 15 Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda prizma kavramına dair imajları ve tanımları	83

Tablo 16 Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması kavramına dair imajları ve tanımları.....	85
Tablo 17 Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizması kavramına dair imajları ve tanımları	87
Tablo 18 Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına dair imajları ve tanımları	89
Tablo 19 Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasının hacim hesabında kullandığı imajları	93
Tablo 20 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda prizma kavramına dair imajları ve tanımları.....	98
Tablo 21 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik prizmaların tabanları ve yan yüzleri hakkındaki imajları	100
Tablo 22 Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik prizma açılım çizimlerinin incelenmesi.....	101
Tablo 23 Sekizinci sınıf öğrencilerinin prizma için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi	104
Tablo 24 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindir kavramına dair imajları ve tanımları	106
Tablo 25 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindir açılım çizimlerinin incelenmesi.....	108
Tablo 26 Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel silindir için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi.....	109
Tablo 27 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindirin yüzey alanı ve hacim hesaplamalarının incelenmesi.....	111
Tablo 28 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik piramit kavramına dair imajları ve tanımları	114
Tablo 29 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik piramit açılım çizimlerinin incelenmesi.....	117
Tablo 30 Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik koni için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi.....	119
Tablo 31 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel koni kavramına dair imajları ve tanımları	120

Tablo 32 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel koni açılım çizimlerinin incelenmesi.....	122
Tablo 33 Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik koni için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi.....	124
Tablo 34 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda prizmaların temel elemanlarına ait imajları ve tanımları	125
Tablo 35 Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda silindirin temel elemanlarına ait imajları ve tanımları	129
Tablo 36 Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “işlev” teması kodları.....	131
Tablo 37 Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “algı” teması kodları	132
Tablo 38 Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “teknik konular” teması kodları	132
Tablo 39 Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “somutluk” teması kodları	134
Tablo 40 Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “kazanımlara katkı” teması kodları.....	135
Tablo 41 Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “somut deneyimler” teması kodları.....	137
Tablo 42 Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “duyuşsal alan” teması kodları.....	138

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 PVA filamentinin suda çözünmesi.	11
Şekil 2 Ultimaker-3 önden ve arkadan görünüm.	13
Şekil 3 3B baskı alma süreci.	14
Şekil 4 Tinkercad çalışma düzleminin görüntüsü.	15
Şekil 5 Tinkercad gruplandırma özelliği ile boşluk oluşturma.	15
Şekil 6 Tinkercad hizalama özelliği ile hizalama yapma.	16
Şekil 7 Tinkercad ayna özelliği ile simetrik olarak döndürme.	16
Şekil 8 Tasarımların gönderilebileceği 3B tasarım siteleri.	16
Şekil 9 Doluluk oranı %10.	17
Şekil 10 Çeşitli üçgen örnekleri.	27
Şekil 11 Kavram imajı ve kavram tanımı arasındaki çift yönlü etkileşim.	31
Şekil 12 Kavram tanımı ve kavram imajı arasındaki tek yönlü etkileşim.	31
Şekil 13 Kavram tanımı ile kavram imajı arasında etkileşim kurma.	32
Şekil 14 Tamamen formal öğretim.	33
Şekil 15 Sezgisel düşünce ile çıkarım.	33
Şekil 16 Bilişsel bir görev sırasında sezgisel çıkarım.	34
Şekil 17 Tinkercad uygulaması ile oluşturulan sınıf grupları.	43
Şekil 18 Tinkercad uygulamasında oluşturulan bir sınıftaki öğrenci çalışmaları.	44
Şekil 19 Tinkercad öğren bölümü görüntüsü.	45
Şekil 20 Cura programının ara yüzü.	46
Şekil 21 Pandemi sürecinde yüz yüze görüşme yapılırken.	52
Şekil 22 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları uygun olan ve olmayan bazı dikdörtgenler prizması örnekleri.	59
Şekil 23 Ö5.5 dikdörtgenler prizmasını anlatırken	60
Şekil 24 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları dikdörtgenler prizması açınım örnekleri. .	62
Şekil 25 Ö5.1 ve Ö5.5'in dikdörtgenler prizması açınım çizimleri.	63

Şekil 26 Ö5.2'in dikdörtgenler prizması açınım çizimleri.....	63
Şekil 27 Ö5.6 ve Ö5.3'ün dikdörtgenler prizması açınım çizimleri	64
Şekil 28 Ö5.7 dikdörtgenler prizmasının yüzey alanı hesabını yaparken.	65
Şekil 29 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı kare prizma örnekleri.....	67
Şekil 30 Ö5.5 kare prizmayı anlatırken.	68
Şekil 31 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı kare prizma açınım örnekleri.....	69
Şekil 32 Ö5.2 ve Ö5.5'nin kare prizma açınım çizimleri.	70
Şekil 33 Ö5.7 ve Ö5.3'ün kare prizma açınım çizimleri.....	71
Şekil 34 Ö5.2'nin yüzey alanı hesabı.....	72
Şekil 35 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı küp örnekleri.....	73
Şekil 36 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları küp açınım örnekleri	75
Şekil 37 Ö5.3'ün küp açınım çizimi.	76
Şekil 38 Ö5.2 ve Ö5.5'in küp açınım çizimleri.	77
Şekil 39 Ayrıt küp modelleri.....	79
Şekil 40 Ö5.7 ayrıt kavramını anlatırken.	80
Şekil 41 Ö5.1 ayrıt kavramını anlatırken.	81
Şekil 42 Ö5.1, Ö5.5 ve Ö5.7 köşe kavramını anlatırken.....	81
Şekil 43 Ö5.5 ve Ö5.7 yüzey kavramını anlatırken.	82
Şekil 44 Ö6.3 prizma kavramını anlatırken.	84
Şekil 45 Ö6.3 dikdörtgenler prizmasını anlatırken.	86
Şekil 46 Ö6.1 kare prizma kavramını anlatırken.	88
Şekil 47 Ö6.5 küp kavramını anlatırken.	90
Şekil 48 Öğrencilerin birim küpler ile oluşturdukları bazı dikdörtgenler prizması örnekleri.....	91
Şekil 49 Yazdırdıkları birim küpler ile hacim hesabı yaparken.....	91
Şekil 50 Yazdırdıkları dikdörtgenler prizmalarının hacmini birim küpler ile hesaplarken. ..	91
Şekil 51 Yazdırdıkları dikdörtgenler prizmalarının hacmini $en \times boy \times yükseklik$ ile hesaplarken.	92
Şekil 52 Öğrencilerin aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizması tasarımları.....	92

Şekil 53 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı prizma örnekleri.....	96
Şekil 54 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı düzgün olmayan prizma örnekleri ve tasarımlarından biri.	96
Şekil 55 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı uygun olmayan prizmalar ve yıldız prizma.	97
Şekil 56 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı prizma açınım örnekleri.....	101
Şekil 57 Ö8.3 ve Ö8.5'in çizdiği yanlış prizma açınımları.....	102
Şekil 58 Ö8.1, Ö8.2, Ö8.3 ve Ö8.6'nın prizma açınım çizimlerinden bazıları.....	103
Şekil 59 Ö8.2, Ö8.4, Ö8.7 ve Ö8.8'in prototip olmayan prizma açınım çizimleri.	103
Şekil 60 Ö8.2'nin yıldız prizma açınım çizimi.	104
Şekil 61 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı dik dairesel silindir ve bunların uygun olmayan örnekleri.	106
Şekil 62 Ö8.1 ve Ö8.6 dik dairesel silindiri anlatırken.....	107
Şekil 63 Ö8.3'ün sırasıyla uygun olmayan ve uygun olan dik dairesel silindir açınım çizimleri.	109
Şekil 64 Öğrencilerin aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindir tasarımlarından biri.....	111
Şekil 65 Öğrencinin küpün içene sığabilecek en büyük hacimli dik dairesel silindir tasarımı ve yazdırdığı örnek.	111
Şekil 66 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı dik piramit örnekleri.	114
Şekil 67 Öğrencinin dik piramit açınım tasarımlarından biri.....	116
Şekil 68 Ö8.4 ve Ö8.8'in piramit açınım çizimleri.....	117
Şekil 69 Ö8.3'ün uygun olmayan piramit açınım çizimi	117
Şekil 70 Ö8.2'nin uygun olmayan piramit açınım çizimi.	118
Şekil 71 Ö8.5 ve Ö8.7'nin prototip olmayan piramit açınım çizimleri.	118
Şekil 72 Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı dik koni örnekleri.	120
Şekil 73 Ö8.7 dik dairesel koniyi anlatırken.....	122
Şekil 74 Öğrencinin dik dairesel koni açınım tasarımından biri.....	122
Şekil 75 Ö8.1 ve Ö8.3'ün dik dairesel koni açınım çizimleri.	123

Şekil 76 Ö8.7'nin dik dairesel koninin yan yüz ve açınım çizimi.	124
Şekil 77 Ö8.4 ve Ö8.5'in uygun olmayan dik dairesel koni açınım çizimleri.	124
Şekil 78 Ö8.4 ile Ö8.6 ayrıt kavramını anlatırken.	127
Şekil 79 Ö8.7 ayrıt kavramını anlatırken.	127
Şekil 80 Ö8.2 köşe kavramını anlatırken.	127
Şekil 81 Ö8.5 ve Ö8.6 yüzey kavramını anlatırken.	128



ÖZET

ÖĞRENCİLERİN ÜÇ BOYUTLU YAZICI ETKİNLİKLERİ İLE GEOMETRİK CİSİMLER KONUSUNDAKİ KAVRAM İMAJLARININ VE TANIMLARININ İNCELENMESİ

Son yıllarda giderek yaygınlaşan teknolojilerden biri de üç boyutlu yazıcı (3B) teknolojisidir. Eğitim-öğretim faaliyetlerinin yürütüldüğü hemen hemen her kademedede 3B yazıcıların kullanımının arttığı görülmektedir. Matematik öğretiminde 3B yazıcılardan ileri düzey matematik konularındaki soyut olan kavramları somutlaştırmakta faydalanıldığı ve giderek diğer matematik konularının da öğretiminde kullanılmaya başlandığı gözlemlenmiştir.

Geometrik cisimler ile ilgili yapılan kavram imajı ve kavram tanımı çalışmalarına bakıldığında öğrencilerin prototip olmayan örnekleri tanıyamadıkları ya da uygun olmayan örnekleri ayırt edemedikleri görülmüştür. Genellikle ders kitaplarındaki prototip örneklerle veya öğretmenlerin sunduğu prototip örneklerle öğrenilen matematiksel kavramlara dair ortaokul öğrencilerinin imajlarını zenginleştirmek ve öğrencilerin kendi yazdırdıkları (prototip olan, prototip olmayan, uygun olmayan örnekler vb.) fiziksel nesneler ile öğretim gerçekleştirmek amacıyla, 3B yazıcı teknolojisi geometrik cisimler kazanımlarının öğretimine entegre edilmiştir.

Çalışmanın amacı 3B yazıcıların geometrik cisimler kazanımlarının öğretiminde kullanılması sonucu ortaokul öğrencilerinin kavram tanımlarını ve kavram imajlarını incelemektir. Bunun yanında çalışmanın bir diğer amacı da ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerini incelemektir. Bu çalışmada 3B yazıcıların geometrik cisimler kazanımlarının öğretiminde kullanılması sonucu ortaokul öğrencilerinin kavram tanımları ile kavram imajlarını derinlemesine incelemek için durum çalışması deseni tercih edilmiştir. Çalışma beşinci sınıflardan 7, altıncı sınıflardan 9 ve sekizinci sınıflardan 8 öğrenci olmak üzere toplam 24 öğrenci ile yürütülmüştür. Görüşme yapılacak öğrencilerin seçiminde rastgele olmayan örnekleme yöntemlerinden biri olan amaçlı örnekleme yönteminin ölçüt durum örnekleme kullanılmıştır. Beşinci sınıf öğrencileri ile yaklaşık 10 ders saatlik, altıncı ve sekizinci sınıf öğrencileriyle de yaklaşık 15 ders saatlik 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarının öğretimleri gerçekleştirilmiştir. Uygulamaya ilk sekizinci sınıf öğrencileri ile başlanmış ardından beşinci sınıf öğrencileri ile devam edilmiştir. Sekizinci ve beşinci sınıf öğrencileri ile uygulama pandemi nedeniyle uzaktan eğitim ile gerçekleştirilmiş ve iki gün pandemi

kurallarına uygun olarak yüz yüze dersler yapılmıştır. Altıncı sınıfların uygulamasında bütün ders planları yüz yüze olarak gerçekleştirilmiştir.

Verilerin toplanmasında araştırmacı tarafından hazırlanmış yarı yapılandırılmış 5., 6. ve 8. sınıf geometrik cisimler kazanımlarına ait görüşme formu ve üç boyutlu yazıcı görüşme formu kullanılmıştır. Diğer bir veri toplama aracı ise ders gözlem notlarıdır. Ders gözlem notları yanında öğrencilerin ders sürecinde yaptıkları tasarımlar ve yazdırdıkları fiziksel nesneler de veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Verilerin analizinde betimsel analiz ve içerik analizi teknikleri kullanılmıştır. Öğrencilerden geometrik cisimler kazanımlarına ait kavram imajları ve kavram tanımlarının incelendiği görüşmelerden elde ettiğimiz veriler betimsel analiz ile yorumlanmıştır. Öğrencilerin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri ise içerik analizi ile yorumlanmıştır.

Bu çalışma sonucunda öğrencilerin formal tanımları kullanmak yerine daha çok öznel tanımları kullandıkları tespit edilmiştir. Bazı öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği, bazı öğrencilerin öznel tanımlarının ise kavrama ait örneklerden, temel elemanlardan ya da kavramın bazı özelliklerinden oluştuğu görülmüştür. Buna ek olarak karmaşık tanıma sahip olan kavramların (örneğin; dik dairesel silindir, dik koni, dik piramit vb.) formal tanımlarının öğrenciler tarafından hiç kullanılmadığı ve öznel tanımlarının bu kavramların formal tanımından hiç etkilenmediği görülmüştür. 3B yazıcı destekli öğrenme süreci sonunda beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp tanımlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir. 3B yazıcı ile yazdırılmış hazır modeller ile öğrenme süreci sonunda altıncı sınıf öğrencilerinin prizma ve küp kavramları için uygun olmayan imajları görülmezken dikdörtgenler prizması ve kare prizma için uygun olmayan imajları olduğu tespit edilmiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik prizma, dik dairesel silindir ve dik piramit için uygun olmayan imajları görülmezken dik dairesel koninin yan yüzü hakkında bazı öğrencilerin uygun olmayan imajlarının (üçgen ve dikdörtgen) olduğu görülmüştür. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda beşinci ve sekizinci sınıf öğrencilerinin ayırt kavramı tanımlarının genellikle öznel tanımlar olduğu bulunmuştur. Beşinci sınıf öğrencileri ayırt kavramını tanımlarken köşe kavramından yararlanırken sekizinci sınıf öğrencilerinin “iki köşeyi birleştiren”, “yüzün kesişmesi”, “çizgi”, “taban ayırt” ve “yan ayırt” imajlarını kullandıkları görülmüştür. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda beşinci ve sekizinci sınıf öğrencilerinin köşe kavramını tanımlarken daha çok formal tanıma yakın öznel tanımlar kullandıkları tespit edilmiştir. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda beşinci ve sekizinci sınıf öğrencilerinin yüzey kavramı tanımlarının genellikle formal tanımdan uzak öznel tanımlar olduğu görülmüştür. Yüzey

kavramını beşinci sınıf öğrencilerinin daha çok nesne üzerinde ya da el hareketleriyle göstermeyi tercih ettiği görülürken sekizinci sınıf öğrencilerinin en çok “yan yüzler” ve “taban yüzleri” imajlarını kullanarak anlatmayı tercih ettikleri görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli yükseklik kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında öğrencilerin genellikle formal tanıma yakın öznel tanım kullandıkları ve en çok “alt taban ile üst taban arasında”, “dik” ve “düz çizgi” imajlarının hâkim olduğu bulunmuştur. Sekizinci sınıf öğrencilerinin ana doğru ve eksen kavramı için tanım ve imajlarının yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda öğrencilerin imajlarında bazı kritik özelliklerin (paralellik, dik, karşılıklı yüzler eşit vb.) çok az yer aldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple 3B yazıcı ile bir öğretim gerçekleştirilecekse 3B yazıcıların hangi kritik özelliklerde fayda sağladığının bilinmesi önerilmektedir.

Beşinci ve sekizinci sınıf öğrencilerinin açınım çizimleri değerlendirildiğinde çoğu öğrencinin açınım çizimlerinin uygun olduğu ve öğrencilerin açınım çizimlerinde prototip olmayan açınım örneklerini de kullandığı tespit edilmiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması yüzey alanı hesaplamaları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin hesaplama yaparken kullandıkları imajların kavramın tanımını ile tutarlı olduğu görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizmasının yüzey alanı hesabını yaparken “karşılıklı yüzleri eşit”, “ayrıt uzunluklarını doğru yerleştirme”, “üç farklı yüz”, “taban alanı”, “yan yüzlerin alanı” ve “tüm yüzeylerin alanları toplamı” imajlarını kullandıkları görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin kare prizmanın yüzey alanını hesaplarken “dört eş yan yüz”, “iki eş taban”, “ayrıt uzunlukları”, “iki farklı yüz”, “taban alanı”, “yan yüzlerin alanı” ve “tüm yüzeylerin alanları toplamı” imajlarını kullandıkları tespit edilmiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinin küpün yüzey alanını hesaplarken “yüzler karesel”, “tüm yüzler eşit”, “altı yüzey”, “bir yüzeyin alanı” ve “bir yüzeyin alanı $\times$ 6” imajlarını kullandıkları görülmüştür. 3B yazıcı destekli dik dairesel silindirin yüzey alanını hesaplamayı öğrenme süreci sonunda sekizinci sınıf öğrencilerin yüzey alanı hesabında ortaya çıkan imajları; “tabanların alanı”, “tabanlar eş”, “yan yüzün alanı”, “ $\pi r^2 + 2\pi rh$ ”, “yüzey alanlarının toplamı” ve “eksik formül”dür. Altıncı sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizmasının hacim hesaplamaları değerlendirildiğinde “birim küpleri sayma”, “ $TA \times h$ ”, “ $en \times boy \times yükseklik$ ”, “sayıları birbiri ile çarpma” ve “sıvıların hacmi” imajlarını kullandıkları görülmüştür. 3B yazıcı destekli dik dairesel silindirin hacmini hesaplamayı öğrenme süreci sonunda beş sekizinci sınıf öğrencisinin kavramın formal tanımını ile tutarlı imajları olduğu tespit edilmiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel silindirin hacim hesaplarında ortaya çıkan imajlarının “taban alanı

“ $\times$ yükseklik”, “dairesel bölgenin alanı $\times$ yükseklik”, “ $\pi r^2 h$ ” ve “kütle–ağırlık” olduğu görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda bazı öğrencilerin uygun olmayan imajları olduğu tespit edilmiştir. Özellikle ayırt ve yüzey kavramları için kenar imajı ve koninin yan yüzünün üçgen olabileceği imajı gibi uygun olmayan pek çok imaja alan yazındaki çalışmalarda da rastlanmıştır. Alan yazında öğrencilerin küp kavramı ile kare şeklini, üçgen piramit ile prizmayı, koni ve silindir ile prizmayı, ayırt kavramı ile yüz ve köşeyi karıştırdıkları görülürken 3B yazıcı destekli öğretim ile öğrencilerin bu kavramları karıştırmadıkları görülmüştür. Bu kavramların öğretiminde 3B yazıcı destekli bir öğretim faydalı olabileceği için derslerde bu teknolojinin kullanımı önerilmektedir. Bir diğer araştırma bulgusu olarak alan yazında öğrencilerin alışılagelmiş bir öğretimle ayırt, köşe ve yüz sayısı bulma konusunda yanlışlar yapabildikleri görülürken 3B yazıcı destekli öğretim sürecinde ise yanlış yaptıkları görülmemiştir. Ayırt, köşe ve yüzey sayılarının öğretiminde 3B yazıcı ile öğretimin faydalı olduğu görüldüğü için kullanımı önerilmektedir.

Bu çalışma sonucunda öğrencilerin prototip olmayan örnekleri tanıyabildikleri, uygun olmayan örnekleri ayırt edebildikleri ve kazanım dışı kavramları (yıldız prizma/içbükey prizma, düzgün olmayan prizma, düzgün olmayan piramit) keşfedebildikleri görülmüştür. 3B yazıcının geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme sürecinde kullanılmaya uygun olduğu özellikle 3B yazıcının prototip örnekler, prototip olmayan örnekler, uygun olmayan örnekler, açınımlar, dikdörtgenler prizmasının hacmi ve aynı hacme sahip farklı geometrik cisimler konularının öğretiminde fayda sağladığı bulunmuştur. Bu sonuca dayanarak matematik dersi öğretimlerinde eğitimcilere öğretim süreçlerinde 3B yazıcıyı kullanmaları önerilmektedir. Son olarak bu çalışma sonucunda bazı öğrencilerin formal tanım ya da formal tanıma yakın öznel tanımlara sahip olduğu görülse de sadece tanım bilmenin her bilişsel görevde tam doğru cevap vermelerini sağlayamadığı görülmüştür. Bu sonuca dayanarak öğrencilerin kavram imajlarını zenginleştirecek öğretim çalışmalarının desteklenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: 3B yazıcı, teknoloji, geometrik cisimler, kavram imajı ve tanımları

ABSTRACT

INVESTIGATING STUDENTS' CONCEPT IMAGES AND DEFINITIONS OF GEOMETRIC SHAPES THROUGH 3D PRINTING ACTIVITIES

One of the technologies that has become increasingly widespread in recent years is the three-dimensional printer (3D) technology. It is seen that the use of 3D printers has increased at almost every level where education and training activities are carried out. It has been observed that in mathematics teaching, 3D printers are used to embody abstract concepts in advanced mathematics subjects, and they are increasingly being used in the teaching of other mathematics subjects.

When the concept image and concept definition studies in the field of mathematics education were examined, it was seen that the students could not recognize non-prototype examples or could not distinguish improper examples. To enrich secondary school students' images of mathematical concepts that are generally learned with prototype examples in textbooks or prototype examples presented by teachers, and to teach with physical objects that students print themselves (prototype, non-prototype, improper examples, etc.), 3D printing technology has been integrated into the teaching of geometric objects as a learning outcome.

The aim of this study is to examine the concept definitions and concept images of secondary school students as a result of the use of 3D printers in teaching geometric objects. In addition, secondary school students' thoughts about 3D printer and 3D printer supported mathematics learning process were examined. In this study, as a result of the use of 3D printers in teaching the subject of geometric objects, the case study design was preferred to examine the concept definitions and concept images of secondary school students in depth. The study was carried out with a total of 24 students, 7 from the fifth grade, 9 from the sixth grade and 8 from the eighth grade. Criterion sampling from the purposive sampling method, which is one of the non-random sampling methods, was used in the selection of the students to be interviewed. Approximately 10 lesson hours with fifth grade students and approximately 15 lesson hours with sixth and eighth grade students were taught about geometric objects. The practice was first started with the eighth grade students and then continued with the fifth grade students. The practice with eighth and fifth grade students was carried out online due to the pandemic. In addition, face-to-face meetings were held in accordance with the pandemic rules for two days. In the sixth grade, all lesson plans were carried out face-to-face.

In the collection of data, a semi-structured interview form about 5th, 6th and 8th grade geometric objects and a three-dimensional printer interview form prepared by the researcher were used. Another data collection tool was the lesson observation notes. In addition to the lesson observation notes, the designs made by the students during the course and the physical models they printed were also used as data collection tools. Descriptive analysis and content analysis techniques were used in the analysis of the data. The data obtained from the interview, in which the concept images and concept definitions of geometric objects were examined with the students, were interpreted by doing descriptive analysis. The opinions of the students about the 3D printer and the 3D printer supported mathematics learning process were interpreted by performing content analysis.

As a result of the study, it was seen that students generally used subjective definitions to define the concepts of geometric objects. Among the subjective definitions, it was seen that the subjective definitions of some students were affected by the formal definition of the concept, while the subjective definitions of some students consisted of examples, basic elements or some other features related to the concept. In addition, it was observed that the formal definitions of concepts with complex definitions (e.g., right circular cylinder, right cone, right pyramid, etc.) were never used by students, and their subjective definitions were not affected by the formal definition of these concepts. At the end of the 3D printer supported learning process, an improper image was not observed in the definitions of rectangular prism, square prism and cube of fifth grade students. At the end of the learning process, with ready-to-use models printed with the 3D printer, the images of the sixth grade students that were not suitable for the concepts of prism and cube were not seen, while images that were not suitable for rectangular prism and square prism were seen. While there were no improper images of the right prism, right circular cylinder and right pyramid of the eighth grade students, it was observed that some students had improper images (triangle and rectangle) on the side of the right cone. At the end of the 3D printer assisted mathematics learning process, it was found that the definitions of the edge concept of the fifth and eighth grade students were generally subjective. The fifth grade students used the concept of vertex while defining the edge concept, whereas it was seen that the eighth grade students used the images of “connecting two vertices”, “intersection of surface”, “line”, “base edge” and “side edge”. At the end of the 3D printer assisted mathematics learning process, it was observed that the fifth and eighth grade students used subjective definitions close to the formal definition while defining the vertex concept. It was also seen that the definitions of the surface concept of the fifth and eighth grade students were generally made by being influenced only by the concept images, away from the

formal definition. While the fifth grade students mostly preferred to show the surface concept on the object or with hand gestures, the eighth grade students mostly preferred to describe using the images of "side surfaces" and "base surfaces". When the definitions of the eighth grade students at the end of the learning process of the 3D printer assisted height concept were examined, it was found that the students generally used subjective definitions close to the formal definition, and the images of "between the lower base and the upper base", "perpendicular" and "straight line" were dominant. It was seen that the definitions and images of the eighth grade students for the concept of generatrix and axis were insufficient. As a result of the study, it has been determined that some critical features (parallelism, perpendicularity, opposite faces being equal, etc.) were seen to be very few in the images of the students. If teaching is to be carried out with a 3D printer, it is recommended to understand which critical features 3D printers provide.

When the surface development cognitive tasks of the fifth and eighth grade students were evaluated, it was seen that most of the students' surface development drawings were correct, and the students also used non-prototype development examples in their surface development tasks. When the rectangular prism surface area calculations of the fifth grade students were evaluated, it was seen that the images used by all students while calculating were consistent with the definition of the concept. It was also seen that the fifth grade students used the images of "equal opposite faces", "correct placement of the edge lengths", "three different faces", "base area", "area of the side faces" and "the sum of the areas of all surfaces" when calculating the surface area of a rectangular prism. When calculating the surface area of a square prism, it was observed that the fifth grade students used the images of "four congruent lateral faces", "two congruent bases", "side lengths", "two different faces", "base area", "area of side faces" and "sum of the areas of all surfaces". It was seen that the students used the images of "square surfaces", "all faces equal", "six surfaces", "area of a surface" and "area of a surface $\times 6$ " when calculating the surface area of the cube. At the end of the process of learning to calculate the surface area of a 3D printer supported right circular cylinder, the images of the eighth grade students in the surface area calculation; were found to be "area of bases", "bases are congruent", "area of side face", " $\pi r^2 + 2\pi rh$ ", "sum of surface areas" and "missing formula". When the volume calculations of the rectangular prisms of the sixth grade students were evaluated, it was seen that they used the images of "counting unit cubes", " $TA \times h$ ", "width $\times$ length $\times$ height", "multiplying numbers with each other" and "volume of liquids". At the end of the process of learning to calculate the volume of a 3D printer supported right circular cylinder, it was determined that five eighth grade students had images consistent

with the formal definition of the concept. It was observed that the images of the eighth grade students that emerged in the volume calculations of the right circular cylinder were “base area $\times$ height”, “area of the circular region $\times$ height”, “ $\pi r^2 h$ ” and “mass – weight”.

As a result of this study, it was determined that some students had improper images. In particular, many images that are not suitable for the concepts of edge and surface, such as the edge image and the image that the lateral face of the cone can be triangular, have also been encountered in the studies in the literature. In the literature, it is seen that students confuse the concept of cube with square shape, triangular pyramid with prism, cone and cylinder with prism, and the concept of edge with face and corner, while students do not confuse these concepts after 3D printer assisted teaching. Since a 3D printer-assisted teaching can be beneficial in teaching these concepts, the use of this technology in lessons is recommended. Another research finding illustrates in the literature that students can make mistakes in finding the number of edges, vertices and faces with conventional teaching, while it was not seen that they made mistakes during the 3D printer assisted teaching process. As it is clear that teaching with a 3D printer is beneficial in teaching edge, corner and surface numbers, its use is also recommended.

As a result of this study, it was observed that students were able to recognize non-prototype examples, distinguish improper examples, and discover non-objective concepts (star prism/concave prism, irregular prism, irregular pyramid, etc.). It has been found that the 3D printer is suitable to be used in the process of learning the outcomes regarding geometric objects, and especially the 3D printer is useful in teaching the subjects of prototype examples, non-prototype examples, improper examples, surface development, volume of rectangular prisms and different geometric objects with the same volume. Based on this result, it is recommended that educators use 3D printers in their teaching processes in mathematics teaching. Finally, as a result of this study, although it was seen that some students used formal definitions or subjective definitions close to formal definitions, it was observed that only knowing the definition could not provide them with accurate answers in every cognitive task. In brief, it is recommended to support studies on teaching that will enrich students' concept images.

Keywords: 3D printer, technology, geometric objects, concept image and definition

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, amaç ve önem, problem cümlesi/alt problem cümleleri, sınırlılıklar, varsayımlar, tanımlar ve kısaltmalar yer almaktadır.

1.1. Problem Durumu

Ortaokul matematik öğretim programı; farklı ülkelerin öğretim programları, çeşitli akademik çalışmalar, zümre toplantısı raporları, anket sonuçları gibi pek çok çalışma incelenerek uzman personel, öğretmen ve akademisyenlerden oluşan gruplar tarafından formal bir öğretim için planlanmıştır (MEB, 2018). Titizlikle planlanan matematik öğretim programı içerisinde hangi sınıf düzeyi için hangi kavramların öğretilmesi gerektiği belirtilmekte ve bu program ülkemizin bütün eğitim kurumlarında aynı şekilde uygulanmaktadır. Ortaokul matematik öğretim programında sayılar ve işlemler, veri işleme, olasılık, cebir, geometri ve ölçme gibi öğrenme alanları bulunmaktadır.

Öğrenme alanlarından biri olan geometri, ortaokul matematik öğretim programında yer alan diğer öğrenme alanları kadar önemli bir yere sahiptir (Marchis, 2012). Geometri öğrenme alanı öğrencilere uzamsal görselleştirme, mantıksal akıl yürütme ve gerçek dünya problemlerini çözme gibi pek çok beceri kazandırmayı amaçlamaktadır (Jones ve Mooney, 2003; Marchis, 2012; Presmeg, 2006). Ülkemiz ortaokul öğretim programının ulaşmaya çalıştığı genel amaçlardan biri de öğrencilerin kavramları anlayabilmesi ve bu kavramları günlük hayatta kullanabilmesidir (MEB, 2018).

Geometrik kavramlar, belirli tanımları olan soyut kavramlardır (Patkin, 2015). Geometrik kavramlar için verilen örneklerin kavrama uygun olup olmadığı anlayabilmek için geometrik kavramların tanımını bilmek önemlidir (Fischbein, 1996). Ayrıca, öğrenciler yeni bir kavramı öğrenirken öğrendiği önceki kavramların tanımlarına ihtiyaç duyabilmektedir. Bu yüzden bir geometrik kavramı öğretebilmek için yaygın olarak hem kavramın tanımı hem de prototip örnekler kullanılmaktadır (Akkaş ve Alaylı, 2015; Feldman ve Klausmeier, 1975; Vinner, 1991; Wilson, 1990). Prototip örnekler, kavram öğretilirken temel olarak kullanılan örneklerdir ve her kavramın daha yaygın, baskın ve popüler örneklerini içermektedirler (Altneave, 1957; Fujita ve Jones, 2007; Hershkowitz, 1989; Posner ve Keele, 1968; Vinner ve Hershkowitz, 1983). Yaygın olarak prototip örnekler kullanılarak gerçekleştirilen bir kavram öğretiminde, öğrenmeye engel durumlar oluşabilmekte ve uygun olmayan imajlar ortaya çıkabilmektedir (Hershkowitz ve Vinner, 1980). Prototip örneklerin sınırlı görsel algılar yaratarak kavramı sınırlandırabileceği bu sebeple aşırı kullanılmaması gerektiği alan yazında

vurgulanmıştır (Fujita ve Jones, 2007; Hannibal, 1999; Monaghan, 2000; Ulusoy, 2015). Örneğin; kenarortay kavramı öğretiminde, sadece tek tip üçgenlerde değil, her türlü üçgen çeşitlerinde öğrencilere kenarortayın gösterilmesi gerekmektedir (Hershkowitz ve Vinner, 1980; Vinner ve Dreyfus, 1989). Bunun nedeni bir süre sonra, kavram tanımı unutulduğunda veya etkisiz hale geldiğinde öğrencinin, üçgenlerin kenarortaylarını belirlemede veya çizmede zorluk yaşamasının muhtemel olmasıdır (Vinner, 2011).

Geometrik cisimlere ait kavramlar ilkokuldan itibaren öğrencilere tanımlanmakta ve çeşitli örnekleri gösterilmektedir (Sinclair, Cirillo ve de Villiers, 2017). Bu gösterilen çeşitli örneklerin prototip örnekler olduklarından bahsedilmiş ve prototip olmayan örneklerin öğretim sürecinde yer alması gerektiğinin önemine değinilmiştir fakat kavram öğretiminde uygun olmayan örnek modelleri de önemli bir yere sahiptir. Patkin (2015) yeni kavramları öğretirken tanıma ait örnekler ile tanıma ait olmayan örnekler arasındaki farkın gösterilmesi gerektiğinden bahsetmiş ve “tanıma ait olmayan” örnekler ile uygun olmayan örneklerle vurgu yapmıştır. Tsamir, Tiros, Levenson, Barkai ve Tabach’ın (2015) yürüttükleri çalışmada öğretmenlerin örnek olmayan durumları belirlemede zorluklar yaşadıkları ortaya konulmuştur. Hershkowitz (1990) ve Gal (2005) sınıftaki derslerinde birçok öğretmenin yeni kavramları öğretirken uygun olmayan örnekleri yetersiz kullandığını belirtmiştir. Alan yazında uygun olmayan örneklerle yapılan çokça atıf uygun olmayan örneklerin yetersiz ya da hiç kullanılmadığı problemine vurgu yapmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada kavram öğretiminde hem prototip olmayan örnekler hem de uygun olmayan örnekler kullanılmıştır.

Bir öğrencinin bir kavramı oluşturabilmesi demek öğrencinin zihninde zengin kavram imajlarının olması ve bu imajlarının kavramın formal tanımı ile tutarlı bir ilişkisinin olması demektir (Vinner, 1991). Matematik öğretim alanındaki diğer her konu gibi geometrik cisimler konusu da öğrenciler tarafından son derece zor olarak algılanabilen konudur (Patkin, 2015). Alan yazında yapılmış çalışmalarda geometrik kavramların öğretilmesine ve öğrenilmesine yönelik zorluklar göze çarpmaktadır (Clements, Sarama ve Battista, 1998; Cunningham ve Roberts, 2010; de Villiers, 1998; Işıksal, Koç ve Osmanoğlu, 2010; Koç ve Bozkurt, 2011; Linchevsky, Vinner ve Karsenty, 1992; Zembat, 2007). Bu yüzden bu kavramların öğretime ayrı bir önem verilmesi gerekmektedir (Bozkurt ve Koç, 2012).

Kavramlar matematik öğretiminde çok önemli bir yere sahiptir ve kavramlar ile ilgilenen modellerden en bilineni “kavram imajı” ve “kavram tanımı” modelidir. Alan yazında öğretmen aday ve öğretmenlere yönelik geometrik cisimlerde kavram tanımı-kavram imajı çalışmalarının yaygın olduğu görülmüştür (Bozkurt ve Koç, 2012; Ertekin, Yazıcı ve Delice, 2014; Gökkurt ve Soylu, 2016; Güllük, 2008; Horzum ve Ertekin, 2018; Koçak, Gökkurt-

Özdemir ve Soylu, 2017; Tsamir ve diğerleri, 2015; Ubuz ve Gökbulut, 2015; Unlu ve Horzum, 2018). Yapılan bu çalışmalar sonucunda öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının geometrik cisimler konusundaki imajlarının yeterli düzeyde olmadığı ve bazı zorluklar yaşadıkları tespit edilmiştir. Ortaokul öğrencilerine yönelik çalışmaların ise daha az sayıda olduğu tespit edilmiştir (Avgören, 2011; Ergin, 2014; Ergin ve Türnüklü, 2015; Türnüklü ve Ergin, 2016).

Alan yazında geometrik kavramların öğretiminde çeşitli teknolojilerden faydalandığı görülmüştür (Bedir, Ersözlü ve Duygu, 2013; Laborde, Kynigos, Hollebrands ve Strässer, 2006; Topuz ve Günhan, 2021; Uğur, Urhan ve Kocadere, 2016). Günümüzde giderek yaygınlaşan teknolojilerden biri de üç boyutlu yazıcı (3B) teknolojisidir. Ülkemizde çeşitli okullarda 3B yazıcının kullanımı ve çeşitli yazılımlar öğrencilere öğretilmektedir. Buna karşın alan yazında 3B yazıcılara yönelik eğitim alanında beklenen düzeyde çalışmanın yapılmadığı görülmüştür (Yıldırım ve Yıldırım ve Çelik, 2018). Bu yüzden 3B yazıcıların eğitim alanında daha etkin kullanılmasının yollarının aranması gerekmektedir (Kökhan ve Özcan, 2018). Aynı zamanda 3B yazıcı teknolojisinin yeni bir teknolojik unsur olmaktan çıkarılıp ders içeriklerine uygun biçimde entegre edilerek öğretimsel yapıyı geliştirmeleri gerekmektedir (Brown, 2015; Demir ve diğerleri, 2016). Eğitim ortamında bir araç olarak kullanılmasından daha önemli bir işlevi olabileceğine inanılan 3B yazıcılar ile öğrenciler kendi ders materyallerini kendileri üretebilme imkânına sahip olabilmektedir. 3B yazıcıların eğitim ve öğretimde kullanılmasının olumlu olabileceği yapılan alan yazın taramasında görülmüş ve tavsiye edilmiştir. Aynı zamanda yapılan araştırmalar sonrasında matematik öğrenme sürecinde 3B yazıcıların nasıl kullanılabileceğine yönelik çalışmaların eksikliği tespit edilmiştir.

Özetlersek matematik eğitimi alanında yapılan çalışmalara bakıldığında kavram imajlarının ya da kavram yanlışlarının üzerine pek çok araştırmanın yapıldığı görülmektedir (Ayaz, 2017; Erşen ve Karakuş, 2013; Yasin ve Başbay, 2017; Yenilmez ve Elif, 2008). Bu çalışmaların sonuçlarına göre öğrencilerin kavram imajlarının yetersiz olabildiği, uygun olmayan imajlarının ya da kavram yanlışlarının olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada öğrencilerin kavram tanımları ve kavram imajları araştırılmıştır. Alan yazında kavram öğretimi üzerine pek çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir (Güder ve Gürbüz, 2017; Karaduman ve Ceviz, 2018; Köğce, Yıldız ve Aydın, 2019). Araştırmacıların uyguladıkları farklı yöntem ve teknikler ile öğrencilerin öğrenmeleri üzerine etkilerini araştıran pek çok çalışma mevcuttur (Bulut ve Aktepe, 2015; Erdoğan, Çevirgen ve Atasay, 2017; Ersoy, 2005; Kutluca ve Akın, 2013; Polat, 2013). Bu genel değerlendirmeler sonucunda “Nasıl öğretebiliriz?” sorusu hala üzerinde düşünülmesi gereken bir soru olarak önemini korumakta

ve pek çok araştırmacı da bu konu üzerinde çalışmalar gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada 3B yazıcı kullanarak matematik öğrenme süreci yaşayan ortaokul öğrencilerinin bu süreç sonucunda kavram tanımları ve kavram imajları incelenmiştir. Ayrıca matematik öğretimi alanında 3B yazıcıların öğretim amaçlı kullanılması konusunda yapılan çalışmalarda eksiklik olduğu görüldüğü için bu çalışmanın alan yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.2. Amaç ve Önem

Çalışmanın amacı yeni bir teknoloji olarak 3B yazıcıların geometrik cisimlerin öğretiminde kullanılması sonucu ortaokul öğrencilerinin kavram tanımlarını ve kavram imajlarını incelemektir. Bunun yanında çalışmanın bir diğer amacı da ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerini incelemektir.

Öğrencilerin ders kitabındaki ya da öğretmenin tahtaya çizdiği örnekler yoluyla imajlar edinmesi, öğrencilerin kavram imajlarını sınırlandırdığı için 3B yazıcı ile yazdırılan prototip olan ya da prototip olmayan pek çok örneği kullanarak öğrencilerin imajlarını zenginleştirebilmek hedeflenmektedir. Üç boyutlu yazıcılar yurtdışında birçok okulda kullanılmakta ve öğretim programlarındaki etkinliklerin merkezinde yer almaktadır (Mercuri ve Meredith, 2014). Ülkemizde de çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılan 3B yazıcıların eğitim alanında da kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Yıldırım ve diğerleri, 2018). 3B yazıcı ile yapılan çalışmalara bakıldığında 3B yazıcıların öğretim sürecini destekleyebileceği (Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014) ve öğretim sürecinde olumlu etkileri olabileceğinden bahsedilmektedir (Kökhan ve Özcan, 2018; Micallef, 2015). Alan yazındaki araştırmalardan yapılan çıkarımlar ile eğitim-öğretim faaliyetlerinde 3B yazıcıların kullanılmasının avantajlarından bazıları:

- * Öğrencilerin kendi modellerini oluşturup yazdırmalarına imkân sağlaması (Karaduman, 2018)
- * Öğretim sürecini desteklemesi (Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014)
- * Soyut kavramları somutlaştırması (Micallef, 2015; Yıldırım ve Keşan, 2022)
- * Görme, dokunma gibi farklı duylara hitap etmelerini sağlaması (Horowitz ve Schultz, 2014; Kaya, Newley, Yeşilyurt ve Deniz, 2019; Leinonen, Virnes, Hietala ve Brinck, 2020; Novak ve Wisdom, 2018; Papp, Tornai ve Zichar, 2016; Spyros, Georgios, Konstantinos ve Konstantinos, 2021)
- * Modelleri yazdırma sürecinde öğrencilerin işbirliği yapabilmesi (Spyros ve diğerleri, 2021).

- * Öğrencilerin yaratıcılığını desteklemesi (Cano, 2015; Çekirge, 2019; Özsoy ve Duman, 2017; Spyros ve diğerleri, 2021)
- * Öğrencilerin derse ilgisini arttırması (Güleryüz, 2020)
- * Yapararak öğrenmelerini sağlaması (Papp ve diğerleri, 2016; Yıldırım ve Keşan, 2022)
- * Gerçek fikirlerini projelere dönüştürebilmesi (Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014)
- * Öğrencilerin kavramsal anlayışlarına yardım etmesi (Çallı ve Taşkın, 2015; Eisenberg, 2013).

Birçok insan soyut düşünmede (yani soyut nesneleri düşünmede) zorluklar yaşamaktadır (Vinner, 1975). Somutlaştırılmış modeller ile yapılan soyutlamalar, temel ve ileri matematiğin anlamlı öğrenilmesinde önemli görülmüştür (Dede ve Argün, 2004; Semadeni, 2008). Geometrik kavramlar, öğrencileri güçlü bir şekilde etkileyen görsel öğeler ile ilişkili olduğundan 3B yazıcılar ile geometrik kavramları veya bazı ispatları görselleştirmek ve somut modeller oluşturmak kavramların öğrenimini anlamlandırabilmektedir (Hershkowitz, 1987; Knill ve Slakovsky, 2013). Olkun'un (2001) belirttiği üzere geometrik kavramların fiziksel modelleri ile çalışmak gerekmektedir. Mesela iki boyutlu bir düzlem üzerinde gösterilen açınım çizimlerinin öğrenciler tarafından kapalı halinin zihinlerinde görselleşmesi zor olabilmektedir. 3B yazıcı ile yazdırılan açınım örneklerini öğrenciler açıp kapatarak bu zihinsel zorluğu aşabileceği düşünülmektedir.

Freudenthal (1991) kavramları öğrenme sürecinde öğrencilerin kavramları kavrayıp deneyimleyebilecekleri ve sosyal etkileşimleri olan anlamlı etkinlikler ile öğretimin planlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Öğrenciler 3B yazıcı ile öğrenme süreci içerisinde deneme yanılmalar yaparak kavramları öğrenme sürecinde bilgiyi sadece alan değil bilgiyi keşfeden ve tecrübe edinen olabileceklerdir. Okullarda derslerde kullanılan teknolojilere (akıllı tahta, tablet, geogebra...) baktığımızda birçok şeyi öğrenciye hazır verdiğimiz ve öğrencilerin herhangi bir şey üretmedikleri göze çarpmaktadır. Bu çalışma ile öğrenciler hem kendileri öğretmen eşliğinde yazılımı ve 3B yazıcıyı kullanmayı öğrenecekler hem de kendi materyallerini tasarlayabileceklerdir. Öğrenciler günümüzün yeni teknolojilerinden birini kullanarak kendi materyalini üretim aşamasına geçebileceklerdir. Maddeler halinde bu çalışmayı önemli kılan durumlar:

- * Öğrencilerin 3B yazıcı ile öğrenme süreci sonrası kavram tanımları ve imajlarının incelenmesi
- * Geometrik cisimler kavramlarının öğretildiği 5. 6. ve 8. sınıf kademelerinin tamamı ile çalışılması

- * Öğrencilerin 3B yazıcıları matematik öğrenme süreçlerinde kullanması ve kendi ders araç ve gereçlerini kendilerinin tasarlayıp yazdırabilme imkânına sahip olması
- * Öğrencilerin çeşitli prototip örneklerin yanında prototip olmayan örnekleri de yazdırıp imajlarını zenginleştirmesi
- * Öğrencilerin uygun olmayan geometrik cisimleri yazdırıp neden uygun olmadıklarını kavram tanımları yardımıyla açıklaması ve kavram imajlarını zenginleştirmesi
- * Öğrencilerin geometrik cisimlerin açınımlarını yazdırabilmesi ve deneyimleyebilmesi
- * Öğrencilerin somut modeller ile hacim ve yüzey alanı hesapları yapabilmesi
- * Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcılar ile deneyim kazanması
- * Ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ders deneyimi yaşaması
- * Günümüz yeni teknolojilerinden biri olan 3B yazıcının kullanılması
- * 3B yazıcının öğretim amaçlı kullanılması
- * Ortaokul geometrik cisimler kazanımlarının 3B yazıcı destekli öğretim ile işlenmesi
- * Öğrencilerin soyut geometrik kavramlar ile somut deneyimler yaşamasıdır.

Alan yazında matematik dersi öğretim programında yer alan ortaokul geometrik cisimler kazanımlarının 3B yazıcı ile öğretimi sonrasında; öğrencilerin tanımlarının, açınım çizimlerinin, yüzey alanı ve hacim hesaplarının ve zihinlerinde yer alan imajlarının nasıl olduğunu birlikte değerlendiren bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma ile alan yazındaki bu boşluğun da doldurulacağı düşünülmektedir.

1.3. Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri

3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme sonunda ortaokul öğrencilerin kavram imajları ile kavram tanımları nasıldır? Matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri nasıldır?

Birinci Alt Problem: 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 5. sınıf öğrencilerinin kavram imajları ve tanımları nasıldır?

İkinci Alt Problem: 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 6. sınıf öğrencilerinin kavram tanımları ve imajları nasıldır?

Üçüncü Alt Problem: 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda 8. sınıf öğrencilerinin kavram tanımları ve imajları nasıldır?

Dördüncü Alt Problem: Matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili düşünceleri nasıldır?

Beşinci Alt Problem: Matematik derslerinde 3B yazıcı kullanan ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri nasıldır?

1.4. Sınırlılıklar

- MEB' e bağlı bir devlet okulunda okuyan 5. 6. ve 8. sınıf öğrencileri ile sınırlıdır.
- Ortaokul matematik öğretim programında yer alan geometrik cisimler kazanımları ile sınırlıdır.
- Hazırlanan 3B yazıcı destekli ders planları ile sınırlıdır.
- Kullanılan veri toplama araçları ile sınırlıdır.

1.5. Varsayımlar

- Öğrencilerin yapılan görüşmelerde sorulara içtenlikle yanıt verdikleri kabul edilmektedir.
- Yarı-yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilen öğrenciler görüşme sürecinde düşüncelerini doğru yansıttıkları varsayılmaktadır.
- Bu araştırmada problem durumunun; sınıf ortamında yapılan gözlemlerle ve öğrencilerle yapılan görüşmeler aracılığıyla belirlenebileceği varsayılmaktadır.

1.6. Tanımlar

Sözcük (Kelime): “Anamlı ses ya da ses birliği” (TDK, 2022).

Kavram: “Bir nesnenin veya düşüncenin zihindeki soyut ve genel tasarımı, mefhum, fehva, nosyon.” (TDK, 2022).

Kavram Tanımı (Concept Definition): Kavramı belirtmek için kullanılan kelimelerin bir biçimidir (Tall ve Vinner, 1981).

Formal Tanım: Bir topluluk tarafından kabul edilen bir tanım, resmi tanım (Tall ve Vinner, 1981).

Kişisel Tanım: Kişiler tarafından oluşturulan, öznel tanım.

Kavram İmajı: Bir terimle ilgili bireyin zihnindeki bilişsel görsellerin tümü (Tall ve Vinner, 1981).

Üç Boyutlu Yazıcı: 3B olarak tasarlanmış sanal bir nesneyi çeşitli malzemeler kullanarak elle tutulur nesnelere dönüştüren makine.

Geometrik Cisimler: Üç boyutlu uzayda yer kaplayan geometrik nesneler.

Prizma: Tabanları herhangi bir eş çokgensel bölgelerden, yan yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan geometrik cisimlere prizma denir. Prizmaların karşılıklı yüzleri birbirine eşit ve paraleldir (MEB).

Dikdörtgenler Prizması: Tüm yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan prizmalara dikdörtgenler prizması denir. Dikdörtgenler prizmasının karşılıklı yüzleri eşit ve birbirine paraleldir (MEB).

Kare Prizma: Tabanları birbirine eş karesel bölgelerden, yan yüzleri birbirine eş dikdörtgensel bölgelerden oluşan prizmalara denir. Kare prizmanın karşılıklı yüzler, birbirine paraleldir (MEB).

Küp: Tüm yüzleri birbirine eş karesel bölgelerden oluşan prizmalara denir (MEB).

Dik Prizma: Tabanları herhangi bir eş çokgensel bölgelerden, yan yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan geometrik cisimlere prizma denir. Yan yüzleri tabanlara dik olan prizmalara dik prizma denir. Dik prizmaların karşılıklı yüzleri birbirine eşit ve paraleldir (MEB).

Dik Dairesel Silindir: Üst ve alt tabanı eş dairelerden ve bu tabanların çevresindeki noktaları birleştiren doğru parçasının tabanlara dik olmasıyla oluşan geometrik cisme dik dairesel silindir denir (MEB).

Dik Piramit: Yan yüzlerin taban düzlemi dışında ve farklı bir düzlemde bulunan noktada kesişmesiyle tepe noktası oluşmuştur ve bu geometrik cisimlere piramit denilmektedir (MEB).

Dik Koni: Dairesel bölgenin çevresindeki tüm noktaların tepe noktası ile birleştirilmesi sonucu oluşan geometrik cisimlere dik koni denir (MEB).

Ayrıt: Prizmalarda iki yüzün kesiştiği doğru parçalarına “ayrıt” adı verilir (MEB).

Köşe: Prizmalarda üç ayrıtın kesiştiği noktaya “köşe” adı verilir (MEB).

Yüzey: Bir cismi sınırlayan parçaların her biridir (MEB).

Eksen: Silindirin tabanların merkezini birleştiren doğruya eksen denir (MEB).

Ana Doğru: Tabanların karşılıklı iki noktasını birleştiren ve eksene paralel olan doğrulara silindirin ana doğruları denir (MEB).

Yükseklik: Tabanları birleştiren dik doğru parçasına yükseklik denir (MEB).

Prototip Örnek: Kavramın daha yaygın, baskın ve popüler örnekleri vardır ve bunlara "prototip örnekler" denilmektedir (Hershkowitz, 1989; Vinner ve Hershkowitz, 1983). Örneğin, prizmalar için dikdörtgenler prizması örneği.

Prototip Olmayan Örnek: Ders kitaplarında ya da sınıf içinde pek kullanılmayan kavrama ait örnekler. Örneğin, prizmalar için 20-gen prizma örneği.

Uygun Olmayan Örnek: Kavramın tanımına ait kritik özelliklerden en az birini sağlamayan örnekler. Örneğin, prizmalar için silindir örneği.

1.7. Kısaltmalar

TDK: Türk Dil Kurumu

MEB: Milli Eğitim Bakanlığı

STEM: Fen, Teknoloji, Eğitim, Matematik

FDM: Fused Deposition Modeling

PLA: Poliaktik Asit

PVA: Polivinil Alkol

STL: (STereoLithography / Standard Triangle Language)

G-code: Geometrik Kod

BDT: Bilgisayar Destekli Tasarım

TA: Taban Alanı

h: Yükseklik

3B: Üç Boyutlu

2B: İki Boyutlu

vb.: ve benzeri

vd.: ve diğerleri

BÖLÜM II

KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu (3B) yazıcılar bilgisayar ortamındaki 3B bir nesneyi çeşitli malzemeleri bir takım işlemlerden geçirerek katı bir forma dönüştürebilen makinelerdir (Berman, 2012; Olla, 2015; Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018). 3B yazıcılar katman katman yazdırmalarından dolayı eklemeli imalat, katmanlı üretim veya hızlı prototipleme gibi bazı terimlerle anılmaktadırlar (Yuran, 2022). 3B yazıcıların malzeme çeşidi, renk, boyut ve dayanıklılık gibi bazı sınırlılıkları olsa da tasarımları kolayca yazdırılabilmesi, kişiselleştirilmiş ürünler ve az maliyetle hızlı üretim gibi pek çok avantajı bulunmaktadır (Şahin ve Turan, 2018).

Chuck Hull tarafından 1983 yılında 3D Systems adında kurulan bir şirket tarafından 1987 yılında ilk yazıcı olan SLA-1 üretilmiş ve patenti alınmıştır (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015; Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014; Snyder ve diğerleri, 2014). İlk 1980’li yıllarda ortaya çıkan bu yazıcıların 2000’li yıllarda telif hakkının kalkması ve ardından “kendin üret” projeleri sayesinde pek çok 3B yazıcı üretimine başlanmıştır (Çalışkan, 2015). 2000’li yıllardan itibaren pek çok insanın hem kendi 3B yazıcılarını yapabilmesi hem de yazıcıların satın alma maliyetlerinin azalması sebebi ile adı günümüzde çokça duyulan bir teknoloji haline gelmiştir. Prusa, Ultimaker, MakerBot, Zortrax, FormLabs gibi firmalar 2010 –2015 yılları arasında kurulmuş ve 2015’ten sonraki yıllarda Creality, AnyCubic, Anet, Monoprice, XYZ Printing gibi birçok firma daha sektörde yerini almıştır (Yuran, 2022). Pek çok farklı yazıcı firmasının olmasının yanı sıra 20’den fazla farklı yazıcı türü bulunmaktadır. Uygun bir 3B yazıcıyla yiyecek bir madde, ahşap bir nesne ya da cam bir ürün yazdırılabilmekte hatta bir ev inşa edilip bir organ üretilmektedir.

Bu çalışmada Ergimiş Filament Üretimi (Fused Deposition Modeling / FDM) yazıcı türü kullanılmıştır. Bu yüzden bu çalışmada bahsi geçen 3B yazıcı ile ilgili her şey FDM türü yazıcılar için geçerli olmaktadır. Bu teknolojiyi kullanan yazıcılarda genellikle ham madde olarak ABS ve PLA gibi plastik maddeler kullanılmakta ve bunlar filament olarak adlandırılmaktadırlar.

2.2. 3B Yazıcıların Kullandıkları Materyaller (Filament)

FDM teknolojisine sahip 3B yazıcıların çalışma prensibinde Nozzle adı verilen uçta plastik madde eritilerek dökülmekte ve 3B tasarım katman katman oluşturulmaktadır. Eritilerek dökülen bu plastik malzeme filament olarak adlandırılmaktadır.

3B yazıcılar için pek çok filament türü (esnek filament, ahşap filament, şeffaf filament...) mevcuttur. Genellikle ABS ve PLA yapıdaki filamentler kullanılmaktadır fakat eğitim çalışmalarında ABS filament ortamda kötü bir koku oluşturduğu için tercih edilmemektedir. Filament çeşitleri 0,5 kilogram ile 2 kilogram arasında değişen ağırlıklarda, yaklaşık 330-340 m uzunluğunda makaralara sarılı olarak satılmaktadır. Filamentler 1,75 mm ve 2,85 mm olmak üzere iki kalınlıkta olmaktadır. Filamentlerin büyük çoğunluğu 1,75 milimetre tipindedir; Ultimaker ve LulzBot yazıcıları daha kalın boyutta filament kullanan nadir birkaç üretici arasında yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan filament kalınlığı 2,85 mm olmaktadır.

2.2.1. PVA Filament (Destek)

Bazı 3B modelleri destek malzemesi olmadan yazdırmak istediğimizde modeller düzgün yazdırılmamaktadır. Altı boş bölgeler ya da eğimin %45'den fazla olduğu bölgelerde modelin yapısal bütünlüğünü sağlamak için destek malzemesi tercih edilmektedir. PVA filamentinin özellikleri:

- Suda çözünmektedir.
- Destek olarak kullanılmaktadır.
- PVA kokusuz, toksik olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilir bir maddedir. Erime noktası düşüktür ve aşırı ısındığında Nozzle'ı tıkayabilmektedir. Genellikle çift ekstrüder yazıcılarda bir destek malzemesi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1. PVA filamentinin suda çözünmesi

2.2.2. PLA Filament

- İnsan sağlığına zararlı değildir.
- Basım sıcaklığı genellikle 190°C – 220°C arasındadır.
- Tabla sıcaklığı 50°C – 70°C arasında önerilmektedir.
- Hafif esnekliğe sahiptir ancak kırılgandır.
- ABS kadar dayanıklı değildir.
- ABS'ye göre kullanımı daha kolaydır.
- Çeşitli renkleri bulunmaktadır.

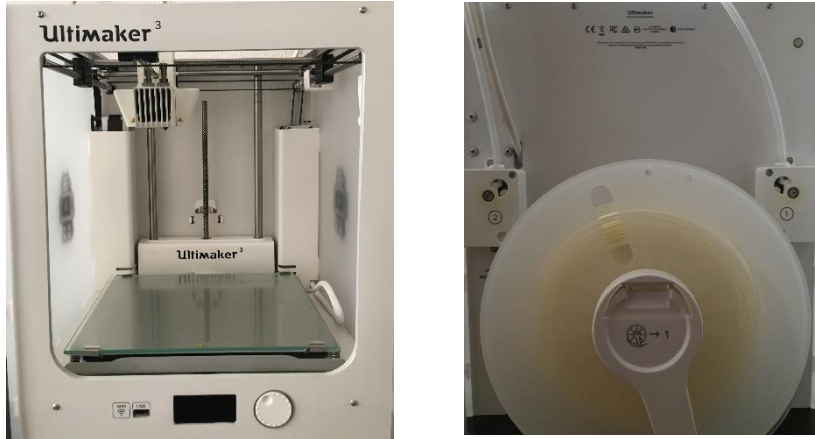
Nem, filamentler için büyük bir sorundur bu yüzden filamanetler açıldıktan sonra hava geçirmez bir yerde muhafaza edilmektedir. Dikkat edilmezse kırılma sorunları ya da nozle tıkanması gibi problemler yaşanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Ultimaker- 3 yazıcı Nylon, PLA, ABS, CPE, CPE+, PC, TPU 95A, PP, PVA, Breakaway materyallerini desteklemektedir.

2.3. Ultimaker-3

Bu çalışmada DEU BAP desteği ile satın alınmış olan Ultimaker-3 kullanılmıştır. Ultimaker-3 iki ekstruder içerdiği için iki filament rengini veya türünü aynı anda kullanarak bir nesneyi basmanıza izin veren ve yazıcının esnekliğini arttıran bir cihazdır. Aynı zamanda içerisinde bulunan kamera aracılığı ile yazdırma anını takip etme imkânı sağlamaktadır. Ultimaker- 3 kullanımı kolay bir 3B yazıcıdır. İlk kullanmaya başlamadan önce cihazda tabla hizalama ayarlarının yapılması gerekmektedir. Bu ayar bir kez yapıldıktan sonra yazıcı her kullanıldığında tekrar yapılmasına gerek olmamaktadır.

Ultimaker-3'ü çalıştırmak için önce güç kablosunun prize takılması ardından yazıcının arka kısmında bulunan güç anahtarına basılıp yazıcının açılması gerekmektedir. Düğmeye basıldıktan sonra yazıcının ekranında “yazdır” seçeneği çıkmaktadır. Ekrandaki yazdır seçeneğine tıklandığında Gcode dosyaları çıkacaktır. Çıkan dosyalardan yazdırılacak olan dosya bas/döndür düğmesi yardımıyla seçilip yazdırma işlemi başlatılabilmektedir. Yazdırma işlemi başlatıldığında ilk olarak yazıcının yazdırma yapacağı uçları belirlenen sıcaklığa gelmekte ardından tabla sıcaklığı belirlenen sıcaklığa ulaşmakta ve tabla hizalama her iki uç için (ikinci ucu kullanmasanız bile) yapılmaktadır. Daha sonra filament ekstrudere doğru çekilmekte ve filament çıkışı denemesi yapılmaktadır. Filament çıkışı denemesinde bir problem varsa yazdırma işleminin durdurulması ve sorunun tespit edilmesi gerekmektedir.

Yazdır seçeneğinin altındaki ekranda yer alan malzeme seçeneğine tıklandığında malzeme yükle, malzeme kaldır, malzeme değiştir gibi seçeneklerin yer aldığı görülmektedir. Bu kısımda malzemenin yazıcıya yüklenmesi ya da filament değiştirme işlemleri gerçekleştirilmektedir.



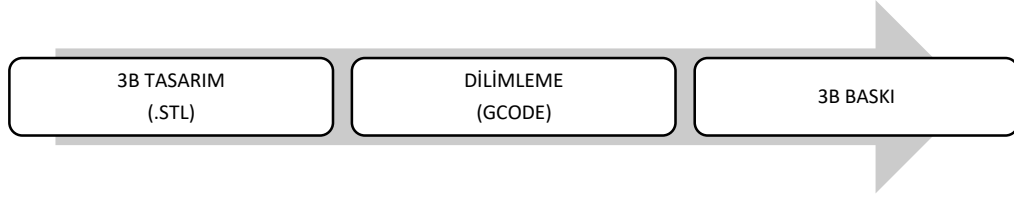
Şekil 2. Ultimaker-3 önden ve arkadan görünüm

2.4. 3B Yazıcının Çalışma Mekanizması

Yazdırma işlemine başlamadan önce yazıcının ucunda ‘nozzle’ diye adlandırılan kafa bölgesinin belirli bir sıcaklığa gelmesi gerekmektedir çünkü 3B yazdırma işlemi eriyen filamentin katman katman ve üst üste serilmesiyle gerçekleşmektedir. Filamentin düzgün bir şekilde yayılabilmesi için kafa noktasından çıkarken yüksek sıcaklıkta erimesi gerekmektedir. Nozul, filamentin istenen sıcaklığa ulaşmasını sağlar ve ergiyen filament uygun bir katman halinde yazıcının kafası x ve y eksenlerinde hareket ederken tabla üzerine dökülmektedir. Filament baskı tablasına döküldüğünde katılaşmakta ve modelin ilk katmanı üretilmektedir. İlk katman üretildikten sonra baskı tablası veya nozul z ekseninde katman kalınlığı kadar alçalmakta veya yükselmektedir. Daha sonra ikinci katman ilk katmanın üzerine atılmakta ve bu süreç bu şekilde katman katman devam ederek 3B tasarımın yazdırılma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Yazdırılma işlemi tamamlandıktan sonra yazıcının ekranında yazdırma işleminin tamamlandığı uyarısı gelmekte ve sizden tasarımı kaldırmanızı istemektedir. Yazdırma işleminin hemen ardından tasarımı yazıcıdan çıkartmak zor olabilmektedir. Bunun için birkaç dakika beklenebilir ya da spatula yardımı ile yazıcıdan model ayrılabilir. Yazdırma işlemi bittikten sonra yazınızın ısınan uçları ve tablası soğutucular yardımı ile soğumaya başlayacaktır.

2.5. 3B Baskı Alma Süreci



Şekil 3. 3B baskı alma süreci

3B yazıcıların hepsinde baskı almak için öncelikle 3B bir tasarıma ihtiyaç olmaktadır. Bilgisayar ortamında 3B tasarım oluşturulduktan ya da bilgisayar ortamında hazır tasarım bulunduktan sonra stl (STereoLithography / Standard Triangle Language) formatında kaydedilmesi gerekmektedir. Kaydedilen stl dosyasında 3B tasarıma ait sadece hacim bilgisi yer almaktadır. Bu sebeple bu dosyayı 3B yazıcının anlayacağı dile çevirmek gerekmektedir. Bunun için dilimleme yazılım programları kullanılmaktadır. STL dosyaları dilimleme yazılımları ile katmanlarına ayrılır ve malzeme, çoklu basım, sıcaklık, doluluk gibi ayarlamaları yapılarak G-Code dosyası olarak kaydedilmektedir. Daha sonra bu G- Code dosyası 3B yazıcıya aktarılıp yazdırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.5.1.Üç Boyutlu Tasarım

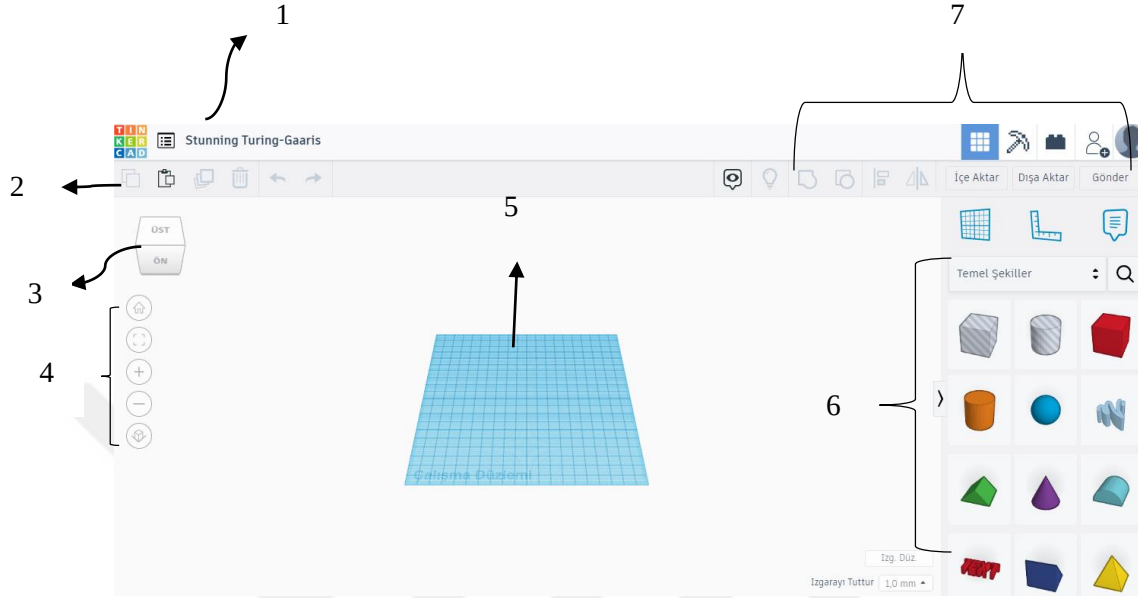
Bu çalışmada kullanılan Ultimaker-3 ile ya da bu tip yazıcılar ile yazdırma işlemi yapabilmek için öncelikle üretilecek olan nesnenin 3B dijital modelinin hazırlanması gerekmektedir. 3B dijital modeller Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) yazılımları ya da 3B tarayıcılar yardımıyla oluşturulabilmektedir. 3B tasarımı kendi oluşturmak istemeyenler için ise hazır 3B tasarım siteleri (Thingiverse, [MyMiniFactory](#), [Pinshape](#)) bulunmaktadır.

Solidworks, Freecad, Sketchup, Tinkercad ve Blender gibi pek çok BDT programları bulunmaktadır. BDT programında tasarlanan 3B dijital model daha sonra “STL” formatına dönüştürülmektedir. STL, 3B bir modelin yüzeylerine ait geometrik bilgileri içeren bir dosya formatı olmaktadır (Yuran, 2022).

Bu çalışmada 3B yazıcılar ile deneyim yaşayacak olan ortaokul öğrencileri olduğu için onların seviyelerine uygun hazırlanmış Tinkercad programı kullanılmıştır. Tinkercad programında öğrencilerin programı kendi başlarına öğrenebilmelerine imkân sağlayan öğretici etkinlikler bulunmaktadır. Bu etkinliklere Kaynaklar » Öğrenme Merkezine tıklayarak ulaşılabilir.

Tinkercad uygulamasının “sınıf oluşturma” özelliği ile öğretmen sanal ortamda sınıfını oluşturulabilmekte ve bu sınıfa istediği öğrencileri ekleyebilmektedir. Bu özelliği

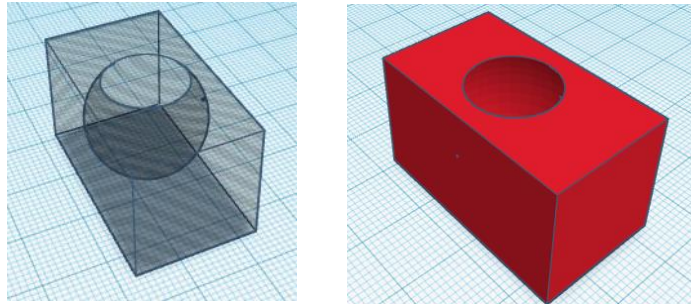
sayesinde öğrencilerin yaptıkları tasarımlar öğretmen tarafından görülmekte ve üstünde değişiklik yapmaya izin verilmektedir.



Şekil 4. Tinkercad çalışma düzleminin görüntüsü

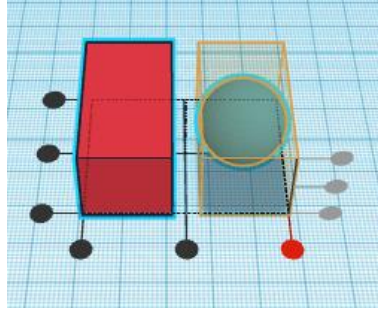
Çalışma düzleminin şekil 4 üzerinde kısaca tanıtımı:

1. Tasarımın adının yazıldığı yer
 2. Soldan sağa doğru sırasıyla kopyala, yapıştır, çoğalt, sil, geri al ve yinele
 3. Tasarımın farklı yönlerden (üst, sağ, ön vb.) görünümü
 4. Yukarıdan aşağıya sırayla ana ekran görünümü, tüm tasarımı görünüme sığdırma, yakınlaştırma, uzaklaştırma, perspektif ve düz görünüm
 5. Çalışma düzlemi (Tasarımın yapıldığı yer)
 6. Tasarım için kullanılacak şekillerin bulunduğu yer (Şekiller kütüphanesi)
 7. Soldan sağa sırasıyla gruplandır, grubu çöz, hizala, ayna, içe aktar, dışa aktar, gönder.
- **Gruplandırma:** Birden fazla şekli birlikte hareket ettirmek, kesme, boşluk oluşturma vb.



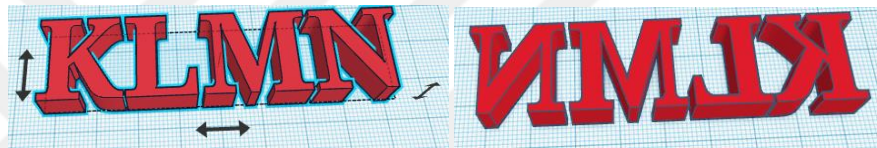
Şekil 5. Tinkercad gruplandırma özelliği ile boşluk oluşturma

- **Grubu Çözme:** Gruplandırılmış şekilleri ayırmanızı sağlamaktadır.
- **Hizalama:** Şekilleri farklı yönlerden birbirine göre hizalar, konumlandırır. Örneğin; şekilleri kolayca ortalamanızı sağlamaktadır.



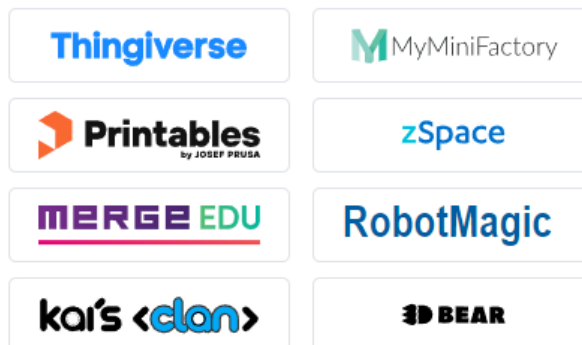
Şekil 6. Tinkercad hizalama özelliği ile hizalama yapma

- **Ayna:** Şekillerin X,Y ve Z eksenlerinde simetrik olarak döndürülmesini sağlamaktadır.



Şekil 7. Tinkercad ayna özelliği ile simetrik olarak döndürme

- **İçe Aktarma:** Bilgisayarda ya da internette bulunan 2B ya da 3B dosyaların Tinkercad uygulamasında açılmasını sağlamaktadır. Stl, svg ve obj uzantılı dosyaları açmaktadır.
- **Dışa Aktarma:** Tinkercad uygulamasında yapılan tasarımları bilgisayara kaydetmektedir. 3B yazdırma işlemi için dosyaların stl formatında bilgisayara kaydedilmesi gerekmektedir.
- **Gönder:** Yapılan tasarımların 3B tasarım sitelerinde paylaşılmasını ya da e-mail olarak gönderilmesini sağlamaktadır.



Şekil 8. Tasarımların gönderilebileceği 3B tasarım siteleri

Sıklıkla kullanılan Tinkercad özelliklerinin yanı sıra ölçü birimi değiştirilebilmekte, çalışma düzlemi eklenebilmekte ve cetvel kullanılabilmektedir. Bahsedilen işlemler klavye

kısa yolları kullanılarak da yapılabilmektedir. Son olarak Tinkercad yapılan tasarımları otomatik olarak kaydetmektedir.

2.5.2. Dilimleme

3B yazıcılardan baskı alabilmek için STL dosyalarının G-Code olarak adlandırılan kodlara dönüştürülmesi gerekmektedir. 3B yazıcı ile baskı sırasında eksenleri koordinatlara göre hareket ettirecek olan motorların kontrolü için G-Code kullanılmaktadır (Yuran, 2022). STL dosyalarından G-Code dosyalarına geçiş için dilimleme programları kullanılmaktadır. Dilimleme programları arasında Cura, Slic3r ve OctoPrint gibi açık kaynaklı ücretsiz programların yanı sıra; Simplify3D ve Netfabb gibi ücretli programlar da olmaktadır.

Bu çalışmada Ultimaker yazıcılar için geliştirilmiş Cura dilimleme programı kullanılmaktadır. Stl dosyasını Cura programına aktardıktan sonra yine üzerinde bir takım değişiklikler yapılabilmektedir (Örneğin; boyut, döndürme, taşıma vb.). Ayrıyeten kullanılacak filament özelliklerine ait bir takım ayarlamaların yapılması gerekmektedir. Tüm ayarlamalar yapıldıktan sonra “slice” diyerek dilimlere ayırma işleminin yapılması gerekmektedir. Dilimle dedikten sonra önizleme yaparak yazdırılacak model izlenebilmekte ve ayrıca yazdırılacak modelin ne kadar sürede ve ne kadar filament kullanılarak yazdırılacağı bilgisi görülmektedir.

Bu çalışmada yazdırılan modeller tam doluluk oranı ile üretilmemiş %10 doluluk oranı tercih edilmiştir. Bunun sebebi ise zamandan tasarruf etmek içindir. Yazdırılan modellerin bir katmanının iç yapısındaki malzeme miktarı o katmanın yüzey alanının %10'u kadar olmakta geri kalan %90'lık kısım ise seçilen dolgu tipine göre değişmektedir. Kübik, bal peteği, ızgara ve benzeri çok sayıda farklı dolgu tipi tercih edilebilmektedir.



Şekil 9. Doluluk oranı %10

2.5.3. 3B Baskı

Dilimlenen modeller 3B yazıcıya aktarıldıktan sonra yazdırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bluetooth, USB, SD kart ya da yazıcı ile bilgisayarı kablo ile birbirine bağlayarak 3B yazıcıya aktarma işlemi yapılabilmektedir.

2.6. Eğitimde 3B Yazıcı Kullanımı ve 3B Yazıcı ile İlgili Araştırmalar

3B yazıcı; mühendislik, mimarlık, sağlık vb. alanlarla hem endüstride hem de akademide yaygın olarak kullanılmakta ve ulaşılabilirliğin artması ile okullarda erişilebilir hale gelmektedir (Demir ve vd., 2016; Dumond ve diğerleri, 2014; Eisenberg, 2013; Kostakis, Niaros ve Giotitsas, 2015; Nemorin ve Selwyn, 2017; Özsoy ve Duman, 2017). 3B yazıcıların eğitim alanında kullanımı hakkında çeşitli araştırmalar bulunmaktadır (Eisenberg, 2013; Özsoy ve Duman, 2017; Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014; Yıldırım ve diğerleri, 2018). 3B yazıcıların; eğitimi nasıl etkileyeceğini, eğitimde kullanımı ve potansiyel kullanım alanlarını, eğitim sisteminde nerede ve nasıl kullanıldığını, Türkiye’de eğitim alanında kullanımını ve alan yazındaki mevcut durumunu araştıran pek çok eğitim üzerine yapılmış çalışmalar yer almaktadır (Demir ve diğerleri, 2016; Ford ve Minshall, 2019; Kökhan ve Özcan, 2018; Papp ve diğerleri, 2016; Yıldırım ve diğerleri, 2018).

3B yazıcıların eğitime entegre olmasını sağlayan çalışmalar STEM çalışmaları ile başlamaktadır (Schelly, Anzalone, Wijnen ve Pearce, 2015). 3B yazıcıları konu alan pek çok STEM çalışması alan yazında yer almaktadır (Chamberlain ve Meyers, 2016; Flynn ve Bach, 2019). 3B yazıcıların kullanıldığı STEM çalışmalarında farklı çalışma grupları ile araştırmalar yapılmıştır. Seren (2019) çalışmasını üstün yetenekli öğrencilerle, Güleriyüz (2020) çalışmasını fen bilgisi öğretmen adaylarıyla, Makino ve diğerleri (2018) çalışmasını lise öğrencileriyle, Stansell ve Tyler-Wood (2016) ise çalışmasını ortaokul öğrencileri ile gerçekleştirmiştir. STEM çalışmalarında 3B yazıcıların kullanılmasının ele alındığı araştırmalar sonucunda 3B yazıcıları kullanmanın olumlu yönde etkisinin olduğu belirtilmiştir (Bicer, Nite, Capraro, Barroso, Capraro ve Lee, 2017; Dumond ve diğerleri, 2014; Güleriyüz ve Dilber, 2021; Ramey ve Stevens, 2019; Seren, 2019; Sun ve Li, 2018).

3B yazıcıların eğitim alanında kullanımı sadece STEM çalışmaları ile sınırlı olmamaktadır. Çeşitli eğitim alanlarında 3B yazıcıların kullanıldığı görülmektedir. Çekirge’nin (2019) çalışmasını teknoloji ve tasarım alanında; Avinal (2019), Karagöz ve Çakır (2020) ve Spyros ve diğerleri’nin (2021) çalışmasını fen bilgisi alanında; Casas ve Estop’un (2015) çalışmasını kimya alanında; Karaduman’ın (2017) çalışmasını sosyal bilgiler alanında; Buehler ve diğerleri (2015), Buehler ve diğerleri (2016), Jafri ve Ali (2015) ve Kane ve Bigham’ın (2014) ise çalışmasını özel eğitim alanında yaptığı görülmektedir. Yapılan bu farklı

disiplinlerin araştırma sonuçlarında 3B yazıcıları kullanmanın olumlu etkilerinden bahsedilmektedir (Avinal, 2019; Çekirge, 2019; Kostakis ve diğerleri, 2015; Özsoy, 2019; Spyros ve diğerleri, 2021).

Alan yazında görüldüğü üzere “Eğitim ve 3B yazıcılar” genel başlığı altında pek çok araştırma bulunmaktadır. Alan yazında matematik eğitiminde kullanımı üzerine de araştırmalar yer almaktadır. Yılmaz ve Algil (2018) çalışmasının ilk bölümünde 3B yazıcı teknolojisinden bahsetmiş ardından matematik eğitimi için öğretim materyalinin (Tangram) tasarlanıp üretilme aşamalarını anlatmış ve son olarak bir matematik eğitimcisinin öğretimde kullanacağı materyalleri kendisinin tasarlayıp üretebileceği fikrinden ve bunun eğitime sağlayacağı kolaylık ve katkılardan bahsetmiştir. Cochran, Cochran, Laney ve Dean (2016) 3B yazıcı ile geometri anlayışını genişletme konulu çalışmasında katı cisimler ve hacim alanında 3B yazıcı kullanımından bahsetmiştir. Honner (2017) “3D printing in the secondary mathematics classroom” isimli araştırmasında uygun olan bazı 3B yazıcı projelerinden ve ilgili bazı konulardan bahsetmiştir. Levin ve Verner (2020) ortaokul öğrencileri ve öğretmen adaylarının analitik düşünme ve uygulamalı matematik becerilerini geliştirmek için Kinder Surprise yumurtası içine sığabilecek boyutlarda bir topaç tasarlayıp bunu 3B yazıcı ile yazdırıp tasarımlarını doğrulamaları üzerine bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Sun ve Li (2017) 3B yazıcıların matematik eğitiminde uygulanması konulu çalışmasında matematik öğretimi ile 3B yazıcı teknolojisi arasındaki yakın ilişkiyi araştırmayı ve kapsamlı bir matematik eğitimi programı önermeyi amaçlamıştır. Çalışmasında 3B yazıcıların soyut matematiksel kavramları görselleştirilebileceği inancı ile uzay ve grafik kavramları gibi karmaşık matematiksel konuları anlama konusunda 3B yazıcıların olumlu yönde etkileri olabileceğinden bahsetmiştir. Ayrıca Asempapa ve Love (2021), Dilling ve Witzke (2020), Knill ve Slavkovsky (2013), Rainone, Fonda ve Canessa (2014) ve Sun ve Li (2018) gibi pek çok araştırmacı ileri matematik konularında 3B yazıcı kullanımı üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

3B yazıcıların eğitim ortamlarında kullanımının olumlu yönde pek çok etkileri olduğu düşünülmektedir (Novak ve Wisdom, 2018). Eğitim alanında yapılan çalışmaların daha çok materyal geliştirmeye yönelik olduğu ya da teknolojinin tanıtımının yapıldığı çalışmalar olduğu öğretimsel amaçlı yapılmış çalışmaların genel olarak STEM ile ilgili çalışmalar olduğu görülmektedir (Yıldırım ve diğerleri, 2018). 3B yazıcının faydalarından yararlanmak için öğretimsel amaçlı yapılan çalışmaların eksikliğinin giderilip bu teknolojinin eğitim-öğretim faaliyetlerini desteklemesine olanak verilmelidir (Brown, 2015).

2.7. Alan Yazında Geometrik Cisimler ile İlgili Araştırmalar

Bu bölümde geometrik cisimler ile ilgili yapılmış çalışmalardan ve bu çalışmaların sonuçlarından bahsedilmiştir. Buna ek olarak, yapılan alan yazın taramasında 3B yazıcı kullanılmadan -alışıl gelmiş- gerçekleştirilen geometrik cisimler öğretiminde karşılaşılan zorluklarla ilgili çalışmaların yer aldığı görülmüştür. Bu kısımda bu çalışmalara ve bu çalışmaların sonuçlarına da yer verilmiştir.

Avgören'nin (2011) "Farklı Sınıf Seviyelerindeki Öğrencilerin Katı Cisimler (Prizma, Piramit, Koni, Silindir, Küre) ile İlgili Sahip Oldukları Kavram İmajı" adlı çalışmasında öğrencilerin "prizma" ile "piramit kavramlarını karıştırabildiği görülmüştür. Öğrencilerin silindir tanımı yaparken silindirin açık halini düşünerek tanım yaptıkları ve öğrencilerin çoğunun silindiri prizma ile ilişkilendirdiği tespit edilmiştir. Öğrencilerin piramit için kare piramit ya da mısır piramidi gibi prototip örnekler kullandıkları görülürken koni ile piramit arasında ilişki kurdukları da tespit edilmiştir. Öğrencilerin ayırt kavramı için "kenar" imajını kullandığı ve ayırtı şekil/model üzerinde gösterme eğiliminde olduğu bulunmuştur. Ayrıca öğrencilerin silindir ve koninin ayırtı konusunda yanılgılarının olduğu da görülmüştür. Çalışma sonucunda öğrencilerin geometrik cisimler için prototip olmayan örnekleri kullandıkları belirtilmiştir. Son olarak ise öğrencilerin silindirin hacmini hesaplamayı formül yardımıyla yaptıkları silindirin yüzey alanını hesaplarken ise açık hali üzerinden düşünerek hesapladıkları da tespit edilmiştir.

Bozkurt ve Koç'un (2012) çalışmasında katılımcıların çoğunun prizmayı ya tanımlayamadıkları ya da kabul edilebilir bir tanım veremedikleri ve bir kısmının prizma kavramı için uygun olmayan "şekil" imajına sahip oldukları görülmüştür. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre kavramsal öğrenmeye ekstra önem verilmesi gerektiğinden bahsedilmiştir.

Gökbulut ve Ubuz'un (2013) "Sınıf Öğretmeni Adaylarının Prizma Bilgileri: Tanım ve Örnekler Oluşturma" çalışmasında öğretmen adaylarının cisimlerin tipik modellerini (prototip) tercih ettikleri ve uygun olan örnek ile uygun olmayan örneğin ayırt edilmediği görülmüştür. Öğretmen adaylarının prizma tanımı yaparken günlük yaşamdan örnekler verdikleri ve tanımlama konusunda yetersiz oldukları da tespit edilmiştir. Çalışmada bir kişinin prizmaya örnek olarak üçgen piramit verdiği ayrıca bir öğretmen adayının koniyi başka bir öğretmen adayının ise piramidi prizmaya örnek olarak çizdiği görülmüştür.

Çakmak, Konyalıoğlu ve Işık'ın (2014) "İlköğretim Matematik Öğretmen Adaylarının Üç Boyutlu Cisimlere İlişkin Konu Alan Bilgilerinin İncelenmesi" çalışmasında öğretmen adaylarının tanımlama ve kritik özellikleri belirlemede bazı zorluklara sahip olduklarından

bahsedilmiştir. Öğretmen adaylarının matematiksel tanımlar yerine genel tanımlamalar kullandıkları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının büyük kısmının prototip prizma ve piramit çizdikleri bulunmuştur. Araştırmada öğretmen adaylarının üç boyutlu cisimlerle ilgili konu alan bilgilerinin yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ergin'nin (2014) çalışmasında öğrencilerin dikdörtgenler prizması için dikdörtgenlerden oluşan imajının olduğu ve öğrencilerde dikdörtgenler prizması için prototip örneklerinin etkisinin bulunduğu görülmüştür. Öğrencilerin kare prizmayı tanımlamakta zorlandığı tespit edilmiş ve sadece akademik başarısı iyi olan öğrencilerin formal tanım yapabildiği ve öğrencilerin “tabanları kare”, “yanları dikdörtgen” imajına sahip oldukları görülmüştür. Öğrencilerin küp kavramını tanımlarken formal tanım ya da kritik özellikleri kullandığı ve küp kavramı imajında kare şeklinin hâkim olduğu bulunmuştur. Öğrencilerin dik prizma kavramı için formal tanımdan uzak tanımlamalar yaptıkları ve uygun olmayan imajlarının olduğu da ortaya çıkarılmıştır.

Gökkurt'un (2014) “Ortaokul Matematik Öğretmenlerinin Geometrik Cisimler Konusuna İlişkin Pedagojik Alan Bilgilerinin İncelenmesi” isimli doktora tezinde küpün hacmi konusunda doğru cevaplar verildiği ve formüllerin altında yatan mantıksal gerekçelerin bilindiği görülmüştür. Bazı öğretmenlerin prizmaların yüzey alanını hesaplama konusunda sorunlar yaşadıkları ve özellikle küpün yüzey alanını hesaplayamadıkları tespit edilmiştir. Ayrıca koninin açınımı konusunda yanlış imajlarının olduğu ve farklı piramit açınımlarını çizemedikleri ve çizimlerinde eksik ya da hataların bulunduğu görülmüştür. Silindir açınımlarında her birinin kapanabilen uygun açınım örnekleri çizdikleri görülürken prizma açınımı için ise prototip açınım örneklerini (kare prizma, küp, üçgen prizma) çizdikleri ve neredeyse tamamının küpün farklı açınımlarını tanımakta zorlandıkları görülmüştür. Çalışma sonucunda iki öğretmenin tabanı yıldız olduğu için onbirgen prizmayı (içbükey prizma) tanımadıkları da tespit edilmiştir.

Güzel'in (2014) “İlköğretim Matematik Öğretmenliği Birinci Sınıf Öğrencilerinin Prizma ve Silindir Kavramlarına Dair Kavram İmajlarının İncelenmesi” çalışmasında araştırmaya katılanların prizma için çoğunlukla dikdörtgenler prizması çizdiğini bir kişinin prototip olmayan örnek (altıgen prizma) ve üç kişinin de prizma için piramit çizdiğini görülmüştür. Çalışmanın bulgularında katılımcıların az bir çoğunluğunun prizmaların tabanlarının eş ve karşılıklı yüzlerinin paralel olduğundan bahsettiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda katılımcıların prizma için prototip olmayan örnekleri kullanmadıkları ve hiçbirinin prizmaların yan yüzlerinden bahsetmediği görülmüştür. Çalışmada öğrencilerin çoğunun silindir kavramı için çizim yaptığı ve bir kişinin dik dairesel silindir için koni çizimi yaptığı

bulunmuştur. Öğrencilerin önemli bir çoğunluğunun silindiri tarif ederken silindirin açık halinde oluşturacak şekillerden bahsettikleri de tespit edilmiştir.

Akkaş ve Alaylı'nın (2015) "Matematik Öğretmen Adaylarının Geometrik Cisimlere Yönelik Tanım ve Çizimlerinin İncelenmesi" çalışmasında geometrik cisimleri tanımlamada çoğunlukla yanlışlar yapıldığı ve doğru tanımlamanın en çok küp kavramında yapıldığı görülmüştür. Öğretmen adaylarının geometrik cisim tanımlarında "şekil", "geometrik cisim", "3 boyutlu cisim" ve "katı cisim" gibi ifadeler kullandıkları görülmüştür. Öğretmen adaylarının silindir tanımını silindirin açınımını zihinlerinde canlandırarak yaptıkları tespit edilmiştir. Prizma tanımlarında, prizmanın tabanlarını "üçgen, kare ve dikdörtgen" ile sınırlandırdıkları ortaya çıkarılmıştır. Koni tanımlamalarında ise, daire yerine çember ifadesini kullandıkları ve yanal yüzün daire dilimi yerine üçgen olarak algılandığı görülmüştür. Piramit tanımlarında da tabanın sadece kare ve dikdörtgen olabileceği, başka bir çokgen olamayacağına yönelik düşünceleri tespit edilmiştir.

Ergin ve Türnüklü'nün (2015) "Ortaokul Öğrencilerinin Cisim İmgelerinin İncelenmesi: Geometrik ve Uzamsal Düşünme ile İlişkiler" adlı çalışmasında sekizinci sınıf öğrencilerinin geometrik cisimler kazanımlarındaki imajlarını incelemek için kullandıkları test sonucunda öğrencilerin soruların yaklaşık yarısını doğru cevaplayabildikleri görülmüştür. Çalışma sonucunda sekizinci sınıf öğrencilerinin geometrik cisimler üzerindeki imajlarında piramidin yanal yüzeyini tanıma konusunda en çok yanlışın yapıldığı bulunmuştur. Öğrencilerin çoğunun koninin açınımını konusunda yanlışa düştükleri ve sekizinci sınıf öğrencilerinin koni açınımı yaparken imajlarında üçgen şeklinin olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin çoğu silindiri görsel olarak tanıyabilirken prototip olmayan (eğik silindir) silindir örneklerini tanıyamadıkları ve uygun olmayan silindir örneklerini silindir olarak isimlendirdikleri görülmüştür. Öğrencilerin geometrik cisimlerin temel elemanlarından ayrıt, köşe, yüz, taban ile ilgili sorunlar yaşadıkları ve ayrıtın ne anlama geldiğini öğrencilerin çok azının doğru cevapladığı tespit edilmiştir. Ergin ve Türnüklü'nün (2015) çalışması sonucunda öğrencilerin cisimleri şekillerden ayırt edememe, cisimlerin tanımlarını oluşturamama, görsel olarak tanıyamama ve temel elemanları saptayamama gibi sorunları oldukları görülmüştür.

Tsamir ve diğerleri'nin (2015) öğretmen adayları ile yaptıkları çalışma sonucunda katılımcıların silindir örneklerini ve örnek olmayanlarını belirleyebildikleri ve tanımlanması en zor olanın ise eğimli bir şekilde kesilmiş silindir ve "madeni paraya benzer" silindir olduğu görülmüştür. Katılımcıların silindir kavramı için çoğunlukla iki taban ve taban daire ifadelerini kullandıkları ve sadece bir katılımcının tabanların eş olduğundan bahsettiği katılımcıların hiçbirinin ise paralel olduğundan bahsetmediği ortaya çıkarılmıştır.

Yılmaz'ın (2015) “İlköğretim Matematik Öğretmen Adaylarının Katı Cisimler ile İlgili Kavram Tanımı ve Kavram İmajlarının Fenomenografik Yaklaşımla İncelenmesi” isimli tez çalışmasında katılımcıların küp kavramını tanımlamakta zorlanmadığı ve küp kavramı imajında kare şeklinin etkisi olduğu görülmüştür. Prizma kavramı için formal tanıma yakın tanımlamalar yaptıkları görülürken aynı zamanda uygun olmayan imajlarının olduğu da tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarından bazılarının prizmaların tabanının düzgün çokgen olması gerektiğini düzgün olmayan çokgenin olmayacağını belirttikleri görülmüştür. Öğretmen adaylarının piramit için yaptıkları tanımlamalardaki imajlarında “mısır piramitleri”, “kare piramit”, “ el hareketleri ile anlatma”, “şekil çizme”, “taban çokgen”, “tepe noktası” gibi imajları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının koniyi yanlış tanımladıklarını ve bu yanlış tanımlamalarda üçgen imajının olduğunu görülmüştür. Ayrıt kavramı için “kenar” imajının kullanıldığı tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının prizma açınım çizimlerinde tabanların eşit olmasına dikkat ettikleri görülürken prizma açınımlarını çizerken yan yüzleri yan yana, tabanları ise biri alta diğeri üste gelecek şekilde yerleştirdikleri tespit edilmiştir. Prizma açınımı için prototip açınım örnekleri (kare prizma, küp, üçgen prizma) çizdikleri görülmüştür. Öğretmen adayları piramit açınımı olarak kare piramit, üçgen piramit ve dikdörtgen piramit açınımını çizdikleri görülmüştür. Açınım oluştururken önce tabanları merkeze çizip sonra tabanın etrafına üçgen yan yüzeyleri yerleştirdikleri de tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının koninin açınımı konusunda yanlış imajlarının olduğu bulunmuştur. Yılmaz'ın (2015) çalışması sonucunda prizmanın hacminin genel olarak taban alanı ve yükseklikle ilişkili (taban alanı ve yüksekliğin çarpımı) görüldüğü görülmüştür. Bazı öğretmen adaylarının prizmaların hacmi ile ilgili uygun olmayan imajlara sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının yüzey alanı imajlarında “taban alanı”, “yanal alan”, “bütün yüzlerin alanları” ve “yüzeyler toplamı” imajları görülmüştür. Silindirin yüzey alanını hesaplarken açık hali üzerinden düşünülerek hesaplandığı tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının genel olarak dik dairesel silindirin taban çevresiyle eşit olan yan yüz kenarının dikdörtgenin uzun kenarı olarak belirleme eğiliminde oldukları bulunmuştur. Öğretmen adaylarının yüzey alanı ve hacim kavramlarını karıştırılabildiği de ortaya çıkarılmıştır.

Türnüklü ve Ergin (2016) “8. Sınıf Öğrencilerinin Cisimleri Görsel Tanıma ve Tanımlamaları: Cisim İmgeleri” çalışmasında öğrencilerin prizma tanımlarında boyut, yüz, köşe ve taban imajlarının ön plana çıktığı görülmüştür. Çalışma sonucunda öznel tanımların formal tanımlardan daha fazla tercih edildiği çıkarılmıştır. Öğrencilerin koni tanımlarken günlük hayat örneklerini kullandıkları ve bir öğrencinin koni ile silindiri karıştırdığı tespit edilmiştir. Öğrencilerin koninin tabanı için “çember, daire, yuvarlak” imajlarına sahip

oldukları bulunmuştur. Ayrıca öğrencilerin koniyi yanlış tanımladıkları ve bu yanlış tanımlamalarda üçgen imajının olduğu görülmüştür. Öğrencilerin piramit için kare piramit ya da mısır piramidi imajlarının hâkim olduğu ve piramit tanımlamalarında “dik”, “üste yükselme”, “sivri”, “yanları üçgen” ve “tepe noktası” gibi imajlarının olduğu bulunmuştur. Çalışma sonucunda geometrik cisimlerden üçgen prizma ve üçgen piramidin öğrenciler tarafından sık sık karıştırıldığı görülmüştür. Çalışmada öğrencilerin prototip olan örneklerini tanıdıkları ama prototip olmayan örnekleri kabul etmedikleri ve uygun olmayan örnekleri tanıyamadıkları görülmüştür. Çalışma sonucunda kavramlara ait zengin imgelerin oluşması ve tipik çizimlerin kavram yanlışlarına yol açmaması adına tipik olan yaklaşımların dışında öğrencilere ek örneklerin sunulmasının önemli olacağından bahsedilmiştir.

Karakuş’un (2018) “Sınıf Öğretmeni Adaylarının Silindir ve Koniye Yönelik Kavram İmajlarının İncelenmesi” isimli çalışmasında öğretmen adaylarının silindir ve koni kavramları için yeterli imaja sahip olmadıkları görülmüştür. Öğretmen adaylarının silindir ve koni ilgili prototip örnekleri kullandığı ve uygun olmayan silindir ve koni örneklerini tanımlama sorunları yaşadıkları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının silindiri tanımlarken eş, paralel, iki dairesel taban imajlarını kullandıkları ve ayrıca üç boyutlu şekil, geometrik cisim, uzayda yer kaplayan şekil gibi imajlarının da olduğu bulunmuştur. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının koni tanımlamaları yaparken en çok “tabanı daire ve tepesi sivri olan üç boyutlu şekil” ifadelerini kullandıkları ve bazı öğretmen adaylarının koniyi yanlış tanımladıklarını ve bu yanlış tanımlamalarda üçgen imajının olduğu tespit edilmiştir. Karakuş (2018) çalışmasında öğretmen adaylarından daha zengin açıklamalar ve informal tanımlar kullanmalarını beklerken sıklıkla ders kitaplarında yer alan silindir ve koni tanım ve örneklerini kullandıklarını belirtmiştir. Doğru tanım veya açıklama yapan öğretmen adaylarının sıklıkla silindir ve koniyi ilköğretim ve ortaokul matematik ders kitaplarında formal tanıma yakın şekilde tanımladıklarını belirtmiştir.

Unlu ve Horzum (2018) çalışmasında matematik öğretmeni adaylarının geometrideki “prizma” ve “piramit” kavramlarını nasıl tanımladığını incelenmiştir. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının tanımlama yapmakta zorlandıkları ve kritik özellikleri kullanmadıkları görülmüştür. Öğretmen adaylarının prizmaların tabanlarının düzgün çokgen olması gerektiğini belirttiği ve prizma için uygun olmayan imajlarının olduğu da tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının prizma ve piramit kavramlarını tanımlamada başarısız oldukları ve bu iki kavram arasındaki farkları ifade etmekte zorlandıkları bulunmuştur. Çalışma sonucunda araştırmacılar tarafından prizma ve piramit kavramları için konu bilgilerini geliştirmek amacıyla Geogebra ya da bilgisayar yazılım programlarını kullanmaları önerilmiştir.

Dündar'ın (2019) gerçekçi matematik eğitimi temelli öğrenme ortamında altıncı sınıf öğrencilerinin prizmanın hacmi kavramını oluşturma süreçlerini araştırdığı çalışmasında çoğu katılımcının kare prizmayı yanlış tanımladığı görülmüştür. Katılımcıların yüzey alanı ve hacim kavramlarını karıştırılabileceği de tespit edilmiştir.

Ulusoy'un (2019) öğretmen adayları ile silindir ve prizma kavramına yönelik yaptığı çalışma sonucunda öğretmen adaylarının silindirin kritik özelliklerini kullanmadıkları ve daire tabanlı prototipik silindiri tanımladıkları görülmüştür. Öğretmen adaylarının prizmanın kritik ve kritik olmayan özelliklerine dikkat etmedikleri ve bazı öğretmen adaylarının prizmalara örnek olarak koni ve piramit çizdikleri tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının silindir ve prizma kavramlarını tanımlamakta zorlandıkları ve kavramların kritik niteliklerinden çok geometrik cisimlerin üç boyutluluk gibi daha genel niteliklerini ifade ettikleri görülmüştür. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının genel olarak prototip bir örnek üzerinden silindiri tanımlayıp çizdikleri görülmüş ve bu görülen durum sonucunda çalışmada öğretim materyalleri ve ders kitaplarındaki tanım ve örneklerin sunumunun değiştirilebileceği önerilmiştir.

Şimşek'in (2019) ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının dörtgenler ve geometrik cisimleri hiyerarşik sınıflandırma düzeylerini incelediği çalışmasında öğretmen adaylarının geometrik cisimleri tanıma ve örnekler seçmede genel olarak prototipleri kullandıklarını ve prototip olmayan örnekleri seçmedikleri çıkarılmıştır. Aynı zamanda öğretmen adaylarının geometrik cisimler arasında yanlış ilişkilendirmeler kurmaları da bu çalışmanın bir diğer bulgusunu oluşturduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarına; kavramları tanımlama, (prototip ve prototip olmayan) çeşitli örneklerine yer verme, özelliklerini (kritik ve kritik olmayan) keşfetme ve ilişkilendirmeye yönelik çalışmaların yaptırılması önerilmiştir.

Man'ın (2019) "Ortaokul Matematik Öğretmenlerinin Geometrik Cisimlere İlişkin Kavram Tanımlarının İncelenmesi" başlıklı çalışmasında öğretmenlerin geometrik cisimlerin tanımlarını doğru yapamadığı ve çoğunlukla dik olarak prototip örneklerinden bahsettikleri sonucu bulunmuştur. Buna ek olarak öğretmenlerin çizimlerinde geometrik cisimlerin prototip örneklerini kullandıkları da görülmüştür.

Gümüş'ün (2020) "Ortaokul Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Geometrik Cisimlerin Tanımlanması ve Açınımalarına İlişkin Bilgi Düzeylerinin İncelenmesi" çalışmasında "prizma" ile "piramit kavramlarının karıştırılabildiği bulunmuştur. Öğrencilerin ayırt kavramını tam olarak kavrayamadıkları yüz ve köşe kavramları ile karıştırdıkları ve koninin ana doğrusunun ayırt olarak belirtildiği görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin yükseklik kavramı için ayırt imajına

sahip olduğu da bulunmuştur. Gümüş (2020) çalışmasında öğrencilerin kâğıt üzerinde ayırt, köşe ve yüz sayılarını bulmalarından dolayı bu kavramlarda yanılgılara düşebildiklerini belirtmiştir. Çalışma sonucunda öğrencilerin dikdörtgenler prizmasının açınımını çizme konusunda başarısız olduğu ve ayırt uzunluklarını dikkat etmeden açınım örneği çizdiği görülmüştür. Öğrencilerin silindirin “alt ve üst tabanda bulunan dairelerin çevrelerinin dikdörtgenin uzun kenarının uzunluğuna eşit olması” gerektiğini bilmediğini veya bu durumu göz ardı ettiği belirtilmiştir. Öğrencilerin piramit açınımları yerine prizma açınımlarını çizdikleri ve koninin açınımı konusunda da yanlış imajlarının olduğu görülmüştür.

Okuyucu'nun (2020) “Ortaokul Düzeyinde Hacim Kavramına Giriş: Somut Materyal Destekli Bir Öğretim Örneği” isimli çalışmasında öğrencilerin yüzey alanını hesaplamak için gerekli bilgileri bildiği ama bu bilgileri kullanma konusunda hatalar yaptıklarından bahsedilmiştir. Prizmanın hacminin genel olarak taban alanı ve yükseklikle ilişkili (taban alanı ve yüksekliğin çarpımı) olarak görüldüğü tespit edilmiştir. Okuyucu'nun (2020) somut materyal destekli öğretim üzerine çalışmasında öğrencilerin küp şekerleri kullanarak aynı hacme sahip farklı cisimleri kavrayabildikleri de görülmüştür.

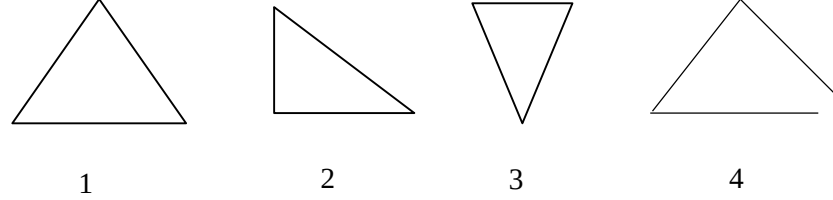
2.8. Kavram

Bir cümlenin özünü oluşturan anlamlı en küçük yapı sözcüktür ve sözcük (kelime) daha çok dil bilimcilerin uğraşı alanıdır (Okur, 2007). Dildeki bu sözcüklerin zamanla anlam kazanmasına ise kısaca kavram denilmektedir. Türk Dil Kurumu (2022) kavramı, bir duygunun ya da düşüncenin zihindeki soyut ve genel tasarımı olarak tanımlarken Vinner (2011) adını duyduğumuzda veya gördüğümüzde zihnimizde canlanan fikirler olarak tanımlamıştır.

Kavramlar tüm deneyimlerimizin kendi aralarındaki benzerliklerinin ve farklılıklarının sınıflandırılması gibi bilişsel süreçler sonunda oluşturulmaktadır (Skemp, 1976). Örneğin çocuklar küçük yaşta bazı sayıları çevresinden öğrenebilmektedir. Aslında çocuk bir süre öğrendiği sayıyı sadece ezbere söylemektedir, henüz kavramsallaştırmamıştır. Çocuk ne zaman sayıların karşılığını anlamaya başlar, farklı ve aynı olanları ayırt eder ve eşleştirir ise o zaman artık sayı kavramını oluşturabilmiş denilmektedir (Erdoğan ve Baran, 2005).

Çocukların pek çok matematiksel kavramı okul öncesi dönemde tanıma olasılığı olabilmektedir. Fakat zihinlerinde kavrama ilişkin imajlarda kavram için uygun olmayan durumlar da olabilmektedir. Örneğin bir çocuk okul öncesi dönemde üçgen kavramını keşfedebilmektedir. Şekil 10'daki şekillerden hangilerinin üçgen olduğunu yahut olmadığını ve neden üçgen olduğunu ya da olmadığını anlatmasını istediğimizde çocuk sadece çevresinde

sıklıkla gördüğü üçgen (1) şeklini üçgen olarak gösterebilmektedir. Farklı üçgen (2 ve 3) şekillerini tanımayabilmekte ya da çevresinde sıklıkla gördüğü üçgene benzeyen ama aslında üçgen olmayan (4) şekli üçgen olarak gösterebilmektedir. Bu gibi oluşabilecek durumları aşabilmek için formal bir kavram öğretimine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 10. Çeşitli üçgen örnekleri

2.9. Kavram Tanımı- Kavram İmajı

“Kavram imajı” ve “kavram tanımı” terimleri ilk kez Vinner ve Hershkowitz (1980) tarafından tanıtılmıştır ve ilk olarak, öğrencilerin basit geometrik şekilleri nasıl kavradıkları ve aralarındaki ilişkiler analiz edilmiştir.

Kavram tanımı-kavram imajı çerçevesi ise ilk defa Tall ve Vinner (1981)’in limit ve süreklilik üzerine yapmış oldukları araştırmada kullanılmıştır. “Concept Image and Concept Definition in Mathematics with Particular Reference to Limits and Continuity” isimli çalışmada kavram imajı ve kavram tanımı kavramları ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve pek çok kavram imajı ve kavram tanımı teorisi ışığındaki çalışmalara öncülük ettiği görülmüştür.

2.9.1 Kavram Tanımı

Günlük hayatımızda nefes alma, yürüme, yüzmeye gibi ifadeler için tanımlamalar kullanmadan bunları yapmayı öğrenirken matematiksel kavramlarda tanımlar önemli bir rol oynamaktadır (Freudenthal, 1973; Rösken ve Rolka, 2007). Bu sebeple öğrencilere kavram tanımını vermek gerekli ve önemlidir (Hershkowitz ve Vinner, 1980). Kavram tanımı, o kavramı belirtmek için kullanılan kelimelerin bir biçimi olarak tanımlanmaktadır (Tall ve Vinner 1981). Formal kavram tanımı, matematik topluluğu tarafından kabul edilen bir tanım iken kişisel kavram tanımı, birey tarafından oluşturulmakta, zaman ve şartlarla değişebilmektedir (Tall ve Vinner 1981; Tsamir ve diğerleri, 2015). Formal bir kavram tanımında tanıma ait kritik özelliklerin yer alması gerekmektedir. Matematiksel kavramlar bu sebeple kolayca tanımlanabilmektedir. Örneğin, prizma kavramı kolayca tanımlanabilmektedir çünkü prizmayı oluşturan nitelikler (tanımlayıcı nitelikler) ve prizmayı diğer cisimlerden ayıran nitelikler (ayırıcı nitelikler) açık bir şekilde bellidir (Gezer, 2006).

Matematik öğretimi iyi bilinen kavramlar ve iyi bilinen teoremlerle başlar ve yeni kavramları tanımlayarak ve yeni teoremleri kanıtlayarak ilerlemektedir (Vinner, 2002). Bu yüzden ilkel olanlar dışındaki bütün matematiksel kavramların formal tanımları vardır (Rasslan ve Tall, 2002; Vinner ve Dreyfus, 1989). Formal kavram tanımları ezbere veya daha anlamlı bir şekilde öğrenilebilir ve bir bütün olarak kavramla daha fazla veya daha az derecede ilişkilendirilerek öğrenilebilmektedir (Tall ve Vinner, 1981). Bu tanımların çoğu öğrencilere planlanmış bir öğretimle tanıtılmaktadır. Kavram tanımı ister kendisine verilmiş olsun, isterse kendisi tarafından yapılandırılmış olsun, zaman zaman öğrenci bunu değiştirebilmektedir. Bu yüzden kişisel bir kavram tanımı, resmi bir kavram tanımından farklı olabilmektedir (Tall ve Vinner, 1981).

Vinner'ın (2002) matematik öğretiminde ve öğreniminde tanımların rolünden bahsettiği çalışmasında matematik ders kitaplarında ve sınıfta matematiğin sunuluşunun aşağıdaki varsayımlara dayandığını iddia etmektedir.

1. Kavramlar, çoğunlukla tanımları yoluyla oluşturulmaktadır.
2. Öğrenciler tanımları kullanarak problem çözebilir ve gerektiğinde teoremleri matematiksel bir bakış açısıyla ispatlayabilirler.
3. Tanımlar, sadece kritik özellikler verilerek minimum düzeyde olmalıdır.
4. Tanımların zarif olması arzu edilmektedir.
5. Tanımlar keyfi ve “insan yapımı”dır. (Örneğin; yamuk tanımlanırken en az bir karşılıklı kenarı birbirine paralel olan dörtgen olarak yahut tam olarak bir çift kenarı paralel olan dörtgen olarak tanımlanabilmektedir.)

Vinner (2002) çalışmasında öğrencilerin günlük yaşamdaki düşünce alışkanlıklarını kullanmaya devam ettiklerini fonksiyon kavramı, teğet kavramı ve bir dizinin limiti kavramı üzerinden incelemiş ve öğrencilerin bu kavramları tanımlayamadıklarını, tanımları bilseler bile soruları doğru cevaplandıramadıklarını tespit etmiştir. Oysaki kavram tanımı vermenin kavram oluşturmaya yardım edebileceği ve ayrıca öğrencilerin bazı bilişsel görevleri gerçekleştirmesinde yardımcı olabileceği düşünülmektedir fakat günlük düşünme alışkanlıklarını devam ettiren öğrencilerin tanımlara başvurmadağı ve pek çok öğrenci tarafından bunun göz ardı edildiği görülmüştür (Hershkowitz ve Vinner, 1980).

2.9.2 Kavram İmajı

Hershkowitz ve Vinner (1980) tarafından kavram imajı ilk kez “C kavramı belirtsin ve P bir bireyi temsil etsin. C ile bağlantılı bütün resimler P'nin aklındaki P'nin C'ye ait zihinsel resmidir. Kavramın zihinsel resminin yanı sıra kavramla bağlantılı özellikler kümesi olabilir P'nin aklında.” şeklinde bahsedilmiştir. Örneğin, birisi üçgende yüksekliğin daima

içeride olması (yanlış bir şekilde) ya da üçgenin iç açılar ölçüleri toplamının 180 derece olması gerektiğine dair (doğru bir şekilde) düşüncelere sahip olabilmektedir. Kavrama ait bu doğru ve yanlış düşünceler de dâhil olmak üzere bireyin kavrama ait zihinsel resmi, kavram imajı olarak isimlendirilmiştir.

Kavram imajı, kavramla ilgili tüm zihinsel resimleri, ilgili özellikleri ve süreçleri içeren, kavramla ilişkili toplam bilişsel yapıyı ifade etmektedir (Tall, 1989). Kavram imajları bireylerin zihnindeki sözel olmayan şeylerdir ama kavram adıyla ilişkili görsel temsiller, zihinsel resimler, izlenimler ve deneyimler sözlü biçimlere çevrilebilmektedir fakat bu sözlü formlar ilk akla gelen şeyler olmayabilmektedir (Edward ve Ward, 2004; Vinner, 2002).

Kavram imajları kişiden kişiye ve kültürden kültüre farklılık göstermektedir (Tsamir ve diğerleri, 2015; Vinner, 1983; Vinner, 2011). Öğrencilerin deneyimleri farklılaştıkça kavrama ait oluşturdukları imajları da farklılaşabilmektedir. Kavram imajı, bireyin zihnindeki belirli bir kavramla ilişkili tüm bilişsel yapıdan oluşmakta ve formal kavram tanımından oldukça farklı yönleri sahip olabilmektedir (Tall ve Vinner, 1981). Öğrencilerin imajları genellikle kavramın örneklerle ve örnek olmayanlarla ilgili deneyimlerinin sonucunda oluşmaktadır ve öğrenci, belirli bir matematiksel nesnenin kavramın bir örneği olup olmadığına karar verirken çoğunlukla formal tanımları kullanmamaktadır (Vinner ve Dreyfus, 1989). Çoğu durumda, kavram imajlarına, yani zihinlerindeki kavramla ilişkili tüm zihinsel resimlere, özelliklere ve süreçlere dayanarak karar vermektedirler (Rasslan ve Vinner, 1997; Tall ve Vinner, 1981). Dolayısıyla öğrencilerin çeşitli matematiksel kavramlara ilişkin imajlarını keşfetmek oldukça önemlidir (Vinner ve Dreyfus, 1989). Örneğin, bir öğrenci çarpma işleminin sonucunun her zaman çarpanlardan daha büyük olduğuna dair bir algıya sahip olabilmektedir (Şahin, Güllük ve Uğurlu, 2020). Yahu bir sayının karesini almak “Bir sayıyı kendisiyle çarpma.” olarak tanımlanabilmekte ve öğrencilerde doğal sayılarla ilgili deneyimlerine dayanarak “Karesini almak sayıyı büyütür.” imajı oluşabilmektedir (Bingolbalı ve Monaghan, 2008).

Viholainen (2008) çalışmasında kavram imajının tutarlılık düzeyinden bahsetmiştir. Ona göre, bir kavram imajının tutarlılık düzeyi, kavrama ilişkin bilişsel yapının ne kadar iyi organize edildiğini ifade etmekte ve tutarlılık düzeyi kavrama ilişkin zihinsel etkinlikler sırasında sürekli değişmektedir. Viholainen (2008), bir kavram imajının yüksek düzeyde tutarlılığı için aşağıdaki kriterleri sağlaması gerektiğinden bahsetmiştir:

1. Bireyin kavram hakkında net bir anlayışı olmalıdır.
2. Kavramla ilgili tüm kavramlar, bilişsel temsiller ve zihinsel imgeler birbiriyle bağlantılı olmalıdır.

3. Bir kavram imajı, kavramla ilgili çelişkili kavramlar gibi, içsel çelişkileri içermemelidir.
4. Bir kavram imajı, matematiğin biçimsel aksiyomatik sistemiyle çelişen kavramları içermemelidir.

2.9.3. Uyandırılmış Kavram İmajı

Bir kavram imajını oluşturan tüm bilgiler öğrenciler tarafından matematiksel görevlerdeki eylemlerinde eşzamanlı olarak ortaya çıkmamaktadır (Bingolbali ve Monaghan, 2008). Bu sebeple Tall ve Vinner (1981) ve Tall (1989) "uyandırılmış kavram imajı" terimini, belirli bir bağlamda belleğin uyandırılan kısmını tanımlamak için kullanmaktadır. Belirli bir bilişsel görevde, yalnızca kişinin uyandırılmış kavram imajı ortaya çıkmaktadır. Farklı bilişsel görevlerde aynı kavram imajları uyandırılmayabilir yahut görünüşte çelişen imajlar da uyandırılabilir (Tall, 1989).

2.9.4 Kavram (İmajı) Oluşturma

Vinner (2011), günlük hayatımızda oluşturduğumuz kavramların zihnimizde nasıl oluştuğunu "sandalye" örneği üzerinden anlatmıştır.

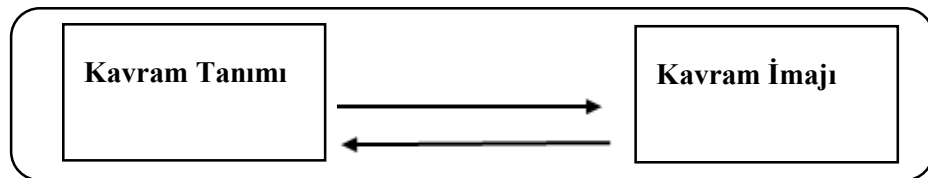
Örneğin, çocuklara sandalye kavramını öğretmek için çeşitli sandalye örneklerini göstermek ve "sandalye" demek gerekir. Şaşırtıcı bir şekilde, bazı tekrarlardan sonra çocuklar "sandalye" kelimesinin ne olduğunu anlamaya başlarlar ve "Bu nedir?" diye sorulduğunda, "sandalye" demeleri gerektiğini anlarlar. Elbette bu kavram oluşturma sürecinde bazı hatalar meydana gelebilir. Bunun nedeni, bu süreçte iki bilişsel mekanizmanın yer almasıdır. İlk mekanizma, benzerlikleri belirleyen mekanizmadır. Akıl, belirli bir sandalyenin başka bir belirli sandalyeye benzediğini ve her durumda yetişkin tarafından gösterilen örnekler için "sandalye" kelimesinin kullanıldığını ayırt eder. İkinci mekanizma, farklılıkları ayırt eden mekanizmadır. Zihin, belirli bir nesnenin çocuğa sunulan sandalyelere benzemediğini ayırt eder ve bu nedenle çocuğun kendisine sandalye olmayan bir nesne sunulduğu zaman "sandalye" dememesi gerekir. Hatalar iki nedenden dolayı meydana gelebilir. Sandalye olmayan bir nesne (diyelim ki küçük bir masa), çocuğa (hatta bir yetişkine) sandalye gibi görünebilir. Bu durumda, nesne tüm sandalyeler sınıfının bir üyesi olarak kabul edilirken, aslında bu sınıfın bir üyesi değildir. Hataların ikinci nedeni, gerçekten sandalye olan bir nesnenin tuhaf şekli nedeniyle sandalye olarak tanımlanmayacağıdır (Vinner, 2011, s.248).

Sandalye örneği üzerinden bahsedilen kavram oluşumu süreci aslında bir nevi en basit süreçtir çünkü kavram oluşturma sürecinin karmaşık kısmı soyut kavramlar ile uğraştığımızda karşımıza çıkmaktadır (Vinner, 2011). Matematiksel kavramların soyut oluşu ise bu kavram oluşumunun daha karmaşık olan kısmında yer almaktadır. Ayrıca matematiksel kavramların oluşumu, çoğunlukla sezgisel stratejiler tarafından yönlendirilen günlük düşünmeden oldukça farklı olmaktadır (Tversky ve Kahneman, 1974).

Kavram tanımı- kavram imajı kuramsal çerçevesini kullanarak formal bir öğretimde matematiksel kavramların oluşturulmasından bahseden Vinner (1983), 10. ve 11. sınıflarda fonksiyon kavramının öğrenilmesi sürecinde bazı olguları analiz etmiştir.

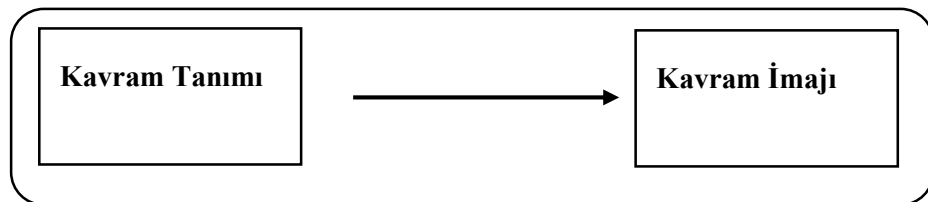
Vinner (1983) ve Vinner (2002) matematiksel bir kavramın tanım yoluyla ilk kez tanıtıldığında kavram oluşumunun nasıl olabileceğini modeller üzerinden açıklamıştır. İki farklı hücre olduğunu birinci hücrenin kavramın tanım(lar)ı için ikinci hücrenin kavramın imajı için olduğunu varsaymıştır. Bu iki hücreden biri veya ikisinin geçersiz olabileceği ya da birbirine bağlı olmasalar da iki hücre arasında etkileşim olabileceğinden bahsetmiştir. Bu durumda öğrencinin başlangıçta kavram imajı hücresi boş olmaktadır ve birkaç örnek ve açıklamadan sonra yavaş yavaş imajları oluşmaya başlamaktadır.

Kavramı ilk defa formal bir öğretim ortamında öğrenen öğrencilerin kavramın tanımı ile kavram imajları arasında iki yönlü (Şekil 11) bir etkileşim olması beklenmektedir ve bu durum uzun vadede kavram oluşumunu temsil etmektedir (Vinner, 1983; Vinner, 2002).



Şekil 11. Kavram imajı ve kavram tanımı arasındaki çift yönlü etkileşim

Beklentinin aksine öğretmenlerin bu sürecin tek yönlü (Şekil 12) olduğuna inandıkları ayrıca kavram imajının, kavram tanımı aracılığıyla ve onun kontrolü altında oluşturulması gerektiğini bekledikleri görülmektedir (Vinner, 1983; Vinner, 2002).



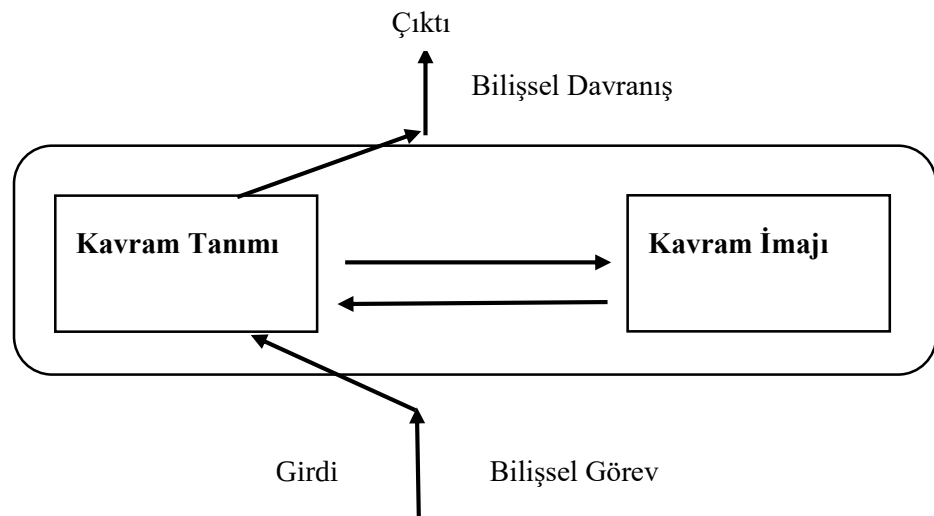
Şekil 12. Kavram tanımı ve kavram imajı arasındaki tek yönlü etkileşim

Matematiksel bir kavramı tanımlardan bağımsız olarak günlük hayatında edinen bir öğrenciye sınıf ortamında ilk kez kavramın tanımı yapıldığında öğrencide kavram imajı kavram tanımı ile tutarlı ise büyük olasılıkla bir sorun olmayacaktır ama tutarlı değilse oluşturduğu kavram için üç farklı durumdan birini tercih etmesi beklenmektedir (Vinner, 1983; Vinner, 2002).

1. Öğrencinin kavram imajı derste öğrendiği kavram tanımı kullanılarak yeniden düzenlenip tutarlı hale getirilebilir ve bu istenen durum olmaktadır.
2. Öğrenci kavram imajını yeniden düzenlemez, derste öğrendiği kavram tanımını ilk zamanlarda bilişsel görevlerinde bir süre kullanır ama zamanla tanım unutulur ve bilişsel görevlerde yine kavram imajını kullanmaya devam etmektedir. Bu durumda öğrencinin kavram imajı yeniden düzenlenmediği için tanımla tutarsızlıkları olacaktır ve bazı problem durumlarında bilişsel çatışma yaşaması muhtemeldir.
3. Öğrencinin kavram imajı hücresinin yanına kavram tanımı hücresi de eklenir ama iki hücre arasında bir etkileşim yoktur. Kavram tanımı bilişsel görevlerinde kavram tanımı kullanılır diğer bilişsel görevlerde ise kavram imajını kullanmaya devam eder. İmaj ile tanım arasında etkileşim olmayacağı için istenen bir durum olmamaktadır.

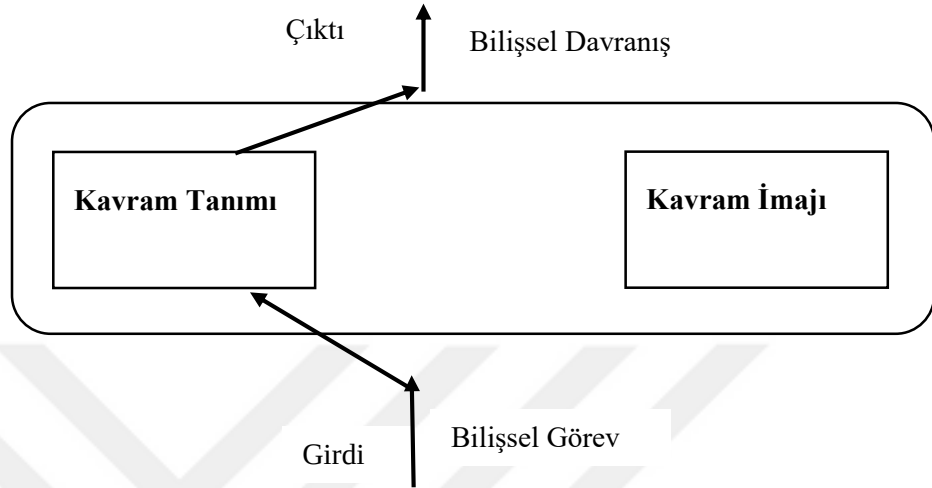
2.9.5. Bilişsel Görevlerde Kavram Tanımı-Kavram İmajı

Kavram oluşturma süreçlerinin yanı sıra bilişsel bir görev ya da problem durumu verildiği zaman da öğrencide kavram tanımı ve kavram imajı hücreleri aktif hale gelebilmektedir. Vinner (1983) ve Vinner (2002) bilişsel bir görev ya da problem durumu verildiğinde ne gibi senaryoların oluşabileceğini yine hücreler üzerinden anlatmaktadır.



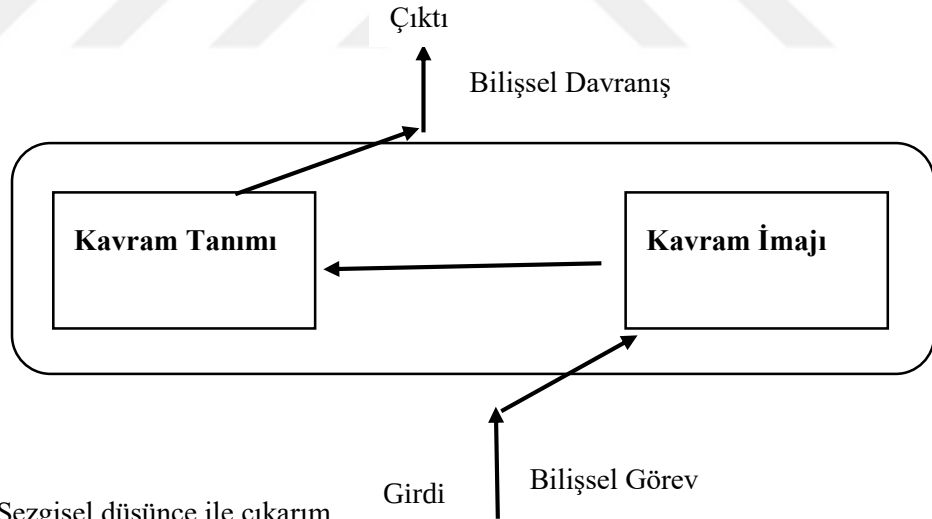
Şekil 13. Kavram tanımı ile kavram imajı arasında etkileşim kurma

Şekil 13’de bilişsel bir görev ya da problem durumu ile karşılaştığında öğrencinin ilk kavram tanımına başvurduğunu ve bilişsel görev esnasında kavram tanımı ve kavram imajının sürekli bir etkileşim içerisinde olup en son kavram tanımını kullandığı durum modellenmiştir.



Şekil 14. Tamamen formal öğretim

Şekil 14’te ise bilişsel bir görev ya da problem durumu verildiğinde kavram imajı hücrenin tamamen pasif kalıp sadece kavram tanımının kullanıldığı durum modellenmiştir.

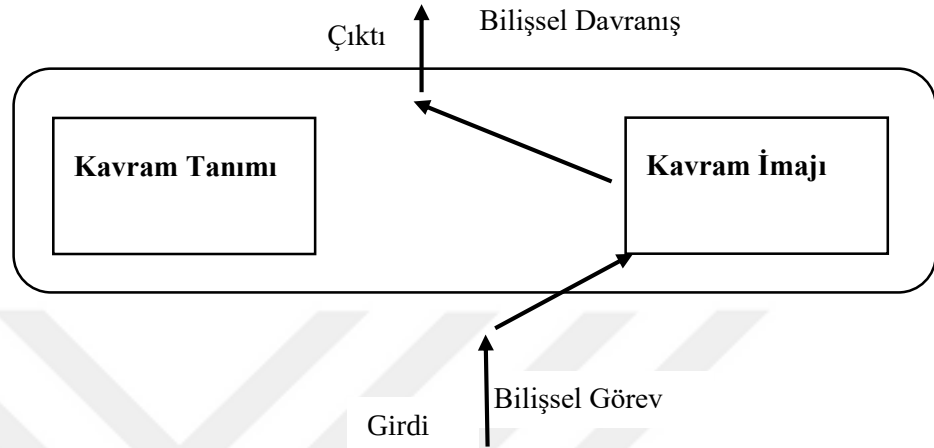


Şekil 15. Sezgisel düşünce ile çıkarım

Şekil 15’de ise bilişsel bir görev ya da problem durumu verildiğinde öğrencinin ilk başvurduğu hücrenin kavram imajı olduğu ve ardından kavram imajından kavram tanımına giderek tanım yardımıyla çıktıya ulaştığı modellenmiştir.

Şekil 13, şekil 14 ve şekil 15’de bilişsel bir görev ya da problem durumu verildiğinde oluşabilecek (oluşması istenen) bazı durumlar modellenmiştir. Bu üç modeldeki ortak özellik bilişsel davranışa her zaman en son kavram tanımlarını kullanarak ulaşıyor olmalarıdır. İnsan zihninin çok da mantıklı işlemediği günlük hayattaki düşünme alışkanlıklarının formal

öğretimde de kullanılması sebebiyle kavram tanımları ile sonuca varmanın tercih edilmediği görülmektedir. Bilişsel bir görev ya da problem durumu karşısında gerçekte başvuru model şekil 16’ da gösterilmektedir.



Şekil 16. Bilişsel bir görev sırasında sezgisel çıkarım

Şekil 16 bilişsel bir görev ya da problem durumunda öğrencilerin gerçekte kullandıkları durumun modellemesidir. Burada öğrenci bilişsel görev karşısında kavramın tanımını bilse bile tanıma hiç başvurmadan sadece kavram imajlarını kullanmaktadır. Öğrenciler pek çok bilişsel görevde sadece kavram imajlarını kullanarak başarılı olabildikleri için kavram tanımı kullanma gereği duymamaktadırlar. Lakin her zaman karşılaşmadıkları bir problem ya da rutin olmayan bir problem karşısında öğrencilerin kavram imajları yeterli olmayabilmekte ve başarılı olabilmeleri için kavram tanımlarını da kullanmaları gerekmektedir (Tall ve Vinner, 1981).

Öğrencilerin formal kavram tanımlarını kullanmaları gerektiği göz ardı edilmemelidir (Vinner, 2002). Bazı tanımlar çok karmaşık olduğundan öğrenci için gereksiz görülmekte ve kavram imajı oluşturamamaktadır (Vinner, 1983). Diğer yandan, bazı tanımlar anlam ifade edebilir fakat bazı özel örnekler verildiği anda tanımlar unutulabilmektedir (Hershkowitz ve Vinner, 1980). Vinner (2011) kavram tanımının unutulabileceğini ve kavram imajlarının hatırlanacağını aşağıdaki irrasyonel sayı örneği üzerinden anlatmıştır.

Örneğin, irrasyonel sayılar durumu. Tanımı olarak “irrasyonel bir sayı, iki tam sayı arasındaki oran olarak ifade edilemeyen bir sayıdır”. Bu tanımla anlamak için birçok matematiksel fikir gereklidir. Ancak öğretim programının bunu detaylandırarak zamanı yoktur. Bazı irrasyonel sayılardan bahsedilir, ortaokul seviyesindeki en basit örnek π 'dir. Öte yandan, daha erken bir aşamada, bazı ülkelerde öğrencilere $\pi = 22/7$ olduğu söylenir. Böylece π ,

irrasyonel sayıların kavram imajının bir parçası haline gelir. Aynı zamanda, $\pi = 22/7$ eşitliği, π 'nin kavram imajının bir parçasıdır. Bazı öğrenciler ve bazı ilkokul öğretmenlerinden bir irrasyonel sayı örneği vermeleri istendiğinde, $22/7$ 'yi vermektedirler. Açıklama gayet açık. Muhtemelen anlaşılması çok zor olan tanım unutuldu veya göz ardı edildi. İrrasyonel sayılar kavramıyla karşılaşıldığında, kavram imajları aktif hale geldi (Vinner, 2011, s. 251).

Kavram tanımlarının anlaşılması ve kavram imajları ile etkileşim oluşturması önemlidir. Zengin kavram imajı oluşturmak ve oluşturulan imajların tanım ile tutarlı olması için formal tanım, öğrencilere tanıtılan çeşitli örneklerin bir sonucu olarak öğretilir (Vinner ve Dreyfus, 1989).

BÖLÜM III

YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın modeli, çalışma grubu, uygulamanın yapılması, veri toplama araçları, verilerin toplanması, verilerin analizi, geçerlik ve güvenilirlik ile araştırmacının rolüne ilişkin bilgiler yer almaktadır.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, 3B yazıcıların geometrik cisimler kazanımlarının öğretilmesinde kullanılması sonrası ortaokul öğrencilerin kavram tanımları ile kavram imajları incelenmiştir. Bunun yanında ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı ile matematik öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri de incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda araştırma sorularına cevap verebilmek için çalışma nitel bir araştırma olarak gerçekleştirilmiştir.

Nitel araştırma; araştırmacının katılımcı olduğu, algı, olay ve olguları doğal ortamında, gerçekçi ve bütüncül biçimde tanımlayabilmek için nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı bir araştırma olmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Aynı zamanda nitel araştırmalar bir olgunun derinlemesine araştırılmasını sağlayabilmektedir (Bogdan ve Biklen, 2007). Creswell'e (2013) göre nitel araştırma, bir problem ya da konuyu doğal bağlamında keşfetmeye ve derinlemesine bir anlayış elde etmeye çalışmaktadır. Bu nitel çalışma, araştırılan zamanın doğal ortamında gerçekleştirip ayrıntılı olarak açıklanmakta ve farklı veri toplama araçları (görüşme, gözlem notları, 3B tasarımlar ve fiziksel modeller) içermektedir.

Nitel araştırmalar kültür analizi, olgu bilim, kuram oluşturma, durum çalışması ve eylem araştırması olarak beş temel desene ayrılmaktadır (Creswell, 2007; Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu çalışmada 3B yazıcıların geometrik cisimler kazanımlarının öğretiminde kullanılması sonucu ortaokul öğrencilerinin kavram tanımları ile kavram imajları derinlemesine incelendiği için ve sınıf ortamında çalışıldığından dolayı durum çalışması deseni tercih edilmiştir. İngilizce karşılığı "Case Study" olan durum çalışması alan yazında olay incelemesi, örnek olay çalışması, örnek olay inceleme yöntemi, vaka çalışması gibi farklı isimlerle yer almaktadır (Aytaçlı, 2012). Durum çalışması Creswell'e (2007) göre, "sınırlı bir sistem içindeki bir veya daha fazla durum aracılığıyla bir konuyu araştırma" şeklinde tanımlanmıştır. Yıldırım ve Şimşek (2013) durum(lar)a ait etkenlerin bütüncül araştırıldığı, "niçin ve "nasıl" soruları doğrultusunda durumu nasıl etkileyip durumdan nasıl etkilendiğinin derinlemesine incelendiği araştırmaların durum çalışmasına uygun olduğundan bahsetmiştir. Shavelson ve Towne (2002) ise araştırma ne oldu gibi betimleyici ya da bir şeyin nasıl ya da

neden olduğu gibi açıklayıcı bir probleme odaklanan araştırmalarda durum çalışmasının uygulanmasının uygun olduğunu belirtmiştir. Yapılan tanımlamalar ve açıklamalar ile bu çalışmada durum çalışması araştırma deseninin seçilmesinin nedeni olarak:

- 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarının öğretiminin ortaokul öğrencilerin kavram imajlarına ve kavram tanımlarına etkileri henüz net olarak bilinmemektedir. Bu nedenle 3B yazıcı ile ders öğretimi sonrasında öğrencilerin kavram imajları ile kavram tanımlarının daha derinlemesine anlaşılmasına ihtiyaç olduğu görülmüştür.
- Merriam (2009) durum çalışmalarının eğitim alanındaki yenilikleri incelerken ve programları değerlendirirken faydalı olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmanın odak noktası, günümüzün yeni teknolojilerinden biri olan 3B yazıcılar ile ders öğretimidir ve 3B yazıcıların öğretim etkinliklerinde kullanımı araştırılmaya çalışılmıştır.

Creswell'e (2007) göre durum çalışması; gözlem, görüşme, belge, rapor, görsel-işitsel materyaller gibi derinlemesine veri toplamayı içeren veri toplama araçlarıyla zaman içinde bir ya da birkaç durumu ortaya koyan nitel bir araştırma yaklaşımıdır. Araştırmada tüm sınıf düzeyleri için aynı tür veri toplama araçları kullanılmış ve aynı süreçler gerçekleştirilmiştir. Bu süreçler şu şekildedir:

1. 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını (öğretim programlarında belirtilenler) öğrenme sürecinde ders gözlem notları, öğrencilerin yaptıkları tasarımlar ve yazdırdıkları fiziksel nesneler veri olarak tüm sınıf düzeyleri için değerlendirilmiştir.
2. 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci sonunda geometrik cisimler ile ilgili yapılan yarı-yapılandırılmış görüşmeler veri olarak tüm sınıf düzeyleri için değerlendirilmiştir.
3. 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı ile ders deneyimlerine dair yapılan görüşmeler veri olarak tüm sınıf düzeyleri için değerlendirilmiştir.

3.2. Çalışma Grubu

Çalışma grubunu aynı ortaokulda okuyan gönüllü 24 öğrenci oluşturmaktadır. Bu okulun seçilme sebebi araştırmacının bu okulda matematik öğretmeni olarak görev yapmakta olmasıdır. Ayrıca okulda bir adet bilgisayar sınıfının olması, bu sınıfta akıllı tahtanın ve internet bağlantısının olması bu okulun seçilme sebeplerinden bir diğeridir. Bilgisayar sınıfında 14 adet masaüstü bilgisayar ve her bilgisayarın internete bağlantısı vardır ve her bilgisayar öğretmen tarafından ana bilgisayardan kontrol edilebilmektedir.

Araştırma 5.,6. ve 8. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. 7. sınıf matematik öğretim programında geometrik cisimler kazanımları olmadığı sadece cisimlerin farklı

yönlerden görünümüne ait kazanım olduğu için 7. sınıflar bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Uygulama beşinci sınıflardan 7, altıncı sınıflardan 9 ve sekizinci sınıflardan 8 öğrenci olmak üzere toplam 24 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın etik olması için öğrencilerin isimleri hiçbir yerde kullanılmamıştır. Gerçek isimleri yerine kod isimleri kullanılmıştır.

Amaçlı örnekleme, bilgi açısından zengin durumların seçilerek derinlemesine araştırma yapılmasına olanak tanımaktadır (Büyüköztürk, Kılıç-Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2013). Görüşme yapılacak öğrencilerin seçiminde rastgele olmayan örnekleme yöntemlerinden biri olan amaçlı örnekleme yönteminden ölçüt durum örnekleme kullanılmıştır. Bu ölçütlerin belirlenmesine pilot uygulama sonrasında karar verilmiştir. Çalışmaya dâhil olacak öğrenciler için uzman görüşleri alınarak oluşturulan ölçütler:

- Matematik dersinde başarısız olmaması
- Araştırmaya katılmak için gönüllü olmak
- Teknoloji kullanma konusunda önyargısının olmaması
- Ev ortamında teknoloji kullanma (bilgisayar, internet) imkânına sahip olması
- İletişim kurma konusunda probleminin olmaması
- Aile ile iletişime geçmenin kolay olması
- Bilgisayar kullanma deneyiminin olması
- Öğrencinin sorumluluk sahibi olması
- Tinkercad, Cura ve 3B yazıcı eğitimlerinde araştırmacının öğrenciye dair olumsuz gözleminin olmaması

Uygulama ve veri toplama süreçleri açısından zorluk yaşamamak adına çalışmaya teknoloji kullanmaya karşı olumsuz düşünceleri olan öğrenciler dâhil edilmemiştir. Öğrenci seçme aşamasında velilere ve öğrencilere 3B yazıcı teknolojisi kullanacakları özellikle belirtilmiş teknoloji kullanmayı sevip sevmedikleri özellikle sorulmuştur. Daha sonra gönüllü olan 5., 6. ve 8. sınıf öğrencilerinden veli izinleri alınmış ve altı ders saatlik (farklı zamanlarda) Tinkercad ve 3B yazıcı eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Altı saatlik eğitim sonrasında beşinci sınıflardan 3, altıncı sınıflardan 4 öğrenci, sekizinci sınıflardan 1 öğrenci çalışmadan ayrılmış ve çalışmaya devam etmek isteyenler öğrenciler ile asıl uygulama gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1

Çalışma grubu

	Cinsiyet		Toplam
	Erkek	Kız	
5.sınıf	3	4	7
6. Sınıf	4	5	9
8. Sınıf	2	6	8
Toplam	9	15	24

Yedi beşinci sınıf öğrencisi, yaklaşık 10 ders saatlik öğretim ve görüşmeler için gönüllü olmuştur. Dokuz altıncı sınıf öğrencisi ve sekiz sekizinci sınıf öğrencisi yaklaşık 15 ders saatlik öğretim ve görüşmeler için gönüllü olmuştur. Öğrencilerin hepsi aynı okulda okuyan orta sosyo-ekonomik düzeyde öğrencilerdir. Öğrencilerin başarı düzeyleri okul yönetiminden ve öğretmenlerinden alınan bilgilere göre orta düzeydir. Toplam 24 öğrenci içerisinde daha önce 3B yazıcıyı duyan sadece altı öğrenci olduğu görülmüştür. Öğrencilerin hiçbirisi gerçek hayatta 3B yazıcıyı daha önce görmemiştir.

3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları

3B yazıcı ile ders öğretimi sonrasında çalışma grubu ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme formlarının oluşturulmasında öncelikle alan yazından yararlanılmış ve taslak form hazırlanmıştır. Daha sonra görüşme soruları değerlendirme formu hazırlanarak uzman görüşleri alınmıştır. Uzman görüşlerinden sonra, formlarda görülecek soruların sade olmasına ve ek soruların sadece öğrenci ile görüşme anında sorulmasına karar verilmiştir. Örneğin, dikdörtgenler prizması denilince aklına ne gelmektedir? (Görüşme formunda yer alan soru.). Görüşme esnasında sorulan ek sorular; “Neden?”, “Birine dikdörtgenler prizmasını nasıl anlattırın?” vb. Ayrıca yarı yapılandırılmış olduğu için öğrencilerin verdikleri cevaplar ile görüşmenin seyri her öğrenci için değişebilmektedir. Uzman görüşü alındıktan sonra formların son hali oluşturulmuştur.

Verilerin toplanmasında araştırmacı tarafından hazırlanmış yarı yapılandırılmış 5. sınıf geometrik cisimler kazanımlarına ait görüşme formu, 6. sınıf geometrik cisimler kazanımlarına ait görüşme formu, 8. sınıf geometrik cisimler kazanımlarına ait görüşme formu ve üç boyutlu yazıcı görüşme formu kullanılmıştır. Veli izinleri alınan öğrenciler ile Zoom üzerinden görüntülü kamera kaydı alınarak bireysel görüşmeler yapılmıştır. Her bir öğrenci ile görüşme yaklaşık 20 ile 50 dakika arasında değişmektedir. Yapılan görüşmelerin kaydı araştırmacı tarafından saklanmaktadır. Kaydedilen Zoom görüşmeleri daha sonra yazılı metne dönüştürülmüştür.

Diğer bir veri toplama aracı ise ders gözlem notlarıdır. Uygulama araştırmacının bizzat kendisi tarafından gerçekleştirilmiştir. Görüşme formlarının dışında araştırmacı tarafından tutulan ders gözlem notları veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Ders uygulaması gerçekleştirilirken araştırmacının özellikle dikkatini çeken gelişmeler araştırmacı tarafından not edilmiştir. Aynı zamanda ders uygulaması sırasında kazanımlara başlamadan önce öğrencilerin ne bildiklerine dair fikir edinmek amacıyla öğrencilere sorular sorulmuş ve öğrenci cevapları not edilmiştir. Ders uygulama esnasında bazı derslerden sonra öğrencilerden

ders işlenişi ve öğrendikleri konular hakkında geri dönüşler alınmış ve araştırmacı tarafından bunlar not alınmıştır. Bu alınan veriler bulgular kısmında sunulmuştur.

Ders gözlem notları yanında öğrencilerin ders sürecinde yaptıkları tasarımlar ve yazdırdıkları fiziksel modeller de veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. 3B yazıcı ile ders öğretimi sırasında öğrencilerin Tinkercad tasarımları ve 3B yazıcıdan yazdırdıkları fiziksel nesnelerin her biri ayrıca birer veri olarak değerlendirilmiş ve yaptıkları tasarımlar ve yazdırdıkları fiziksel nesneler ile veri toplanmıştır. Yazdırılan modeller öğrenciler tarafından yazdırılıp çoğu zaman öğrencide kaldığı için fotoğrafını çekmek her zaman mümkün olmadığından ve bazı modeller ders sonunda bozulduğundan (açınımlar) öğrencilerin yaptıkları 3B tasarımların görüntüleri de veri toplama aracı olarak sunulmuştur.

3.4. Uygulama Süreci

3.4.1. Pilot Uygulama

Pilot uygulama, oluşabilecek sorunları bulmak ve asıl uygulama başlamadan önce süreçleri iyileştirmek için sürecin test edildiği bir denemedir (Fraenkel vd., 2012). Çalışmanın pilot uygulaması Tinkercad eğitimi, 3B yazıcı eğitimi ve hazırlanan 3B yazıcı destekli ders planını tek bir kazanım üzerinden test etmek amacıyla yapılmıştır. Pilot uygulama yüz yüze olarak 2020'nin şubat ayında gerçekleştirilmiştir.

Uygulama izin yazısı alındıktan sonra ilk olarak çalışmaya katılan öğrencilerden farklı öğrenciler ile 3B tasarım (Tinkercad) eğitimi, dilimleme programı (Cura) eğitimi, 3B yazıcı (Ultimaker-3) eğitimi ve uzman görüşleri alınmış ders planlarından bir kazanım pilot uygulama olarak gerçekleştirilmiştir. Bu pilot uygulama sayesinde ders esnasında nelere dikkat edilmesi gerektiğine dair bir fikir edinilmiştir. Çalışmanın pilot uygulamasında gönüllü sekizinci sınıf öğrencileri ile Tinkercad ve 3B yazıcı eğitimi ve hazırlanan ders planlarının bir kısmı işlenmiştir. Ders planlarında sadece tek bir kazanım üzerinden süreç iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bu kazanım; “M.8.3.4.1. Dik prizmaları tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımları çizer.”dir. Bu çalışmada alışlagelmiş öğretim 3B yazıcı ile desteklendiği incelediği için ders planları ortaokul matematik ders kitapları referans alınarak oluşturulduğundan pilot uygulama tek bir kazanımla sınırlandırılmıştır. Ayrıca araştırmacı dokuz senelik ilköğretim matematik öğretmenliği deneyimine sahip olmakta ve çalışma uygulamasına başlamadan önce Tinkercad ve 3B yazıcı deneyimi edinmiştir. Pilot uygulamasının amacı uygulama sürecinde oluşabilecek problemleri öngörebilmek için yapılmıştır. Pilot uygulama sonrası karşılaşılan zorluklara karşı tedbirler alınmıştır. Pilot uygulama sırasında karşılaşılan zorluklar:

- En çok zorluk Tinkercad eğitimi sırasında meydana gelmiştir. Pilot uygulama yaparken Tinkercad sınıf oluşturma özelliği kullanılmamış bu sebeple öğrencilerin yeni hesap açmaya çalışmaları (yeni e-posta almaları, aile onayı vb.) pilot uygulama sırasındaki en büyük güçlük olmuştur. Bu zorluk asıl uygulamada sınıf oluşturma özelliği kullanılarak aşılmıştır.
- Yine Tinkercad uygulamasında döndürme eylemini yapmak bazı öğrenciler için zorluk oluşturmuştur. Bu noktada öğrencilere gerekli yardımın ihtiyaç anında yapılması gerektiği gözlemlenmiştir.
- Tinkercad ve 3B yazıcı eğitimi için daha fazla ders saatine ihtiyaç olduğu görülmüş altı ders saati ve bir ders saati de asenkron olmak üzere toplam yedi ders saati yapılması uygun görülmüştür.
- 3B yazıcıyı kullanmanın öğretmen gözetiminde olmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bunun iki nedeni vardır. Birinci nedeni öğrencilerin zarar görmemesi (örn: yazıcının sıcak uçlarına dokunmak) için ikinci nedeni ise yazıcının bazen düzgün yazdırmaması ya da yazma işlemini istenildiği gibi yazdırmaması durumu gibi oluşabilecek problemler karşısında öğrenciye yardımcı olabilmek içindir.
- Filament değiştirme gibi durumların öğretmen tarafından yapılması uygun görülmüştür.
- Yazdırılacak modelin yazdırılmadan önce öğretmen tarafından kontrol edilmesi gerektiği görülmüştür.
- Öğrencilerin 3B yazıcının hangi boyutlarda yazdırılabileceği konusunda bilgilendirilmesi gerekli görülmüştür.
- Öğrenci flash bellekleri yerine yazıcıya ait tek bir flash belleğin kullanılması uygun görülmüştür.
- Ders planlarında bazı durumlarda her bir öğrencinin tek tek model yazdırmasının çok zaman kaybettireceği görülmüş bunun yerine grup çalışmalarının yapılmasına karar verilmiştir.
- Ders planları uygulanırken yazdırılacak benzer modellerin zaman sıkıntısı olması durumunda elenmesi uygun görülmüştür.
- Hazırlanan ders planlarının ortaokul matematik öğretim programında önerilen ders süresinde planlandığı ama gerekli durumlarda uzatılabileceğine karar verilmiştir.
- 3B tasarımları yazdırma işleminin ders sürecinde başlayıp ders bittikten sonra da devam etmesine karar verilmiştir. Bazı durumlarda öğretmenin (eğer öğrencide uygunsa öğrenci ile) tasarımları ders süreci dışında zaman tasarrufu amacı ile yazdırması uygun görülmüştür.

- Ders saatlerini ayarlamanın güçlük oluşturabileceği görülmüş ve sorumluluk sahibi öğrencilerin seçilmesine karar verilmiştir. Bu sebep ile çalışma grubu oluşturmak için ölçütler düzenlenmiştir.
- Çalışma grubunun Tinkercad ve 3B yazıcı eğitimleri sonunda oluşturulması uygun görülmüştür. Öğrencilerin pilot uygulamada çalışmayı yarıda bıraktıkları görülmüştür.

Ayrıca pilot uygulamasına ek olarak ders planlarındaki yazdırılacak modelleri test etmek (zaman, malzeme miktarı vb.) amacıyla araştırmacı tarafından bazı modeller çalışma başlamadan önce yazdırılmıştır.

3.4.2.Asıl Uygulama

11 Mart 2020 tarihinde ülkemizde görülen Covid-19 dolayısıyla okullara ara verilmiştir. Yüz yüze olarak planlanan bu çalışma için tez izleme toplantısında, pandemi gerekçesiyle uzaktan olacak şekilde devam edilmesi yönünde karar alınmıştır. Yüz yüze gerçekleştirmeyi planladığımız ders planları tekrar incelenmiştir. Tez izleme komitesinin görüşü ve uzman görüşleri doğrultusunda hazırlanan ders planlarının uzaktan eğitim ile uygulanabileceği konusunda görüş birliği alınmıştır.

Uygulamaya ilk sekizinci sınıf öğrencileri ile başlanmış ardından beşinci sınıf öğrencileri ile devam edilmiştir. Sekizinci ve beşinci sınıf öğrencileri ile uygulama uzaktan eğitim ile gerçekleştirilmiş ayrıyeten iki gün yüz yüze ders öğretimleri yapılmıştır. Öğrenciler ile Whatsup üzerinden bir grup kurularak iletişim sağlanmıştır. Derslerin günü ve saati bu grup üzerinden kararlaştırılmış ve araştırmacı Zoom bilgilerini öğrencilere göndermiştir. Dersler öğrencilerin uygun olduğu akşam saatleri ya da hafta sonları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca öğrenciler ile Tinkercad üzerinden sınıf oluşturulmuştur. Bu sınıf özelliği sayesinde öğretmen öğrencilerin tasarladığı üç boyutlu modelleri görebilmekte, üstünde değişiklik yapabilmekte ve indirip üç boyutlu yazıcıda yazdırabilmektedir. Tinkercad uygulamasının sınıf oluşturma özelliği sayesinde öğrencilerin yaptığı tasarımlar alınıp yazdırılmıştır. Yazdırılma aşamaları öğrencilere kimi zaman zoom üzerinden kimi zamanda aşama aşama kaydedilip gösterilmiştir. Öğrencilerin tasarladığı fiziksel modeller dersten önce öğrencilere teslim edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda öğrenciler ile iki kez okulda buluşulmuş ve yüz yüze (pandemi kurallarına uygun) materyaller ile dersler işlenmiştir. Uzaktan derslerde öğretmen kamerası açık bir şekilde ders işlenmiştir. Uzaktan grup çalışmaları ise Zoom uygulamasının Breakoutrooms özelliği ile sınıf gruplara ayrılarak gerçekleştirilmiştir.

Beşinci ve sekizinci sınıfların uygulaması 2020-2021 senesinde pandemi dolayısı ile çoğunlukla Zoom üzerinden altıncı sınıfların uygulaması ise 2021-2022 senesinde yüz yüze olarak gerçekleştirilmiştir. Ders planları uygulamasına başlamadan önce toplam altı ders saati

3B tasarım (Tinkercad), dilimleme programı (Cura) ve 3B yazıcı (Ultimaker-3) eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Öğrenci velileri teker teker aranmış ve çalışma anlatılıp öğrencinin çalışmaya katılması için veli izinleri alınmıştır. Veli izinleri alınan öğrenciler ile uygun oldukları zamanlarda eğitimler yapılmıştır.

3.4.2.1. Tinkercad, Cura ve Ultimaker-3 Eğitimleri

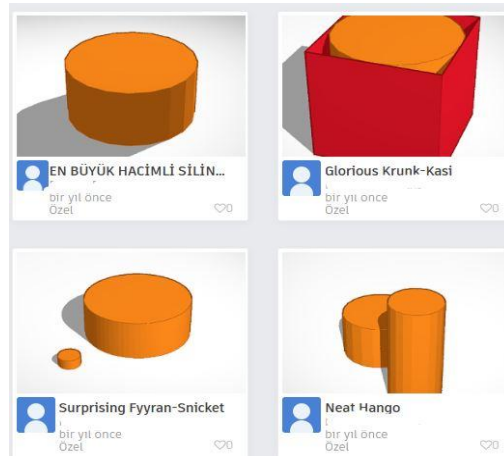
Hazırlanan 3B yazıcı destekli ders planlarının uygulamasından önce öğrencilere 3B tasarım yapma, dilimleme ve 3B yazıcıyı kullanma eğitimleri verilmiştir. Öğrencilere Tinkercad, Cura programı ve Ultimaker-3 tanıtılmıştır. İlk olarak öğrenciler ile tanışmak için bir ön toplantı yapılmıştır. Toplantıda neler yapılacağı ve çalışmanın detayları anlatılmıştır. Çalışmaya devam etmeye karar veren öğrenciler ile 3B tasarım, dilimleme ve 3B yazıcı eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Üç boyutlu tasarım yapabilmek için öğrenci seviyesine uygun Tinkercad uygulaması kullanılmıştır.

İlk ders Tinkercad sınıf oluşturma özelliği ile oluşturulan sınıftaki kullanıcı adları öğrencilere verilmiştir. Öğrenciler kullanıcı adları ile verilen sınıf kodunu kullanarak bu ders için hazırlanmış özel sınıfa giriş yapabilmışlerdir. Çalışmadaki her grup için ayrı ayrı sınıflar açılmıştır. Hesapları olan ya da sonradan hesap açan bazı öğrenciler kendi hesapları ile sınıfa katılmayı tercih etmişlerdir.

Dersleriniz	
Yeni ders oluştur	?
5. SINIF- YAZICI	11 öğrenci
6.SINIF- YAZICI	13 öğrenci
8.SINIF- YAZICI	11 öğrenci

Şekil 17. Tinkercad uygulaması ile oluşturulan sınıf grupları

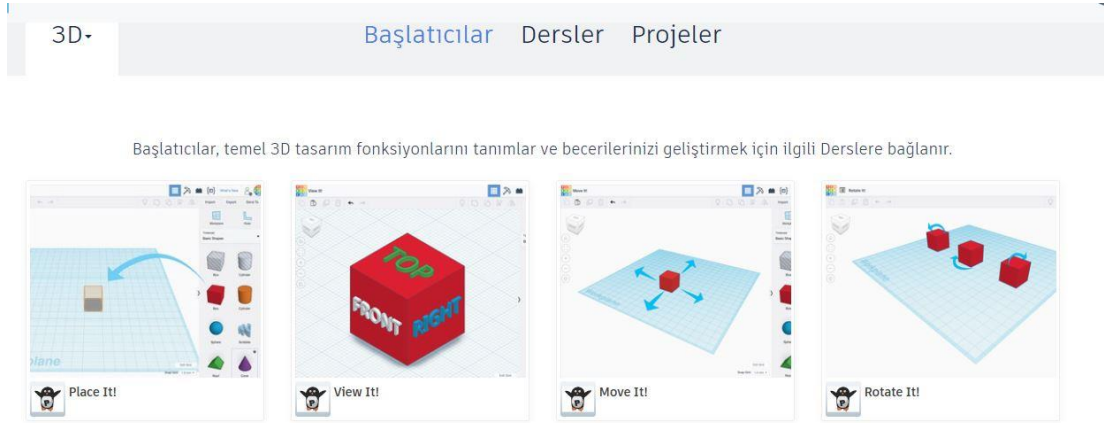
Bu sınıflar aracılığı ile öğrencilerin neler tasarladıkları araştırmacı tarafından görülebilmekte ve isterse tasarımlarda değişiklik yapabilmekte ya da indirebilmektedir. Öğrencilerin verilen etkinlikleri yapıp yapmadıklarını kontrol etmek ya da takıldıkları yerlerde yardım etmek için sınıf oluşturma oldukça faydalı olduğu görülmüştür. Bu sınıf özelliği ile öğrenci tasarımları araştırmacı tarafından indirilmiş ve 3B yazıcıya aktarılmak için düzenlenmiştir.



Şekil 18. Tinkercad uygulamasında oluşturulan bir sınıftaki öğrenci çalışmaları

Öğrencilerin hepsi sınıfa giriş yaptıktan sonra Tinkercad ana sayfası öğrencilere tanıtılmıştır. Ana sayfadaki galeri bölümünden daha önce oluşturulmuş modeller incelenmiştir. Yeni tasarım oluştur diyerek öğrencilerin tasarım için kullanacakları ara yüz detaylı bir şekilde öğrencilere tanıtılmıştır. Öğrencilere yeni tasarım oluşturma kısmı ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Ardından öğrencilerin bu öğrendiklerini tekrar etmeleri istenmiş ve ders bitirilmiştir.

İkinci ve üçüncü ders öğrencilere Tinkercad ana sayfasındaki “öğren” bölümü gösterilmiştir. Bu bölümde öğrenciler verilen yönergeleri takip ederek 3B tasarım yapmayı kendi kendilerine öğrenebilmektedirler. Dil kısmı İngilizce olsa da Türkçe diline çevir diyerek öğrenciler yönergeleri anlayabilmişlerdir. İlk olarak başlatıcılar bölümünde bir cismi çalışma düzlemine getirmek, bir cismin yerini değiştirmek, döndürmek vb. gibi bir önceki ders öğrendikleri bilgileri bu kısımda yönergeler eşliğinde yaparak tekrar öğrenmişlerdir. Ardından dersler kısmından istedikleri bir projeyi yönergeleri takip ederek gerçekleştirmişlerdir.

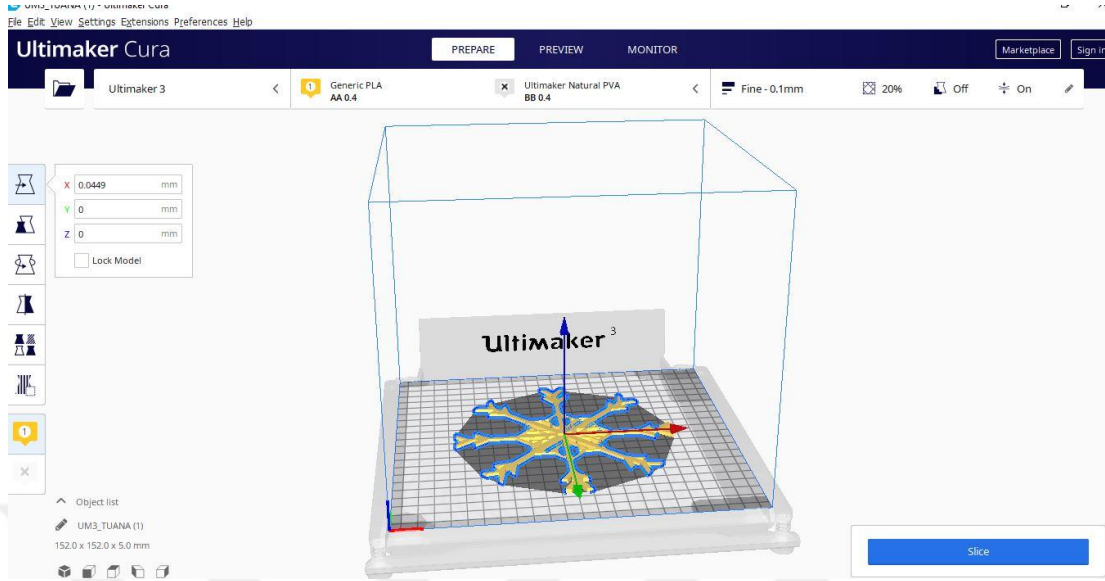


Şekil 19. Tinkercad öğren bölümü görüntüsü

Dördüncü ders “galeri” kısmındaki çalışmalar incelenmiştir. Üzerinde düzenleme yapılmasına izin verilen bazı modeller açılıp grupları çözülerek hangi cisimler kullanılarak yapıldığı incelenmiştir. Üç boyutlu tasarımların olduğu <https://www.thingiverse.com/> sitesindeki çalışmalar incelenmiştir.

Beşinci ders öğrenciler ile 3B yazıcılar hakkında konuşulmuştur. Öğrenciler ile birlikte 3B yazıcının kullanım alanları araştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan 3B yazıcı Ultimaker 3 öğrencilere tanıtılmıştır. Yazıcı ve filamentlerin fiyatlarına bakılmıştır. Filamentlerin çeşitlerine bakılmış (<https://www.3dortgen.com/>) ve PLA ve PVA filamentleri gösterilmiştir.

Altıncı ders öğrencilere dilimleme programı CURA tanıtılmıştır. Öğrencilere neden dilimleme programı kullandığımız ve nasıl kullanmamız gerektiği (boyutları değiştirme, döndürme, malzeme seçimi, doluluk oranı, hız, destek malzemesi vb.) program üzerinden gösterilmiştir. Ardından Tinkercad üzerinden 3B basit bir tasarım yapılmış ve stl. olarak kaydedilmesi gerektiği gösterilmiştir. Kaydedilen stl. dosyasını Cura programına atıp gerekli son düzenlemeler kontrol edilmiş, ön izleme yapılmış ve gcode olarak kaydedilmiştir. Kaydedilen gcode dosyası usb ile yazıcıya atılmış ve 3B yazıcı öğrenciler ile birlikte çalıştırılmıştır.



Şekil 20. Cura programının ara yüzü

Asenkron ders olarak öğrencilere ders planlarımızı uygulamaya başlamadan önce kar tanesi modeli oluşturma görevi verilmiştir. Öğrencilerin bu görevi kendi istedikleri bir zamanda ödevin son bitiş tarihine kadar yapmaları istenmiştir. Yapılan ödevler Tinkercad üzerinden alınmış ve 3B yazıcıdan yazdırılmıştır. Oluşturulan kar tanesi modelleri öğrencilere hem çalışmaya katıldıkları için hediye amaçlı verilmiş hem de 3B tasarım yapma becerilerini görmek amaçlanmıştır.

3.4.2.2. Ayrıntılı Matematik Ders Planları ve Uzaktan Eğitim Süreci

Altı ders saatlik eğitimden sonra öğrencilere son kez çalışmaya devam etmek isteyip istemedikleri sorulmuş devam etmeye gönüllü olan öğrenciler ile çalışmanın 3B yazıcı etkinlikleri ile hazırlanmış geometrik cisimler kazanımlarına yönelik ders planlarını uygulama aşamasına geçilmiştir. 3B yazıcı etkinlikleri ile hazırlanmış ayrıntılı matematik ders planları bu bölümde verilmemiştir. Ek 4' de ayrıntılı 5. sınıf ders planları, Ek 5' de ayrıntılı 6. sınıf ders planları ve Ek 6' da ayrıntılı 8. sınıf ders planları eklenmiştir. 3B yazıcı ile desteklenmiş matematik ders planları uzman görüşleri alınarak, alan yazından ve MEB ortaokul matematik ders kitaplarından faydalanılarak oluşturulmuştur. Matematik kazanımları olarak geometrik cisimler kazanımları ele alınmıştır. 7. sınıflar için sadece cisimlerin farklı yönlerden görünümüne ait kazanım olduğundan 7. sınıf kazanımları bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Beşinci sınıf öğrencileri ile yaklaşık 10 ders saati, altıncı sınıf öğrencileri ile yaklaşık 15 ders saati ve sekizinci sınıf öğrencileri ile yaklaşık 15 ders saati öğretim gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ders planları yüz yüze eğitim olacağı düşünülerek hazırlandığı için uzaktan eğitime ders planlarının nasıl entegre edildiği sekizinci sınıf ders planının 1 ve 10. saat ders planları üzerinden açıklanmıştır. Birinci saat ders planı ile genel olarak uzaktan eğitimin nasıl

gerçekleştirildiğinden bahsedilmiştir. Onuncu saat ders planı ile ise grup çalışmalarının uzaktan nasıl gerçekleştirildiğinden bahsedilmiştir. Bu iki ders planı üzerinden uzaktan eğitimin nasıl gerçekleştirildiğinin detaylı olarak açıklaması yapılmıştır.

1. Ders (Derste öğretmen kamerası açıktır.)

Kazanım: Dik prizmaları tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer.

Öğretmen öğrencilere geçmiş senelerde öğrendikleri dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpü hatırlatır. Kare prizma ve küpün dikdörtgenler prizmasının özel hali olduğu tartışılır. Öğretmen önceden 3B yazıcıdan çıktısını aldığı çeşitli boyutlardaki dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpü öğrencilere dağıtır ve özellikleri hakkında öğrenciler ile tartışır.

Uzaktan eğitim olunca; araştırmacı bu kısımda kamerası açık olarak öğrencilere elinde tuttuğu dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp modellerini gösterir ve öğrenciler el kaldırma tuşuna basıp söz hakkı alarak konuşurlar.

Öğretmen: 3B yazıcıdan çeşitli boyutlarda aldığım dikdörtgenler prizmalarını, kare prizmalarını ve küpleri hep birlikte inceledik. Peki, şimdi bunların ortak özellikleri hakkında biraz konuşalım.

Öğrenci: Hepsinin yan yüzleri dikdörtgen.

Öğrenci: 8 köşeleri var.

Öğrenci: 6 yüzü var.

Öğrenci: 12 ayrıtı var.

Öğrenci: Yan yüzeyleri eş ve paralel.

Öğrenci: Yan yüzleri taban düzlemine dik.

Öğrenciler uygun olan ve uygun olmayan düşüncelerini paylaşır.

Uzaktan eğitim olunca; öğrenciler ortak özellikleri zoom uygulamasının chat kısmında sadece araştırmacının göreceği şekilde araştırmacıya mesaj yazarlar. Daha sonra araştırmacı bunları sesli okur ve tartışırlar.

Öğretmen: Evet çocuklar, peki prizma nedir? Prizma denilince aklınıza ne gelmektedir?

Uzaktan eğitim olunca; öğrenciler cevaplarını zoom uygulamasının chat kısmında sadece araştırmacının göreceği şekilde araştırmacıya yazarlar. Daha sonra araştırmacı bunları sınıfla paylaşır.

Öğrenci: Dikdörtgenler prizması, kare prizma.

Öğretmen: Şimdi size 3B yazıcıdan yazdırdığım çeşitli prizma örnekleri göstereceğim.

Öğretmen daha önceden yazdırdığı üçgen prizma, beşgen prizma ve altıgen prizmayı öğrencilere gösterir.

Öğretmen: Bu prizma örneklerine bakarak prizmaları tanımaya çalışalım.

Uzaktan eğitim olunca; araştırmacı bu kısımda kamerası açık olarak öğrencilere üç boyutlu yazıcıda yazdırdığı prizma örneklerini gösterir.

Öğrenci: Yan yüzleri paralel.

Öğrenci: Tabanları çokgen.

Öğrenci: Karşılıklı kenarları birbirine paralel.

Öğrenci: Yan yüzleri taban düzlemine dik.

Öğrenci ve öğretmen prizma konusunda düşüncelerini paylaşır.

Uzaktan eğitim olunca; öğrenciler zoom uygulamasının el kaldırma özelliği ya da chat özelliği sayesinde düşüncelerini paylaşır.

Öğretmen: O zaman şimdi tanımlayalım. “ Tabanları herhangi bir eş çokgensel bölgelerden, yan yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan geometrik cisimlere **prizma** denir. Prizmaların karşılıklı yüzleri birbirine eşit ve paraleldir. Dik prizmalarda tabanları birleştiren dik doğru parçasına yükseklik denir. Dik prizmalar tabanlarına göre isimlendirilir.”

Öğretmen: Şimdi Tinkercad’i açalım. Temel şekillerden Poligon’a basıp çalışma düzlemine sürükleyelim.

Uzaktan eğitim olunca; araştırmacı ekran paylaşımı yapar ve Tinkercad üzerinde öğrencilere ne yapacağını gösterir. Öğrenciler kendi cihazlarından araştırmacının gösterdiklerini uygular.

Öğretmen: Taraflar kısmını sürüklediğimizde üçgen prizmadan 12 gen prizmaya kadar prizma oluşturabiliriz. Hepinizden oluşturulabilecek bütün prizmaları oluşturmanızı ve gözlemlemenizi istiyoruz.

Öğrenciler gözlem yapar.

Öğretmen: Şimdi her birinize bir prizma söyleyeceğim. Size söylediğim prizmayı istediğiniz boyutlarda (üç boyutlu yazıcıdan çıkarılabilecek) oluşturacaksınız. Ve birlikte oluşturduğunuz bu prizmaları 3B yazıcıda yazdıracağız.

Öğrenciler hangi prizmayı oluşturacaklarını öğrenir ve istedikleri boyutlarda oluşturur. Öğrenciler uzunluk, genişlik ve yüksekliğin nasıl değiştiğini gözlemler.

Uzaktan eğitim olunca; araştırmacı öğrencilere ekran paylaşımı için izin verir ve öğrenciler oluşturduklarını sınıfça paylaşırlar.

Öğretmen: Herkes prizmasını oluşturduğuna göre şimdi yazdıralım.

Öğrenciler kaydeder, Flash belleğe atar ve yazıcıya aktarır.

Uzaktan eğitim olunca; araştırmacı öğrencilerin oluşturduğu prizma örneklerini Tinkercad üzerinden indirir ve flash belleğe atar.

Öğretmen: 3B yazıcıda yazdırma işlemi devam ederken 3B yazıcının nasıl çalıştığını gözlemleyelim. Ucunun hareketlerini takip edelim.

Öğrenciler ve öğretmen 3B yazıcının çalışmasını izler.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

Uzaktan eğitim olunca; yazdırma işlemi için araştırmacı telefonu ile yazıcının yanına gider ve telefon kamerası ile çekip yazdırılma sürecini öğrenciler ile paylaşır. Ya da araştırmacı telefon üzerinden zoom programını açıp öğrencilere gösterir. Ayrıca yazıcının kamerası ile yazdırılma anı izletilir. Üç boyutlu yazıcıdan çıktısı alınan modeller bir sonraki ders öğrencide olacak şekilde öğrenciye teslim edilir.

10. Ders (Derste öğretmen kamerası açıktır.)

Kazanım: Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer.

Öğretmen: Bugünkü konumuz dik dairesel silindirin hacmi. İlk olarak hacim denilince aklınıza ne geliyor?

Öğrenciler fikirlerini sınıfla paylaşır.

Uzaktan eğitim olunca; öğrenciler zoom uygulamasının el kaldırma özelliği sayesinde ya da chat özelliği sayesinde düşüncelerini paylaşır.

Öğretmen: Cismin boşlukta kapladığı yer cismin hacmidir. Dik dairesel silindirin hacmini taban alanı ile yüksekliği çarparak bulabiliriz.

Öğretmen eline dik dairesel silindir alır.

Uzaktan eğitim olunca; araştırmacı bu kısımda kamerası açık olarak öğrencilere üç boyutlu yazıcıda yazdırdığı dik dairesel silindiri gösterir.

Öğretmen: Dik dairesel silindirin tabanı daireden oluşur. Dairenin alanı nasıl bulunur?

Öğrenci: πr^2 .

Öğretmen: O zaman dik dairesel silindirin hacmi taban alanı çarpı yükseklikten ne bulunur?

Öğrenci: $\pi r^2 \cdot h$

Uzaktan eğitim olunca; öğrenciler zoom uygulamasının el kaldırma özelliği sayesinde ya da chat özelliği sayesinde düşüncelerini paylaşır.

Öğretmen: Aferin çocuklar. Şimdi hepinizden 3B yazıcıdan çıktısını aldığımız dik dairesel silindirlerden birini alın ve yarıçapı ve yüksekliğini bularak hacmini bulalım. ($\pi=3$)

Öğrenciler yarıçapı ve yüksekliği hesaplayarak hacmini bulur.

Uzaktan eğitim olunca; araştırmacı tarafından bir önceki ders çıktısı alınan öğrencilerin oluşturduğu silindir modelleri öğrencilere verilmiştir. Öğrenciler bu modelleri kullanırlar.

Öğretmen: Sınıf iki gruba ayrılın. Ve her grubun aynı hacme sahip iki farklı dik dairesel silindir oluşturmasını istiyorum. Hacmi grup belirleyecek. Modeli oluşturmada önce grup bana ne yapacağını anlatsın. Sonra modeli oluşturun. En son 3B yazıcıda yazdıracağız.

Gruplar planlı ve düzenli bir şekilde birlikte çalışırlar. Aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindirlerini oluştururlar.

Uzaktan eğitim olunca; Zoom uygulamasının Breakoutrooms özelliği sayesinde ders anında sınıf gruplara ayrılmaktadır. Gruplara ayırma işlemini otomatik yapabilir ya da öğrenciler hangi grupta olmak istediğine karar verebilir. Çalışmada genelde otomatik özelliği kullanıldı, 2 tane grup oluştur seçeneğine tıklayıp rastgele öğrenciler iki gruba ayrılır. Öğrenciler gruplara ayrıldıktan sonra seçtikleri bir kişi ekran paylaşımı yapar. Öğrenciler arkadaşları ile birlikte tartışarak grupça aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindir oluştururlar. Grupların araştırmacıya sorusu olduğu zaman araştırmacının ekranına room1 ya da room 2 sizi çağırıyor uyarısı düşmektedir. Araştırmacı istediği zaman da odalara katılabilmektedir. Ayrıca istediği zaman odaları kapatabilmektedir. Araştırmacı odalara mesaj atabilmektedir.

Öğretmen: Gruplar aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindirleri oluşturduğuna göre şimdi 3B yazıcıda yazdıralım.

Öğrenciler 3B yazıcıya aktarır ve yazdırır.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

Uzaktan eğitim olunca; yazdırma işlemi bilgisayar üzerinden ders kapatıldıktan sonra araştırmacı tarafından yazdırılmıştır. Grup olarak yazdırılan modeller öğrencilere teslim edilmeyip yüz yüze derslerde incelenmiştir.

3.4.2.3. Uzaktan Eğitimin Dezavantajı

Çalışmayı uzaktan gerçekleştirmenin dezavantajı öğrencinin yazıcıda kendi yazdırma şansının olmamasıdır. Bu dezavantajı aşabilmek için ise yazıcının kullanımı hakkında, filament yüklemesi ve çıkarması, yazıcının genel özellikleri gibi(2 uçlu olması, uçların sıcaklığı, yazıcının boyutu vb.) gereken her bilgi öğrenciye kamera yardımı ile uzaktan aktarılmıştır. Öğrencilerin tasarımlarını yazdırırken yazdırmaya başladığı ve bittiği yerler kamera ile çekilmiş ve öğrenciler ile bağlantı kurularak bu sürecin içine çekilmesi sağlanmıştır.

3.4.2.4. Pandemi Sürecinde Yüz Yüze Görüşmeler

Velisinin izin verdiği öğrenciler ile yüz yüze pandemi koşullarına dikkat edilerek öğrencilerin okulunda görüşmeler yapılmıştır. 3B yazıcıda yazdırılmış her şey öğrenci ve öğretmen tarafından okula getirilmiştir. Derste anlatılanlar tekrar edilmiştir. Ayrıca öğrenciler birbirlerine bildiklerini anlatmışlardır. Araştırmacı temel soruları sorarak öğrencileri yönlendirmiştir. Beşinci ve sekizinci sınıflarla yüz yüze görüşmelerde ilk görüşme ders planlarının ortalarında son görüşme ise ders planlarının sonunda gerçekleştirilmiştir. Yüz yüze görüşmeler 30 dk ile sınırlandırılmıştır. Araştırmacı tarafından okulda görüşecekleri oda havalandırılmış ve dezenfektan ile şeffaf eldiven temin edilmiştir. Yüz yüze görüşmelerde pandemi kurallarına dikkat edilmiştir. Bu kurallar:

- Öğrenciler maskelerini düzgün bir şekilde takmalıdırlar.
- Öğrenciler eldiven kullanarak materyallere dokunmalıdırlar.
- Öğrenciler ellerini sık sık yıkayıp eldivenlerini değiştirmelidirler.
- Öğrenciler ağız, burun veya yüzlerine dokunmamaları konusunda uyarılmalıdır.
- Öğrencilerin birbirleri ile yakın temasta bulunmamaları sağlanmalıdır.
- Bulunulan ortam havalandırılmalıdır.
- Eldiven, maske, dezenfektan ve sabun desteği tarafımızdan sağlanmalıdır.
- Periyodik olarak öğrenciler el dezenfektanı kullanmalıdırlar.
- Dersler 30 dakika sürmelidir.



Şekil 21. Pandemi sürecinde yüz yüze görüşme yapılırken

3.5. Verilerin Analizi

Betimsel analizde veriler, önceden belirlenen temalar altına yerleştirilirken içerik analizinde verilerden kodlara ait alt tema ve temalar çıkarılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu çalışmada verilerin analizinde betimsel analiz ve içerik analizi teknikleri kullanılmıştır.

Öğrenciler ile geometrik cisimler kazanımlarına ait kavram imajları ve kavram tanımlarının incelendiği görüşmeden elde edilen veriler betimsel analiz ile yorumlanmıştır. Betimsel analiz yaparken temalar kavram tanımı ve kavram imajı olarak belirlenmiştir. Bu temalara ait kodlar belirlenirken ilk önce alan yazından faydalanılmış ve görüşme yapılan öğrencilerden alınan cevaplar ile en son hali oluşturulmuştur. Verilerin analizi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada alan yazında yapılan çalışmalar incelenmiş ve kodlar belirlenmiştir. İkinci aşamada Zoom kaydı ile elde edilen görüşme verilerinin çözümlemesi yapılmıştır. Son olarak çözümlenen veriler araştırmacı ve uzman ile birlikte değerlendirilerek kodların en son hali oluşturulmuştur.

Bulgular bölümünde öğrencilerin kavram imajları ve kavram tanımlarına ait veriler belirli bir düzen ile analiz edilmiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması, kare prizma, küp ve temel elamanlarına dair kavram imajları ve tanımları incelenmiştir. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp kavramları; tanımlama, açınım ve yüzey alanı bilişsel görevleri altında analiz edilmiş ve ardından bu üç bilişsel görev sonunda uyandırılmış imajlarına bakılmıştır. Temel elemanları ise sadece tanımlama bilişsel görevi altında analiz edilmiştir. Altıncı sınıf öğrencilerinin prizma, dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp kavramlarına dair kavram imajları ve kavram tanımları tanımlama bilişsel görevi altında analiz

edilmiş ve ayrıca dikdörtgenler prizmasının hacmi için ise dört bilişsel görev ile imajları analiz edilmiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik prizma, dik dairesel silindir, dik piramit, dik koni ve temel elemanlarına dair kavram imajları ve tanımları incelenmiştir. Dik prizma, dik dairesel silindir, dik piramit ve dik koni kavramları; tanımlama ve açınım bilişsel görevleri altında analiz edilmiş ve ardından bu iki bilişsel görev sonunda uyandırılmış imajlarına bakılmıştır. Ayrıca sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel silindirin yüzey alanı ve hacim için imajları da analiz edilmiş ve son olarak temel elemanları ise sadece tanımlama bilişsel görevi altında analiz edilmiştir.

Öğrencilerin kavram imajlarına ve kavram tanımlarına ait verilerin analizini biraz daha detaylı anlatmak gerekirse öncelikle öğrencilerin görüşme sorularına verdikleri cevaplar ile kavram imajları ve kavram tanımları incelenirken iki tema kullanılmıştır. Bu temalardan ilkinin kavram tanımı teması diğerini ise kavram imajı teması oluşturmaktadır. Kavram tanımı teması önceden belirlenen iki kod altında incelenmiştir. Formal tanım kodunda cevap veren öğrencileri belirlemek için ders planlarında kullanılan formal tanımlar kullanılmıştır. Örneğin, dikdörtgenler prizması kavramı için beşinci sınıflar ile ders sürecinde “Tüm yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan prizmalara dikdörtgenler prizması denir. Dikdörtgenler prizmasının karşılıklı yüzleri eşit ve birbirine paraleldir.” formal tanımı kullanılmıştır. Formal tanımda yer alan “bütün yüzleri dikdörtgensel”, “karşılıklı yüzleri eşit ve paralel” gibi tanım ifadesindeki kritik özelliklerin hepsini belirten öğrenci cevapları formal tanım kodunda yer almıştır. Öte yandan birebir formal tanımı kullanmayıp kendi kişisel tanımlarını kullanan öğrencilerin cevapları öznel tanım kodunda değerlendirilmiştir. Öznel tanım kodundaki öğrenci cevapları ise tabloların altında ayrıca formal tanımdan etkilenen ya da etkilenmeyen tanım cümleleri olarak incelenmiştir. Örneğin, Ö5.2’nin “*alt ve üst taban var ve karşılıklı yüzeyleri eşittir.(Öğrenci eli ile karşılıklı yüzleri gösterir.)*” tanımlama cümlesinde öğrenci formal tanımdan etkilenerek öznel tanım kullanmıştır. Öğrencinin “karşılıklı yüzler eşittir” ifadesi formal tanıma ait kritik bir özellik olarak değerlendirilmiştir. Öte yandan Ö5.1’in “*12 ayrıtı 8 köşesi 6 tane de yüzü vardır ve bu kare prizma ve küp içinde aynıdır. Küpün tüm yüzeyleri eşittir. Kare prizmanın iki farklı yüzü vardır dikdörtgenler prizmasının da üç farklı yüzü vardır.*” tanımlamasında kavramın formal tanımına ait ifadeleri kullanmadığı için formal tanımdan etkilenmeyen öznel tanım olarak değerlendirilmiştir. Kavram tanımı temasından sonra diğer bir tema olan kavram imajı temasında ilk olarak alan yazından elde edilen imajlar ile kodlar oluşturulmuştur. Ardından öğrenci cevaplarının üstünden uzman yardımı ile detaylı bir şekilde geçilmiş ve öğrenci cevaplarından gelen kodlar ile son hali oluşturulmuştur. Örneğin, Ö5.7’nin “*Öğretmenim **tabanları dikdörtgenden** oluşuyor ondan sonra **6 tane yüzü***

var ondan sonra 8 tane köşesi var 12 tane ayrıtı var bunlar geliyor aklıma bir de yan yüzleri” verdiği cevapta “tabanlar dikdörtgen”, “yan yüz sayısı”, “köşe sayısı”, “ayrıt sayısı” ve “yan yüzleri” kodları tespit edilmiştir.

Öğrencilerin 3B yazıcı ve 3B yazıcı ile ders öğretimi hakkındaki düşünceleri ise içerik analizi ile yorumlanmıştır. İçerik analizi için temalar ve kodlar öğrenciler ile yapılan görüşmelerden sonra öğrenci cevapları değerlendirilerek oluşturulmuştur. Verilerin analizi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada Zoom kaydı olarak elde edilen verilerin çözümlemesi yapılmıştır ve iki araştırmacı tarafından veri çözümlemeleri kontrol edilmiştir. İkinci aşamada, çözümlenen veriler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı kodlanmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucu, araştırmacıların bağımsız kodlamaları arasında dördüncü alt problem için %88 ve beşinci alt problem için %85 uyum tespit edilmiştir.

Öğrencilerin 3B yazıcı ve 3B yazıcı ile öğrenme süreci hakkındaki cevapları araştırmacı tarafından yazılı metne çevrilmiştir. Ardından birbirinden bağımsız olarak araştırmacı ve başka bir uzman tarafından cevaplardan kodlar çıkarılmıştır. Daha sonra kodlar belirli kategoriler altında toplanmış ve temalar belirlenmiştir. Birbirinden bağımsız olarak kodları belirli kategoriler altında toplayıp temaları belirleyen araştırmacı ve uzman en son olarak zoom üzerinden görüşmeler yaparak temaların ve kodların son haline karar verilmiştir. Yapılan bir kodlamada “makine” teması altında üç boyutlu yazdırıcı, prototip örnekler oluşturma ve hayalleri gerçekleştiren kodları toplanmıştır. En son yapılan görüşme sonrasında prototip örnek oluşturma ve hayalleri gerçekleştiren kodlarının öğrencilerin 3B yazıcıya yönelik algılarından oluştuğu için “algı” teması altında birleştirilmesine karar verilmiştir. Öte yandan “makine” teması “işlev” teması olarak değiştirilmiştir. Yapılan bir kodlamada “algı” teması kodları “makine” ve “somutluk” teması kodlarında yer alırken en son görüşmede bu kodların “algı” teması altında birleştirilmesine karar verilmiştir. Teknik konular kodları her iki bağımsız kodlayıcı tarafından da aynı tema altında farklı isimle birleştirilmiştir. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine ilişkin düşüncelerinde uzman kişi öğrenmeyi kolaylaştırıcı kodunu “deneyimler” teması altında kodlarken araştırmacı tarafından “somutluk” teması altında kodlamıştır. Ardından en son görüşmede öğrencilerin öğrenmeyi kolaylaştırıcı olduğunu belirttiği ifadelerinin somut deneyimlerini ifade ettikleri düşüncelerinden çıktığı görülmüş ve “somut deneyimler” teması altında yer verilmiştir. Öğrencilerin faydalı, eğlenceli gibi düşünceleri ise “deneyimler” teması yerine en son yapılan görüşme ile “duyuşsal alan” teması altında kodlanmıştır.

3.6. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği

Nitel çalışmaların yaklaşımı, tasarımı ve verileri, nicel araştırmalardan farklı olduğu için nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik amacıyla farklı ölçütler kullanılmaktadır (Büyüköztürk ve diğerleri, 2013). Nitel araştırmalarda; inandırıcılık (iç geçerlik), aktarılabilirlik (dış geçerlik), tutarlılık (iç güvenirlik) ve teyit edilebilirlik (dış güvenirlik) kavramları çalışmaların geçerlik ve güvenirliğini belirlemede kullanılan kavramlardır (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Araştırmanın iç geçerliğini (inandırıcılık) artırmak amacıyla görüşme formları ve ders planları hazırlanırken alan yazın ve uzman görüşleri dikkate alınmıştır. Görüşme formları uzman görüşmeleri alınırken araştırmacı tarafından hazırlanmış görüşme soruları değerlendirme formları kullanılmıştır. Ders planları uzman görüşmeleri yüz yüze ders planları üzerinden tartışılarak alınmıştır. Merriam (2009) her lisanüstü öğrencinin kendi tez komitesi aracılığıyla uzman görüşünden yararlanma fırsatına sahip olduğunu belirtmiştir. Bu araştırmada araştırma sürecinde uzman görüşleri alınmak üzere danışman ve tez izleme komitesi ile belli aralıklarla görüşülmüş ve geri bildirimler alınmıştır.

Üçgenleme, çalışmanın ve bulguların inandırıcılığını artırmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Üçgenleme, farklı bireyleri, birden fazla veri toplama aracını ve birden çok araştırmacıyı kullanarak kanıtları doğrulamak demektir (Creswell, 2012; Merriam, 1998). Bu çalışmada görüşme, ders gözlem ve yazdırdıkları 3B tasarımlar gibi farklı veri toplama araçları birbirini tamamlamak amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca çalışma boyunca farklı araştırmacıların görüşleri alınarak araştırmacı üçgenlemesi yapılmıştır.

Çalışmaya katılan öğrenciler ile en az 16-22 ders saati ders öğretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte öğrenciler ile uzun süre etkileşim kurulmuştur. Öğrencileri yakından tanıma fırsatı sağlanmıştır. Uzun süre süreli etkileşim ile öğrenciler görüşme sırasında rahat cevaplar verebilmiş ve çalışmanın inandırıcılığını arttırmıştır. Ayrıca, araştırma araştırmacının beş senedir görev yaptığı okul ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışma gurubundaki bazı öğrencilerin matematik öğretmeni olurken bazı öğrenciler ise okul ortamında araştırmacıyı tanımaktadırlar. Son olarak, araştırmanın inandırıcılığını arttırmak için öğrenciler ile yapılan görüşmelerde doğru anlayıp anlamadığımızı görebilmek için öğrencilere verdikleri cevaplar tekrar hatırlatılmış ve öğrencinin verdiği cevapları teyit etmesi istenmiştir.

Dış geçerlilik için detaylı ve ayrıntılı açıklamalara başvurmak gerekmektedir (Merriam, 1998). Bu sebeple bu çalışmada araştırma modeli, çalışma grubu, 5.,6. ve 8. sınıflar için hazırlanmış 3B yazıcı destekli ayrıntılı ders planları, uygulamanın yapılma süreci, veri

toplama araçları, verilerin toplanması, analiz edilmesi ve yorumlanma süreçleri ayrıntılı bir şekilde çalışmada ifade edilmiştir. Bunlara ek olarak araştırmacının araştırma içinde hangi rolleri aldığı da açıkça belirtilmiştir. Dış geçerliliği arttırmak için ayrıca amaçlı örnekleme yöntemi tercih edilmiş ve örneklemden elde edilen veriler mümkün olduğunca birincil kaynaklardan alındıkları şekilleriyle, yapılan alıntılar detaylı biçimde açıklanarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Bulgularda neyin hangi temaya neden yerleştirildiği açık bir şekilde açıklanmıştır.

Araştırmanın iç geçerliliğini arttırmak için verilerin toplanması ve analizi aşamalarında yapılanlar, bütün ayrıntılarıyla açıklanıp veriler arasındaki tutarlılık gösterilmiştir. İç geçerliliği sağlamak için veriler doğrudan öğrenci alıntıları ile sunulmuş ve yorumsuz analiz edilmiştir. Çalışmanın hemen hemen her aşamasından uzman görüşleri alınmış ve toplanan verilerin analizi alanında uzman bir kişi tarafından da ayrıca değerlendirilmiştir. Araştırmacı tarafından tutulan ders gözlem notları ile yapılan görüşmeler desteklenmiştir. Veri üçgenleme yöntemi uygulanmıştır.

Verilerin analizinde Zoom kaydıyla elde edilen veriler yazılı hale dönüştürülmüş ve farklı araştırmacılar tarafından veriler kontrol edilmiştir. Verilerden elde edilen temalar ve temaları oluşturan kodların kendi aralarındaki ilişkisi ile her bir temanın diğerleriyle ilişkisi incelenmiştir. Sonuçların iç geçerliliğini tespit etmek için kullanılan yöntemlerden biri, kodlayıcılar arası uyumdur. Bu çalışmadaki veriler nitel araştırmalara ve analiz tekniklerine hâkim olan İlköğretim Matematik Öğretmenliği bölümünde bir doktora öğrencisi tarafından da kodlanmıştır. Çalışmanın amacı, araştırma sorusu, veri toplama yöntemleri ve çalışmanın geneli hakkında ayrıntılı bir şekilde açıklama yapılmış ve temalar ve kodlar hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra, kodlayıcı bağımsız olarak bir durumun verilerini analiz etmiştir. Daha sonra uyum yüzdesi hesaplanmıştır. Araştırmanın güvenirlik hesaplaması için Miles ve Huberman'ın (1994) güvenirlik formülü [$\text{Güvenirlik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{(\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı})}$] kullanılmıştır. Güvenirlik sonucunun %70'in üzerinde çıkması araştırmanın güvenirliği için geçerli bir orandır (Miles ve Huberman 1994). Araştırmacıların bağımsız kodlamaları arasında uyumlar %88 ve %85 bulunmuştur. En son, araştırmacı ve kodlayıcının verileri karşılaştırılmış ve gerekli düzeltmeler uygulanmıştır.

Araştırmanın dış geçerliliğini arttırmak için ders uygulamaları ve veri toplama sırasında aktif rol alan araştırmacının yanlılığını en aza indirmek için öğrencilerin 3B yazıcıdan ders için yazdırdığı her şey sınıf için oluşturulan sınıf gruplarında otomatik olarak öğrencinin adı ve kaç ay önce yaptığı ile birlikte kaydedilmiştir. Böylelikle öğrencilerin ders için yazdırdıkları tasarımlara ait veriler saklanmaktadır. Öğrenciler ile yapılan Zoom

görüşmeleri ve ders gözlem notları saklanmaktadır. Verilerin analizinde araştırmacı yanlılığı olmaması adına veri toplama ve analiz süreci araştırmacı ve bir uzman ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca başka bir uzman görüşü alınarak verilerden elde edilen çıkarımların tutarlılığı incelenmiştir. Araştırmacı yanlılığını ortadan kaldırmak için hem araştırmacının nasıl gerçekleştiği hem de araştırmacının rolü açıklanmıştır.

3.7. Araştırmacının Rolü

Gerekli etik izinler araştırmacı tarafından alınmıştır. Çalışmada bütün aşamalar araştırmacı ve uzmanlar ile planlanmış ve çalışmanın uygulaması araştırmacının kendisi tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki ders planları ve veri toplama araçları araştırmacı tarafından uzman görüşleri ve alan yazın desteği ile oluşturulmuştur. Ders uygulamaları ve veri toplama süreci araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ders uygulaması sırasında araştırmacı tarafından ders gözlem notları tutulmuştur. Öğrenciler ile Zoom üzerinden gerçekleştirilen görüşmeler kayıt altına alınarak araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Veriler araştırmacı tarafından toplanmış, düzenlenmiş ve saklanmaktadır. Araştırmacı çalışmaya katılan hem öğrenciler ile hem de öğrencilerin velileri ile etkileşim halinde olmuştur.

BÖLÜM IV

BULGULAR

Bu bölümde toplanan veriler ile elde edilen öğrenci cevaplarına ve bu verilere ait araştırma bulgularına yer verilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular alt problemlere göre gruplandırılmış ve kendi içinde de ayrı ayrı incelenmiştir.

4.1 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 5. Sınıf Öğrencilerinin Kavram İmajları ve Tanımları

4.1.1. Dikdörtgenler Prizması Kavramına Dair İmajları ve Tanımları

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması kavramına dair kavram imajları ve tanımları üç bilişsel görev ile incelenmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilerin dikdörtgenler prizması denilince akıllarına ne geldiğine (tanımlama) bakılmıştır. İkinci bilişsel görevde dikdörtgenler prizması açılım çizimleri incelenmiş ve üçüncü bilişsel görevde dikdörtgenler prizmasının yüzey alanı hesaplamaları değerlendirilmiştir. Tüm bunlardan sonra bu üç bilişsel görev içinde (hangi imajların kullanıldığı) uyandırılmış kavram imajlarına bakılmıştır.

- **Tanımlama**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce ilk ders öğrencilere dikdörtgenler prizması kavramıyla ilgili akıllarına gelenler sorulmuştur. Gelen öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin daha çok günlük hayattan örnekler verdikleri ancak kavramın formal tanımına yakın ifadelerden ya da temel özelliklerinden bahsetmedikleri görülmüştür.

Öğrenci Cevaplarından Alıntılar: “Dikdörtgen ve prizmanın birleşimi, dikdörtgenin üç boyutlu hali, üç boyutlu halinin yapılışı, kutu, ayakkabı kutusu, masa, kapı, mousepad, defter kitap, telefon...”

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler; istedikleri dikdörtgenler prizması modelini, prizmanın, en, boy ve yüksekliğini değiştirerek yazdırabilmişlerdir. Ders sürecinde, öğrencilerin yazdırdıkları modeller üzerinden dikdörtgenler prizmasının tanımını ve özelliklerini öğrendiği gözlemlenmiştir. Dikdörtgenler prizmalarının farklı boyutlarda (büyük, küçük, ince gibi) olmasının öğrencilerin dikkatini çektiği görülmüştür. Yazıcıdan yazdırdıkları dikdörtgenler prizmalarına ilk dokundukları anda yaşadıkları deneyimi ve heyecanı arkadaşlarıyla paylaşmışlardır. Öğrencilerden dikdörtgenler prizmasına uygun olmayan bir örnek yazdırmaları istendiğinde öğrenciler dikdörtgenler prizmasının taban yüzeyinde farklı çokgensel bölgeler kullanarak prizma kavramını keşfetmiştir.



Şekil 22. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları uygun olan ve olmayan bazı dikdörtgenler prizması örnekleri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 2’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 2

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım Öznel Tanım	Ö5.6 Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Günlük Hayat Örnekleri	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
	Karşılıklı Yüzler Eşit	Ö5.2,Ö5.6
	Alt ve Üst Tabanları Eşit	Ö5.2
	El Hareketleri ile İfade Etme	Ö5.2, Ö5.4
	Çizip Gösterme (Eş Yan Yüzler)	Ö5.4
	Karşılıklı Yüzler Paralel	Ö5.6
	Üç Farklı Yüz	Ö5.1,Ö5.4
	Köşe Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.7
	Ayrıt Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.7
	Yüz Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.6,Ö5.7
	Yan Yüz Sayısı	Ö5.6
	Taban Sayısı	Ö5.2,Ö5.4,Ö5.6
	Tabanları Dikdörtgensel	Ö5.4,Ö5.6,Ö5.7
	Yan Yüzleri Dikdörtgensel	Ö5.2,Ö5.4
	Yüzleri Dikdörtgensel	Ö5.5,Ö5.6
	Altı Tane Dikdörtgenin Birleşmesi	Ö5.3, Ö5.4
	Nesne Üzerinde Anlatma	Ö5.5
	Temel Elemanları	Ö5.5
	Özel Durumları	Ö5.1,Ö5.5
	İsimlendirilmesi	Ö5.1
	Dikdörtgenin Üç boyutlu Hali	Ö5.3,Ö5.4
	Üç Boyutlu Cisim	Ö5.4
	Prizma	Ö5.5
	Kare- Dikdörtgen	Ö5.6
	Yan Yüz	Ö5.7

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde Ö5.6'nın hem formal tanım hem öznel tanım kullandığı görülmüştür. Ö5.6 hem kavram imajlarını (6 yüzü vardır 4 yan yüzü vardı. İki tabanı...) kullanmış hem de birebir formal kavram tanımını kullanmıştır.

Ö5.6: Öğretmenim mesela dikdörtgenlerden oluşuyor. Bütün yüzleri dikdörtgen. Bütün yüzleri dikdörtgendir karşılıklı yüzleri birbirine eşittir ve paraleldir bunları aklıma geliyor. 6 yüzü vardır. 4 yan yüzü vardı. İki tabanı vardır öğretmenim. Tabanı dikdörtgenden oluşur.

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Ö5.2 ve Ö5.5'in öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Örneğin; Ö5.2 öznel tanımında hem kavrama ait imajını hem de formal tanımda yer alan “karşılıklı yüzler eşittir” ifadesini kullanmıştır.

Ö5.2: alt ve üst taban var ve karşılıklı yüzeyleri eşittir.(Öğrenci eli ile karşılıklı yüzleri gösterir.)

Ö5.5: Hocam dikdörtgenler prizması her yüzeyi dikdörtgen olan bir prizmadır. (Öğrenci eline örnek alır ve üstünde gösterir).



Şekil 23. Ö5.5 dikdörtgenler prizmasını anlatırken

Kavram tanımı temasında Ö5.6 formal tanım ve öznel tanım kullanırken Ö5.2 ve Ö5.5'in öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Diğer öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Öğrencilerin formal tanımdan etkilenmeden yaptıkları öznel tanımlarının daha çok derste öğrendikleri bilgilerden oluştuğu görülmüştür.

Ö5.1: 12 ayrıtı 8 köşesi 6 tane de yüzü vardır ve bu kare prizma ve küp içinde aynıdır. Küpün tüm yüzeyleri eşittir. Kare prizmanın iki farklı yüzü vardır dikdörtgenler prizmasının da üç farklı yüzü vardır.

Ö5.3: 6 dikdörtgenden oluşur oluşur 8 köşesi vardır ve 12 ayrıtı vardır.

Ö5.4: 6 tane dikdörtgenin birleşmesi Dikdörtgenler prizmasını bir kişi anlat dese onun 12 tane ayrıtı olan 6 tane yüzü olan iki tane tabanı olan bir 3D cisim derim öğretmenim.

Ö5.7: Öğretmenim tabanları dikdörtgenden oluşuyor ondan sonra 6 tane yüzü var ondan sonra 8 tane köşesi var 12 tane ayrıtı var bunlar geliyor aklıma bir de yan yüzleri.

Kavram imajı teması altında öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin hepsinin dikdörtgenler prizması kavramına ait kavram imajlarına sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Beşinci sınıf öğrencilerinin kavram imajlarında en çok “günlük hayat örnekleri”, “yüz sayısı” ve “ayrıt sayısı”nın olduğu görülmüştür.

Ö5.1: Telefon geliyor klavyem geliyor tablet geliyor cam geliyor.

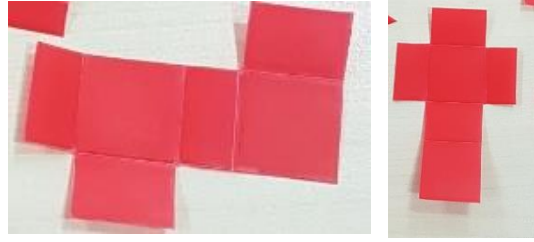
Ö5.2: Öğretmenim mesela buzdolabı geliyor.

Ö5.4: Dikdörtgen ve onun üç boyutlu hali geliyor.

Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizmasına dair kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin dikdörtgenler prizmasına ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir. Öğrencilere bilişsel bir görev verdiğimizde (tanımlama) ilk akıllarına gelen, dikdörtgenler prizmasına ait kavram imajları olmuştur. Ö5.2 formal tanım ve öznel tanım kullanırken Ö5.5 ve Ö5.6’nın öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Diğer öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Öğrencilerin kavram imajlarında en çok günlük hayat örneklerinin, yüz sayısının ve ayrıtı sayısının olduğu görülmüştür.

- **Açınım**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde açınım modelleri yazdırmanın öğrencilerin dikkatini oldukça çektiği gözlemlenmiştir. Bazı öğrencilerin; dikdörtgenler prizmasının üç farklı yüzü ve taban kenarlarının uzunlukları ile yan yüzlerin kenar uzunlukları arasındaki ilişkiyi (ayrıt uzunlukları), 3B yazıcıdan yazdırdıkları açınım örnekleri üzerinden kendilerinin kavradıkları fark edilmiştir. Bazı öğrenciler; derste yazdırdıkları farklı dikdörtgenler prizması açınımları ile tabanların konumu değiştirerek farklı açınım örneklerini yazdırabileceğini keşfetmiştir. Bu keşif sayesinde de ayrıtı uzunluklarını fark etmişlerdir. Tabanların konumunu değiştirirken nelere dikkat etmeleri gerektiğini kavramışlardır. Yazdırdıkları açınım kartları sayesinde dikdörtgenler prizmalarının açınımlarını ve kapalı hallerini deneyerek keşfettileri ve öğrenmelerini kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir. Açınım kartları zaman tasarrufu sağlamak amacıyla 0,5 cm kalınlığında yazdırılmıştır. İnce olması sebebiyle bazı açınım kartlarında kopmalar meydana gelmiştir.



Şekil 24. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları dikdörtgenler prizması açınım örnekleri

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasına ait ikinci bilişsel görevde (açınım) açınımlarını çizimleri ve çizimlerini anlatmaları istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş oldukları açınım örnekleri incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3

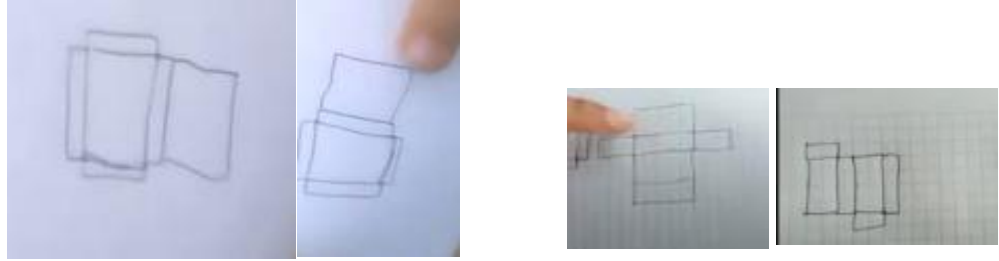
Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması açınım çizimlerinin incelenmesi

Temalar	Kodlar		Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım		Ö5.1,Ö5.2,Ö5.5,Ö5.7
	Karşılıklı Yüzler	Eş Eş Değil	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.5,Ö5.7 Ö5.3,Ö5.4,Ö5.6
	Farklı Yüz Sayısı	Üç Farklı Yüz Uygun Değil	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.5,Ö5.7 Ö5.3, Ö5.4, Ö5.6
Kavram İmajı	Ayrıt Uzunlukları	Uygun Uygun Değil	Ö5.1,Ö5.5,Ö5.7 Ö5.2,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.6
	Farklı Yan Yüz Sayısı	İki Farklı Yan Yüz Uygun Değil	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.5,Ö5.7 Ö5.3, Ö5.4, Ö5.6
	Tabanların Konumu	Uygun Uygun Değil	Bütün Öğrenciler -
	Yan Yüzler Büyük- Küçük		Ö5.2
	Toplam Altı Yüzey		Bütün Öğrenciler
	İki Taban		Bütün Öğrenciler
	Dört Yan Yüz		Bütün Öğrenciler
	Taban Dikdörtgensel		Bütün Öğrenciler
	Yan Yüzler Dikdörtgensel		Bütün Öğrenciler

Öğrenci çizimleri incelendiğinde öğrencilerin hepsinin çizimlerinde “yüz sayısı”, “taban sayısı” ve “yan yüz sayısı”nın doğru çizilmiş olduğu gözlemlenmiş ve bütün yüzler “dikdörtgensel bölgeler” ile gösterilmiştir.

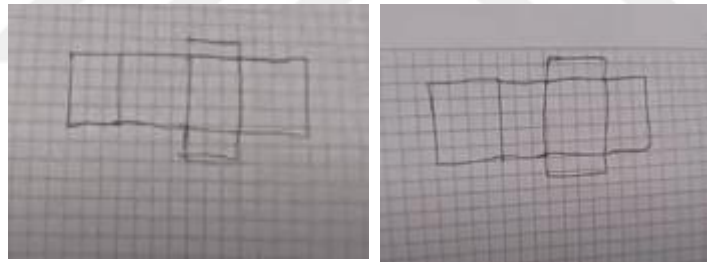
Dikdörtgenler prizması açınım çizimleri arasında en uygun açınım çizimi Ö5.1, Ö5.5 ve Ö5.7 tarafından yapılmıştır. Bu öğrenciler açınım çizimlerinde “karşılıklı yüzler eş”, “üç

farklı yüz”, “ayrıt uzunlukları”, “tabanların konumu” ve “iki farklı yan yüz” imajlarının hepsine dikkat etmiştir.



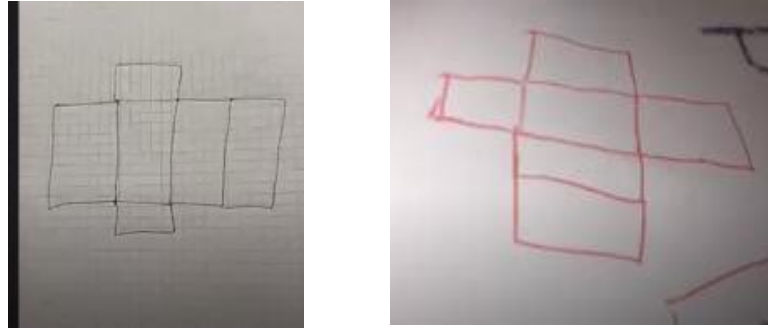
Şekil 25. Ö5.1 ve Ö5.5’in dikdörtgenler prizması açınım çizimleri

Öğrencilerin açınım çizimlerine bakıldığında Ö5.1, Ö5.2, Ö5.5 ve Ö5.7’nin çizimleri kavram tanımına uygun bulunmuştur. Buna rağmen Ö5.2’nin çizimi tam doğru bulunamamıştır. Bu öğrencinin çiziminde taban kenarlarının yan yüz kenarları ile ilişkisi uygun bulunmamıştır. Ö5.2 karşılıklı yüzlerin eşit olması gerektiğine ve üç farklı yüzü olduğuna açınım çiziminde dikkat ederken ayrıt uzunluklarına dikkat etmemiştir. Ö5.2 çizim yaparken yan yüzlerin büyük – küçük ya da küçük-büyük olarak çizilmesi gerektiğine dikkat ettiğini belirtmiştir.



Şekil 26. Ö5.2’in dikdörtgenler prizması açınım çizimleri

Ö5.3, Ö5.4 ve Ö5.6 karşılıklı yüzlerin eşit olmasına, üç farklı dikdörtgensel bölge olmasına ve ayrıt uzunluklarına çizimlerinde dikkat etmemiştir. En az kavram imajı kullanarak açınım çizimi yapan öğrenciler Ö5.3, Ö5.4 ve Ö5.6’dır. Ö5.6 karşılıklı yüzlerin eşit olduğunu birinci bilişsel görevde hatırlasa bile açınım örneği üzerinde yan yüzlerin hepsini eş dikdörtgensel bölgeler ile göstermiştir. Ö5.4 dikdörtgenler prizmasının üç farklı yüzü olduğunu birinci bilişsel görevde hatırlasa da açınım örneği çizerken bu imajını kullanmadığı görülmüştür.



Şekil 27. Ö5.6 ve Ö5.3'ün dikdörtgenler prizması açılım çizimleri

- **Yüzey Alanı Hesabı**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler daha önceki derslerde yazdırdıkları dikdörtgenler prizması modellerini ve açılım modellerini kullanarak yüzey alanlarını hesaplamışlardır. 3B yazıcı ile yazdırdıkları açılım modellerinin öğrencilerin yüzey alanı hesabını daha iyi anlamalarını sağladığı gözlemlenmiştir çünkü öğrenciler açılım modellerini tasarlayıp yazdırdıklarında dikdörtgenler prizmasının üç farklı yüzü olduğunu ve her yüzeyden iki tane olduğunu keşfetmişlerdir.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasına ait üçüncü bilişsel görevde prizmaların yüzey alanlarını hesaplamaları istenmiştir. Öğrencilerin yapmış oldukları yüzey alanı hesaplamaları incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasında yüzey alanı hesaplamalarının incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Karşılıklı Yüzler Eşit Her Yüzeyden İki Tane Ayrıt Uzunluklarını Doğru Yerleştirme Karşılıklı Ayrıt Uzunlukları Eşit Üç Farklı Yüz Yüzler Dikdörtgensel Tabanların Alanı Yan Yüzlerin Alanı Tüm Yüzlerin Alanları Toplamı Çizim Üzerinde Gösterme	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler

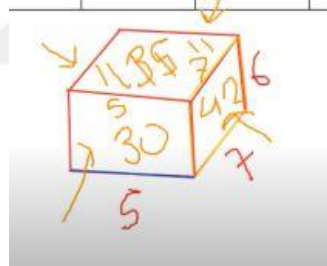
Tablo 4 incelendiğinde dikdörtgenler prizmasının yüzey alanları hesaplamalarında öğrencilerin kavram tanımı ile tutarlı bir imajları olduğu ve yaptıkları yüzey alanı hesaplamalarında “karşılıklı yüzlerin eşit”, “ayrıt uzunluklarını doğru yerleştirme”, “üç farklı

yüz”, “taban alanı”, “yan yüzlerin alanı” ve “tüm yüzeylerin alanları toplamı” imajlarını kullandıkları görülmüştür. Ö5.3 yüzey alanı hesabını hatırlayamadığını belirtmiştir.

Öğrencilerin yüzey alanı hesabının “tüm yüzlerin alanları toplamı” olduğunu bildiği görülmüştür. Yüzey alanı hesaplarını yaparken bütün öğrenciler her bir farklı yüzeyin alanını bulmuşlardır. Hiçbir öğrenci bütün yüzlerin alanını tek tek hesaplamamış karşısındaki yüzün eşit olduğu imajını kullanmıştır. Kimi öğrenci farklı olan üç yüzeyinin alanını bulup toplayıp iki ile çarparken kimi öğrenci de bulduğu yüzeyin alanını iki ile çarpıp en son çıkan sonuçları toplamıştır. Öğrencilere neden iki ile çaptıkları sorulduğundan öğrenciler “karşılıklı yüzlerin eşit” olduğu tanım bilgisini belirtmişlerdir. Öğrenciler tanım bilgilerinin üstüne kendi imajlarıyla üç farklı yüzü olduğu ve her yüzün iki tane olduğu bilgilerini eklemişlerdir.

Ö5.1: Öğretmenim 7×6 yapacağım bir tanesini bulmak için $7 \times 6 = 42 \times 2 = 84$ iki tane olduğu için $5 \times 6 = 30 \times 2 = 60$, $7 \times 5 = 35 \times 2 = 70$ en son $144 + 70 = 214$.

Ö5.4: Öğretmenim ilk söylemek gerekirse bunla bunu çarpar yan yüzü bulurum $6 \times 7 = 42$. Sonra bununla bunu çarparım. (öğrenci taban alanını bulur) $5 \times 7 = 35$ şimdi tabanı bulduk. Şimdi de 5 ile 6'yı çarpacağız 30. Toplarız 107. Sonra da 2 ile çarpacağız her yüzeyden iki tane var 214.



Şekil 28. Ö5.7 dikdörtgenler prizmasının yüzey alanı hesabını yaparken

- **Uyandırılmış İmajlar**

Üç bilişsel görev esnasında beşinci sınıf öğrencilerin kullandıkları imajlara Tablo 5’ de yer verilmiş ve hangi bilişsel görevde hangi öğrencinin hangi imajının uyandırıldığı gösterilmiştir.

Tablo 5

Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev (Tanımlama)	2. Bilişsel Görev (Açınım)	3. Bilişsel Görev (Yüzey Alanı)
Karşılıklı Yüzler Eşit	Ö5.2, Ö5.6	Ö5.1, Ö5.2, Ö5.5, Ö5.7	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Karşılıklı Yüzler Paralel	Ö5.6	-	-

Üç Farklı Yüz	Ö5.1, Ö5.4	Ö5.1, Ö5.2, Ö5.5, Ö5.7	Ö5.3 Hariç Öğrenciler	Bütün
İki Farklı Yan Yüz	-	Ö5.1, Ö5.2, Ö5.5, Ö5.7	Ö5.3 Hariç Öğrenciler	Bütün
Yüz Sayısı	Ö5.1, Ö5.3, Ö5.4, Ö5.6, Ö5.7	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Öğrenciler	Bütün
Yan Yüz Sayısı	Ö5.6	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Öğrenciler	Bütün
Taban Sayısı	Ö5.2, Ö5.4, Ö5.6	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Öğrenciler	Bütün
Ayrıt Uzunlukları	-	Ö5.1, Ö5.5, Ö5.7	Ö5.3 Hariç Öğrenciler	Bütün

Öğrencilerin dikdörtgenler prizması için ilk bilişsel görevde vermiş oldukları cevaplara bakıldığında Ö5.2 ve Ö5.6 karşılıklı yüzlerin eşit olduğunu Ö5.1 ve Ö5.4 ise üç farklı yüzü olduğunu söylemiştir. Bu iki imajı açınım çizimlerinde kullanan öğrenciler ise Ö5.1, Ö5.2, Ö5.5 ve Ö5.7 olmuştur. Üçüncü bilişsel görevde Ö5.3 hariç bütün öğrenciler karşılıklı yüzler eşit ve üç farklı yüzü olduğu imajını kullanmışlardır. Açınım çizimlerinde dikdörtgenler prizmasının ayrit uzunluklarına sadece Ö5.1, Ö5.5 ve Ö5.7 dikkat ederken kapalı bir prizma örneği üzerinde ise Ö5.3 hariç bütün öğrenciler ayrit uzunluklarını doğru yerleştirmişlerdir. Karşılıklı yüzler paralel imajı bütün bilişsel görevlerde en az kullanılan imaj olmuştur.

4.1.2. Kare Prizma Kavramına Dair İmajları ve Tanımları

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma kavramına dair kavram imajları ve tanımları üç bilişsel görev ile incelenmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilerin kare prizma denilince akıllarına ne geldiğine (tanımlama) bakılmıştır. İkinci bilişsel görevde kare prizma açınım çizimleri incelenmiş ve üçüncü bilişsel görevde kare prizmanın yüzey alanı hesaplamaları değerlendirilmiştir. Tüm bunlardan sonra bu üç bilişsel görev içinde (hangi imajların kullanıldığı) uyandırılmış kavram imajlarına bakılmıştır.

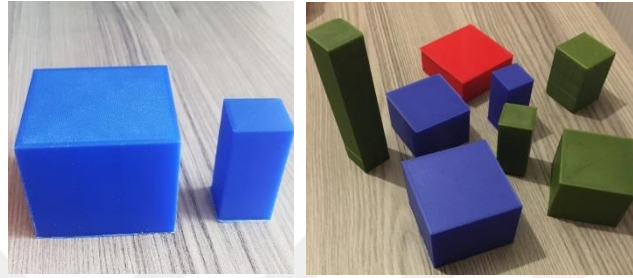
- **Tanımlama**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce ilk ders öğrencilere kare prizma kavramı sorulmuştur. Gelen öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin daha çok günlük hayattan örnekler verdikleri ve kavram imajlarını kullandıkları görülmüştür. Öğrencilerin soruya cevap vermekte güçlük çektikleri görülmüştür.

Öğrenci Cevaplarından Alıntılar: “Kare, kutu, buzdolabı, prizma, köşe, her şey olabilir, küp...”

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler, istedikleri kare prizma modelini, prizmanın, en, boy ve yüksekliğini değiştirerek yazdırabilmişlerdir. Ders sürecinde, öğrencilerin yazdırdıkları modeller üzerinden kare prizmanın tanımını ve özelliklerini

öğrendiği gözlemlenmiştir. Oluşturdukları modellerde tabanların karesel bölge olmasına dikkat ettikleri için bütün öğrencilerin tabanların karesel bölge olduğunu iyi kavradığı gözlemlenmiştir. Öğrenciler yazdırdıkları dikdörtgenler prizması ile kare prizma modellerini kullanarak bunların aynı ve farklı olan özelliklerini rahat bir şekilde gözlemleyebilmiştir. Bazı öğrenciler, kare prizmanın yan yüzlerinin kare olup olmayacağını sorgulayarak küpün de bir kare prizma olabileceği çıkarımını yapabilmışlerdir.



Şekil 29. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı kare prizma örnekleri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 6'da sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 6

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
	Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Ayrıt Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.5,Ö5.7
	Köşe Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.5,Ö5.7
	Yüz Sayısı	Ö5.1,Ö5.5,Ö5.3
	İki Farklı Yüz	Ö5.1,Ö5.4
	Karşılıklı Yüzler Eşit	Ö5.1
	İki Taban	Ö5.2,Ö5.5
	Tabanlar Eşit	Ö5.2, Ö5.7
	Yan Yüzler Eşit	Ö5.2
	İki Kare	Ö5.3
	Dört Dikdörtgen	Ö5.3
	Yan Yüzleri Dikdörtgensel Bölge	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6, Ö5.7
	Yan Yüzleri Karesel (Taban)	Ö5.7
	Tabanları Karesel Bölge	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6,Ö5.7
	El Hareketleri ile İfade Etme	Ö5.1
	Nesne Üzerinde Anlatma	Ö5.4
	İsimlendirme	Ö5.1
	Günlük Hayat Örnekleri	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.5
	Temel Elemanları	Ö5.5
	Dikdörtgenler Prizmasının Hali	Ö5.1,Ö5.2
	Dünya Gibi Bir Şey	Ö5.4

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı ve hiçbir öğrencinin birebir formal tanım kullanmadığı görülmüştür. Öznel tanımlar içerisinde Ö5.3 hariç bütün öğrencilerin tanımlamalarının formal tanımdan etkilendiği görülmüştür.

Ö5.1: Kare prizma yanları dikdörtgen ama tabanları karedir. Tabanları kare olduğu için de onun adı kare prizmadır.

Ö5.7: Öğretmenim kare prizmanın üst ve alt tabanları birbirine eşit ve karesel bölgeden oluşur diğer yan bölgelerde dikdörtgenden oluşur.

Ö5.4: Yanları dikdörtgensel bölgeler. Üstleri dikdörtgenleri tamamlayacak şekilde kare. İki farklı yüzeyi var.

Öğrencilerin öznel tanımlarında en çok “yan yüzleri dikdörtgensel bölge” ve “tabanları karesel bölge” imajının olduğu görülmüştür. Ö5.7 görüşme başında tabanları karesel bölge yerine yan yüzleri karesel imajını kullanmıştır. Öğrenci ile görüşmeye devam edildikten sonra öğrenci bu imajını taban karesel olarak değiştirmiştir.

Öğrencilerin kavram imajlarında “temel elemanları”nın ve “günlük hayat örnekleri”nin yer aldığı görülmüştür. Ö5.3 kare prizmayı tanımlamak için daha çok temel özelliklerinden bahsetmiştir. Ö5.3’ün öznel tanımının kavramın formal tanımından etkilenmediği görülmüştür.

Ö5.3: Öğretmenim aklıma buzdolabı geliyor nesnelerden şöyle anlatayım bir de kare prizma da 2 kare vardır 4 dikdörtgen vardır sekiz köşe 12 ayrıt.



Şekil 30. Ö5.5 kare prizmayı anlatırken

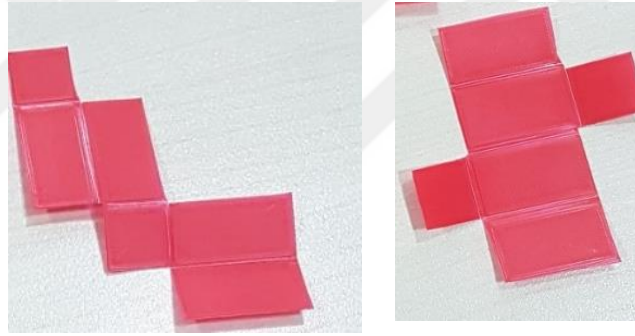
Kavram imajlarında Ö5.4’ün kare prizmayı Dünya’ya benzeterek anlatmaya çalıştığı görülmüştür. Öğrenci bildiği bir cisim üzerinde değişiklik yaparak bu cismi kare prizmaya benzetebileceğini ifade etmiştir. Öğrenci burada sadece tabanların karesel bölge olmasına odaklanmıştır.

Ö5.4: Dünya gibi bir şey geliyor ama böyle dünyanın üstlerden basık yanlardan şişkin gibi. Dünyayı biraz bastırırsak üstleri dümdüz olacak ve kareye benzeyecek.

Beşinci sınıf öğrencilerinin kare prizma kavramına ait imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin kare prizma kavramına ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir. Öğrencilere bilişsel bir görev verdiğimizde (tanımlama) formal tanımdan etkilenecek oluşturdukları öznel tanımlarını ve kavram imajlarını kullandıkları görülmüştür. Ö5.3 hariç öğrencilerin öznel tanımlarının, kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Öğrencilerin en çok kullandıkları imajların “yan yüzlerin dikdörtgensel bölge” ve “tabanların karesel bölge” imajı olduğu görülmüştür.

- **Açınım**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde açınım modelleri yazdırmanın öğrencilerin oldukça dikkatini çektiği gözlemlenmiştir. Kare prizmanın iki farklı yüzü olduğu imajını 3B yazıcıdan yazdırdıkları açınım örnekleri üzerinden kavradıkları fark edilmiştir. Bazı öğrenciler kare prizmanın yan yüzlerinin eş olduğunu keşfetmiştir. Bazı öğrenciler derste yazdırdıkları farklı kare prizma açınımları ile tabanların konumu değiştirerek farklı açınım örneklerini yazdırabileceğini keşfetmiştir.



Şekil 31. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı kare prizma açınım örnekleri

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizmaya ait ikinci bilişsel görevde (açınım) açınımlarını çizmeleri ve çizimlerini anlatmaları istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş oldukları açınım örnekleri incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 7’ de gösterilmiştir.

Tablo 7

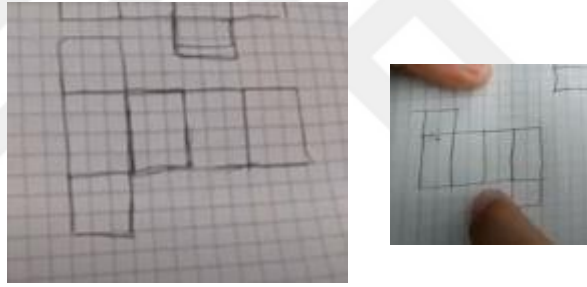
Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma açınım çizimlerinin incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
Kavram İmajı	Taban	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6,Ö5.7
	Eş	Ö5.3
	Eş değil	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
	Eş Değil	Ö5.3, Ö5.7
Farklı Yüz Sayısı	İki farklı yüz	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
	Uygun Değil	Ö5.3,Ö5.7

Ayrıt Uzunlukları	Uygun	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
	Uygun Değil	Ö5.3,Ö5.7
Tabanların Konumu	Uygun	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6, Ö5.7
	Uygun Değil	Ö5.3
Altı Yüz		Bütün Öğrenciler
İki Taban		Bütün Öğrenciler
Dört Yan Yüz		Bütün Öğrenciler
Taban Karesel		Bütün Öğrenciler
Yan yüzler Dikdörtgensel		Bütün Öğrenciler
Yan Yüzler Dar - Uzun		Ö5.7

Öğrenci çizimleri incelendiğinde bütün öğrencilerin çizimlerinde “yüz sayısı”, “taban sayısı”, “yan yüz sayısı”nın doğru çizilmiş olduğu görülmüş ve tabanların karesel bölgelerle yan yüzlerin ise dikdörtgensel bölgelerle gösterilmiş olduğu görülmüştür.

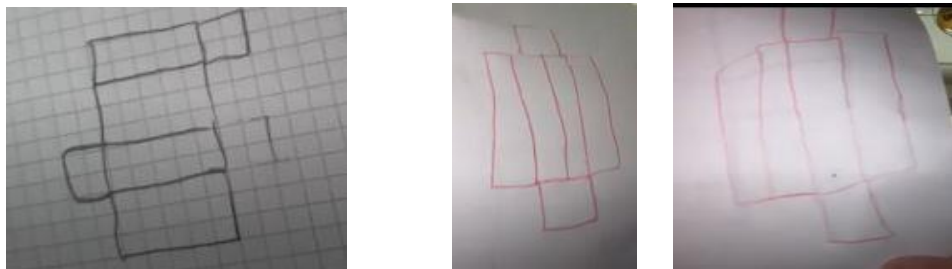
Kare prizma açınım çizimleri arasında en uygun açınım çizimi Ö5.1, Ö5.2, Ö5.4, Ö5.5 ve Ö5.6 tarafından yapılmıştır. Bu öğrenciler açınım çizimlerinde “tabanlar eş”, “yan yüzler eş”, “ayrıt uzunlukları” ve “tabanların konumu” gibi imajların hepsine dikkat etmiştir.



Şekil 32. Ö5.2 ve Ö5.5'nin kare prizma açınım çizimleri

Ö5.1: öğretmenim bir tane çizdim bunlar kare dikdörtgen bu karelerin yerleri değişerek bayağı bir çıkabilir şimdi çok vakit harcamayalım.

Öğrencilerin açınım çizimlerine bakıldığında Ö5.1, Ö5.2, Ö5.4, Ö5.5, Ö5.6'nın kavram tanımına uygun çizim yaptığı görülmüştür. Ö5.3 ve Ö5.7'nin çizimlerinde eksik imajlar tespit edilmiştir. Ö5.3 ve Ö5.7 formal tanım ifadesinde yer alan tabanları eş ve yan yüzleri eş durumuna dikkat etmemiştir. Ö5.7'nin dikdörtgenler prizması açınımını genelleyerek kare prizma açınımında iki farklı yan yüz çizdiği görülmüştür. Ö5.7'ye yan yüzleri neden bu şekilde çizdiği sorulduğunda öğrenci “Bir uzun bir dar yapıyorduk.” diye cevap vermiş ve kenar uzunluklarının eşitliğine dikkat etmediği görülmüştür.



Şekil 33. Ö5.7 ve Ö5.3'ün kare prizma açınım çizimleri

- **Yüzey Alanı Hesabı**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler daha önceki derslerde yazdırdıkları kare prizma modellerini ve açınım modellerini kullanarak yüzey alanlarını hesaplamışlardır. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları açınım modelleri aracılığıyla yüzey alanı hesabını daha iyi anladıkları gözlemlenmiştir çünkü öğrenciler açınım modellerini tasarlayıp yazdırdıklarında kare prizmanın tabanlarının eş karesel ve dört eş yan yüzü olduğunu kendi yazdırdığı modeller üzerinden öğrenebilmişler ve yüzey alanı hesabını bu imajlarını kullanarak yapabilmışlerdir.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizmaya ait üçüncü bilişsel görevde yüzey alanlarını hesaplamaları istenmiştir. Öğrencilerin yapmış oldukları yüzey alanı hesaplamaları incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizmanın yüzey alanı hesaplamalarının incelenmesi

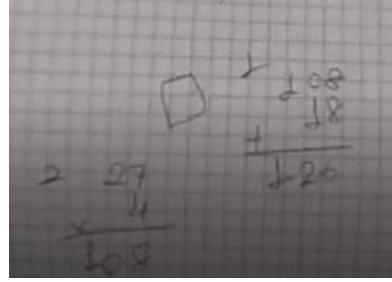
Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Dört Yan Yüz	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Yan Yüzler Eşit	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
	Yan Yüzler Dikdörtgensel	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Taban Karesel	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Karşılıklı Yüzler Eşit	Ö5.7
	İki Eş Taban	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Ayrıt Uzunlukları	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	İki Farklı Yüz	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
	Altı Yüz	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Taban Alanı×2	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Yan Yüz Alanı ×4	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
	Tüm Yüzlerin Alanları Toplamı	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler

Tablo 8 incelendiğinde öğrencilerin kavram tanımı ile tutarlı bir imajları olduğu ve yaptıkları yüzey alanı hesaplamalarında “dört eş yan yüz”, “iki eş taban”, “ayrıt uzunlukları”, “iki farklı yüz”, “taban alanı”, “yan yüzlerin alanı” ve “tüm yüzeylerin alanları toplamı” imajları kullandıkları görülmüştür. Ö5.3 kare prizmanın yüzey alanı hesabını hatırlayamadığını belirtmiştir.

Öğrencilerin yüzey alanı hesabının tüm yüzlerin alanları toplamı olduğunu bildiği görülmüştür. Yüzey alanı hesaplarını yaparken Ö5.3 ve Ö5.7 hariç öğrenciler iki eş taban ve dört eş yan yüz tanım bilgilerini kullanarak hesaplamalarını yapmıştır.

Ö5.1: Öğretmenim ilk önce tabanları bulalım. $3 \times 3 = 9$ tabanları 2 tane $9 \times 2 = 18$, $9 \times 3 = 27$ $27 \times 4 = 108$, $108 + 18 = 126$.

Ö5.5: Hocam ilk önce üst ve alt tabanını bulmak için $2 \times 3 \times 3$ olması gerek sağ ve sol tarafı bulmak için bir de ön ve arkaya $4 \times 9 \times 3$ olması lazım. Toplarsak 126 eder.



Şekil 34. Ö5.2'nin yüzey alanı hesabı

Ö5.7 yüzey alanı hesabı yaparken yan yüzleri eşit tanım bilgisini kullanmayıp karşılıklı yüzleri eşittir imajını kullanarak yüzey alanı hesabı yapmıştır.

Ö5.7: Yüksekliği 9 sa 9 ile 3 ü çarparak yanı buluruz. Sonra o tarafı da 3 ile 3'ü çarparak buluruz (öğrenci tabanları gösterir). Tekrar 9 ile 3'ü çarpıcaz 27 oluyor. 9'un karşısındaki yine 9 oluyor 27'nin karşısındaki 27 oluyor.

- **Uyandırılmış İmajlar**

Üç bilişsel görev esnasında beşinci sınıf öğrencilerinin kullandıkları imajlara Tablo 9'da yer verilmiş ve hangi bilişsel görevde hangi öğrencinin hangi imajının uyandırıldığı gösterilmiştir.

Tablo 9

Beşinci sınıf öğrencilerinin kare prizma için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev (Tanımlama)	2.Bilişsel Görev (Açınım)	3. Bilişsel Görev (Yüzey Alanı)
Yüz Sayısı	Ö5.1,Ö5.3, Ö5.5	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
İki Farklı Yüz	Ö5.1,Ö5.4	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
İki Taban	Ö5.2,Ö5.5	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Tabanlar Eş	Ö5.2,Ö5.7	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler	Bütün Öğrenciler
Yan Yüzler Eşit	Ö5.2	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6
Yan Yüzleri Dikdörtgensel Bölge	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Tabanları Karesel Bölge	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Ayrı Uzunlukları	-	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler

Kare prizmayı anlatmaları istendiğinde Ö5.1 ve Ö5.4 iki farklı yüzü olduğunu ifade etmiş ve çizimlerinde de bu iki farklı yüzü çizmişlerdir. Ö5.2, Ö5.5 ve Ö5.6 ise açınım çizimlerini yaparken iki farklı yüzü olması gerektiği imajını uyandırmıştır. Ö5.3 ile Ö5.7 hariç öğrencilerin hepsi yüzey alanı hesabı yaparken iki farklı yüz imajını kullanmışlardır. Yan yüzlerin eşit olduğunu Ö5.2 görüşme başında hatırlarken Ö5.1, Ö5.4, Ö5.5 ve Ö5.6 bunu açınım çizimleri ve yüzey alanı hesabı yaparken kullanmıştır. Açınım çizimi yaparken Ö5.1, Ö5.2, Ö5.4, Ö5.5 ve Ö5.6 ayrıt uzunluklarına dikkat ederken yüzey alanı hesaplarken Ö5.3 hariç öğrencilerin hepsi ayrıt uzunluklarını doğru yerleştirmiştir.

4.1.3. Küp Kavramına Dair İmajları ve Tanımları

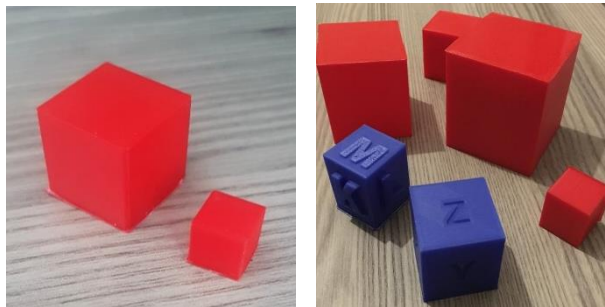
3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına dair kavram imajları ve tanımları üç bilişsel görev ile incelenmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilerin küp denilince akıllarına ne geldiğine (tanımlama) bakılmıştır. İkinci bilişsel görevde küp açınım çizimleri incelenmiş ve üçüncü bilişsel görevde küpün yüzey alanı hesaplamaları değerlendirilmiştir. Tüm bunlardan sonra bu üç bilişsel görev içinde (hangi imajların kullanıldığı) uyandırılmış kavram imajlarına bakılmıştır.

- **Tanımlama**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce ilk ders öğrencilere küp kavramı sorulmuştur. Gelen öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin daha çok günlük hayattan örnekler verdiği ve kavram imajlarını kullandığı görülmüştür.

Öğrenci Cevaplarından Alıntılar: “zekâ küpü, kare, her yeri aynı, eşit...”

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler; istedikleri küp modelini, en, boy ve yüksekliği değiştirerek yazdırabilmişlerdir. Öğrenciler en, boy ve yüksekliğin aynı olması gerektiğini kavramıştır. Öğrencilerin ders sürecinde yazdırdıkları modeller üzerinden küp tanımını ve özelliklerini öğrendiği gözlemlenmiştir. 3B yazıcıdan yazdırdıkları dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp modellerini kullanarak bunların benzer ve farklı yönlerini keşfetmişlerdir. Öğrencilerin ellerinde kendi yazdırdıkları modellerin olması karşılaştırma yapmalarını ve öğrenmeleri kolaylaştırmıştır.



Şekil 35. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı küp örnekleri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 10’da sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 10

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö5.2
	Öznel Tanım	Ö5.2 Hariç Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Ayrıt Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.5,Ö5.7
	Köşe Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.5,Ö5.7
	Yüz Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.5
	Yüzleri Karesel Bölge	Ö5.2,Ö5.4,Ö5.5,Ö5.6,Ö5.7
	Altı Karenin Birleşmesi	Ö5.3, Ö5.4
	Tüm Yüzler Eşit	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4
	Karşılıklı Yüzler Eşit	Ö5.1, Ö5.7
	Günlük Hayat Örnekleri	Ö5.3, Ö5.4
	El hareketleri ile Anlatma	Ö5.5
	Dikdörtgenler Prizmasının Özel Hali	Ö5.1,Ö5.2
	Açınımları	Ö5.4,Ö5.7
	11 Farklı Açınım	Ö5.4
	Temel Elemanları	Ö5.5
	Tabanları Eş	Ö5.7
	Bütün Kenarları Eşit (Yüzey)	Ö5.7
	Altı Kare Var	Ö5.3

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde Ö5.2’nin formal tanımı kullandığı diğer öğrencilerin ise öznel tanım kullandığı görülmüştür.

Ö5.2: Öğretmenim küp denilince tüm yüzeyleri eşit ve karesel bölgelerden oluşuyor.

Ö5.4, Ö5.5, Ö5.6 ve Ö5.7’nin öznel tanımlarının formal tanımdan etkilendiği görülmüştür. Ö5.7’nin bütün kenarları eşit imajı ile anlatmaya çalıştığı imajın bütün yüzeyleri eş imajı olduğu görüşmeye devam edildiğinde anlaşılmıştır.

Ö5.6: Öğretmenim bütün yüzleri kare.

Ö5.4: Aklıma küp geliyor öğretmenim 6 tane karenin birleşmesi 6 tane karesel bölgenin birleşmesi geliyor. Açınımların bir tanesi direkt aklımda nedense ve 11 tane açınımı var. Küpün tüm yüzeyleri eşit tüm karesel bölgeleri eşit.

Kavram tanımı temasında Ö5.2’nin sadece formal tanım kullandığı Ö5.4, Ö5.5, Ö5.6 ve Ö5.7’nin öznel tanımlarının formal tanımdan etkilendiği Ö5.1 ve Ö5.3’ün öznel tanımlarının ise formal tanımdan etkilenmediği görülmüştür. Öğrencilerin kavram imajlarında en çok “yüzleri karesel bölge” imajının olduğu ve bunun ardından temel elemanlarının sayılarının hâkim olduğu görülmüştür.

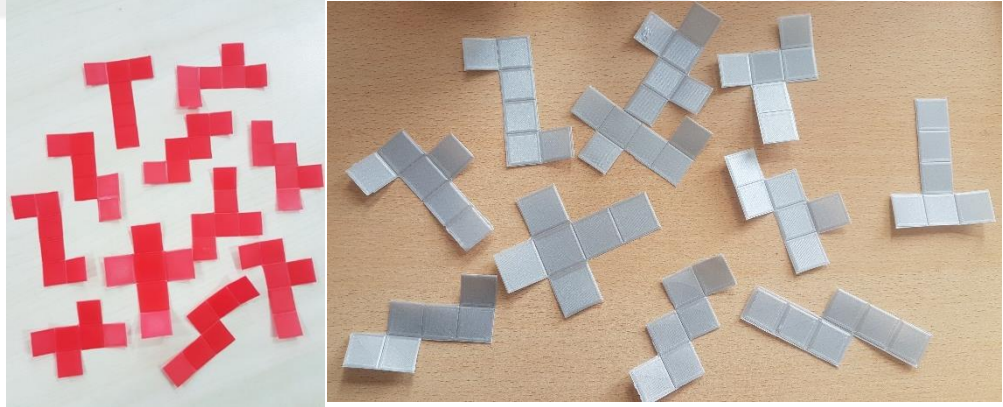
Ö5.1: 12 ayrıtı 8 köşesi 6 tane de yüzü vardır ve bu kare prizma ve küp de de aynıdır.

Ö5.3: zekâ küpü geliyor 6 kare var 8 köşesi 12 ayrıtı var.

Beşinci sınıf öğrencilerinin küp kavramı için kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin küp için kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir. Öğrencilere bilişsel bir görev verdiğimizde (tanımlama) küp kavramı için ilk akıllarına gelen daha çok formal tanımdan etkilenecek yaptıkları öznel tanımları olmuştur. Ö5.2 sadece formal tanım kullanırken Ö5.4, Ö5.5, Ö5.6 ve Ö5.7'nin öznel tanımlarının formal tanımdan etkilendiği Ö5.1 ve Ö5.3'ün öznel tanımlarının ise formal tanımdan etkilendiği görülmüştür. Öğrencilerin kavram imajları arasında en çok “yüzlerin karesel bölge” olduğu imajının yer aldığı görülmüştür.

- **Açınım**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde açınım modelleri yazdırmanın öğrencilerin oldukça dikkatini çektiği görülmüştür. Öğrenciler küp kavramı için farklı tüm açınımları deneyimleyerek sadece ders kitaplarında yer alan örnekler ile sınırlı kalmamıştır. Öğrenciler küpün farklı açınımlarını yazdırmış ve kapalı halinin gerçekten küp olup olmadığını deneyimlemiştir. Ders esnasında yazdırdıkları bütün farklı açınımları birbirleriyle karşılaştırıp benzerlikler kurmayı denemişlerdir. Öğrencilerin küpün farklı açınımlarını çizebildikleri gözlemlenmiştir.



Şekil 36. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları küp açınım örnekleri

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına ait ikinci bilişsel görevde (açınım) küpün açınımlarını çizmeleri ve çizimlerini anlatmaları istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş oldukları açınım örnekleri incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 11’de gösterilmiştir.

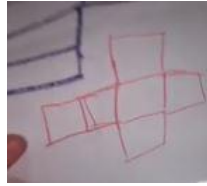
Tablo 11

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp açılım çizimlerinin incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Altı Yüz	Bütün Öğrenciler
	İki Taban	Bütün Öğrenciler
	Dört Yan Yüz	Bütün Öğrenciler
	Karesel Bölgeler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Eş	Ö5.3
	Eş Değil	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Karesel	Ö5.3
	Dikkat	Ö5.3
	Edilmemiş	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
	Yüzler	Ö5.3
Tabanların Konumu	Prototip olmayan açınımlar	Bütün Öğrenciler
		Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler

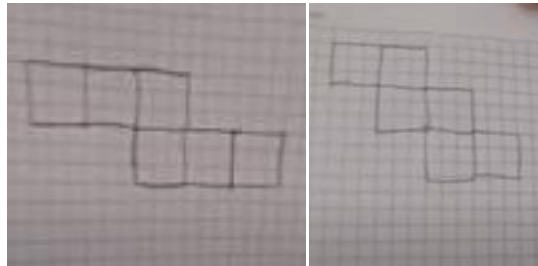
Öğrenci çizimleri incelendiğinde öğrencilerin hepsinin “yüz sayısı”, “taban sayısı”, “yan yüz sayısı” ve “tabanların konumu” imajına dikkat ettiği görülmüştür.

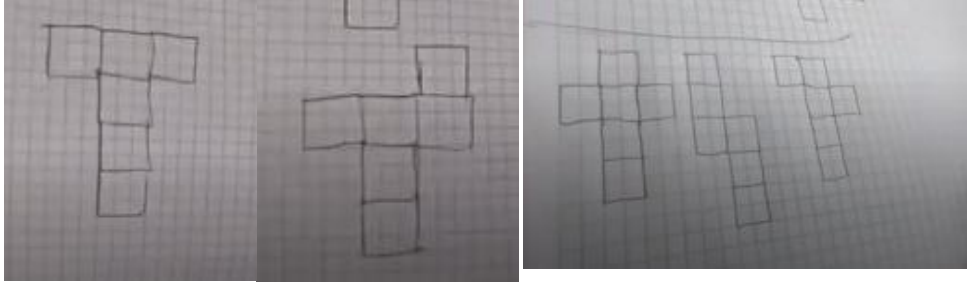
Küp açılım çizimlerinde Ö5.3 hariç bütün öğrencilerin kavramın tanımına uygun çizim yaptığı görülmüştür. Öğrenciler küp açılım çizimlerini eş karesel bölgeleri kullanarak yapmıştır. Ö5.3 çiziminde yüz, taban ve yan yüz sayısı ile tabanların konumu imajını kullanmış yüzeylerin eş karesel bölgeler olduğu imajını ise kullanmamıştır.



Şekil 37. Ö5.3'ün küp açılım çizimi

Öğrencilerin açılım çizimlerinde prototip olmayan örneklerin yer aldığı görülmüştür. Ö5.1, Ö5.2, Ö5.4, Ö5.5 ve Ö5.7 çizimlerinde prototip çizimler ile sınırlı kalmamış akıllarına gelen prototip olmayan açılım örneklerini de çizmişlerdir.





Şekil 38. Ö5.2 ve Ö5.5'in küp açınım çizimleri

- **Yüzey Alanı Hesaplama**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler daha önceki derslerde yazdırdıkları küp modellerini ve açınım modellerini kullanarak yüzey alanlarını hesaplamışlardır. 3B yazıcı ile yazdırdıkları açınım modellerinin öğrencilerin yüzey alanı hesabını daha iyi anlamalarını sağladığı gözlemlenmiştir.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına ait üçüncü bilişsel görevde yüzey alanlarını hesaplamaları istenmiştir. Öğrencilerin yapmış oldukları yüzey alanı hesaplamaları incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küpün yüzey alanı hesaplamalarının incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Yüzler Karesel Tüm Yüzler Eşit Yüzey Sayısı Bir Yüzeyin Alanı Bir Yüzeyin Alanı $\times 6$	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler

Tablo 12 incelendiğinde küpün yüzey alanı hesaplamalarında öğrencilerin kavram tanımı ile tutarlı imajlarının olduğu ve yaptıkları yüzey alanı hesaplamalarında bir “yüzeyin alanı”, “tüm yüzler eşit” ve “bir yüzeyin alanı $\times 6$ ” gibi imajlara sahip oldukları görülmüştür. Ö5.3 yüzey alanı hesabı yapmayı hatırlamadığını belirtmiştir.

Ö5.4: Öğretmenim baktığımızda bir tanesinin alanı 4 yapar 6 tane yüzeyi var yani 24

Ö5.5: Hocam ilk önce 2 ile 2'yi çarparız hocam sonra küpün altı tane yüzeyi aynı olduğu için 6 ile çarparız 24.

- **Uyandırılmış İmajlar**

Üç bilişsel görev esnasında beşinci sınıf öğrencilerin kullandıkları imajlara Tablo 13’de yer verilmiş ve hangi bilişsel görevde hangi öğrencinin hangi imajının uyandırıldığı gösterilmiştir.

Tablo 13

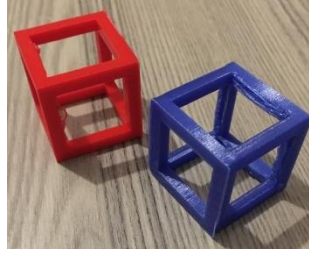
Beşinci sınıf öğrencilerinin küp için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev (Tanımlama)	2.Bilişsel Görev (Açınım)	3. Bilişsel Görev (Yüzey Alanı)
Yüz Sayısı	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.5	Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
İki Taban	-	Bütün Öğrenciler	-
Dört Yan Yüz	-	Bütün Öğrenciler	-
Yüzler Eşit	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.4,Ö5.7	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Yüzleri Karesel	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler	Ö5.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Karşılıklı Yüzler Eşit	Ö5.1, Ö5.7	-	-

Küp kavramına dair ilk bilişsel görevde Ö5.3 hariç öğrencilerin hepsinin küpün tüm yüzlerinin karesel bölgelerden oluştuğu tanımını verdikleri görülmüştür. Görüşme başında sadece Ö5.2, Ö5.4 ve Ö5.7 karesel bölgelerin eş olduğunu belirtmiştir. Açınım çizimlerini yaparken ise Ö5.1, Ö5.5 ve Ö5.6 karesel bölgelerin eş olduğu imajını kullanmışlardır. Ö5.3 hariç bütün öğrenciler küpün yüzey alanını hesaplarken “tüm yüzler eş karesel bölgeler” tanım bilgisini kullanmışlardır. Küp kavramı için bilişsel görevlerde öğrenciler karşılıklı yüzler eşit imajı yerine daha çok tüm yüzler eşit imajını kullanmışlardır.

4.1.4.Dikdörtgenler Prizmasının Temel Elemanlara Dair İmajları ve Tanımları

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler yazdırdıkları dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp modelleri üzerinden kavramların temel elemanlarını incelemiştir. Öğrencilerin özellikle ayırt ve köşe kavramını modeller üzerinde deneyimlemesi, bu kavramları daha iyi anlamalarını sağlamıştır. Ayrıca bu kavramlara ait imajlarını zenginleştirmiştir. Öğrencilerin, ders sürecinde yüzey kavramını açıklamak için daha çok modellerin yüzlerine dokundukları gözlemlenmiştir. Ayırt kavramı ders sürecinde iki yüzün kesiştiği doğru parçası olarak tanımlanırken ders sürecinde öğrencilerden bazılarının köşeleri birleştiren imajını kullanması diğer öğrencileri de etkilemiştir.



Şekil 39. Ayırıt küp modelleri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasının temel elemanları için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 14’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 14

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasının temel elemanlarına ait imajları ve tanımları

Kavram	Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Ayırıt	Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
		Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
	Kavram İmajı	Nesne Üzerinde Gösterme	Ö5.7
		El Hareketleri ile İfade Etme	Ö5.1, Ö5.4
		Köşeleri Birleştiren	Ö5.3
		Ardışık İki Köşeyi Birleştiren	Ö5.2
		İki Köşenin Birleşmesini Ayıran	Ö5.1
		Köşeleri Arasındaki Yer	Ö5.6
		Yüzeyleri Birleştiren	Ö5.5
		Köşeleri Tutan	Ö5.7
		Dik Kenarlar (yatay ve dikey)	Ö5.6
		Ayrıt Sayısı	Ö5.6
		Çizgi	Ö5.1, Ö5.2, Ö5.5
		Havada Olan	Ö5.7
		Yatay Olan	Ö5.7
		Doğru Parçası	Ö5.4
Köşe	Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö5.1
		Öznel Tanım	Ö5.2, Ö5.3, Ö5.4, Ö5.5, Ö5.6, Ö5.7
	Kavram İmajı	Nesne Üzerinde Gösterme	Ö5.5, Ö5.7
		El Hareketleri ile Gösterme	Ö5.1
		Nesne Üzerinde Gösterme	Ö5.5
		Üç Ayrıtın Kesişmesi	Ö5.1, Ö5.2, Ö5.4
		Üç Ayrıtın Birleşmesi	Ö5.2, Ö5.7
		Üç Ayrıtın Oluşturduğu	Ö5.5
		Nokta	Ö5.1
		Dikdörtgenin Köşesi	Ö5.3
		Kenarların Kesiştiği Yer	Ö5.6
		Kenar Kısmı	Ö5.6
		Köşe Sayısı	Ö5.6

		Sivri Uç	Ö5.3
Yüzey	Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
		Öznel Tanım	Ö5.1,Ö5.2,Ö5.3, Ö5.4,Ö5.6,Ö5.7
	Kavram İmajı	Nesne Üzerinde Gösterme	Ö5.5,Ö5.6,Ö5.7
		El Hareketleri ile Gösterme	Ö5.1, Ö5.2, Ö5.6
		Prizmayı Oluşturan Parçalar	Ö5.3
		Dikdörtgensel /Karesel Bölgeler	Ö5.1, Ö5.4
		Altı Yüzü Var	Ö5.2, Ö5.6
		Alt taban ve Üst Taban	Ö5.2
		Karşılıklı Yan Yüzler	Ö5.2
		Adlarını Belirler	Ö5.1
		Yan Taraf	Ö5.1, Ö5.6
		Her Taraf	Ö5.6
		Taban	Ö5.1
		Açınım	Ö5.1
		Gördüğümüz Kısımlar	Ö5.7

- **Ayrıt**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda ayrıt kavramı sorulduğunda öğrencilerin hiçbirinin derste öğretilen formal tanımı birebir kullanmadığı görülmüştür. Öğrenciler formal tanımı kullanmasalar bile ayrıt kavramını anlatabilmek için kendi oluşturdukları tanımları yani öznel tanımlarını aktarmışlardır.



Şekil 40. Ö5.7 ayrıt kavramını anlatırken

Formal tanıma en yakın öznel tanım ifadesini Ö5.5 yapmıştır. Ö5.5 tanım ifadesinde doğru parçası yerine zihninde oluşturduğu çizgi imajını kullanmıştır. Ö5.1, Ö5.2, Ö5.3, Ö5.6 ve Ö5.7 kullandıkları tanım ifadelerinde köşe kavramından yararlanmışlardır.

*Ö5.5: Hocam ayrıt dendiğinde aklıma yüzeyleri birleştiren bir şey gibi geliyor
hocam yüzeyleri birleştiren bir çizgi*

Ö5.3: Köşeleri birleştiren

Ö5.6: Köşeleri arasındaki yer öğretmenim

Ö5.2: Ardışık iki köşeyi birleştiren çizgi

Ö5.1: 2 köşenin birbiriyle birleşmesini ayıran çizgi



Şekil 41. Ö5.1 ayırıt kavramını anlatırken

- **Köşe**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda köşe kavramı sorulduğunda Ö5.1'in derste öğretilen formal tanımını kullandığı görülmüştür. Ancak öğrenciler formal tanım yerine daha çok öznel tanımlarını kullanmışlardır. Ö5.3 hariç öğrencilerin öznel tanımlarında formal tanıma yakın ifadelerin olduğu görülmüştür.

Ö5.1: üç ayrıtın kesiştiği nokta

Ö5.2: Üç ayrıtın birleşmesi ile yani kesişmesi ile oluşan yer

Ö5.5: 3 ayrıtın oluşturduğu



Şekil 42. Ö5.1, Ö5.5 ve Ö5.7 köşe kavramını anlatırken

Ö5.6'nın vermiş olduğu cevaplarda ayırıt ile kenar kavramını karıştırdığı fark edilmiştir. Ö5.6'ya ayırıt kavramı sorulduğunda dik kenarlar imajına sahip olduğu görülmüştür. (Ö5.6: *Öğretmenim kenarlarının kesiştiği yer*). Ö5.6'nın ayırıt kavramı yerine kenar ifadesi kullandığı görülmüştür.

- **Yüzey**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda yüzey kavramı sorulduğunda öğrencilerin hiçbirinin derste öğretilen formal tanımını kullanmadığı görülmüştür. Yalnızca Ö5.3 yüzey kavramına yönelik formal tanıma yakın bir tanımlama yapmıştır.

Ö5.3: O prizmayı oluşturan parçalara denir.

Beşinci sınıf öğrencilerinin çoğu yüzey kavramını anlatmak formal tanımdan etkilenmeden oluşturdukları kavram imajlarını kullanmışlardır. Öğrenciler en çok nesne üzerinde ya da el hareketleri ile göstermeyi tercih etmişlerdir.



Şekil 43. Ö5.5 ve Ö5.7 yüzey kavramını anlatırken

4.2. 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 6. Sınıf Öğrencilerinin Kavram İmajları ve Tanımları

4.2.1. Prizma Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

Altıncı sınıf kazanımları içerisinde prizma kavramı doğrudan yer almamakta iken ders planları hazırlanırken prizma kavramına yer verilmiş ve altıncı sınıf öğrencilerine prizma kavramı ilk ders 3B yazıcıdan yazdırılmış hazır modeller üzerinden anlatılmış ve farklı prizma örnekleri gösterilmiştir. 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda prizma kavramına dair kavram imajları ve tanımları tek bilişsel görev ile incelenmiştir. Bu bilişsel görevde öğrencilerin prizma denilince akıllarına ne geldiklerine (tanımlama) bakılmıştır.

- **Tanımlama**

3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme sürecine başlamadan önce ilk ders öğrencilere prizma kavramı sorulmuştur. Gelen öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin kavram imajlarını kullandıkları ve bu imajların daha çok günlük hayat örneklerinden oluştuğu görülmüştür.

Öğrenci Cevaplarından Alıntılar: “Dikdörtgen Prizması, Kutu, Tahta, Küp, Yatak, Monitör, Yastık, Yazıcı, Tv, Ev, Kapı, Televizyon, Yatak, Telefon, Tablet, Tepsi...”

3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme sürecinde öğrencilere ders öncesinde yazdırılmış hazır prizma örnekleri üzerinden prizma kavramı tanımlanmış ve kavramın özellikleri anlatılmıştır. Prototip olan ve prototip olmayan prizma örnekleri öğrencilere gösterilmiştir. Altıncı sınıf öğrencileri 3B yazıcıdan yazdırılmış modelleri ilk kez bu süreçte görmüştür. Öğrenciler hazır modeller üzerinden bunların benzer ve farklı yanlarını tartışmışlardır. Öğrencilerin ders esnasında prizmaların yan yüzlerinin dikdörtgensel bölgelerden oluştuğu çıkarımını yapabildikleri tespit edilmiştir. Bir diğer fark ettikleri özellik ise prizmaların tabanlarına göre isimlendirilmesi olmuştur.

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda prizma için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 15’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 15

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda prizma kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
	Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Prizma Örnekleri	Ö6.1,Ö6.2,Ö6.3,Ö6.4,Ö6.6,Ö6.8,Ö6.9
	Prototip Olmayan Prizma Örnekleri	Ö6.1, Ö6.3,Ö6.4,Ö6.8
	Günlük Hayat Örnekleri	Ö6.1,Ö6.4,Ö6.8,Ö6.9
	Kapalı Bir Cisim	Ö6.4,Ö6.6,Ö6.8
	Tabanlar Çokgensel	Ö6.1,Ö6.5,Ö6.6,Ö6.9
	En Az Üç Kenardan Oluşan (Taban)	Ö6.2
	Yan Yüzleri Dikdörtgensel	Ö6.1,Ö6.6,Ö6.9
	Yan Tarafları Dikdörtgensel	Ö6.3
	Karşılıklı Yüzler Birbirine Eşit	Ö6.4
	Tabanlar Birbirine Eşit	Ö6.5
	Tabanlar Paralel	Ö6.5
	Taban	Ö6.4,Ö6.5
	Alt ve Üst Taban	Ö6.5
	Yüz	Ö6.4
	Çizgi Çizgi Görebileceğimiz Şeyler (Ayrıt)	Ö6.3
	El Hareketleri ile Gösterme	Ö6.3
	Ayrıt	Ö6.4
	Köşe	Ö6.1,Ö6.4
	İçi Boş	Ö6.2
	Şekil	Ö6.2,Ö6.9
	Hacmi	Ö6.1
	Elimize Alabilme	Ö6.3
	Kare, Üçgen, Dikdörtgen Cisminde Olan	Ö6.5
	Üç Boyutlu	Ö6.8
	Kare, Dikdörtgen, Üçgen	Ö6.7

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Ö6.1, Ö6.4, Ö6.5, Ö6.6 ve Ö6.9’un öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür.

Ö6.4: Prizma denince karşılıklı yüzleri birbirine eş taban ve yüzlerden oluşan ayrıtları ve köşeleri olan kapalı bir cisim

Ö6.5: Mesela prizmalar alt ve üst tabanları birbirine eş ve paralel olan çokgensel bölgelerden oluşur.

Ö6.6: Hocam prizma denilince aklıma tabanları çokgensel bölgelerden oluşan yan yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan kapalı cisimler geliyor.

Ö6.9: Tabanı çokgensel bölgelerden oluşan yan yüzleri de dikdörtgenlerden oluşan şekillere denir prizma

Kavram imajı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin hepsinin prizma kavramına ait kavram imajlarına sahip oldukları görülmüştür. Ö6.2, Ö6.3, Ö6.7 ve Ö6.8'in formal tanımdan etkilenmeden oluşturdukları kavram imajlarını kullanarak prizma kavramını tanımladıkları görülmüştür.

Ö6.2: Prizma denince üçgen prizma, dikdörtgenler prizması, küp en az 3 kenardan oluşur...

Ö6.8: Öğretmenim prizma denilince aklıma üç boyutlu kapalı bir cisim geliyor.



Şekil 44. Ö6.3 prizma kavramını anlatırken

Altıncı sınıf öğrencilerinin kavram imajlarında en çok “prizma örnekleri”, “prototip olmayan prizma örnekleri”, “günlük hayat örnekleri” ve “tabanlar çokgensel” ifadeleri görülmüştür. Öğrencilerin prizma için verdikleri örneklere bakıldığında Ö6.1, Ö6.3, Ö6.4 ve Ö6.8'in örneklerinde prototip olmayan prizma örneklerinin yer aldığı görülmüştür.

Ö6.1: Prizma denince kare prizma küp üçgen prizma sekizgen prizma yirmi gen prizma onlar geliyor.

Ö6.3: Prizma denilince dikdörtgen prizma kare prizma 9gen prizma 11 gen prizma

Ö6.2 prizmaların içi boş olduğundan bahsetmiştir. Burada öğrencinin bahsettiği durum “Prizmaların içi boş mu olur dolu mu olur?” sorusundan ziyade 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde zaman tasarrufu sağlamak amacıyla yazdırılan modellerin %10 doluluk oranı ile yazdırılmasından kaynaklanmıştır.

Altıncı sınıf öğrencilerinin prizma için kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin prizma kavramına ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir. Öğrencilerin kavram imajlarında prizmanın temel elemanlarından, karşılıklı yüzlerin eşit ve paralel olmasından az bahsedildiği görülmüştür.

4.2.2. Dikdörtgenler Prizması Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

Altıncı sınıf öğrencilerine dikdörtgenler prizması kavramı ders öncesinde 3B yazıcıdan yazdırılmış hazır modeller üzerinden anlatılmıştır. 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması kavramına dair kavram imajları

ve tanımları tek bilişsel görev ile incelenmiştir. Bu bilişsel görevde öğrencilerin dikdörtgenler prizması denilince akıllarına ne geldiklerine (tanımlama) bakılmıştır.

3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme sürecinde ders öncesinde yazdırılmış hazır dikdörtgenler prizması örnekleri üzerinden dikdörtgenler prizması kavramı tanımlanmış ve kavramın özellikleri anlatılmıştır.

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 16’da sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 16

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım Öznel Tanım	- Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Yan Yüzleri Dikdörtgensel Tüm Yüzleri Dikdörtgensel Yüzeyleri Dikdörtgensel Tabanları Dikdörtgensel Uzun Tarafı Dikdörtgensel(yan yüz) Yanları Karesel (taban) Üst Taraftaki Yüzler Karesel Köşe Yan Yüzleri Kapalı Karelerden Oluşan Kapalı Bir Cisim Hacmi Şekil Cisim El Hareketleri ile Gösterme Günlük Hayat Örnekleri	Ö6.2,Ö6.5,Ö6.8,Ö6.9 Ö6.4,Ö6.6,Ö6.7 Ö6.5 Ö6.5,Ö6.8,Ö6.9 Ö6.3 Ö6.3 Ö6.2 Ö6.1 Ö6.1 Ö6.1 Ö6.4 Ö6.1 Ö6.1 Ö6.4 Ö6.1 Ö6.4 Ö6.1,Ö6.2,Ö6.3,Ö6.5,Ö6.8 Ö6.9

Kavram tanımı teması öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Öznel tanımlar içerisinde Ö6.4, Ö6.6 ve Ö6.7’nin formal tanıma en yakın öznel tanımlar kullandıkları ama karşılıklı yüzleri eş ve paralel kritik özelliklerini kullanmadıkları görülmüştür. Ö6.5, Ö6.7, Ö6.8 ve Ö6.9’un yaptıkları öznel tanımların da kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür.

Ö6.4: Bütün yüzleri dikdörtgenlerden oluşan kapalı bir cisim dikdörtgenler prizması

Ö6.6: Dikdörtgenler prizması denilince aklıma tüm yüzeyleri dikdörtgendenden oluşan prizmalar geliyor.

Ö6.5: Hocam dikdörtgenler prizmaları dendiğinde yüzeyleri tabanları dikdörtgensel o prizma dikdörtgenler prizması oluyordu.

Ö6.8: Dikdörtgenler prizması tabanları dikdörtgen yan yüzleri de dikdörtgenlerden oluşur.

Ö6.9: Dikdörtgenler prizması taban yüzeyi dikdörtgen yan yüzleri dikdörtgen alan bir prizmadır.

Ö6.1, Ö6.2 ve Ö6.3'ün öznel tanımları formal kavram tanımı ile tutarlı bulunmamıştır. Ö6.1'in dikdörtgenler prizması için karelerden oluşan imajına sahip olduğu görülmüştür. Ö6.2 ve Ö6.3'ün ise tabanların karelerden oluştuğunu ifade ettiği tespit edilmiştir. Ö6.1, Ö6.2 ve Ö6.3'ün dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp ayrımını yapamadıkları görülmüştür. Ayrıca Ö6.2 tabanları yerine üst taraftaki ifadesini kullanmıştır. Ö6.2'nin üst taraftaki ifadesi ile sadece üst tabanı kastetmediği yapılan görüşmede anlaşılmıştır. Ö6.3 yan yüzleri yerine uzun tarafı ifadesini kullanırken tabanları yerine ise yanları ifadesini kullanmıştır. Ö6.3 ile yapılan görüşmede öğrencinin yanları derken aslında tabanları kastettiği anlaşılmıştır.

Ö6.1: Dikdörtgenler prizması dendiğinde karelerden oluşan ve yan yüzleri olan kapalı bir şekildir.

Ö6.2: Yan yüzleri dikdörtgen üst taraftaki yüzlere kareden oluşan bir prizma hocam

Ö6.3: Dikdörtgen prizması uzun tarafı dikdörtgenden oluşuyor yanları ise kareden oluşuyor.

Kavram imajına dair öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin en çok el hareketlerini kullanarak anlatmaya çalıştığı görülmüştür. Öğrencilerin kavram imajlarında uygun olmayan imajlar bulunmuştur. Dokuz öğrenciden üçünün aklına dikdörtgenler prizması kavramı yerine kare prizma geldiği görülmüştür.



Şekil 45. Ö6.3 dikdörtgenler prizmasını anlatırken

Altıncı sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması kavramı için kavram imajlarının her öğrencide kavram tanımı ile tutarlı olmadığı görülmüştür. Öğrencilerin dikdörtgenler prizmasına ait kavram imajlarında uygun olmayan imaj görülmüştür. Öğrencilerin kavram imajları arasında en çok “el hareketleri ile gösterme”, “yan yüzleri dikdörtgensel”, “tüm yüzleri dikdörtgensel” ve “tabanları dikdörtgensel” imajlarının yaygın olduğu görülmüştür. Öğrencilerin karşılıklı yüzler eşit, karşılıklı yüzler paralel ve temel elemanlara ait imajları pek kullanmadığı tespit edilmiştir.

4.2.3. Kare Prizma Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

Altıncı sınıf öğrencilerine kare prizma kavramı ders öncesinde 3B yazıcıdan yazdırılmış modeller üzerinden anlatılmıştır. 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma kavramına dair kavram imajları ve tanımları tek bilişsel görev ile incelenmiştir. Bu bilişsel görevde öğrencilerin kare prizma denilince akıllarına ne geldiklerine (tanımlama) bakılmıştır.

3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme sürecinde ders öncesinde yazdırılmış hazır kare prizma örnekleri üzerinden kare prizma kavramı tanımlanmış ve kavramın özellikleri anlatılmıştır. Öğrenciler dikdörtgenler prizması ve kare prizmanın benzer ve farklı yönlerini tartışmışlardır.

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 17’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 17

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda kare prizma kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
	Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Tabanları Karesel	Ö6.1,Ö6.4,Ö6.6,Ö6.7,Ö6.8,Ö6.9
	Üst Tabanı Karesel	Ö6.3
	Yan Yüzleri Karesel	Ö6.1
	Yanları Dikdörtgensel	Ö6.3,Ö6.4,Ö6.6,Ö6.8,Ö6.9
	Yüzleri Dikdörtgensel	Ö6.7
	Küp Gibi	Ö6.2
	Kapalı	Ö6.1,Ö6.6
	Cisim	Ö6.6
	Şekil	Ö6.1
	El Hareketleri ile Gösterme	Ö6.1,Ö6.3,Ö6.5
	Tüm Yüzleri Karesel	Ö6.2
	Her Tarafı Karesel	Ö6.5

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Ö6.3, Ö6.4, Ö6.6, Ö6.7, Ö6.8 ve Ö6.9’un öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür.

Ö6.4: kare prizması ise tabanları kare yan yüzleri ise dikdörtgenlerden oluşur.

Ö6.6: kare prizma da yan yüzleri yine aynı şekilde dikdörtgenlerden tabanları ise karelerden oluşan kapalı bir cisim geliyor.

Ö6.1, Ö6.2 ve Ö6.5'in özel tanımlarının kavramın formal tanımı ile tutarlı olmadığı görülmüştür. Öğrencilerin kare prizma kavramı için küp imajına sahip oldukları görülmüştür.

Ö6.1: Tabanları kareden yan yüzleri de kareden. Kare prizma da yan yüzleri kareden oluşan kapalı şekil dikdörtgenler prizmasının üst yüzeyi kare.

Ö6.2: kare prizma küp gibi onun da her yüzü kare hocam.

Ö6.5: kare prizma ise her tarafı karelerden oluşuyorsa oluyordu.

Kavram imajına dair öğrenci cevapları değerlendirildiğinde verilen cevaplar içerisinde en çok “el hareketleri ile gösterme”, “tabanları karesel” ve “yan yüzleri dikdörtgensel” imajlarının olduğu görülmüştür. Öğrencilerin imajlarında uygun olmayan imajlar olduğu görülmüştür.



Şekil 46. Ö6.1 kare prizma kavramını anlatırken

Altıncı sınıf öğrencilerinin kare prizma kavramı için kavram imajlarının her öğrenci de kavram tanımı ile tutarlı olmadığı görülmüştür. Öğrencilerin kare prizmaya ait kavram imajlarında uygun olmayan imaj görülmüştür. Kavram imajına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin en çok “el hareketleri ile gösterme”, “tabanları karesel” ve “yan yüzleri dikdörtgensel” imajlarının olduğu görülmüştür.

4.2.4. Küp Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

Altıncı sınıf öğrencilerine küp kavramı ders öncesinde 3B yazıcıdan yazdırılmış hazır modeller üzerinden anlatılmıştır. 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına dair kavram imajları ve tanımları tek bilişsel görev ile incelenmiştir. Bu bilişsel görevde öğrencilerin küp denilince akıllarına ne geldiklerine (tanımlama) bakılmıştır.

3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme sürecinde ders öncesinde yazdırılmış hazır küp örnekleri üzerinden küp kavramı tanımlanmış ve kavramın özellikleri anlatılmıştır. Öğrenciler dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün benzer ve farklı yönlerini tartışmışlardır. Öğrencilerin en çok yüzlerine ilişkin imajları kullandığı ve temel elemanlarından sadece iki öğrencinin bahsettiği görülmüştür. Bazı öğrencilerin ders sürecinde küp kavramını tanım ve özellikleri ile çok iyi anlatabildiği gözlemlenmiştir ama bu duruma hazır modeller üzerinden anlatımın mı yoksa kavramın bu öğrenciler için kolay gelmesinden mi kaynaklandığı belirlenememiştir.

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile matematik öğrenme süreci sonunda küp için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 18’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 18

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda küp kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö6.4
	Öznel tanım	Ö6.4 Hariç Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Kenarları Aynı Olan	Ö6.1
	Tüm Yüzleri Eş Karesel Olan	Ö6.4
	Tüm Yüzleri Karesel	Ö6.2,Ö6.7
	Her Taraflı Aynı /Eş	Ö6.1,Ö6.5,Ö6.6,Ö6.8,Ö6.9
	Aynı Boyut	Ö6.5
	Taban ve Yan Yüzleri Karesel	Ö6.8,Ö6.9
	Kareden Oluşan	Ö6.3,Ö6.6
	Üç Boyutlu	Ö6.1
	Cisim	Ö6.8, Ö6.9
	Kare Prizma Gibi	Ö6.2
	El Hareketleri ile Gösterme	Ö6.5

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde Ö6.4’ün sadece formal tanım kullandığı görülmüştür.

Ö6.4: küp ise bütün yüzleri eş karesel bölgelerden oluşur.

Ö6.4 hariç bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür.

Ö6.6: Küpte her taraflı birbirine eş olan karelerden oluşan bir cisim.

Ö6.3: küp ise kareden oluşan hocam

Ö6.7: küp ise bütün yüzleri kare

Ö6.8: Küpün de tabanları ve yan yüzleri karelerden oluşur.

Ö6.9: Hem taban yüzleri hem yan yüzleri kare olan bir cisim

Ö6.1 ve Ö6.5’in yaptıkları tanımlarda eş karesel bölge yerine “her taraflı aynı olan” ve “aynı boyutta olan” gibi imajlara sahip oldukları bulunmuştur. Ö6.1’in “yüzeyleri” demek yerine “kenarları” ifadesini kullanarak yüzey ile kenar kavramlarını karıştırdığı görülmüştür. Öğrencilerin kavram imajlarında en çok “her taraflı aynı/eş olan”, “tüm yüzleri karesel” ve “taban ve yan yüzleri karesel” imajlarının öne çıktığı görülmüştür.

Ö6.1: Her taraflı aynı olan kenarları aynı olan üç boyutlu bir şey küptür.

Ö6.5: hocam küpte her tarafı eğer onunla aynı bir boyutta ise o da küp oluyordu.



Şekil 47. Ö6.5 küp kavramını anlatırken

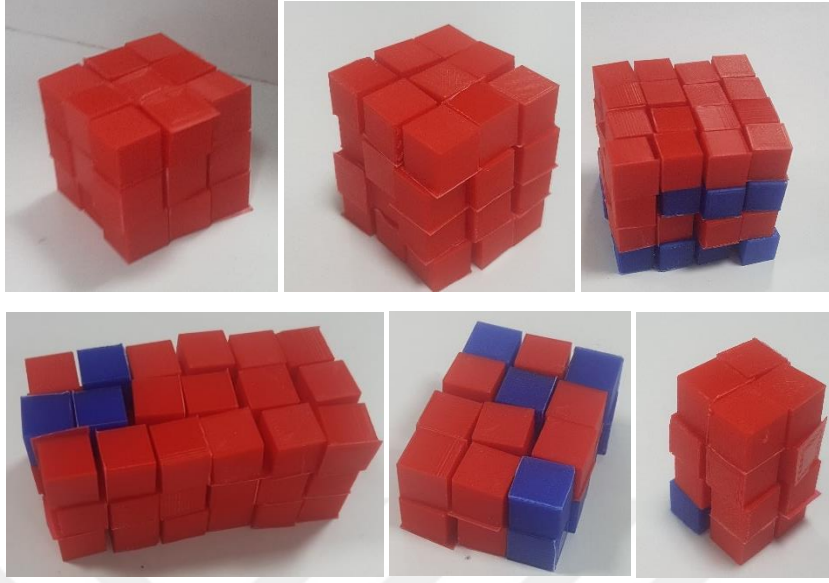
Altıncı sınıf öğrencilerinin küp kavramına dair kavram imajlarının her öğrenci için kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin küp kavramına ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir.

4.2.5. Dikdörtgenler Prizmasının Hacim Hesabında Kullandığı İmajları

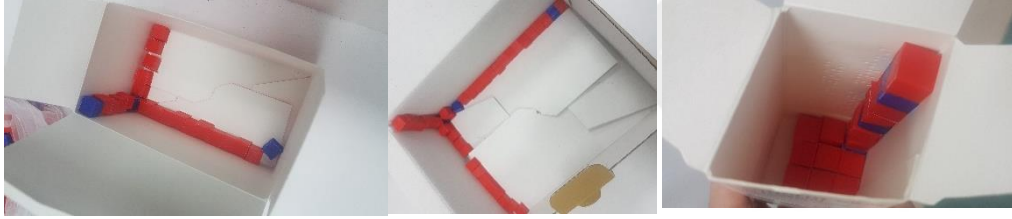
Altıncı sınıf öğrencileri ile dikdörtgenler prizmasının hacmine ait kazanımlar işlenirken öğrencilerin kendi tasarlayıp 3B yazıcıdan yazdırabilmelerine imkân sağlayan ders planları uygulanmıştır. Bu kısımda kare prizma ve küp olarak ayrı ayrı bahsedilmemiş bunların hepsi dikdörtgenler prizması içinde değerlendirilmiştir.

Bu bölümde öğrencilere dört bilişsel görev verilmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilere dikdörtgenler prizmasının hacmini nasıl hesaplayabilecekleri sorulmuştur. İkinci bilişsel görevde birim küpler ile verilmiş cismin hacmini hesaplamaları ve üçüncü bilişsel görevde eni, boyu ve yüksekliği verilmiş dikdörtgenler prizmalarının hacmini hesaplamaları istenmiştir. Son olarak dördüncü bilişsel görevde aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizması oluşturmaları istenmiştir.

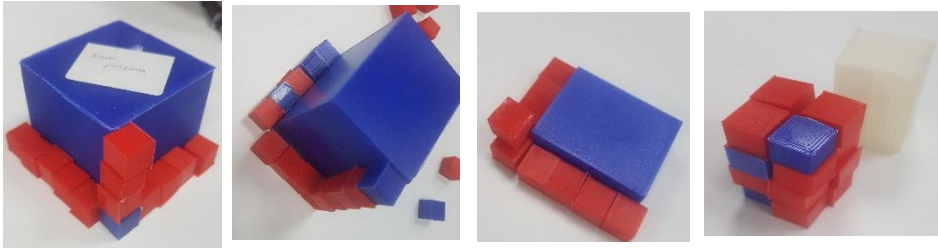
3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrencilerin hacim kavramını birim küpleri kullanarak öğrenebildikleri gözlemlenmiştir. Öğrenciler kendi birim küplerini yazdırmış ve yazdırdıkları birim küpler ile oluşturdukları dikdörtgenler prizmasının hacmini birim küpleri sayarak hesaplamışlardır. Bu süreçte öğrencilerin çoğunun birim küpleri tek tek saymak yerine taban alanı×yükseklik kullandığı gözlemlenmiştir. Ders sürecinde öğrencilerin birim küpleri en, boy ve yüksekliği hesaplamak için kullandığı yani hacmin $en \times boy \times yükseklik$ olduğunu keşfedebildiği görülmüştür. Ders sürecinde öğrencilerden aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizmaları yazdırmaları istendiğinde bazı öğrencilerin zorlandıkları ama çoğu öğrencinin başarılı olduğu gözlemlenmiştir. İçi boş cisimlerin hacmini ve yazdırdıkları cisimlerin hacmini sıvı ölçmeyle bulmaya çalışmanın öğrencileri etkilediği ve sıvı- hacim ölçü birimleri arasında dönüşüm yapmayı zevkli hale getirdiği görülmüştür. Öğrenciler ders sürecinde yazdırdıkları ölçü birimlerine ait merdiven materyalini sevdiklerini ifade etmişlerdir.



Şekil 48. Öğrencilerin birim küpler ile oluşturdukları bazı dikdörtgenler prizması örnekleri



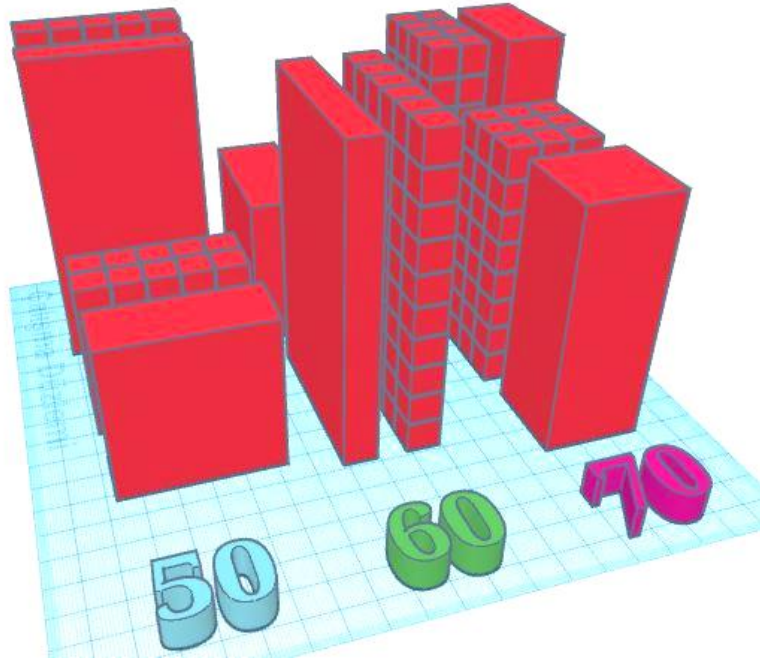
Şekil 49. Yazdırdıkları birim küpler ile hacim hesabı yaparken



Şekil 50. Yazdırdıkları dikdörtgenler prizmalarının hacmini birim küpler ile hesaplarken



Şekil 51. Yazdırdıkları dikdörtgenler prizmalarının hacmini $en \times boy \times yükseklik$ ile hesaplarken



Şekil 52. Öğrencilerin aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizması tasarımları

Altıncı sınıf öğrencilerine dikdörtgenler prizmasının hacmine dair bilişsel görevler verilmiş ve 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasının hacim hesabında kullandıkları imajları aşağıda Tablo 19’da sunulmuştur.

Tablo 19

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasının hacim hesabında kullandığı imajları

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev	2.Bilişsel Görev	3.Bilişsel Görev	4.Bilişsel Görev
Birim Küpleri Sayma	Ö6.1, Ö6.2,Ö6.5, Ö6.6	Ö6.5	-	-
TA×h	Ö6.2,Ö6.4, Ö6.8, Ö6.9	Ö6.2,Ö6.4, Ö6.7, Ö6.8,Ö6.9	Ö6.2,Ö6.4,Ö6.9	-
En×Boy×Yükseklik	Ö6.1,Ö6.3,Ö6.4, Ö6.6, Ö6.7,Ö6.8	Ö6.1,Ö6.3,Ö6.4 ,Ö6.6,Ö6.7, Ö6.8,Ö6.9	Ö6.1,Ö6.2,Ö6.3, Ö6.4,Ö6.6, Ö6.7,Ö6.8,Ö6.9	Ö6.2,Ö6.3, Ö6.4,Ö6.6, Ö6.7,Ö6.8,Ö6.9
Sayıları Birbiri ile Çarpma	-	-	Ö6.5	-
Sıvıların Hacmini Kullanma	Ö6.4	-	-	-

Altıncı sınıf öğrencilerinin hacim hesaplarırken nelere dikkat ettiklerini anlayabilmek için birinci bilişsel görev olarak dikdörtgenler prizmasının hacmini nasıl hesaplayabilecekleri sorulmuştur. Ö6.1 ve Ö6.5'in aklına sadece “birim küpler” ile dikdörtgenler prizmasının hacmini hesaplayabileceği gelmiştir.

Ö6.1: Birim küpleri sayarak.

Ö6.5: Hocam dediğim gibi yanlarına birim küpleri koyarak hesaplayabiliriz.

Ö6.2 ve Ö6.6 birim küpler üzerinden hacim hesabı yapabileceğini düşünmekle birlikte Ö6.2 “taban alanı × yükseklik” kuralını Ö6.6 ise “en × boy × yükseklik” kuralını kullanarak hacmini hesaplayabileceğini söylemiştir.

Ö6.2: Hocam ilk önce şeklin tabanının kaç tane birim küpten oluştuğunu buluruz sonra yüksekliği buluruz ve yükseklik ile tabanı çarpıyoruz.

Ö6.6: Hocam ilk önce yüksekliğindeki birim küpleri sayarız sonra altta yana doğru giden küpleri sayıları sonra onları birbiriyle çarpıyoruz.

Ö6.4 ve Ö6.9 dikdörtgenler prizmasının hacmini, hacmin genel kuralı olan “taban alanı × yükseklik” ile hesaplanabileceğini belirtmiştir. Ö6.3, Ö6.7 ve Ö6.8 dikdörtgenler prizmasının hacmini “en × boy × yükseklik” ile hesaplanabileceğini belirtmiştir.

Ö6.4: taban alanı ve yüksekliğinin çarpımı

Ö6.9: Hacim taban çarpı yükseklik oluyor.

Ö6.3: Hocam yükseklik en ve boyu birbiriyle çarpılarak bulabiliyorduk

Ö6.7: En boy ve yüksekliği çarpılarak bulurum

Ö6.8: ilk önce enini ve boyunu çarparsız sonra çıkan sonuçla yüksekliğini çarparsız.

Altıncı sınıf öğrencilerinin hacim hesaplarırken hangi imajı kullandığını görebilmek için ikinci bilişsel görev olarak birim küpler ile verilmiş cismin hacmini hesaplamaları istenmiştir. Birim küpler ile verilmiş dikdörtgenler prizmalarının hacmini hesaplarırken Ö6.5 hariç öğrencilerin hiçbiri birim küpleri teker teker saymayı denememiştir. Ö6.2 sadece “taban alanı $\times$ yükseklik” imajını kullanırken Ö6.1, Ö6.3 ve Ö6.6 ise sadece “en $\times$ boy $\times$ yükseklik” imajını kullanmıştır. Ö6.4, Ö6.7, Ö6.8 ve Ö6.9 hem “taban alanı $\times$ yükseklik” hem de “en $\times$ boy $\times$ yükseklik” imajlarını kullanmışlardır. Ö6.1, Ö6.3 ve Ö6.6 birim küplerle verilmiş cismin hacmini hesaplarırken neden en, boy ve yüksekliği çarpıldığını açıklayamamıştır.

Ö6.2: Hocam ilk önce alt tarafta kaç tane birim küpten oluştuğunu buluruz 15 tane birim küpten oluşuyor yüksekliği de hocam 4 taban alanı ile yüksekliği çarpıcaz hocam 60 birim

Ö6.7: 5 kere 3 = 15 15 de tabanı buldum sonra yüksekliği de çarpıyoruz 4 kere 15=60

Ö6.4: Eni 4 boyu 4 yüksekliği de 4 dört x dört x 4 ten 64

Altıncı sınıf öğrencilerinde hacim hesaplarırken hangi imajı kullandığını görebilmek için üçüncü bilişsel görev olarak eni, boyu ve yüksekliği verilmiş dikdörtgenler prizmalarının hacmini hesaplamaları istenmiştir. Bu bilişsel görev için Ö6.2, Ö6.4 ve Ö6.9 hem “taban alanı $\times$ yükseklik” hem de “en $\times$ boy $\times$ yükseklik” imajlarını kullanmıştır. Ö6.1, Ö6.3, Ö6.6, Ö6.7 ve Ö6.8 bu bilişsel görev için “en $\times$ boy $\times$ yükseklik” imajını kullanmıştır. Ö6.5 verilen bu bilişsel görevde emin olmadığını belirterek verilen sayıların çarpılması gerektiğini ifade etmiştir.

Ö6.4: Hocam eni ile boyu çarpacağım taban alanını bulacağım $3 \times 3 = 9$ eder 9 ile de üçü çarpacağım hacmini bulmak için 27 olur.

Altıncı sınıf öğrencilerinin hacim hesaplarırken hangi imajı kullandığını görebilmek için dördüncü bilişsel görev olarak aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizması oluşturmaları istenmiştir. Ö6.1 ve Ö6.5 hariç öğrencilerin hepsi çarpımları aynı olacak şekilde en, boy ve yüksekliği değiştirerek aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizması oluşturmuştur.

Ö6.3: Oluşturabiliriz hocam mesela 20 olsun. 5,2,2 ile 10,2,1

Ö6.4: Hocam mesela 64 santimetreküp olarak söyleyeyim $4 \times 4 = 16$, $16 \times 4 = 64$ eder hocam veya $8 \times 1 = 8$ eder bir daha sekizle çarparsak da 64 eder.

Ö6.6: Evet oluşturabiliriz hocam, Birim küplerini aynı sayıda tutarak oluşturabiliriz. Hocam mesela diyelim bir kare prizma ilk önce onu birim küplerini bulmamız lazım mesela 20 birim küplük mesela 5,4 ve 1 ile 2, 2, 5

Ö6.1 ve Ö6.5 bu bilişsel görevde aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizması oluşturabileceğini söyleyip nasıl oluşturacakları konusunda başka açıklama yapamamıştır.

Ö6.5: Evet hocam oluşturabiliriz mesela hocam sizin dediğiniz uygulamaya gelip o hacmin sayılarını girip farklı prizmalar oluşturabiliriz.

Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizmasının hacmi konusundaki imajları incelenmiştir. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda Ö6.2, Ö6.4, Ö6.7, Ö6.8 ve Ö6.9 $\text{en} \times \text{boy} \times \text{yükseklik}$ kuralının hacmin genel tanımı olan $\text{taban alanı} \times \text{yükseklik}$ ten geldiğini kavradığı görülmüştür. Ö6.1, Ö6.3 ve Ö6.6 ise hacim hesaplarında “ $\text{en} \times \text{boy} \times \text{yükseklik}$ ” imajını kullanmış ama nedeni konusunda açıklama yapamamıştır. Ö6.5 ise hacim hesaplama konusunda ya verilen birim küpleri sayacağını ya da verilen sayıları çarpması gerektiğini ifade etmiştir. Ö6.5’in dikdörtgenler prizmasının hacmi için yeterli kavramsal anlayışa sahip olmadığı tespit edilmiştir.

4.3. 3B Yazıcı Destekli Matematik Öğrenme Süreci Sonunda 8. Sınıf Öğrencilerinin Kavram İmajları ve Tanımları

4.3.1. Dik Prizma Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik prizma kavramına dair kavram imajları ve tanımları iki bilişsel görev ile incelenmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilerin dik prizma denilince akıllarına ne geldiğine (tanımlama) bakılmıştır. İkinci bilişsel görevde dik prizması açılım çizimleri incelenmiştir. Tüm bunlardan sonra bu iki bilişsel görev içinde (hangi imajların kullanıldığı) uyandırılmış kavram imajlarına bakılmıştır.

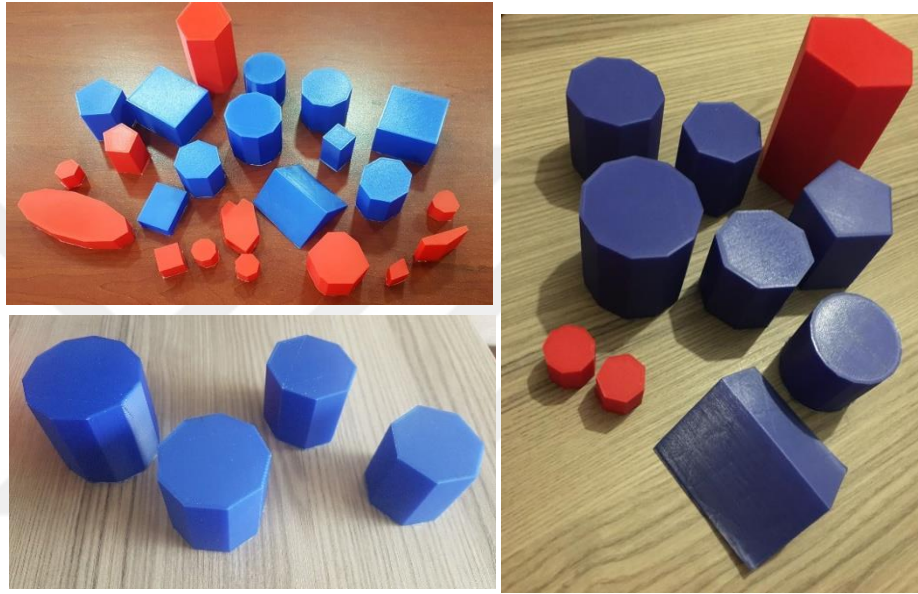
- **Tanımlama**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce ilk ders öğrencilere dik prizma kavramı sorulmuştur. Gelen öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin uygun olmayan imajlara sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğrencilerin dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpü anlatamadıkları görülmüştür. Öğrencilerin 3B boyutlu ile 2B boyutlu kavramları karıştırdıkları görülmüştür.

Öğrenci Cevaplarından Alıntılar:

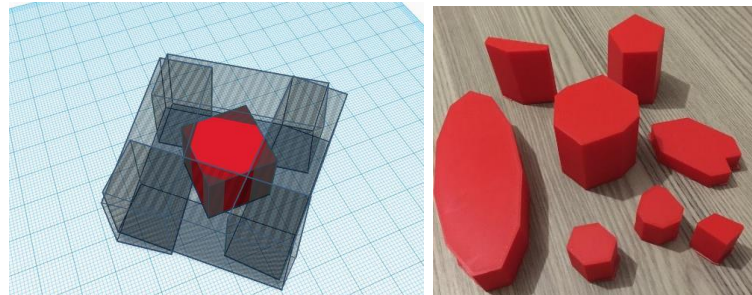
“Kenarları olması, cansız olmaları, kenarları 4 olması, 4 köşesi olması, 4 kenar, köşelerindeki kenarlarının birbirine dik olması, 3 boyutlu olması, tabanları aynı olması, karşılıklı yüzleri birbirine eşit olması, dik olması, matematik, mühendisler aklıma geliyor, elmas, yükseklik boy en veya santimetre, 3 gen 5 gen 4 gen gibi küpler geliyor.”

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler istedikleri prizma modellerini yazdırmışlardır. Öğrencilerin yazdırdıkları modellerin çeşitli olması ve prototip olmayan prizma örneklerini yazdırıp inceleyebilmeleri imakına sahip olmaları prizmaların tabanlarının çokgensel, yan yüzlerinin dikdörtgensel olduğunu öğrenmelerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Prototip olmayan örnekler öğrencilerin dikkatini çekmiş ve prizmalara örnek olarak çoğu öğrencinin prototip olmayan örnekler verme eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 53. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı prizma örnekleri

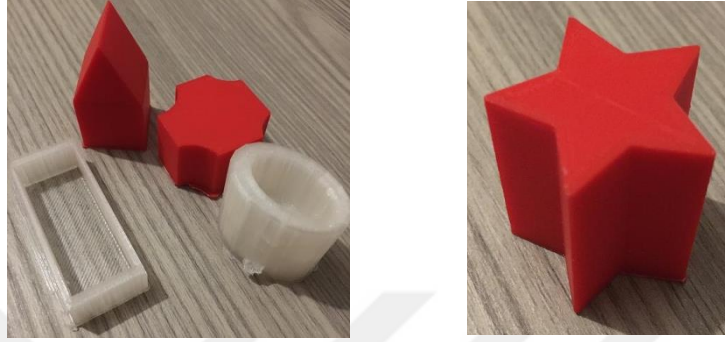
3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrencilerden prizma modelleri yazdırmalarını istediğimizde bir öğrenci düzgün olmayan prizma modeli yazdırmıştır. Çalışma arkadaşları ile birlikte bu modelin prizma olup olmadığını tartışmıştır. Öğrenciler düzgün olmayan prizma kavramını keşfetmiştir.



Şekil 54. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı düzgün olmayan prizma örnekleri ve tasarımlarından biri

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler uygun prizma örnekleri yazdırdıktan sonra öğrencilerden uygun olmayan prizma örnekleri yazdırmaları ve bunların

neden prizmaya uygun olmadıkları sorulmuştur. Öğrencilerden biri tabanın yıldız şeklinde olamayacağını düşünerek yıldız prizma modeli yazdırmıştır. Çalışma arkadaşları ile birlikte tartışıp yıldız şeklinin bir çokgen olduğu ve bu yüzden bu yazdırılan modelin prizma örneği olduğunu keşfetmiştir.



Şekil 55. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı uygun olmayan prizmalar ve yıldız prizma

Ders Sonu Öğrenci Görüşlerinden Alıntılar:

- *Prizmanın bizim hayatımızda olduğunu, çevremizdeki 3d boyutlu eşyalar, tabanlarının çok kenarlı olması, hayatımıza baktığımızda günlük olarak çok kullandığımız eşyaların hemen her şeyin hayatımızın içinde olduğu, yan yüzeylerinin tabanına dik olmasını, tabanları birbirine eş ve paraleldir, ayırtı öğrendim hocam, prizmaların ortak özelliklerini*
- *Bazen prizma dediğimiz prizma değilmiş, insanların aklına prizma denilince kare, dikdörtgen ama biz bu derste sınır yok herkes kendi zihnini kullanarak sınırları yani insanların o düz düşüncesinden kurtulabilmelerini öğrendim*
- *Prizmaların örüntüsünün olduğunu, prizmaların köşegen sayılarının veya ayırtı sayılarında örüntü olduğunu, ayırtı yöntemini bir çokgenin 3 katını almak, köşenin yöntemini 2 katını, ilkte bu etkinliğe katılınca anlamayacağım ve yapamayacağımı düşündüm ama en son etkinliği yaptıktan sonra bu konuyu çözdiğümü anladım, taban ve yan yüzlerin bölgesel adlarını*

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik prizma için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 20’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 20

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda prizma kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
	Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Günlük Hayat Örnekleri	Ö8.2,Ö8.6
	Prizma Örneği Üzerinden Anlatma	Ö8.1, Ö8.5, Ö8.6
	Prizma Örnekleri	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
	Dik Prizma	Ö8.2,Ö8.6
	Köşe	Ö8.1,Ö8.7,Ö8.8
	Yüz	Ö8.1,Ö8.4
	Ayrıt	Ö8.1,Ö8.7,Ö8.8
	Kenar	Ö8.4
	Çokkenarlı	Ö8.2
	Yan yüz	Ö8.8
	Prototip Olmayan Örnekler	Ö8.1, Ö8.6, Ö8.8
	Yan Yüzler Dikdörtgensel Bölge	Ö8.3,Ö8.5,Ö8.6
	Yan Yüzler Taban Düzlemine Dik	Ö8.2
	Taban	Ö8.4,Ö8.8
	Tabanlar Çokgensel Bölge	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.5,Ö8.6
	Tabanlar Eşit	Ö8.2,Ö8.3
	Taban Sayısı	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.8
	Tabanlar Paralel	Ö8.3
	Cisim	Ö8.1, Ö8.7
	El Hareketleri ile İfade Etme	Ö8.4, Ö8.5,Ö8.6
	Yerden Yüksek	Ö8.1
	Beşgenin Yükseklik Olmuş Hali	Ö8.1
	Yükseklik	Ö8.2,Ö8.8
	İsimlendirme	Ö8.2,Ö8.6
	Karşılıklı Yüzler Eşit	Ö8.5
	Karşılıklı Yüzler Paralel	Ö8.5
	Açınımlar	Ö8.4
	Geometri	Ö8.7
	Matematik Terimi	Ö8.7
	Çokgen	Ö8.8

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde formal tanım kullanan öğrenci olmadığı ve bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Öznel tanım kullanan öğrencilerden Ö8.2, Ö8.3 ve Ö8.5'in formal tanımdan etkilendikleri tespit edilmiştir.

Ö8.2: Hocam zaten biz beraber istemiştik tabanları birbirine eşitse sonra çok kenarları çok kenarlı şeylerdi yan yüzleri taban düzlemine dik

Ö8.3: Aklıma gelen yanları dikdörtgensel bölgelerden oluşan tabanları eşit ve paralel olan yani bunlara prizma diyoruz aklıma bunlar geliyor.

Ö8.5: Yan yüzleri dikdörtgenden oluşuyor, karşılıklı yüzler paralel karşılıklı yüzler aynıdır.

Ö8.2, Ö8.3 ve Ö8.5 dışındaki öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından uzak olduğu görülmüştür.

Ö8.1: Köşesi olan, yerden yüksek bir cisim

Ö8.8: Tabanı olan yan yüzü olan ayırtı olan köşesi olan yüksekliği olan bir çokgen

Ö8.1'in öznel tanımında belirttiği “yerden yüksek cisim” ile neyi kastettiğini anlayabilmek için görüşmeye devam edildiğinde Ö8.1 “beşgenin yükseklik olmuş hali” ifadesini kullanmıştır. Ö8.1'den prizmayı tekrar anlatmasını istediğimizde zihninde oluşturduğu beşgen prizma örneği üzerinden anlattığı görülmüştür.

Ö8.1: Hocam bir tane altta bir tane üstte beşgen var bunların köşelerini birleştiriyoruz sonra hocam o iki köşe arasındaki çizgiyi çizdikten sonra o da hocam ayırt oluyordu onların arasındaki boşlukları da dolduruyoruz. Sonra da hocam beşgen ya da altıgen prizmalar oluşuyor.

Ö8.8'in öznel tanımı incelendiğinde öğrencinin prizma kavramına ait hatırladığı temel elemanlar ile bir tanım oluşturduğu görülmüştür. Öğrencinin tanımında kullandığı “çokgen” ifadesi ile yanlış bir imaj oluşturduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine öğrenci ile görüşmeye devam edildiğinde öğrencinin ilk etapta “çokgen” kavramı ile “prizma” kavramını karıştırdığı görülmüştür.

Öğretmen: Çokgen nedir?

Ö8.8: İki tane tabanı ve bir de yüksekliği vardı.

Öğretmen: Çokgene örnek verebilir misin?

Ö8.8: Kare prizma

Öğretmen: Prizma çokgen yani?

Ö8.8: hayır prizma çokgen değil (öğrenci yanlış düşündüğünü fark eder) prizmalar çokgen değil prizmalar prizma, çokgen mesela yirmigen, otuzgen

Kavram imajı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin en çok “prizma örneklerinden”, “taban sayısı” ve “tabanların çokgensel bölge” olmasından bahsettikleri görülmüştür. Öğrencilerin kavram imajlarına bakıldığında tanıma aykırı bir imaj bulunmamıştır. Sekizinci sınıf öğrencilerinin prizma kavramına ait kavram imajları kavram tanımı ile tutarlı bulunmuştur. Sekizinci sınıf öğrencileri ile yapılan görüşmede “dik” prizmalardan sadece Ö8.2 ve Ö8.6 bahsetmiştir.

Ö8.6: Prizma dik prizmalar oluyor beşgen oluyor mesela altıgen üçgen mesela ya da eşkenar üçgen çevresi dikdörtgen (Ö6 burada yan yüzlerden bahsetmektedir, eliyle

gösterir) tabanları da ismine göre, nasıl anlatsam ismine göre adlandırılıyor mesela kare prizma üçgen prizma gibi böyle anlatırım hocam.

Ö8.7: derim ki bu bir matematik terimi olarak geçer ilk olarak, matematikte görülür en fazla, sonra bu bir cisimdir derim köşeleri olan derim. Ayrıtları vardır derim.

Öğrencilerin prizma kavramına ait yeterli bilgiye sahip olup olmadığını görebilmek için prizmaların yan yüzleri ve tabanları denilince akıllarına ne geldiği sorulmuştur. Bu sorulara verdikleri cevaplar Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 21

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik prizmaların tabanları ve yan yüzleri hakkındaki imajları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Taban	Çokgensel Bölgeler	Bütün Öğrenciler
	Prototip Olmayan Çokgensel Bölgeler	Bütün Öğrenciler
	İki Tane Olması	Ö8.2,Ö8.3, Ö8.4,Ö8.5, Ö8.8
	Tabanların Eş Olması	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.8
	Prizmaları Adlandırması	Ö8.2, Ö8.6
	Yüksekliği Belirlemesi	Ö8.1
Yan Yüz	Dikdörtgensel Bölge	Bütün Öğrenciler

Tablo 21 incelendiğinde öğrencilerin hepsinin taban denilince aklına çokgensel bölgeler geldiği görülmüştür.

Ö8.1: Dörtgen olur üçgen olur altıgen olur yedigen olur böyle böyle gider.

Ö8.2: Çokgensel bölgelerden oluşur ve dik prizmaların çokgensel bölgelerine göre isimlendiriniz. Örneğin önceden sadece altıgen prizmaya kadar çıkabiliyordum en fazla. Şimdi tüm doğal sayılar ile prizmalar oluşabiliyor yani gitgide artıyor sonra özellikle daireye geçiyor yani bu şekilde sınırsız bir şekilde isimlendirilebilir.

Ö8.4: bir sürü şekli var beşgen altıgen yedigen sekizgen.

Ö8.7: kare, üçgenin yüzeyi, dikdörtgen olur, beşgen, altıgen, yedigen sekizgen diye gider.

Tablo 21 incelendiğinde öğrencilerin hepsinin yan yüzlerin dikdörtgensel bölgelerden oluştuğunu belirttiği görülmüştür.

Ö8.1: dikdörtgen

Ö8.4: hocam yan yüzleri sadece kare ve dikdörtgenden oluşur.

Ö8.8: Dikdörtgensel bölgeler

Sekizinci sınıf öğrencilerinin prizma için kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin prizma kavramına ait kavram imajlarında uygun olmayan

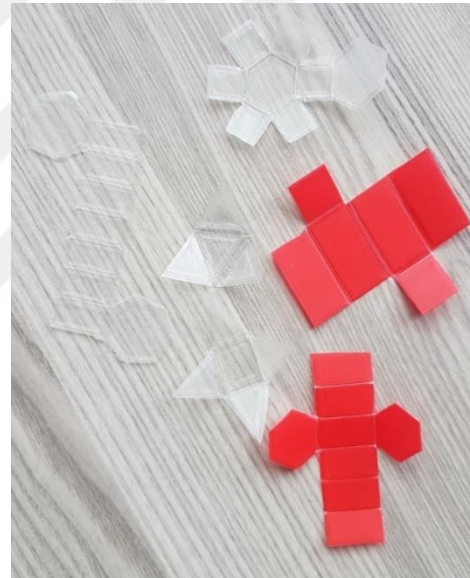
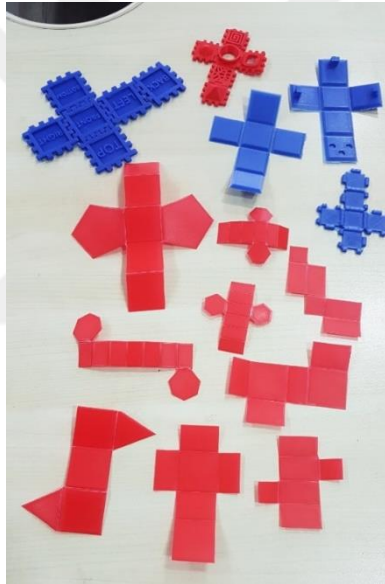
bir imaj bulunmamıştır. Öğrencilerden üçünün öznel tanımlarının formal tanımdan etkilendiği görülmüştür.

- **Açınım**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde açınım modelleri yazdırmanın öğrencilerin oldukça dikkatini çektiği gözlemlenmiştir. Öğrenciler farklı prizmaların açınımlarını yazdırmış ve prototip olmayan açınım örneklerini keşfedebilmiştir. Ders sürecinde öğrencilerin 3B tasarım sitelerinden farklı açınım modellerini araştırıp yazdırdıkları da gözlemlenmiştir.

Öğrenci Ders Sonu Görüşlerinden Alıntılar:

- *Açılımlarda ayrıtların uzunluklarını nasıl ve nereye yazacağımızı öğrendim.*
- *Açınımın nasıl yapılacağını ve nasıl YAPILMAYACAĞINI öğrendim.*



Şekil 56. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı prizma açınım örnekleri

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda prizma kavramına ait ikinci bilişsel görevde (açınım) açınımlarını çizmeleri ve çizimlerini anlatmaları istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş oldukları açınım örnekleri incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 22’ de gösterilmiştir.

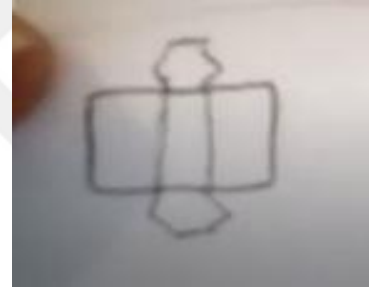
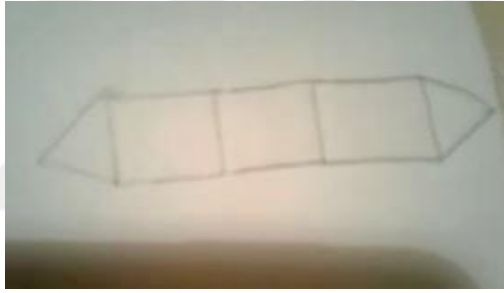
Tablo 22

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik prizma açınım çizimlerinin incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
Yan Yüz Sayısı	Uygun	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
Yan Yüzler Dikdörtgensel	Uygun Değil	Ö8.5
Tabanlar Çokgensel Bölge		Bütün Öğrenciler

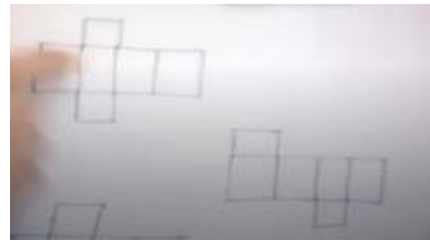
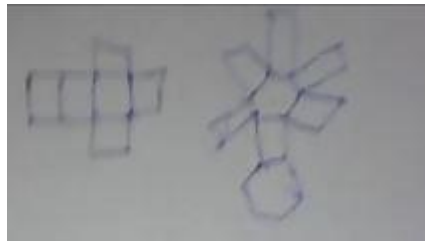
Kavram İmajı	İki Taban Tabanların Konumu	Uygun Uygun Değil	Bütün Öğrenciler Ö8.1,Ö8.2,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8 Ö8.3, Ö8.4
	Tabanlar Eş		Bütün Öğrenciler
	Yan Yüzler Eş		Bütün Öğrenciler
	Prototip Örnek		Bütün Öğrenciler
	Prototip Olmayan Örnek		Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.7,Ö8.8
	Kazanım Dışı Açınım		Ö8.2

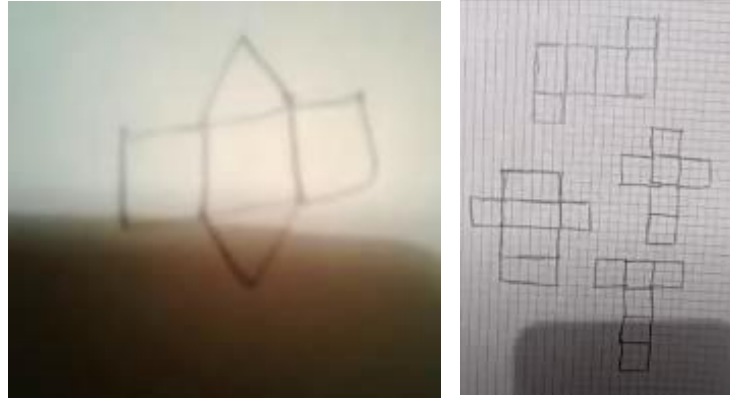
Öğrenci çizimleri incelendiğinde öğrencilerin hepsinin çizimlerinde “yan yüzler dikdörtgensel”, “iki eş taban” ve “taban çokgensel” olarak çizilmiştir. Çizimlerinde tabanları ve yan yüzleri bütün öğrenciler eş çizmeye gayret etmiş, çizimlerde pek eş olmasa bile tabanların eş olduğunu belirtmişlerdir. Öğrencilerin çoğunun çiziminde tabanların konumu doğru olsa da Ö8.3 ve Ö8.4’ün ilk çizimlerinde tabanların konumu yanlış çizilmiştir. Ö8.5 ise altıgen prizma açınım örneği çizerken yan yüz sayısını eksik çizmiştir.



Şekil 57. Ö8.3 ve Ö8.5’in çizdiği yanlış prizma açınımları

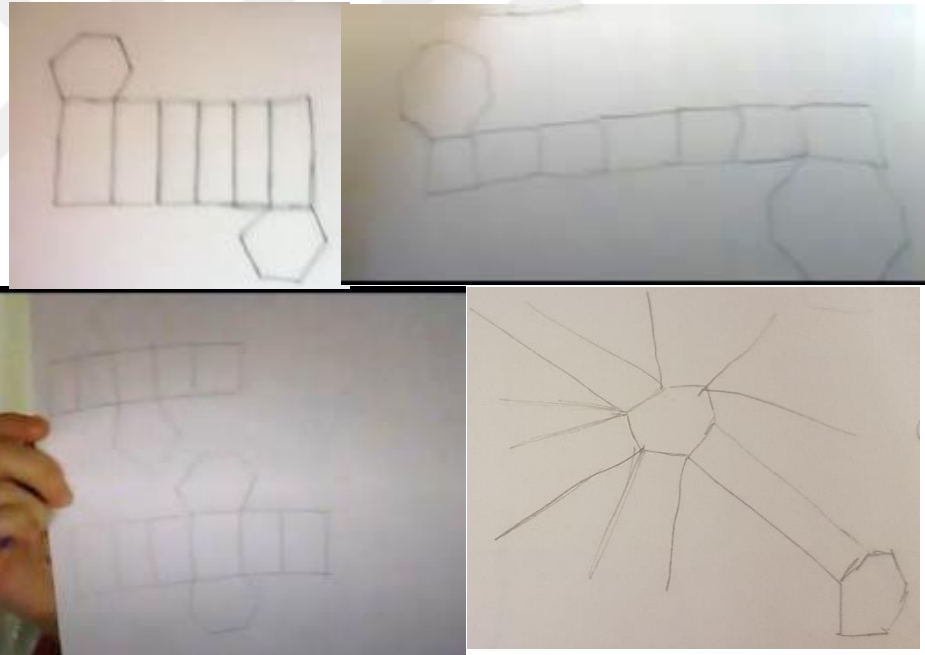
Ö8.1, Ö8.2, Ö8.6, Ö8.7 ve Ö8.8’in bütün çizimlerinde açınım örneklerinin doğru çizildiği görülmüştür. Bu öğrencilerin bütün çizimleri kavramın formal tanımı ile tutarlı bulunmuştur.





Şekil 58. Ö8.1, Ö8.2, Ö8.3 ve Ö8.6'nın prizma açınım çizimlerinden bazıları

Öğrenciler prototip örneklerin yanı sıra aslında ders kitaplarında çok yer almayan yer alsalar bile üzerinde pek durulmayan bu sebeple de prototip olmayan açınım örnekleri koduna aldığımız açınım örneklerini çizmeyi tercih etmişlerdir.



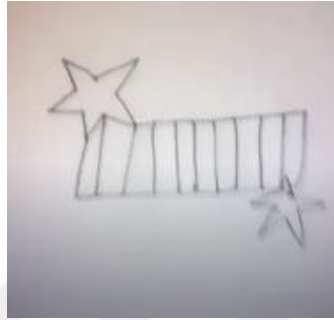
Şekil 59. Ö8.2, Ö8.4, Ö8.7 ve Ö8.8'in prototip olmayan prizma açınım çizimleri

Öğrencilerin prototip olmayan çizimlerini incelendiğinde beşgen, altıgen ve yedigen prizma ile farklı küp açınımlarının daha çok çizildiği görülmüştür. Ö8.8 çizmeye çalıştığı altıgen prizma açınımını kâğıt üzerinde çizemeyip açınımın nasıl olması gerektiğini görüşme esnasında anlatmıştır.

Ö8.2 açınım çiziminde en son çizimini yıldız prizma örneği üzerinde denemek istemiştir. Görüşme sırasında Ö8.2 bütün prizmaları çizebileceğini iddia etmiştir. Öğrenci bu iddiası ile birlikte derste prizmalara örnek olarak oluşturdukları yıldız prizmanın açınımını

çizmeyi denemiştir. Öğrenci çizimini yaparken yan yüzlerin sayısına, tabanların sayısına, yan yüzlerin dikdörtgensel bölge olmasına ve tabanların çokgensel olmasına dikkat etmiştir. Ö8.2 kazanım dışı bir kavramın, kazanım dışı açınım örneğini çizmeyi denemiştir.

Ö8.2: Prizmaların yan yüzleri dikdörtgensel bölge ikişer tane eş büyüklükteki tabanlardan yani çokgensel bölgelerden oluştuğu için hepsini de çizebiliriz.



Şekil 60. Ö8.2'nin yıldız prizma açınım çizimi

- **Uyandırılmış İmajlar**

İki bilişsel görev esnasında sekizinci sınıf öğrencilerin kullandıkları imajlara Tablo 23' de yer verilmiş ve hangi bilişsel görevde hangi öğrencinin hangi imajının uyandırıldığı gösterilmiştir.

Tablo 23

Sekizinci sınıf öğrencilerinin prizma için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev (Tanımlama)	2. Bilişsel Görev (Açınım)
Yan Yüzler Dikdörtgensel	Ö8.3, Ö8.5, Ö8.6	Bütün Öğrenciler
Tabanlar Çokgensel	Ö8.1, Ö8.2, Ö8.5, Ö8.6	Bütün Öğrenciler
Tabanlar Eş	Ö8.2, Ö8.3	Bütün Öğrenciler
Yan Yüzler Eş	-	Bütün Öğrenciler
Taban Sayısı	Ö8.2, Ö8.2, Ö8.3, Ö8.4, Ö8.8	Bütün Öğrenciler
Karşılıklı Yüzler Eş	Ö8.5	-
Karşılıklı Yüzler Paralel	Ö8.5	-

İlk bilişsel görevde yan yüzlerin dikdörtgensel, tabanların çokgensel, tabanların eş ve iki tane olması imajından bütün öğrenciler bahsetmemiştir fakat açınımlarını çizmelerini istediğimizde öğrencilerin hepsinin bu imajları kullanarak açınımları çizdikleri görülmüştür. Karşılıklı yüzlerin eş ve paralel olması en az kullanılan imaj olmuştur. Öğrenciler ders sürecinde tabanı düzgün çokgensel bölge olan açınım örnekleri yazdırdıkları için yan yüzlerin eş olması gerektiğini bu süreçte öğrenebildikleri görülmüştür.

4.3.2. Dik Dairesel Silindir Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairese silindir kavramına dair kavram imajları ve kavram tanımları dört bilişsel görev ile incelenmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilerin silindir denilince akıllarına (tanımlama) ne geldiğine bakılmıştır. İkinci bilişsel görevde öğrencilerin çizdikleri silindir açıklamaları incelenmiştir. Bu iki bilişsel görev sonrası öğrencilerin (hangi imajların kullanıldığı) uyandırılmış kavram imajlarına bakılmıştır. Üçüncü bilişsel görevde dik dairese silindirin yüzey alanı hesaplamaları değerlendirilmiştir. Dördüncü bilişsel görevde dik dairese silindirin hacim hesaplamaları değerlendirilmiştir.

- **Tanımlama**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce ilk ders öğrencilere dik dairese silindir denilince akıllarına ne geldikleri sorulmuştur. Öğrencilerin verdikleri cevaplarda günlük hayat örneklerinin çeşitliliği göze çarpmıştır. Öğrenciler dik dairese silindir kavramını anlatmak için önceki derslerde öğrendiği dik prizmalar kavramındaki bilgilerini kullanmışlardır. Dik prizmalarda ayırt kavramının tanımını öğrenen öğrenciler dik dairese silindirin ayırtının olamayacağını keşfetmiştir. Ayırt olmadığı için köşesinin de olamayacağını belirtmişlerdir. Öğrenciler önceki derslerde öğrendiği bilgileri yeni öğrenecekleri kavram üzerinde kullanmışlardır.

Öğrenci cevaplarındaki günlük hayat örnekleri:

- *Kapaklarda, maden suyu şişesi, kırmızı kalemler, bardaklarda, masa üstü kalemlikler, rulo, direk, davul, dik dairese suluk, dürbün, kapı kulpu, teleskop, vazo, ağaç, mercek, insan kemiği, varil*

Diğer öğrenci cevapları:

- *Uzunluk, içi dolu olan, yuvarlamsı, dairenin kalınlaşmış hali gibi görüyorum, ayırtının olmadığı, cansız bir cisim, dairese, pürüzsüz olduğunu, bilinmeyen bir varlık, güzel görüldüğü, köşesi yok, kedinin kuyruğuna benziyor, ayırt yok, dik kenarlara sahip değil*

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler istedikleri dik dairese silindir modellerini yazdırmışlardır. Ders sürecinde tabanın dairese olduğuna dikkat etmeyen modeller yazdıran öğrenciler olmuştur. Öğrencilerin yazdırdıkları modeller üzerinden tabanın dairese olması için neye dikkat etmesi gerektiğini kavrayabildikleri gözlemlenmiştir. Öğrencilerin farklı boyutlarda dik dairese silindir örnekleri yazdırarak prototip olmayan silindir örneklerini tanıyabildikleri görülmüştür. Ayrıca öğrenciler uygun olmayan silindir örnekleri de yazdırmışlardır.

Öğrenci ders sonu görüşlerinden alıntılar:

- *Dik dairesel olmayan örnekler, bugün silindirin merkezini öğrendik, silindirin merkezinin eksen oldu öğrendim, yan yüzünün 1 tane dikdörtgensel bölgeden ve iki daireden öğrendim, alt ve üst tabanları yuvarlak,*
- *Silindirin nasıl bir şekil olduğunu nasıl tarif edileceğini ve özelliklerini öğrendim, Tabandan tabana giden doğrular dik gitmezse dik dairesel olmayan şekil olur.*



Şekil 61. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı dik dairesel silindir ve bunların uygun olmayan örnekleri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindir için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 24’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 24

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindir kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
	Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Tabanı Dairesel	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.8
	Tabanları Yuvarlak	Ö8.1, Ö8.5, Ö8.7
	İki Tabanlı	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.8
	Eş Tabanlı	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.8
	Tabanları Paralel	Ö8.3
	Yan yüzü Dikdörtgensel Bölge	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.8
	Çevresi Dikdörtgensel	Ö8.6
	Prizmaya Benzerlik	Ö8.2
	Günlük Hayattan Örnekler	Ö8.2,Ö8.5,Ö8.7
	Ayrıtı Yok	Ö8.4
	Çizerek Anlatma	Ö8.1
	Örnek Üzerinden Anlatma	Ö8.1
	Açınımı Çizme	Ö8.6
	El Hareketleri ile Gösterme	Ö8.5, Ö8.6

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin hiçbirinin formal tanım kullanmadığı bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Öğrencilerin öznel tanımları içinde Ö8.2, Ö8.3 ve Ö8.8'in tanımlarının formal tanımdan etkilendiği görülmüştür.

Ö8.2: ...bu dairesel bölgeler iki eş tabandır ve görünümünde dikdörtgensel bölge olmayan ama açınımda dikdörtgensel bölge gözüken bir şey

Ö8.3: tabanları dairesel eş ve paralel yan yüzleri dikdörtgensel diyemeyiz ama açınımda dikdörtgensel olarak oluyor.

Ö8.8: İki tane eş daireden oluşan tabanı var hocam mesela benim çok ilgimi çekmişti, açıldığı zaman yan yüzü dikdörtgen oluyor.

Ö8.2, Ö8.3 ve Ö8.8 dışındaki diğer öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilenmediği görülmüştür. Ö8.1, Ö8.5 ve 8.7'nin “tabanı dairesel” yerine “yuvarlak” imajına sahip olduğu görülmüştür. Ö8.6'da “yan yüz” yerine “çevresi” imajını kullanmıştır.

Ö8.1: hocam bu sefer de hani beşgen falan demiştik ya onun yuvarlak hali yani daire hali tabanları dâhil olacak hocam çizip öyle göstereyim hocam.

Ö8.5: Silindirin tabanları yuvarlak, yan yüzü de dikdörtgen

Kavram imajı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin hepsinin silindir kavramı için kavram imajlarına sahip oldukları görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin kavram imajlarında en çok “tabanı dairesel”, “yan yüzü dikdörtgensel” ve “iki tabanlı” imajlarının öne çıktığı görülmüştür.



Şekil 62. Ö8.1 ve Ö8.6 dik dairesel silindiri anlatırken

Ö8.2 dik dairesel silindiri prizma kavramı ile bağlantı kurarak anlatmıştır. Prizmaların tabanlarındaki çokgensel bölgelerin kenar sayılarının artması ile giderek çokgensel bölgenin bir daireye dönüşeceğinden ve yan yüzlerdeki dikdörtgensel bölgelerin ise giderek küçüleceğinden bahsetmiştir. Ö8.6'nın bu çıkarımı keşfetmesi 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde meydana gelmiştir.

Ö8.2: Hocam dik dairesel silindir dendiğinde gözlük geliyor sonra dik dairesel silindirin hocam dik dairesel silindirde bir prizma örneğine benzer ama prizmadaki

çokgensel bölgenin hani dedim ya hocam az önce size sınırsız bir şekilde ilerlenebilir diye o çokgensel bölgeler büyüdükçe dikdörtgensel bölgeler küçülerek ilerler eğer küçülerek ilerler ilerler ilerler ve sonra dairesel bölge oluşur. Bu dairesel bölgeler iki eş tabandır ve görünümünde dikdörtgensel bölge olmayan ama açınımında dikdörtgensel bölge gözüken bir şey zaten çevremizde de birçok örneği vardır.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel silindire dair kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin dik dairesel silindire ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj bulunmamıştır. Sekizinci sınıf öğrencilerinin kavram imajlarına bakıldığında öğrencilerin “dik” olma durumundan hiç bahsetmedikleri, tabanların paralel olması gerektiğinden ise yalnız bir öğrencinin bahsettiği görülmüştür. Öğrencilerin hiçbirinin formal tanım kullanmadığı ve üç öğrencinin formal tanımdan etkilenecek öznel tanım yaptığı görülmüştür.

- **Açınım**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler dik dairesel silindirin açınım modellerini yazdırmışlardır. Öğrencilerin yazdırdıkları açınım modellerinde yan yüz olan dikdörtgensel bölgenin filament çok esnek olmadığı için çok iyi kapanmadığı görülmüştür. Bu yüzden öğrenciler için dik dairesel silindirin açınımını yazdırmak çok işlevsel olmamıştır. Bir öğrenci uygun olmayan açınım örneklerini yazdırıp denemek istemiştir. Denediğinde ise dikdörtgensel bölgenin tabana ait kenarının taban çevresinden küçük olamayacağını keşfetmiştir.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindire ait ikinci bilişsel görevde açınımlarını çizimleri ve çizimlerini anlatmaları istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş oldukları açınım örnekleri incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajlar Tablo 25’de gösterilmiştir.

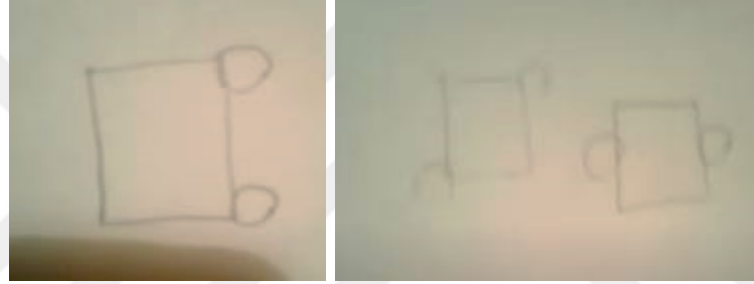
Tablo 25

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindir açınım çizimlerinin incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö8.3 Hariç Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Yan yüz Dikdörtgensel	Bütün Öğrenciler
	İki Taban	Bütün Öğrenciler
	Tabanlar Dairesel	Bütün Öğrenciler
	Tabanlar Eş	Bütün Öğrenciler
	Tabanların Konumu	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
	Uygun	Ö8.3
	Uygun Değil	Ö8.2, Ö8.7
	Dairenin Çevresi	
	Dikdörtgenin Kenarına Eşit Olmalı	

Tablo 25 incelendiğinde açınım çizimlerinde öğrencilerin kavram tanımı ve kavram imajlarının Ö8.3 hariç uygun olduğu görülmüştür. Ö8.3'ün tabanların konumuna dair imajı uygun olmayan bir imaj olarak tespit edilmiştir. Ö8.3 uygun açınım örnekleri çizmiştir ama uygun olan bir örnek ile uygun olmayan örneği ayırt edememiştir. Ö8.3, ders esnasında öğrendiği uygun olmayan açınım örneklerini hatırlamış ama bunların uygun olan açınım örnekleri ile karıştırmış ve zihninde uyandırılan bu imajın uygun açınım örneği olabileceğini düşünmüştür.

Ö8.3: *Hocam aklıma bu da geldi ama bundan hiç emin değilim yanlış da olabilir*



Şekil 63. Ö8.3'ün sırasıyla uygun olmayan ve uygun olan dik dairesel silindir açınım çizimleri

Ö8.2 ve Ö8.7 görüşme sırasında uygun olmayan açınım örneklerini çizerek neden uygun olmadıklarına dair açıklamalar yapmıştır. Öğrenciler tabanların bulunduğu dikdörtgensel bölgenin kenar uzunluğunun dairelerin çevresine eşit olması gerektiğini belirtmişlerdir. Dik dairesel silindirin açınım çizimlerinde Ö8.2 ve Ö8.7 dışında dikdörtgensel bölge ile dairesel bölge arasındaki ilişki hakkında (dikdörtgenin kenar uzunluğu dairenin çevresine eşit) diğer öğrencilerin bahsetmedikleri görülmüştür.

• Uyandırılmış İmajlar

İki bilişsel görev esnasında sekizinci sınıf öğrencilerin kullandıkları imajlara Tablo 26' da yer verilmiş ve hangi bilişsel görevde hangi öğrencinin hangi imajının uyandırıldığı gösterilmiştir.

Tablo 26

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel silindir için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev (Tanımlama)	2. Bilişsel Görev (Açınım)
Tabanları Dairesel	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler	Bütün Öğrenciler
İki Tabanlı	Ö8.2,Ö8.3, Ö8.4, Ö8.8	Bütün Öğrenciler

Tabanlar Eş	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.8	Bütün Öğrenciler
Tabanları Paralel	Ö8.3	-
Yan Yüzü Dikdörtgensel	Ö8.1 Hariç Bütün Öğrenciler	Bütün Öğrenciler

Öğrencilerin bilişsel görevlerde kullandıkları imajlara bakıldığında ikinci bilişsel görevde tabanları paralel imajı hariç bütün imajların öğrenciler tarafından kullanıldığı görülmüştür. Tanımlama bilişsel görevinde “iki tabanlı” ve “tabanlar eş” imajları açınım bilişsel görevine kıyasla daha az kullanmıştır.

- **Yüzey Alanı ve Hacim**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce öğrencilere yüzey alanı ve hacim denilince akıllarına ne geldikleri sorulmuştur. Sadece 3-4 öğrenciden cevap gelmiştir.

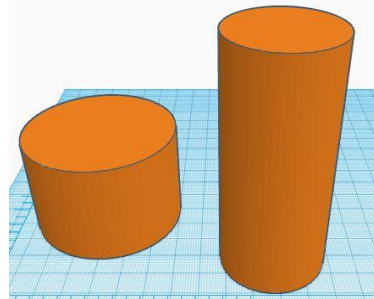
Öğrencilerin Yüzey Alanı Cevaplarından Alıntılar: üç boyutlu bir şeklin dışını kaplayan yer, etrafı veya çevresi, bir silindirin açınımına göre hayal edip aklımıza gelen kısmının alanı, bir yüzeyin alanı aklıma geliyor

Öğrencilerin Hacim Cevaplarından Alıntılar: bir cismin boşlukta kapladığı alan, bir cismin hacmi yani ağırlığı, bir cismin kapladığı alan

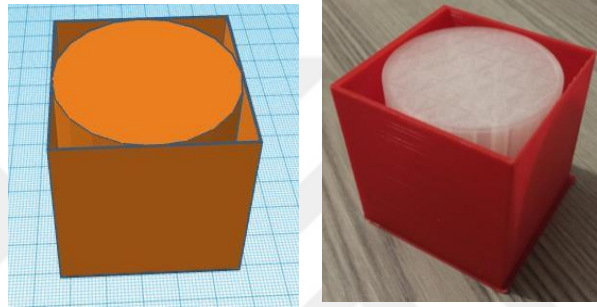
3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde ilk olarak öğrenciler ile dik dairesel silindirin yüzey alanı işlenmiştir. Öğrenciler yazdırdıkları açınım modelleri üzerinden silindirin üç yüzeyinin olduğunu ve bunların iki eş dairesel bölge ile bir dikdörtgensel bölge olduğunu keşfetmiştir. Öğrenciler dairesel bölge alanını bulmayı hatırlayamamıştır. Ders sürecinde tekrar anlatılmıştır. Dikdörtgensel bölgenin hangi kenarının yükseklik olduğunu yazdırdıkları açınım modeli üzerinden kavramak zor olmamıştır. Dikdörtgensel bölgenin diğer kenarının dairesel bölgenin çevresine eşit olacağını kavramanın çoğu öğrenci için zor olduğu gözlemlenmiştir. Bunu daha iyi anlayabilmeleri için hazırlanmış açınım modelinde dairesel bölge dikdörtgensel bölgenin kenarı etrafında bir tam tur attırılmıştır. Öğrenciler buradan çevresine eşit olması gerektiğini çıkarabilmiş ve kısa olursa ile uzun olursa ne gibi durumlar olabileceğini doğru yorumlayabilmiştir.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde yüzey alanı hesabından sonra hacim konusu işlenmiştir. Öğrencilere hacmin taban alanı $\times$ yükseklik olduğu bilgisi verilmiştir. Bazı öğrenciler bu bilgiyi kullanarak silindirin tabanı dairesel ve alanı $\pi \cdot r^2$ ise hacim “ $\pi \cdot r^2 \times h$ ” çıkarımını yapabilmişlerdir. Öğrenciler öğrendikleri hacim bilgileri ile aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindir modelleri yazdırabilmişlerdir. Öğrenciler aynı hacimde yazdırdıkları farklı silindirleri görünce “farklı görünüyorlar ama aynı hacimdeler aynı yeri kaplıyorlar” diyerek şaşkınlıklarını ifade etmişlerdir. Öğrenciler bir küpün ya da kare prizmanın içine sığabilecek en büyük hacimli dik dairesel silindir modelleri yazdırmışlardır. Yazdırdıkları bu modelleri

kullanarak küpün ya da kare prizmanın taban ayrıtının uzunluğunun silindirin çapı olacağını keşfedebilmişlerdir.



Şekil 64. Öğrencilerin aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindir tasarımlarından biri



Şekil 65. Öğrencinin küpün içine sığabilecek en büyük hacimli dik dairesel silindir tasarımı ve yazdırdığı örnek

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindire ait üçüncü bilişsel görevde yüzey alanını dördüncü bilişsel görevde hacmini nasıl hesaplayabilecekleri sorulmuş ve hesaplamaları istenmiştir. Öğrencilerin cevapları incelenmiş ve bunları tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajlar Tablo 27’de gösterilmiştir.

Tablo 27

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel silindirin yüzey alanı ve hacim hesaplamalarının incelenmesi

Bilişsel Görev	Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Yüzey Alanı	Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö8.1, Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5
	Kavram İmajı	Dairenin Çevresi	Ö8.2
		Dikdörtgenin Uzun Kenarına Eşit	Ö8.2
		Dikdörtgenin Kısa Kenarı	Ö8.2
		Silindirin Yüksekliğine Eşit	Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.7
		Tabanların Alanı	Ö8.1, Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.8
		Tabanlar Eş	Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.7
		Yan Yüzün Alanı	Ö8.2
		$\Pi r^2 + 2\pi rh$	Ö8.1, Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.7
		Yüzey Alanlarının Toplama Eksik Formül	Ö8.3, Ö8.8
Hacim	Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö8.1, Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.8

Kavram	Taban Alanı $\times$ Yükseklik	Ö8.2,Ö8.4,Ö8.8
İmajı	Dairesel Bölgenin Alanı $\times$ Yükseklik	Ö8.1,Ö8.5
	$\pi r^2 h$	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.4,Ö8.8
	Kütle - Ağırlık	Ö8.6

- **Yüzey Alanı**

Öğrencilerin dik dairesel silindirin yüzey alanını hesaplayabilmeleri için hem dik dairesel silindir kavramına ait hem de alan hesaplamaya ait (daireseel bölgenin alanı, dikdörtgensel bölgenin alanı) bilgileri bilmeleri gerekmektedir. Yüzey alanı hesabını Ö8.6 hatırlayamadığını belirtmiştir. Ö8.6 dışındaki bütün öğrencilerin yüzey alanı hesabı için belirli imajlara sahip oldukları bulunmuştur. Cevap veren öğrencilerden Ö8.1, Ö8.2, Ö8.4 ve Ö8.5'in kavram tanımı ile tutarlı düşünceleri olduğu görülmüştür. Ö8.3 ve Ö8.8'in kavram tanımını kullanma gereği duymadan tanım ile tutarsız aklında kalan eksik formül imajını kullandığı görülmüştür. Öğrenci cevapları değerlendirildiğinde yüzey alanı hesaplamasının nasıl yapılacağını anlatırken dik dairesel silindir kavramına ait kavram tanımı ile tutarlı en ayrıntılı açıklamayı Ö8.2'nin yaptığı görülmüştür.

Ö8.2: ...dairelerin zaten yüzey alanlarının eş olduğunu söylemişsiniz Ayrıca en önemli bilgilerden biri de o dikdörtgensel bölgenin kısa kısa kenarının uzunluğunun dik dairesel silindirin yüksekliği uzun kenarının uzunluğu ise o dik dairesel silindirin o dairenin çevresine eşittir sonra dairenin çevresi $2\pi r$ idi. dairenin alanı da hocam πr^2 sonra iki eş daireden oluştuğu için bunu 2 ile çarpıyorduk. $2\pi r$ kare artı dikdörtgensel bölgenin alanı ile buluyorduk.

Ö8.7 yüzey alanını nasıl hesaplayabileceğine dair bazı imajlara sahip olsa da yüzey alanı hesabını soru üzerinde yapamamıştır. Ö8.3 ve Ö8.8 eksik formül imajına sahip olduğu için yüzey alanı hesabını doğru yapamamıştır.

Ö8.3: πr^2 hocam onu pek... $2\pi r \cdot h$

Ö8.4: bunu oluşturan şekillerin toplam alanı yüzey alanı yani tabanlarının alanı ile yan yüzünün alanı .

Ö8.8: 2. πr^2 hocam.

- **Hacim**

Sekizinci sınıf öğrencilerine dik dairesel silindirin hacmini nasıl hesaplayabilecekleri sorulduğunda Ö8.3, Ö8.6 ve Ö8.7 haricindeki bütün öğrenciler yeterli açıklamalarda bulunmuşlardır. Ö8.3, Ö8.6 ve Ö8.7 nasıl hesaplayacağını hatırlayamadıklarını belirtmişlerdir. Ö8.1, Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5 ve Ö8.8'in açıklamaları dik dairesel silindirin formal tanımı ile tutarlı bulunmuştur. Öğrencilerin hacim hesabı yaparken formül kullanmayı tercih ettikleri görülmüştür. Ö8.6'nın hacim için uygun olmayan imaja (kütle) sahip olduğu bulunmuştur.

Ö8.1: Hocam yükseklik $\times$ dairenin alanı. Hocam πr^2 ile yüksekliği çarpacağım.

Ö8.8: Taban alanı çarpı yükseklik... $\Pi r^2 h$ yükseklik yani.

4.3.3. Dik Piramit Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik piramit kavramına dair kavram imajları ve kavram tanımları iki bilişsel görev ile incelenmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilerin dik piramit denilince akıllarına (tanımlama) ne geldiğine bakılmıştır. İkinci bilişsel görevde öğrencilerden çizmelerini istediğimiz dik piramit açınımları incelenmiştir. Tüm bunlardan sonra bu iki bilişsel görev içinde (hangi imajların kullanıldığı) uyandırılmış kavram imajlarına bakılmıştır.

- **Tanımlama**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce öğrencilere dik piramit kavramı sorulmuş ve öğrencilerin daha çok ‘mısır piramidinden’ bahsettikleri görülmüştür.

Öğrenci Cevaplarından Alıntılar:

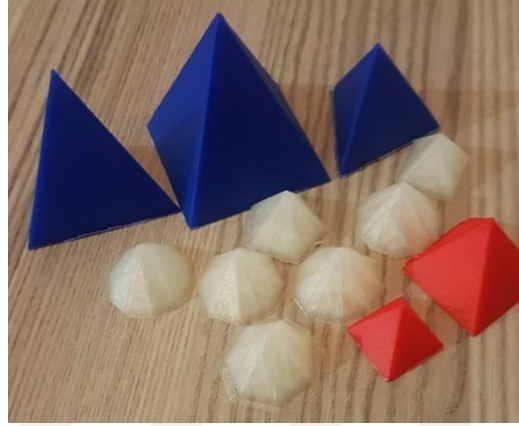
- *Mısır piramitleri*
- *Piramit denilince aklıma mısır geliyor ama dik piramit denilince mısırdaki bir şey gelir.*
- *Üçgen piramitler genellikle görüyoruz ama bu da dik şekilde*
- *Kuşun gagası*
- *Piramit denince aklıma mısır piramitleri geliyor, dik piramit ise iki dik üçgenden oluşuyor diye düşünüyorum*
- *8 kenarlı olan üçgenler prizması*

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler; istedikleri piramit örneklerini yazdırmışlardır. Ders sürecinde, öğrencilerin yazdırdıkları modeller üzerinden piramidin tanımını, temel elemanlarını ve özelliklerini öğrendiği gözlemlenmiştir. Ders sürecinde, öğrencilerin prototip olmayan piramit örnekleri yazdırdıkları da gözlemlenmiştir.

Ders Sırasında Öğrenci Görüşleri:

- *Piramitler deyince herkesin aklına kare tabanlı kenarları üçgen olduğunu diyorlar ama öyle değil tabanını 3,4,5,6,7... Kadar yapabiliriz bunu öğrendim.*
- *Piramidin tanımını ve 3 boyutlu halde nasıl görüldüğünü, nasıl olup olmadığını öğrendim*
- *Piramidin kenarlarını, köşelerini, tepe noktalarını, ayrıtlarını, yüzlerini öğrendim*
- *Dik piramitin tek tabanlı olup tabanının çokgensel bölge olduğunu, piramitin yan yüzlerinin eşit üçgensel bölgelerden oluştuğunu, piramitlerin ayrıt sayıları arttıkça*

daireleştğini, köşe sayısının tabandaki köşeler ve üçgensel bölgelerin birleşerek oluşturduğu tepe noktasının yani bir köşe tepe noktasından+ tabandaki köşe sayısına bağlı olduğu



Şekil 66. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı dik piramit örnekleri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik piramit için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 28’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 28

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik piramit kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
	Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Piramit Örnekleri	Ö8.1, Ö8.2, Ö8.5, Ö8.8
	Prototip Olmayan Örnekler	Ö8.2, Ö8.5, Ö8.8
	Günlük Hayat Örnekleri	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.6, Ö8.7
	Örnek Üzerinden Anlatma	Ö8.2, Ö8.5
	Prizmaya Benzerlik	Ö8.2
	Tek Tabanlı	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.4, Ö8.5
	Taban Çokgensel	Ö8.2, Ö8.5, Ö8.8
	Tepe Noktası	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.5, Ö8.8
	Yan Yüz Sayısı	Ö8.2, Ö8.5
	Yan Yüzleri Üçgensel	Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5
	Yüz Sayısı	Ö8.2
	Tabanın Köşesi Kadar Yan Yüz	Ö8.2
	4 Üçgen 1 Kare	Ö8.1
	Eş Üçgensel Bölgeler	Ö8.2
	Şekil	Ö8.4
	El Hareketleri ile İfade Etme	Ö8.5, Ö8.8
	Yükseklikte Birleştiren Köşe (Tepe Noktası)	Ö8.5
	Taban Kare	Ö8.6
	Dört Tane Eşkenar Üçgen (yan yüz)	Ö8.6
	Üçgenlerin Birleşmiş Hali	Ö8.7

Üç Boyutlu Cisim	Ö8.7
Bir Çok Üçgenden Oluşan	Ö8.7

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin hiçbirinin formal tanım kullanmadığı bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Öğrencilerin öznel tanımlarının ise kavramın formal tanımından etkilenmediği tespit edilmiştir. Ö8.1 ve Ö8.6 kare piramit tanımı Ö8.7 ise üçgen piramit tanımı yapmıştır. Ö8.1, Ö8.6 ve Ö8.7'nin yapmış oldukları bu tanımların özel piramit örnekleri için oldukları görülmüştür.

Ö8.1: Hocam 4 tane üçgenden oluşuyor bir tane de kareden.

Ö8.6: Tabanı kare 4 tane eşkenar üçgen var aklıma öyle geliyor hocam mısır piramidi

Ö8.7: ...Üçgenlerin birleştirilmiş hali gibi bir şey. Bir üçgeni düşünsün ama o üçgeni tek olarak hani kâğıda çizilen olarak değil de üç boyutlu elde tutulur bir cisim düşünsün. O işte piramide benziyor. Piramit üçgenden oluşuyor tek bir üçgenden değil birçok üçgenden oluyor.

Diğer öğrencilerin öznel tanımlarına bakıldığında öğrencilerin imajlarında uyandırılan görselin tanımlamasını yaptıkları görülmüştür. Öğrencilerin öznel tanımlarında en çok “tek tabanlı”, “taban çokgensel” ve “tepe noktası” imajlarının yer aldığı görülmüştür.

Ö8.5: taban alanı üçgen, beşgen altıgen falan olabilir onları ortada (Ö5 elleriyle gösterir) yükseklikte birleştiren bir köşe var nokta kaç gense mesela altıgen altı tane üçgen o köşede birleşiyor.

Ö8.8: Diğerlerine göre ayrı tepe noktası vardır (Öğrenci eli ile gösterir) ve o tepe noktasının altında insanlar mesela hep genelde kare olurdu çünkü biz piramit denilince aklımıza hep kare geliyor. Ama aslında öyle değilmiş. Altıgen piramitte var yedigen piramitte var. Beşgen piramitte, üçgen piramitte var.

Kavram imajı teması incelendiğinde en çok “prizma örnekleri”, “tek tabanlı”, “tepe noktası”, “günlük hayat örnekleri”, “taban çokgensel”, “prototip olmayan örnekler” ve “yan yüzler üçgensel” imajlarının ağırlıkta olduğu görülmüştür. Ö8.2 prizmaya benzer olduğuna dair bir imaj oluşturmuştur. Öğrenci prizmaya benzerlik olarak ikisinin tabanının çokgensel bölge olmasından bahsetmiştir.

*Ö8.2: hocam piramit denilince aklıma herkesin de ilk başta mısır piramitleri geliyordu Sonra işte öğrendikten sonra çevremizde gördüğümüz birçok örneğe benzetebildik. Ya esinlenerek yapılmış ya da birebir aynısı. Bir kenarı çokgensel bölge diğeri de tepe noktası zaten. **Birazcık prizmaya benziyor ama bu tek tabanlı prizma özelliğini kaybettiriyor.** Bir de 1 tane tepe noktası vardı bir de yan yüzleri.. çok kenarlı bir*

tabana sahipti ya yani onun kaç köşesi varsa o kadar yan yüzü yani üçgensel bölgesi vardı. Üçgensel bölge sayısına denkti. Varsayıyorum ki altıgen piramit yaptık diyelim. 6 tane yan yüz 1 tane de taban olunca 7 tane yüzü vardı. Eş üçgensel bölgelerden oluşuyordu bunların kesiştiği noktaya ise tepe noktası diyorduk.

Kavram imajı temasına bakıldığında Ö8.1 ve Ö8.6'nın kare piramit imajını Ö8.7'nin ise üçgen piramit imajını kullandıkları görülmüştür. Bu öğrenciler ile dik piramidin tabanı için görüşmeye devam edildiğinde Ö8.1 ve Ö8.7'de tabanın çokgensel olabileceği imajı uyandırılmıştır. Ö8.4 ve Ö8.6 tabanların dörtgensel bir bölge olabileceğini düşünmüş ve bu öğrencilerden taban çokgensel imajı ile ilişkili bir bilgi alınamamıştır.

Ö8.1: hocam değişebiliyor beşgende olabiliyordu

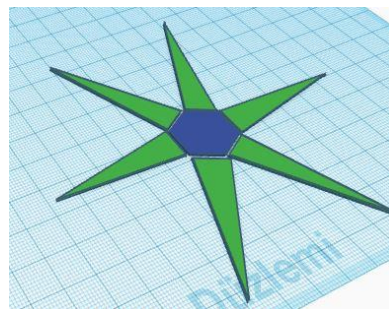
Ö8.6: kare ve dikdörtgen

Ö8.7: beşgen, altıgen, yedigenden oluşabilir normal düz kareden de oluşabilir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik piramide dair kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin dik piramide ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj bulunmamıştır.

- **Açınım**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde dik piramit için açınım modelleri yazdırabilmenin öğrencilerin dikkatini çektiği gözlemlenmiştir. Öğrenciler pek çok piramit açınımını yazdırıp incelemiştir. Öğrencilerin dik piramit açınım modellerini kullanması verimli bulunmuştur. Öğrenciler prototip olmayan ve uygun olmayan açınım modellerini yazdırıp incelemişlerdir.



Şekil 67. Öğrencinin dik piramit açınım tasarımlarından biri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik piramit için ikinci bilişsel görevde (açınım) açınımalarını çizimleri ve çizimlerini anlatmaları istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş oldukları açınım örnekleri incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 29' da gösterilmiştir.

Tablo 29

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik piramit açınım çizimlerinin incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö8.1,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
Kavram İmajı	Tek tabanlı	Bütün Öğrenciler
	Tabanı Çokgensel Bölge	Ö8.4 Hariç Bütün Öğrenciler
	Tabanı	Ö8.4
	Karesel/Dikdörtgensel	Bütün Öğrenciler
	Yan yüzleri Üçgensel	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
	Yan yüz sayısı	Uygun Uygun Değil Ö8.3
	Yan yüzlerin konumu	Uygun Uygun Değil Ö8.2
Prototip Örnekler	Prototip Olmayan Örnekler	Bütün Öğrenciler Ö8.1,Ö8.2,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7

Açınım çizimleri incelendiğinde sekiz öğrenciden altısının bütün çizimlerinin doğru olduğu görülmüştür. Bütün öğrencilerin açınım çizimlerinde “tek tabanlı”, “tabanları çokgensel bölge” ve “yan yüzleri üçgensel bölge” imajlarının yer aldığı görülmüştür.



Şekil 68. Ö8.4 ve Ö8.8'in piramit açınım çizimleri

Ö8.3 dışındaki bütün öğrencilerin yan yüz sayısının bütün çizimlerinin doğru, Ö8.3'ün ise ilk çiziminde eksik çizdiği görülmüştür. Öğrenciden çizdiği eksik açınımı kapatması istendiğinde öğrenci eksik çizim yaptığını anlamıştır.



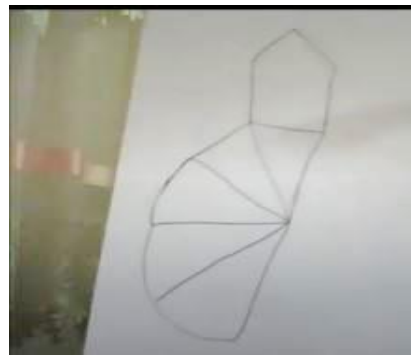
Şekil 69. Ö8.3'ün uygun olmayan piramit açınım çizimi

Ö8.2 dışındaki bütün öğrencilerin yan yüzlerin konumunu doğru çizdikleri görülmüştür. Ö8.2 dik piramit için tabanın çokgensel olması, tek tabanlı, yan yüzlerin sayısı ve yan yüzlerin üçgensel bölge olması gibi pek çok imaja sahip olmasına rağmen yan yüzlerin konumunu yanlış çizmiştir. Ö8.2 dik piramit için görüşülen ilk soruda “Prizmaya benzer ama tek tabanlı.” ifadesini kullanmış ve bu imajlarından hareketle uygun olmayan bir çizim yapmıştır. Ö8.2 dik piramit açınımlarında prizma açınımlarında oluşturduğu imajları kullanmış ve sadece tek bir taban çizip dört tane üçgensel bölge olması gerektiğini düşünerek yan yüzleri çizmiştir. Ö8.2 çizdiği açının yanlış olduğunu kendi fark edebilmiştir.



Şekil 70. Ö8.2'nin uygun olmayan piramit açılım çizimi

Bütün öğrencilerin prototip çizimler yaptığı yani prototip çizim imajına sahip oldukları görülmüştür. Bu öğrencilerden Ö8.1, Ö8.2, Ö8.5, Ö8.6 ve Ö8.7 ayrıca çizimlerinde prototip olmayan açılım çizimlerine yer vermiştir. Öğrencilerin prototip olmayan çizimlerinde daha çok tabanda farklı çokgensel bölgeler kullanıldığı görülmüştür. Ö8.7 daha farklı bir açılım çizimi yapmak istemiş ama istediğini tam olarak çizememiştir. Ö8.7 çiziminde (Ö8.7: *düz çizgiler, üçgen*) yan yüzlerin üçgen olduğunu belirtmiştir.



Şekil 71. Ö8.5 ve Ö8.7'nin prototip olmayan piramit açılım çizimleri

- **Uyandırılmış İmajlar**

Üç bilişsel görev esnasında sekizinci sınıf öğrencilerin kullandıkları imajlara Tablo 30'da yer verilmiş ve hangi bilişsel görevde hangi öğrencinin hangi imajının uyandırıldığı gösterilmiştir.

Tablo 30

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik koni için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev (Tanımlama)	2. Bilişsel Görev (Açınım)
Tek Tabanlı	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.4, Ö8.5	Bütün Öğrenciler
Taban Çokgensel	Ö8.2, Ö8.5, Ö8.8	Ö8.4 Hariç Bütün Öğrenciler
Yan Yüzler Üçgensel	Ö8.2, Ö8.4, Ö8.8	Bütün Öğrenciler

“Tek tabanlı”, “taban çokgensel” ve “yan yüzleri üçgensel” imajını öğrencilerin bazıları tanımlama sırasında kullanırken bütün öğrenciler açınım çizimlerinde bu üç imaja dikkat etmiş sadece Ö8.4’ün tabanın dikdörtgen ya da karesel olabileceğini düşündüğü görülmüştür.

4.3.4. Dik Koni Kavramı ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik koni kavramına dair kavram imajları ve kavram tanımları iki bilişsel görev ile incelenmiştir. Birinci bilişsel görevde öğrencilerin dik koni denilince akıllarına (tanımlama) ne geldiğine bakılmıştır. İkinci bilişsel görevde öğrencilerin çizdikleri dik koni açınımları incelenmiştir. Tüm bunlardan sonra bu iki bilişsel görev içinde (hangi imajların kullanıldığı) uyandırılmış kavram imajlarına bakılmıştır.

Tanımlama

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecine başlamadan önce öğrencilere dik koni kavramı sorulmuştur. Öğrenci cevaplarına bakıldığında öğrencilerin önceki öğrendikleri konular ile bağlayarak dik koni hakkında doğru çıkarımlar yapabildikleri görülmüştür.

Öğrenci Cevapları:

- *Prizmaları öğrendim piramitleri öğrendim piramitte bir tane taban vardı. Konide de farklı bir özellik olabilir.*
- *Külaha benziyor. İçi dolu bir külaha benziyor.*
- *Koninin de tek bir tabanı vardır.*
- *Pek matematiksel olmuyor ama koni doğum gününde taktığımız şapkalar da benziyor.*
- *Dik koni denilince başta dönen adamların eteklerine benzetmekteydim fakat bu konuyu işlemeden önce gördüğümüz dik piramitlere bakış açımı değiştirdi şuan tabanı daire olan üçgenimsi bölgelerden oluştuğunu fakat düzlemsel bölgelere sahip*

olmadığı için ayrıtı yok bu yüzden piramide benziyor ama piramit değil fakat ortak noktaları olduğunu düşünüyorum.

- *Tabanı yuvarlak. Üst kısmı üçgen seklinde ama köşesi olmayan yukarıda birleşen şey konidir.*
- *Üst köşesi piramide benziyor*

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler istedikleri koni örneklerini yazdırabilmişlerdir. Ders sürecinde, öğrencilerin yazdırdıkları modeller üzerinden koninin tanımını, temel elemanlarını ve özelliklerini öğrenebildiği gözlemlenmiştir. Öğrencilerin ders sürecinde farklı boyutlarda koni örneklerini yazdırarak prototip olmayan koni örneklerini deneyimleyebildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 72. Öğrencilerin 3B yazıcı ile yazdırdıkları bazı dik koni örnekleri

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik koni için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 31’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 31

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel koni kavramına dair imajları ve tanımları

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
	Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
Kavram İmajı	Piramide Benzerlik	Ö8.1,Ö8.8
	Çizerek Gösterme	Ö8.1
	Dik Dairesel Silindire Benzerlik	Ö8.2
	El Hareketleri ile Gösterme	Ö8.5, Ö8.7
	Taban Daire	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7
	Tek Tabanlı	Bütün Öğrenciler
	Altı Daire	Ö8.1
	Açınım	Ö8.1,Ö8.7
	Yuvarlak	Ö8.1, Ö8.8
	Eksen	Ö8.2
	Tepe Noktası	Ö8.2,Ö8.3

Ana Doğru	Ö8.2
Ayrıtı Yok	Ö8.3
Yükseklik	Ö8.3
Yan Yüz	Ö8.2,Ö8.4
Yan Yüz Daire Gibi	Ö8.2
Üstü Dikdörtgen Gibi Bir Şey	Ö8.1
Üçgenden (Yan yüz)	Ö8.7
Üçgenin alt tabanındaki köşeleri tam belli olmayan	Ö8.7
Çevresi Dikdörtgen	Ö8.6
Dikdörtgen	Ö8.5
Günlük Hayat Örnekleri	Ö8.3

Kavram tanımı temasına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde öğrencilerin hiçbirinin formal tanım kullanmadığı bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından uzak olduğu görülmüştür. Ö8.1 ve Ö8.8 piramit kavramı ile benzerlik kurarak tanımlarken Ö8.2 dik dairesel silindir ile benzerlik kurarak tanımlama yapmıştır.

Ö8.1: piramidin yuvarlak ile oluşturulmuş hali gibi

Ö8.2: Koni de aslında dik dairesel silindire benziyordu dik dairesel silindirin tek tabanlı hali gibi.

Ö8.8: aslında piramit geliyor çünkü piramidin tabanının yuvarlak olması

Bu üç öğrenci dışındaki öğrencilerden Ö8.3 dik dairesel koninin temel elemanları üzerinden Ö8.4, Ö8.5, Ö8.6 ve Ö8.7 dik dairesel koniyi oluşturan yüzeyler üzerinden öznel tanımlar yapmışlardır.

Ö8.3: ayrıtı yok bunun hocam tepe noktası var dairesel bir tabanı var yüksekliği var aklıma bunlar geliyor hocam

Ö8.4: tek tabanı var tabanı daire yan yüzü var

Ö8.5, Ö8.6 ve Ö8.7'nin öznel tanımlarının kavramın formal tanımına uygun olmadığı görülmüştür. Bu üç öğrencinin dik koninin yan yüzü hakkında uygun olmayan imajları olduğu tespit edilmiştir.

Ö8.5: Tabanı daire (Ö5 eliyle gösterir) dikdörtgen var bir tane dairenin (Ö5 eliyle dairenin çevresini gösterir) etrafında birleştiriyor böyle (Ö5 eliyle gösterir)

Ö8.6: Tabanı daire Çevresi dikdörtgen

Ö8.7: üçgenden ama üçgenin alt tabanındaki köşeleri tam belli olmayan bir de daireden oluşur.



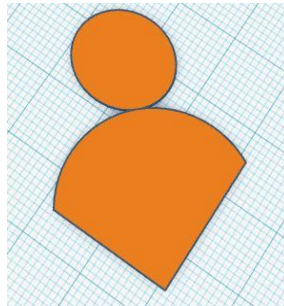
Şekil 73. Ö8.7 dik dairesel koniyi anlatırken

Kavram imajı teması öğrenci cevapları incelendiğinde öğrencilerde dik dairesel koni için en çok “taban daire” ve “tek tabanlı” imajlarının yer aldığı görülmüştür. Uygun olmayan imaj olan “yan yüz üçgen” ve “yan yüz dikdörtgen” imajı bazı öğrencilerde tespit edilmiştir.

Genel olarak sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel koni için formal tanım kullanmak yerine öznel tanım yaptıkları ve bu öznel tanımların ise kavramın formal tanımından uzak olduğu görülmüştür. Ö8.5, Ö8.6 ve Ö8.7’nin vermiş oldukları cevaplarda tespit edilen uygun olmayan kavram imajının (yan yüz) diğer öğrencilerde olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla öğrencilere dik dairesel koninin yan yüzünün nasıl bir bölgeden oluştuğu sorulmuştur. Öğrencilerden Ö8.4 yan yüzün dikdörtgenden oluştuğunu belirtmiştir.

- **Açınım**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde dik koninin açınım modellerini yazdırmanın işlevsel olmadığı görülmüştür. Yazdırılan açınım modellerinde dik koninin yan yüzü kullanılan materyalin esnek olmamasından dolayı kapanmamıştır. Buna rağmen öğrenciler, açınım modelleri yazdırmanın öğrenmelerini ve zihinde canlandırma yapmalarını kolaylaştırdığını belirtmiştir.



Şekil 74. Öğrencinin dik dairesel koni açınım tasarımından biri

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik koni kavramına ait ikinci bilişsel görevde (açınım) açınımlarını çizmeleri ve çizimlerini anlatmaları istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş oldukları açınım örnekleri incelenmiş ve bunların tanıma uygunlukları ve kavrama ait imajları Tablo 32’de gösterilmiştir.

Tablo 32

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda dik dairesel koni açınım çizimlerinin incelenmesi

Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Kavram Tanımı	Formal Tanım	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.7,Ö8.8
Kavram İmajı	Tek Tabanlı	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler
	Taban Dairesel	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler
	Tek Yan Yüz	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler
	Yüzlerin Konumu Uygun	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler
	Yan Yüzü	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.7,Ö8.8
	Daire Dilimi	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.7,Ö8.8
	Dikdörtgensel Bölge	Ö8.4
	Üçgensel Bölge	Ö8.5

Tablo 32 incelendiğinde açınım çizimlerine bakılarak öğrencilerin dik dairesel koninin tabanının “tek tabanlı dairesel bölge” ve “tek yan yüzü”nün olduğunu bildiği görülmüştür. Sekiz öğrenciden beşi doğru açınım çizimi yapabilirken iki öğrenci yanlış açınım çizimi yapmıştır. Ö8.6 görüşme esnasında tabanın dairesel yan yüzün ise dikdörtgensel bölge olduğundan bahsetmiş ama dik koninin açınım çiziminin aklına gelmediğini belirterek çizim yapamamıştır. Açınım çizimleri incelendiğinde Ö8.1, Ö8.2, Ö8.3, Ö8.7 ve Ö8.8 uygun açınım çizimleri yaptıkları görülmüştür.

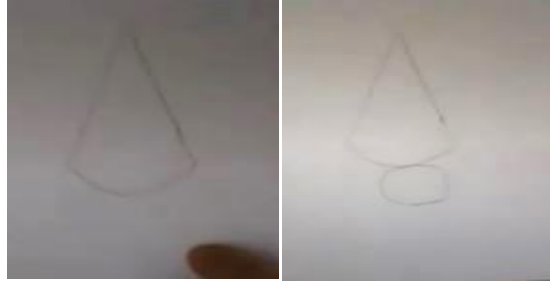


Şekil 75. Ö8.1 ve Ö8.3’ün dik dairesel koni açınım çizimleri

Ö8.7’nin dik dairesel koni açınım çiziminde uygun bir çizim yaptığı görülmüştür fakat öğrenci dik dairesel koninin yan yüzünü görüşme başında daire dilimi yerine üçgen kavramı ile (“Üçgenin alt tabanındaki köşeleri tam belli olmayan...”) benzerlik kurarak anlatmıştır. Öğrenci ile görüşmeye devam edildiğinde ve yan yüzü tekrar sorulduğunda öğrenci değişik bir şey olduğunu ve çizerek göstermek istediğini belirtmiştir. Öğrencinin bir daire dilimi çizdiği görülmüştür. Ö8.7’nin daire dilimi ifadesini hatırlamadığı ve bunun yerine ilk başta üçgen ifadesini kullanmayı tercih ettiği tespit edilmiştir.

Öğretmen: Yan yüzü nasıldır?

Ö8.7: koni değişik nasıl anlatayım ki, çizeyim



Şekil 76. Ö8.7'nin dik dairesel koninin yan yüz ve açınım çizimi

Açınım çizimlerinde Ö8.4 ve Ö8.5'in uygun olmayan açınım örnekleri çizdikleri görülmüştür. Ö8.4 görüşme başında dik dairesel koniyi tanımlarken yan yüzü hakkında bir bilgi vermemiştir. Ö8.5 görüşme başında dik dairesel koninin yan yüzünün üçgensel bölge olduğunu belirtmiştir. Açınım çiziminde Ö8.4 yan yüzü dikdörtgensel bölge olarak çizerken Ö8.5 ise yan yüzü üçgensel bölge olarak çizmiştir.



Şekil 77. Ö8.4 ve Ö8.5'in uygun olmayan dik dairesel koni açınım çizimleri

- **Uyandırılmış İmajlar**

İki bilişsel görev esnasında sekizinci sınıf öğrencilerin kullandıkları imajlara Tablo 33'de yer verilmiş ve hangi bilişsel görevde hangi öğrencinin hangi imajının uyandırıldığı gösterilmiştir.

Tablo 33

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik koni için bilişsel görevler ile uyandırılmış imajlarının incelenmesi

Kavram İmajları	1.Bilişsel Görev (Tanımlama)	2. Bilişsel Görev (Açınım)
Taban Dairesel	Bütün Öğrenciler	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler
Tek Tabanlı	Bütün Öğrenciler	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler
Tek Yan Yüz	-	Ö8.6 Hariç Bütün Öğrenciler
Yan Yüz Daire Dilimi	-	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3, Ö8.7, Ö8.8

Öğrenciler, “tabanın dairesel” ve “tek tabanlı” olmasından iki bilişsel görevde de bahsetmiştir. Öğrenciler tanımlama bilişsel görevinde sadece yan yüzünün olduğundan

bahsederken açınım çizimlerinde tek yan yüzü olduğunu da belirtmişlerdir. Bazı öğrencilerin dik dairesel koninin yan yüzü için uygun olmayan imajlara sahip oldukları görülmüştür.

4.3.4. Temel Elemanları ile İlgili Kavram İmajları ve Tanımları

- **Ayrıt, Köşe ve Yüzey Kavramları**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrenciler yazdırdıkları modeller üzerinden temel elemanlarını öğrenmişlerdir. Ders esnasında ayrıt ve köşe kavramını anlatırken sadece yazdırdıkları modeller üzerinden göstermekle kalmayıp açıklayıcı ifadeler de kullanmışlardır. Öğrencilerin hangi geometrik cisimlerin ayrıtının ve köşesinin olup olmadığını bildikleri gözlemlenmiştir. Dik prizmaların ayrıtlarını sayarken öğrencilerin sayma stratejisi kullandıkları ve teker teker saymadıkları görülmüştür.

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda prizmaların temel elemanları için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 34’de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 34

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda prizmaların temel elemanlarına ait imajları ve tanımları

Kavram	Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Ayrıt	Kavram Tanımı	Formal Tanım Öznel Tanım	- Bütün Öğrenciler
	Kavram İmajı	İki Köşeyi Birleştiren	Ö8.1,Ö8.6
		İki Yüzün Kesişmesi	Ö8.2,Ö8.4
		Kesişen	Ö8.3
		Çizgi	Ö8.1,Ö8.3
		Çıkıntılı	Ö8.3
		Dik Çizgi	Ö8.4
		Dikdörtgen ve üçgenlerin etrafında	Ö8.5
		El Hareketleri ile İfade Etme	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
		Yan Ayrıt	Ö8.3,Ö8.5,Ö8.6
		Taban Ayrıt	Ö8.3,Ö8.5
		Çubuk	Ö8.5
		Kenar	Ö8.7
		Dairenin Etrafında	Ö8.5
Köşe	Kavram Tanımı	Formal Tanım Öznel Tanım	- Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.8
	Kavram İmajı	Ayrıtların Birleşmesi	Ö8.2,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.8
		Örnek Üzerinden Anlatma	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7
		El Hareketleri ile İfade Etme	Ö8.2,Ö8.3,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.7, Ö8.8
		Ayrıtların Bittiği Yer	Ö8.1
		Dirsek ile Gösterme	Ö8.7
		Çıkıntı	Ö8.3
		Uç Kısım	Ö8.3
		Nokta	Ö8.5, Ö8.8
		Çakıştıkları Yer	Ö8.6

Yüzey	Kavram Tanımı	Formal Tanım Öznel Tanım	- Bütün Öğrenciler
	Kavram İmajı	Ayrıtların Birleştirdiği Örnek Üzerinden Anlatma Görünen Açınımında Oluşturan Parça Yan yüzler Taban Yüzleri Alt Taban Üst Taban Çevreleyen Pürüzsüz Yerler El Hareketleri ile İfade Etme Zemin Kenar (Yan Yüz)	Ö8.1 Ö8.3, Ö8.5, Ö8.6 Ö8.2, Ö8.4 Ö8.2 Ö8.2, Ö8.3, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.6, Ö8.8 Ö8.2, Ö8.3, 8.4, Ö8.6, Ö8.8 Ö8.5, Ö8.6, Ö8.7 Ö8.5, Ö8.6, Ö8.7 Ö8.2 Ö8.3 Ö8.3, Ö8.5, Ö8.6, Ö8.8 Ö8.7 Ö8.3, Ö8.7

- **Ayrıt**

Ayrıt kavramı için öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Formal tanıma en yakın öznel tanımı Ö8.2 ve Ö8.4 kullanmıştır. Öğrenciler ayrıt kavramını öznel tanımları ile anlatmaya çalışırken “iki köşeyi birleştiren”, “yüzün kesişmesi”, “çizgi”, “taban ayrıt” ve “yan ayrıt” imajlarını kullanmışlardır. Öğrencilerin hiçbirinin doğru parçası imajını kullanmadığı görülmüştür.

Ö8.3: hocam hani mesela prizmalar yaptığımızda arada böyle biraz çıkıntılı çizgi gibi şeyler vardı onlar (Ö3 eliyle yan ayrıtları gösterir)

Öğretmen: Sen yanlardaki ayrıtlardan bahsettin. Bu kadar mı peki yanlarda mı var sadece

Ö8.3: hocam işte nasıl desem ayrıt hem yanlarda var hem de böyle tabanların alt kısımlarında da bulunuyor.

Ayrıt kavramı için kavram imajlarına bakıldığından öğrencilerin kavramı anlatmak için daha çok el hareketlerini kullandıkları görülmüştür. Öğrencilerin el hareketleri incelediğinde ilk olarak yan ayrıtların gösterildiği görülmüştür. Bir öğrencinin (Ö8.5) silindir ve koni kavramlarını anlatırken dairenin etrafının ayrıt olduğunu belirttiği tespit edilmiştir. Ö8.5’in ayrıt kavramı için uygun olmayan imaja sahip olduğu bulunmuştur.

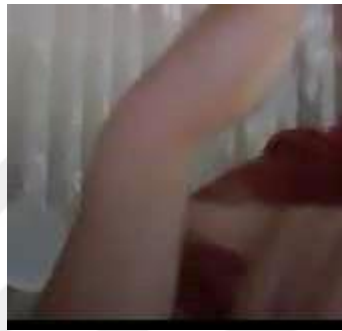


Şekil 78. Ö8.4 ile Ö8.6 ayrıt kavramını anlatırken

Ö8.4: ...yüzler yan yana gelirse orada bir dik çizgi oluşuyor (Ö4 aynı zamanda eliyle gösterir) ona ayrıt deniliyor. Yüzlerin kesiştiği yerde.

Ö8.6: İki köşeyi bir araya (Ö6 eliyle doğru parçasını gösterir) bağlayan yer.

Öğrenci cevapları içerisinde Ö8.7'nin ayrıt kavramı için “kenar” imajını kullandığı görülmüştür. Öğrenci elini yüzey olarak alıp parmağı ile işaret ettiği yan tarafın ayrıt olduğunu “bu kenar gibi bir şey” ile belirtmiştir.



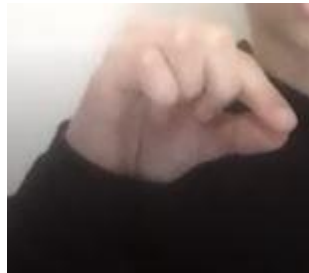
Şekil 79. Ö8.7 ayrıt kavramını anlatırken

- **Köşe**

Köşe kavramı için öğrenci cevapları değerlendirildiğinde Ö8.7 haricinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Ö8.7 sadece eli ile çizdiği hayali bir üçgen örneği üzerinde göstermiş ve herhangi bir tanımlama cümlesi kurmamıştır. Formal tanıma en yakın öznel tanımı Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5 ve Ö8.8 yapmıştır. Öğrenciler köşe kavramını öznel tanımları ile anlatmaya çalışırken daha çok “ayrıtların birleşmesi” imajını kullanmışlardır.

Ö8.8: İki ayrıtların birleştiği nokta köşe oluyordu (öğrenci eliyle gösterir)

Köşe kavramı için kavram imajlarına bakıldığında öğrencilerin en çok el hareketlerini kullandıkları daha sonra “örnek üzerinden anlatma” ve “ayrıtların birleşmesi” imajını kullandıkları görülmüştür.



Şekil 80. Ö8.2 köşe kavramını anlatırken

Ö8.2: hocam köşe ayrıtların birleşmesiyle oluşuyordu şu şekilde bir şey bir küp düşünelim matematiksel olarak yani küpün dikine(Eli ile gösterir) yani yüksekliğine

bağlı sonra bir doğru parçası(Eli ile gösterir) yanında diğer bir doğru parçası(Eli ile gösterir) ile bir köşe (Eli ile gösterir) oluşur. Doğru parçalarından birine de ayırıt diyorduk.

Öğrencilerin köşe kavramını anlatırken öğrendikleri prizma örneklerini kullandıkları ya da günlük hayatlarındaki bir nesne üzerinden anlatmayı tercih ettikleri görülmüştür.

Ö8.3: direkt böyle çıkıntılı yanı öyle aklına köşe geliyor. Mesela dairesel gördüğümüzde hiç böyle bir şey yoktu. (Ö8.3 eliyle daire çizer ve çıkıntı olmadığını ima eder.) (Ö8.3 daha sonra hayali prizmayı eliyle çizer ve şöyle gidip şöyle döner diyerek köşeyi gösterir.)

Ö8.5: üçgen dik prizma var ya (Ö8.5 burada eliyle üçgeni çizer.) orada ayrıtları birleştiren nokta (Ö8.5 eliyle gösterir)

Ö8.6: kare prizmanın köşesi (Ö8.6 eliyle gösterir) tam köşe (Ö8.6 eliyle nokta işareti yapar.) Çakıştıkları yer (Ö8.6 ellerini birbirine çakıştırır) Nasıl anlatsam, (eline bir kâğıt alıp köşesini gösterir.)

- **Yüzey**

Yüzey kavramı için öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Formal tanıma yakın öznel tanım kullanan öğrenci bulunmamıştır. Öğrenciler yüzey kavramını öznel tanımları ile anlatmaya çalışırken en çok “yan yüzler” ve “taban yüzleri” imajlarını kullanmışlardır.

Ö8.3: şimdi taban şey tabanlar 2 tane ama tabanlar böyle pürüzsüz olduğu içinde yine ben bunları yüzeye alıyorum. Yan yüzeyleri ve taban yüzeyleri diyoruz hatta.

Ö8.8: Tabanlarda birer yüz iki eş taban yüz, bir de yanları da birer yüzdü.

Yan yüzler ve taban yüzleri kavram imajlarından sonra yüzey kavramı için kavram imajlarına bakıldığında en çok “el hareketleri” ile kavramı açıklamaya çalıştıkları görülmüştür.



Şekil 81. Ö8.5 ve Ö8.6 yüzey kavramını anlatırken

Ö8.5: Hocam mesela yine üçgen diyelim yüzleri mesela dikdörtgen olan taraflar(öğrenci eli ile gösterir) yan yüzleri, üçgen olan taban yüzleri (öğrenci eli ile gösterir)

Ö8.6: Kare prizması mesela 6 tane yüzü var. 2 tane tabanda(öğrenci eli ile gösterir)

4 tane yanlarda(öğrenci eli ile gösterir).

Yüzey kavramını açıklarken Ö8.3 ve Ö8.7'nin yan yüzleri "kenar" ile ifade ettikleri görülmüştür.

Ö8.3: ...zaten şey yüzey dediğimiz o yan kenarların direk pürüzsüz olan yerleri

Ö7: Hayır hocam üst tarafı da yüzey olabilir kenarları da alt tabanı da

- **Ana Doğru, Eksen ve Yükseklik Kavramları**

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde öğrencilere yazdırdıkları modeller üzerinden ana doğru, eksen ve yükseklik kavramları anlatılmış ve gösterilmiştir. Öğrencilerin ana doğru ve eksen kavramlarını öğrenmekte zorlandıkları ve bu kavramları genel olarak yükseklik olarak ifade ettikleri görülmüştür.

Öğrencilerin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda silindirin temel elemanları için kavram imajları ve kavram tanımları Tablo 35'de sunulmuş ve öğrenci cevapları ile yorumlanmıştır.

Tablo 35

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda silindirin temel elemanlarına ait imajları ve tanımları

Kavramlar	Temalar	Kodlar	Öğrenciler
Ana Doğru	Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
		Öznel Tanım	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.4, Ö8.8
	Kavram İmajı	Eksen	Ö8.2
		Yükseklik	Ö8.2
		Yükseklik ile Aynı Yerde Değil	Ö8.3
		Yanlardaki Çizgiler	Ö8.3
		Tabandan Tabana Düz Çizgi	Ö8.2, Ö8.4
		Tabandan Tabana Şekli Oluşturan	Ö8.8
Eksen	Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
		Öznel Tanım	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.7, Ö8.8
	Kavram İmajı	Üst Tabandan Alt Tabana İnen Dik	Ö8.2
		Yükseklik	Ö8.2, Ö8.3, Ö8.8
		Doğru Parçası	Ö8.2
		Çizgi	Ö8.3, Ö8.7
		Bir Cismi İkiye Ayıran	Ö8.7
		Dünyanın Ekseni Gibi	Ö8.8
Yükseklik	Kavram Tanımı	Formal Tanım	-
		Öznel Tanım	Bütün Öğrenciler
	Kavram İmajı	Alt Taban ile Üst Taban Arasında	Ö8.1, Ö8.2, Ö8.4, Ö8.6
		Tabanlar Arasındaki Mesafe	Ö8.3
		Bir Tabandan Diğer Tabana Giden	Ö8.8
		İki Tabanı Birleştiren	Ö8.5
		En Kısa Mesafe	Ö8.2
		Dik	Ö8.2, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.6
		Düz Çizgi	Ö8.1, Ö8.5, Ö8.6, Ö8.8
		El Hareketleri ile Gösterme	Ö8.3, Ö8.6, Ö8.7
		Köşelerin Yükseltilmiş Hali	Ö8.7
		h	Ö8.7

- **Ana Doğru**

Ana Doğru kavramına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde Ö8.2, Ö8.3, Ö8.4 ve Ö8.8'in öznel tanım kullandığı görülmüştür. Ö8.1, Ö8.5, Ö8.6 ve Ö8.7 ana doğru kavramını hatırlayamadığını belirtmiştir. Öğrencilerin öznel tanımları içerisinde formal tanıma yakın bir açıklama bulunmamıştır.

Ö8.3: Hocam aklıma gelmedi ama çizgiydi sanki yüksekliğin yeri değil de sanki yan taraftaki çizgilerdi.

Ö8.8: tabandan tabana gider ve o şekli oluşturur.

- **Eksen**

Eksen kavramına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde Ö8.2, Ö8.3, Ö8.7 ve Ö8.8'in öznel tanım kullandığı görülmüştür. Ö8.1, Ö8.4, Ö8.5 ve Ö8.6'nın eksen kavramını hatırlayamadığı görülmüştür. Formal tanıma en yakın öznel tanımı Ö8.2 yapmıştır. Öğrencilerin kavram imajlarında en çok "yükseklik" imajının hâkim olduğu görülmüştür.

Ö8.2: ...üst tabandan alt tabana inen dik aslında yüksekliği de oluyor.

- **Yükseklik**

Yükseklik kavramına ait öğrenci cevapları değerlendirildiğinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Öznel tanımları içerisinde Ö8.1, Ö8.2, Ö8.3, Ö8.4, Ö8.5, Ö8.6 ve Ö8.8'in formal tanıma yakın bir tanımlama yaptıkları görülmüştür.

Ö8.1:Yükseklik hocam cismin alt tabanı ile üst tabanı arasındaki yer yani düz bir çizgi çizince o yükseklik oluyor.

Ö8.2: Hocam yükseklik şöyle yükseklik eğik falan da deriz ama yükseklik bir tabandan diğer tabana gelen en kısa mesafe en kısa mesafede dik açı ile geldiği için biz buna dik diyoruz.

Ö8.3: tabanlar arasındaki mesafeye yükseklik denir. Hocam mesela böyle bir dik dairesel silindir çizdik bu iki taban arasındaki bunlar arasındaki mesafe yükseklik diyorduk.

Yükseklik kavramı öğrenci cevaplarından en çok "alt taban ile üst taban arasında", "dik" ve "düz çizgi" imajları görülmüştür.

Ö8.6: taban ile üstün arası (Ö8.6 eli ile gösterir) iki dairenin arasındaki yer (Ö8.6 eli ile düz bir çizgi çizer dik olduğunu gösterir).

Ö8.8: bir tabandan diğer tabana oluşan dik çizgi (öğrenci eliyle gösterir)

4.4. Geometrik Cisimler Kazanımlarını Öğrenme Sürecinde 3B Yazıcı Kullanan Ortaokul Öğrencilerinin 3B Yazıcı ile İlgili Düşünceleri

Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı hakkında düşünceleri sorulmuştur. Öğrencileri cevaplarından oluşturulan kodlar temalar altında toplanmıştır.

- * 3B yazıcıların 3B modeller yazdıran bir makine olduğunu anlatan ifadeleri “işlev” teması altında
- * 3B yazıcıya yükledikleri anlam “algı” teması altında
- * 3B yazıcıya ait teknik konular hakkındaki düşünceleri “teknik konular” teması altında
- * 3B yazıcının somutlaştırma özelliğinden bahsettiği konular “somutluk” teması altında toplanmıştır.

Bu oluşturulan temalar ve temalara ait kodlar öğrencilerin 3B denilince aklına gelen düşüncelerinden elde edilmiştir. Öğrencilere özel olarak bu tema konuları hakkında soru sorulmamıştır.

Tablo 36

Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “işlev” teması kodları

Kodlar	Sınıf	Öğrenciler
3B Yazdıran	5. sınıf	Ö5.2,Ö5.3,Ö5.6
3B Yazdıran	6. sınıf	Ö6.1,Ö6.2,Ö6.4,Ö6.5,Ö6.6,Ö6.8
3B Yazdıran	8. sınıf	Ö8.1,Ö8.3,Ö8.6,Ö8.7

Beşinci sınıf öğrencilerinden üç öğrencinin altıncı sınıf öğrencilerinden altı öğrencinin ve sekizinci sınıf öğrencilerinden dört öğrencinin 3B yazıcıların işlevinden bahsettikleri görülmüştür. 3B yazıcıların işlevinden en çok 3B yazıcı ile yüz yüze öğrenme deneyimi yaşayan altıncı sınıf öğrencilerinin bahsettiği görülmüştür. 3B yazıcıların işlevinden bahseden bazı öğrenci cevapları:

Ö5.6: Öğretmenim 3B nesneler yapabilen cihaz böyle bir cihaz olduğunu bilmiyordum ben bunu sizin dersinizde öğrendim.

Ö6.6: Şekilleri 3B şekilde yani şekillerin her yüzeyini görebileceğimiz şekilde çıkartan bir makine geliyor hocam.

Ö8.7: Bir cismi yazdıran yerdir. Bir cismi tasarlıyorsunuz o cismi oluşturunuz ayrıntısına kadar şey yaparsınız ölçersiniz biçersiniz onu da yazdıran alet 3B yazıcıdır.

Tablo 37

Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “algı” teması kodları

Kodlar	Sınıflar	Öğrenciler
Düşünce Geliştiren	5. sınıf	Ö5.1
Her Şeyi Yazdırabilen		Ö5.4
İstediklerimi Yazdırabilen		Ö5.5
Yüksek Teknolojik		Ö5.4
Geleceğin Teknolojisi		Ö5.4
Kendin Üretebilme		Ö5.4, Ö5.5
Hayalleri Gerçekleştiren	6. sınıf	Ö6.7
Prototipleme	8. sınıf	Ö8.2
Hayalleri Gerçekleştiren		Ö8.8
Kendin Üretebilme		Ö8.8

Algı temasına için kodların en çok beşinci sınıf öğrencilerinde olduğu en az altıncı sınıf öğrencilerinde olduğu görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin “düşünce geliştiren”, “her şeyi yazdırabilen”, “istediklerimi yazdırabilen”, “yüksek teknolojik”, “geleceğin teknolojisi” ve “kendin üretebilme” gibi anlamlar yükledikleri görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin “hayalleri gerçekleştiren” anlamı yükledikleri görülürken sekizinci sınıf öğrencilerinin “prototipleme”, “hayalleri gerçekleştiren” ve “kendi üretebilme” anlamları yüklediği görülmüştür. Ortaokul öğrencilerin 3B yazıcıya ait algılarının olumlu yönde olduğu görülmüştür. Bazı öğrenci cevaplarından alıntılar:

Ö5.4: Ve ben hep videolardan izlediğim için mi onlara hiç dokunmadığım için dokunduğumda da bayağı bir şey oldu. Marketlerden satın almışsın gibi ama kendin üretiyorsun.

Ö6.7: Hayal olan şeyleri gerçeğe dönüştürüyor yazıcı

Ö8.2: İlk önce 3B yazıcıdan çıkartıp hem gözümüz ile görebiliriz sonrada asıl yapacak malzemeleri kendimiz yapabiliriz aşama aşama. İnsanlar ilk bir şey yapacaklarında yazıcıyı kullanabilirler nasıl yapacaklarını göstermek bir öngörü için.

Ö8.8: Siz bir ödev veriyordunuz herkes hayal gücünü ortaya koyup bir şey başarmaya çalışıyordu. Ve başardığımızı çıkartınca da biz de mutlu oluyorduk. O kadar emek verdik ve o gerçekten aynısını çıkarıyordu.

Tablo 38

Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “teknik konular” teması kodları

Kodlar	Sınıflar	Öğrenciler
--------	----------	------------

Malzeme/Filament	5. sınıf	Ö5.4,Ö5.5
Nasıl Yazdırdığı		Ö5.5
Maliyet		Ö5.1
Yazıcının Sınırlı Boyutu		Ö5.4,Ö5.5
Doluluk Oranı		Ö5.4
3B Tasarım	6. sınıf	Ö6.2,Ö6.8
Katman Katman Yazdırması		Ö6.3,Ö6.4,Ö6.8
Yazıcının Kalem (ucu)		Ö6.3
Destek Malzemesi		Ö6.3
Materyal/Filament		Ö6.1
Yazdırma Yüzeyi/Tabla		Ö6.3
Yazdırılma Süresi		Ö6.5,Ö6.8
Düzgün Yazdırmaması		Ö6.1
Doluluk Oranı		Ö6.3,Ö6.8
3B Tasarım	8. sınıf	Ö8.1,Ö8.4, Ö8.5, Ö8.7
Destek Malzemesi		Ö8.1,Ö8.2,Ö8.8
Materyal		Ö8.3,Ö8.4
Yazdırılma Süresi		Ö8.3,Ö8.4,Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
Düzgün Yazdırmaması		Ö8.1,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.8
Yazıcının Sınırlı Boyutu		Ö8.4
Tablaya Yapışkan Sürülmesi		Ö8.6
Maliyet		Ö8.7
Doluluk Oranı		Ö8.8

Bazı beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcının teknik konuları olan “malzeme/filament”, “yazıcının nasıl yazdırdığı”, “maliyet”, “yazıcının sınırlı boyutu” ve “doluluk oranı” kodlarından bahsettiği görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcının teknik konuları olan “3B tasarım”, “katman katman yazdırma”, “yazıcının kalem (ucu)”, “destek malzemesi”, “malzeme/filament”, “tabla”, “yazdırma süresi”, “düzgün yazdırmaması” ve “doluluk oranı” kodlarına ait ifadeleri görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin ise 3B yazıcının teknik konuları olan “3B tasarım”, “destek malzemesi”, “materyal”, “yazdırılma süresi”, “düzgün yazdırmaması”, “yazıcının sınırlı boyutu”, “tablaya yapışkan sürülmesi”, “maliyet” ve “doluluk oranı” kodları tespit edilmiştir. Bütün sınıf seviyelerinde malzeme/materyal ve doluluk oranından bahsedildiği görülmüştür. Yazıcının katman katman yazdırması durumunu sadece 3B yazıcı ile öğrenme süreci yüz yüze gerçekleştirilen altıncı sınıf öğrencilerinin belirttiği görülmüştür. Bazı öğrenci cevapları:

Ö5.4: 3B yazıcı denildiğinde benim aklıma direkt filament ya da plastik gibi bir şeyler geliyor.

Ö6.4: Hocam katman kartına yazdırması değişik geldi.

Ö6.8: Öğretmenim benim genelde dikkatimi çeken şey cismin içinin boş olmasına göre yazıcının bir saatte veya bir günde yazdırmasının değişmesi ilginç bir şey.

Ö8.2: Hatta siz bir ara okulda da sosyal mesafe kuralı içerisinde bulduğumuz zamanda hani şey vermişsiniz ya o şeyi fazladan olan parçaları suya koyunca çıkıyor demiştiniz onları deneyince çıkınca çok şaşırdım. Bence herkesin hayal gücüne daha da fazlasını kattırıyor.

Ö8.8: Bizim normal 3d yazıcılarımız yok. Normal yazıcılar bildiğimiz kartuşları var. Onun da kartuşu var ama değişik türlü bir kartuş. Onu çıkartabiliyorsun. Pigmentlerini veren renkler alabiliyorsun. Normal yazıcıya koyuyoruz o yazıcı kâğıda geçiriyor. Ama onun mesela destek malzemesi vardı. Onları kullandığımızda altına kendi yani onu çıkartabilmemiz için kolaylık için altına bir katman oluşturuyordu. Ve aralarını boşluklu boşluklu dolduruyordu. Mesela yüzde yüz dolu yapsam ben bir saatlik işi mesela 4 saatte yapar. Kulpunu çıkarmamıştı mesela orayı ayarlayamamıştı o ilginçime gitti. Benim orayı tamir etmem için destek malzemesi koymam gerekiyordu.

Tablo 39

Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “somutluk” teması kodları

Kodlar	Sınıflar	Öğrenciler
3B Cisimler	5. sınıf	Ö5.3,Ö5.7
Ürüne Dokunabilme		Ö5.2,Ö5.4,Ö5.7
3B Cisimler	6. sınıf	Ö6.2, Ö6.5,Ö6.9
Görüp-Dokunabilme		Ö6.1,Ö6.3,Ö6.4,Ö6.5
Tasarımı Somutlaştırma	8. sınıf	Ö8.1,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.7
Görüp-Dokunabilme		Ö8.2,Ö8.3

Bazı beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı denilince aklına somutluk teması kodları olan ders sürecinde yazdırdıkları “3B cisimler” ve “ürüne dokunabilme” düşünceleri gelmiştir. Altıncı sınıf öğrencilerinin aklına ise “3B cisimler” ve “görüp- dokunabilme” düşünceleri gelmiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin somutluk temasında ise “tasarımı somutlaştırma” ve “görüp- dokunabilme” kodları yer almıştır. 3B yazıcıların genel olarak öğrencilerin dokunma duyusuna hitap ettiği görülmüştür.

Ö5.2: Öğretmenim normal yazıcı sadece kâğıda yazı yazmamızı sağlıyor 3D Yazıcı ise tamamı ile böyle 3B çıkartıyor. Ellerimiz ile dokunabileceğimiz bir şekilde.

Ö6.4: Hocam bir cismi elimizle dokunacak hale getirmek hocam bir cismi elleylemezken veya hiç dokunamadığım bir cismi görebilmek veya dokunabilmek elleylemek 3B bir şekilde görebilmek.

Ö8.4: dijital ortamda tasarımlarını yapabildiğimiz şeyleri gerçek hayatta görebilmenizi sağlıyor.

4.5. Geometrik Cisimler Kazanımlarını Öğrenme Sürecinde 3B Yazıcı Kullanan Ortaokul Öğrencilerinin 3B Yazıcı Destekli Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri

Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri sorulmuştur. Öğrencileri cevaplarından oluşturulan kodlar temalar altında toplanmıştır.

- * Hangi kazanımlara fayda sağladığından bahsettikleri düşünceler “kazanımlara katkı” teması altında
- * Somut deneyimlerinden bahsettiği düşünceler “somut deneyimler” teması altında
- * Duygularını dile getirdikleri düşünceler “duyuşsal alan” teması altında toplanmıştır.

Tablo 40

Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “kazanımlara katkı” teması kodları

Kodlar	Sınıflar	Öğrenciler
Açınım Yapabilme	5. sınıf	Ö5.1,Ö5.2, Ö5.4,Ö5.5,Ö5.7
Yüzey Alanı Hesaplayabilme		Ö5.2, Ö5.7
Geometrik Cisimler		Ö5.6
Prototip Olmayan Örnekler	6. sınıf	Ö6.3,Ö6.4,Ö6.5,Ö6.6,Ö6.8
Birim Küpler İle Hacim Hesaplama		Ö6.1,Ö6.2,Ö6.3,Ö6.4,Ö6.5,Ö6.7,Ö6.8,Ö6.9
Aynı Hacme Sahip Farklı Dikdörtgenler Prizmaları Oluşturma		Ö6.2
Hacim ve Sıvı Ölçü Birimleri		Ö6.2,Ö6.4,Ö6.9
Prizmaların Hacimleri		Ö6.5
İçi Boş Prizmaların Hacmini Hesaplama		Ö6.5,Ö6.6
Sıvı Ölçme ile Hacim Bulma		Ö6.6
Prototip Olmayan Örnekler	8. sınıf	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.8
Uygun Olmayan Örnekler		Ö8.3,Ö8.4
Açınımları Yapabilme		Ö8.1,Ö8.2, Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6,Ö8.8
Cisimlerin Nasıl Oluştuğu		Ö8.4

Prizmalar Kazanımları	Ö8.4
Silindir Kazanımları	Ö8.1,Ö8.4
Koni Kazanımları	Ö8.2,Ö8.4
Piramit Kazanımları	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.4,Ö8.8
Aynı Hacme Sahip Farklı Cisimler	Ö8.8

3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci hakkında öğrencilerin verdikleri cevaplarda kazanımlara sağladığı faydalardan bahsettikleri düşünceler kazanımlara katkı teması altında toplanmıştır. Beşinci sınıf öğrencileri en çok kazanımlarında yer alan “açınımlar” konusunda fayda sağladığından bahsetmiştir. Altıncı sınıf öğrencileri en çok yazdırdıkları “birim küpleri hacim hesaplamada” kullanmaktan ve “prototip olmayan örnekleri” yazdırıp ders işlemekle ilgili fayda sağladıklarından bahsetmiştir. Sekizinci sınıf öğrencileri en çok “geometrik cisimlerin açınımları” ve “prototip olmayan örnekleri” yazdırıp ders işlemekle ilgili fayda sağladıklarından bahsetmiştir.

Ö5.1: Benim daha iyi düşünmemi sağladı mesela öğretmenim siz soruyorsunuz ya dikdörtgenler prizması denilince aklıma neler geliyor mesela onu görünce örneğin küp açınımlarını onu gördüğüm için onu birleştirdiğim için artık 3B cisimler kafamda tasarlanabiliyor.

Ö5.2:Öğretmenim mesela prizmaların nasıl açıldığını yüzey alanlarının nasıl hesaplandığını daha iyi anlamamı sağladı.

Ö6.3: Mesela hocam dokuzgen prizmayı onları görebildik, birim küpleri tek tek koyarak hacmi bulabilmek.

Ö6.4:Hocam mesela bazı prizmaları hiç görmemiştim hayatımda 11 gen prizma 9 gen prizma ama görmüş oldum birim küpleri sıralayarak cismin aynısını oluşturmak.

Ö8.1: Açınımlar en çok fayda sağladı çünkü hocam normalde işleyince nasıl katlandığını görmüyorduk. Eskiden piramidi mısır Piramitleri gibi biliyordum ama hocam mesela altıgen piramit beşgen piramit yedigen piramit olan da varmış mesela hocam silindirde de öyle hocam hep aynı şekil gözümde canlanıyordu ama şimdi öyle değil daha geniş daha kısa o tür artık şekilleri de biliyorum.

Ö8.8:Eskiden ben küp denilince iki tane açınımlı var sanıyordum yani. Ama mesela ben şöyle öğrendim 11 tane açınımlı var. Gerçekten biz birleştirdiğimizde aynı küp oluyordu. Derslerde basit anlatıyorlardı. Bir şekilde herkesin aklında o oluyordu. Birisi bize sorduğunda hemen aklımıza o geliyordu. Ama mesela öyle değilmiş. Bizim aklımıza artık o değil hayal gücümüzü kullanıp daha fazla şey öğrenebildik. Açınımlar çok dikkatimi çekti ya da mesela koni ben onun çevresini yüksekliğini her şeyini

değiştirebilirim. Mesela hacimleri boşlukta kapladıkları yer aynı ama mesela şekilleri farklı. Yani boyutları farklıydı. Bakıyorum bir silindir uzun biri geniş.

Tablo 41

Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “somut deneyimler” teması kodları

Kodlar	Sınıflar	Öğrenciler
Görebilme -Dokunabilme	5. sınıf	Ö5.1,Ö5.3,Ö5.4,Ö5.6
Öğrenmeyi Kolaylaştırıcı		Ö5.1,Ö5.2,Ö5.3,Ö5.4, Ö5.5, Ö5.6,Ö5.7
Yaparak Öğrenebilme		Ö5.4, Ö5.7
Yapması Zor		Ö5.3
Görebilme -Dokunabilme	6. sınıf	Ö6.1,Ö6.3,Ö6.5,Ö6.6,Ö6.9
Yaparak Öğrenme		Ö6.1,Ö6.2,Ö6.7
Öğrenmeyi Kolaylaştırıcı		Ö6.1, Ö6.6,Ö6.7
Görebilme -Dokunabilme	8. sınıf	Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5,Ö8.6
Yaparak Öğrenme		Ö8.2,Ö8.5,Ö8.7
Öğrenmeyi Kolaylaştırıcı		Ö8.1,Ö8.2,Ö8.3,Ö8.4,Ö8.5

3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci hakkında öğrencilerin verdikleri cevaplarda yaşadıkları somut deneyimlere ilişkin düşünceleri somut deneyimler teması altında incelenmiştir. Bütün sınıf seviyelerinde “görebilme- dokunabilme”, “öğrenmeyi kolaylaştırma” ve “yaparak öğrenme” somut deneyimleri görülmüştür. “Öğrenmeyi kolaylaştırıcı” kodu öğrencilerin somut deneyimlerinin öğrenmelerini kolaylaştırdığını ifade ettiği cevaplarından oluşturulmuştur. Çalışmaya katılan 24 öğrenciden sadece bir öğrencinin yapmasının zor olduğundan bahsettiği görülmüştür. Bazı öğrenci düşünceleri:

Ö5.4: Yazıcı ile ders işleme yöntemi ile şunu düşünüyorum biz hep dikdörtgensel bölge ve böyle şeyler işliyoruz ve neredeyse öğretmenim hiçbir zaman bunları elimize alıp göremiyoruz... Resme dokunmak ile gerçeğine dokunmak arasında ince bir çizgi var öğretmenim o ince çizgiyi ben birazcık geçtim ve faydalı buldum çünkü biz bunları dokunarak ve tasarlayarak öğreniyoruz dokunarak yaptığımız şeyleri ne kadar düzgün veya ne kadar iyi yaptığımızı öğreniyoruz yani kısacası kendi dikdörtgenimizi dikdörtgensel prizmalarımızı kendimiz oluşturuyoruz.

Ö5.6: Öğretmenim öğrenmeme çok fazla yardımcı oldu hiç istekli değildim daha fazla isteğim arttı normal düz kâğıttan görmek yerine elleyerek hissederek anlayabiliyorum. Yazdırdığımız geometrik cisimler öğrenmeli kolaylaştırdı.

Ö6.2: çok güzel hocam kendi şekillerimiz oluşturuyoruz ve sizde bunlarla ders anlatıyorsunuz bence insanı motive ediyor hocam.

Ö6.5: Bizim bence o prizmaları elle tutup görebilmemiz lazım yazıcı olmasaydı daha zor öğrenebilirdik.

Ö8.3:Prizmalar anlatıldığında mesela gözüümüzde canlandırıyoruz ama ne kadar canlandırabiliyoruz. Ama yazıcı bize o derste yaptıklarımızı önümüze koyup daha iyi anlamamızı sağladı.

Ö8.7: Ders deneyimi ilk defa denedim gayet hoşuma gitti. Cisimleri tasarlayıp yazdırmak bence çok güzel. İlgimi artırdı. Bir cismi tasarlayıp yapmak kimin ilgisini şey yapmaz ki bence çok iyi bir şey. Kendiniz tasarlıyorsunuz kendiniz yazdırıyorsunuz.

Tablo 42

Ortaokul öğrencilerinin sınıflara göre “duyuşsal alan” teması kodları

Kodlar	Sınıflar	Öğrenciler
Eğlenceli	5. sınıf	Ö5.6
Güzel		Ö5.5,Ö5.7
Heyecan Verici		Ö5.4
Faydalı	6. sınıf	Ö6.6,Ö6.9
Eğlenceli		Ö6.1,Ö6.6,Ö6.8
Motive Edici		Ö6.2
Eğlenceli	8. sınıf	Ö8.6
Dikkat Çekici		Ö8.6,Ö8.7,Ö8.8
Heyecan Verici		Ö8.2

3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci hakkında öğrencilerin verdikleri cevaplarda duygularını dile getirdikleri düşünceler duyuşsal alan teması altında incelenmiştir. Öğrencileri yönlendirmek adına direkt neler hissettikleri ya da duyguları sorulmadığı için sadece duygularından bahseden öğrencilerin cevapları incelenmiştir. Beşinci sınıf öğrencileri 3B yazıcı ile öğrenme sürecinin “eğlenceli”, “güzel” ve “heyecan verici” olduğundan bahsetmiştir. Altıncı sınıf öğrencileri 3B yazıcı ile öğrenme sürecinin “faydalı”, “eğlenceli” ve “motive edici” olduğundan bahsetmiştir. Sekizinci sınıf öğrencileri 3B yazıcı ile öğrenme sürecinin “eğlenceli”, “dikkat çekici” ve “heyecan verici” olduğundan bahsetmiştir. Bazı öğrenci cevaplarından alıntılar:

Ö5.7: Bence güzeldi hem kendimize bir şeyler yaparak öğrendik hem yazıcıdan güzel şeyler yazdırdı güzel oldu. Mesela yüzey alanını bulmak benim için artık kolaylaştı.

Ö6.6: Hocam biz matematik dersinde geometrik cisimleri işlediğimizde bilgisayardan bakmamız zor olurdu ama 3B yazıcı sayesinde ölçümlerimizde geliştii yazıcı ile ders yapmak eğlenceliydi faydalı olduğunu da düşünüyorum.



BÖLÜM V

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde bulgulara ait sonuçlar ve sonuçların alan yazın kapsamında tartışılıp değerlendirilmesi yer almakta ardından önerilere yer verilmektedir.

5.1. Sonuç ve Tartışma

Sonuç ve tartışma iki bölümde incelenmiştir. İlk bölümde ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme sonrası ortaya çıkan kavram imajları ve kavram tanımlarına dair sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı tartışmadan ikinci bölümde ise ortaokul öğrencilerinin 3B yazıcı ile ilgili ve 3B yazıcı ile ders deneyimlerine dair ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı tartışmadan bahsedilmiştir.

5.1.1 Geometrik Cisimler Kazanımlarına Ait Kavram İmajları ve Kavram Tanımları

Tanımlama bilişsel görevleri- Geometrik Cisimler

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı ile öğrenme süreci sonunda dikdörtgenler prizması kavramına ait tanımları incelendiğinde sadece bir öğrencinin formal tanımı kullandığı ve formal tanım yapan öğrenci de dâhil bütün öğrencilerin öznel tanımlar yaptıkları görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin öznel tanımlarında sadece iki öğrencinin formal tanımdan etkilenecek öznel tanım yaptığı tespit edilmiştir. Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile dikdörtgenler prizması kavramını öğrenme süreci sonunda öğrenci tanımları değerlendirildiğinde üç öğrencinin kavrama ait formal tanımı kullandığı görülmüştür. Diğer öğrencilerin tanımlamalarında öznel tanım kullandıkları ve dört öğrencinin yaptığı öznel tanımın kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizmasına ait kavram imajlarında en çok “günlük hayat örnekleri”, “yüzleri (yan/ taban) dikdörtgensel”, “yüz sayısı” ve “ayrıt sayısı” kodlarının olduğu ve kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizmasına ait kavram imajlarında en çok “yüzleri (yan/ taban) dikdörtgensel” imajının ön plana çıktığı görülmüştür. Aynı zamanda altıncı sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması kavramını tanımlarken beşinci sınıf öğrencilerine göre el hareketlerini daha çok kullandıkları görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinde dikdörtgenler prizması için uygun olmayan imaj görülmezken altıncı sınıftan üç öğrencinin dikdörtgenler prizması ile kare prizmayı karıştırdıkları tespit edilmiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinin imajlarında “üç boyutlu” olduğuna dair imajlar yer alırken altıncı sınıf öğrencilerinden birinde uygun olmayan imaj olan “şekil” imajının olduğu bulunmuştur. Bu durum Akkaş ve Alaylı’nın

(2015) çalışmasında görülen “şekil”, “3 boyutlu cisim” ve “katı cisim” imajları ile örtüşmektedir. Ergin’in (2014) çalışmasındaki öğrencilerin dikdörtgenler prizması için “dikdörtgenlerden oluşan” imajına sahip olduğu sonucu bu çalışmanın hem beşinci sınıf hem de altıncı sınıf bulguları ile örtüşmektedir. Dikdörtgenler prizması kavramı beşinci sınıf öğrencileri ile kendi tasarlayıp yazdırdıkları fiziksel nesneler üzerinden işlenirken altıncı sınıf öğrencileri ile araştırmacı tarafından 3B yazıcıdan yazdırılmış hazır fiziksel nesneler üzerinden işlenmiştir. Ders öğretimleri sonrasında öğrencilerin dikdörtgenler prizması tanımlarına bakıldığında her iki grubun da formal tanımı kullandığı ya da formal tanımdan etkilendiği görülmüştür fakat hazır fiziksel nesneler ile öğrenen öğrencilerin hem uygun olmayan imajları olduğu görülmüş hem de beşinci sınıf öğrencilerine göre imajlarının çeşitliliğinin daha az olduğu bulunmuştur. Son olarak, Ergin’in (2014) yaptığı çalışma sonucunda öğrencilerde dikdörtgenler prizması için prototip örneklerin etkisinin bulunması, bu çalışmadaki beşinci sınıf ders gözlemleri ile örtüşmemektedir. 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde öğrenciler farklı boyutlarda dikdörtgenler prizması tasarlayıp yazdırmışlardır.

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı ile öğrenme süreci sonunda kare prizma kavramına ait tanımları incelendiğinde bir öğrenci hariç bütün öğrencilerin tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile kare prizma kavramını öğrenme süreci sonunda tanımları değerlendirildiğinde altı öğrencinin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği ve üç öğrencinin öznel tanımlarının ise kavramın formal tanımı ile tutarlı olmadığı görülmüştür. Bu üç öğrencinin kare prizma kavramı için küp imajına sahip oldukları görülmüş ve bu sonuç Ergin’in (2014) çalışmasındaki bir öğrencide de bulunmuştur. Dündar’ın (2019) çalışmasında çoğu katılımcının kare prizmayı yanlış tanımladığı sonucu beşinci sınıflardan elde edilen veriler ile örtüşmezken altıncı sınıf öğrencilerinden elde edilen bazı veriler ile örtüşmektedir. Genel olarak hem beşinci sınıf hem de altıncı sınıf öğrencilerinin tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür fakat beşinci sınıf öğrencilerinde uygun olmayan imaj görülmezken altıncı sınıf öğrencilerinde uygun olmayan imajlar bulunmuştur. Ergin’in (2014) çalışmasında öğrencilerin kare prizmayı tanımlamakta zorlandığı ve sadece akademik başarısı iyi olan öğrencilerin formal tanım yapabildiği sonucu bu çalışmanın hem beşinci sınıflarına hem de altıncı sınıflarına ait bulguları ile örtüşmemektedir. Beşinci sınıf öğrencilerinin kare prizmaya ait kavram imajlarında en çok “yan yüzleri dikdörtgensel bölge”, “tabanları karesel bölge”, “temel elemanlar” ve “günlük hayat örnekleri” görülürken altıncı sınıf öğrencilerinin imajlarında ise en çok “tabanları karesel” ve “yan yüzleri dikdörtgensel” imajları olduğu görülmüştür. Alan yazında yapılan bir araştırmada öğrencilerin “tabanları

kare”, “yanları dikdörtgen” imajına sahip oldukları sonucunun bu çalışmanın bulguları ile benzerlik gösterdiği görülmüştür (Ergin, 2014). 3B yazıcı ile öğrenme deneyimi yaşayan beşinci sınıf öğrencilerinin kavram imajlarının, kavramı hazır modeller üzerinden öğrenen altıncı sınıf öğrencilerinin imajlarından daha zengin olduğu bulunmuştur. Ayrıca altıncı sınıf öğrencilerinin kare prizma kavramını tanımlarken beşinci sınıf öğrencilerine göre el hareketlerini daha çok kullanmaya çalıştıkları görülmüştür.

Beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı ile öğrenme süreci sonunda küp kavramına ait tanımları incelendiğinde bir öğrencinin formal tanım kullandığı dört öğrencinin ise öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile küp kavramını öğrenme süreci sonunda yaptıkları tanımlar incelendiğinde bir öğrencinin formal tanım kullandığı diğer bütün öğrencilerin ise ortaya koydukları öznel tanımların kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Bu sonucun, Ergin’in (2014) çalışmasındaki öğrencilerin küp kavramını tanımlarken formal tanım ya da kritik özellikleri kullandığı sonucu ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Alan yazında yapılan bazı çalışmalarda katılımcıların küp kavramını tanımlamakta zorlanmadığı sonucu bu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir (Akkaş ve Alaylı, 2015; Avgören, 2011; Yılmaz, 2015). Akkaş ve Alaylı’nın (2015) çalışmasında geometrik cisimleri tanımlamada çoğunlukla yanlışlar yapıldığı ama doğru tanımlamanın en çok küp kavramında yapıldığı görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin küp kavramına ait imajlarında en çok “yüzleri karesel bölge”, “tüm yüzleri eşit” ve “temel elemanlarının sayılarının” yer aldığı görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin küp kavramına ait imajlarında ise en çok “her tarafı aynı/eş olan”, “tüm yüzleri karesel” ve “taban/yan yüzleri karesel” imajlarının hâkim olduğu görülmüştür. Alan yazında yapılan çalışmalarda da öğrencilerin küp kavramı imajında kare şeklinin etkisi olduğu sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir (Ergin, 2014; Yılmaz, 2015). Beşinci sınıf öğrencilerinin tanımlama yaparken ortaya çıkan “ayrıt sayısı” ve “köşe sayısı” imajları Ergin’in (2014) bulguları ile örtüşmektedir. Beşinci ve altıncı sınıf öğrencilerinin küp kavramı için kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Alan yazında yapılan bazı araştırmaların sonucunda küp kavramının kare olarak görüldüğü ya da küp kavramı ile kare şeklinin karıştırıldığı sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmemektedir (Akkaş ve Alaylı, 2014; Ergin, 2014). Altıncı sınıf öğrencilerinden iki öğrenci yaptıkları tanımlarda eş karesel bölge yerine “ her tarafı aynı olan” ve “ aynı boyutta olan” imajlarını kullanmışlardır. Bu bulgu Ergin’in (2014) çalışmasındaki bulgu ile örtüşmektedir. Bu çalışmada bir öğrencinin küp kavramını tanımlarken yüzeyleri demek yerine kenarları ifadesini kullanarak yüzey ile kenar kavramlarını karıştırdığı görülmüştür.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli dik prizma kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında öznel tanım kullanan öğrencilerden üç öğrencinin formal tanımdan etkilendikleri görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli hazır modeller ile prizma kavramını öğrenme süreci sonunda yaptıkları tanımlar incelendiğinde beş öğrencinin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda görülen prizma kavramı için formal tanıma yakın tanımlamalar kullanma alan yazında yapılan bazı araştırma sonuçları ile örtüşmektedir (Avgören, 2011; Unlu ve Horzum, 2018; Yılmaz, 2015). Formal tanımdan etkilenecek tanımlama yapan öğrenciler dışında formal tanımdan uzak tanımlama yapan öğrenciler her iki grupta da görülmüştür ve bu araştırma bulgumuz Ergin'in (2014) ve Man'ın (2019) çalışmalarındaki sonuç ile benzer bulunmuştur. Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik prizma kavramına ait imajları arasında en çok “prizma örnekleri”, “taban sayısı” ve “tabanların çokgensel bölge” olmasının yer aldığı görülmüştür. Altıncı sınıf öğrencilerinin kavram imajları arasında en çok “prizma örnekleri”, “prototip olmayan prizma örnekleri”, “günlük hayat örnekleri” ve “tabanlar çokgensel” ifadeleri görülmüştür. Türnüklü ve Ergin'in (2016) yaptıkları çalışmada öğrencilerin tanımlarında “boyut”, “yüz”, “köşe” ve “taban” imajları ön plana çıkarken bu çalışmada ön plana çıkan imajlar farklı olsa da bu imajlar da görülmüştür. Alan yazında yapılan çalışmalarda bazı katılımcıların prizmaların karşılıklı yüzlerinin eş ya da paralel kritik özelliğini tanımlamalarında az kullandığı ya da hiç kullanmadığı sonucu bu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir (Gökbulut ve Ubuz, 2013; Gökkurt, 2014; Güzel, 2014). Bu çalışma sonucunda öğrencilerin kavram imajlarında prizmanın temel elemanlarından, karşılıklı yüzlerin eşit ve paralel olmasından az bahsedildiği görülmüştür. Bozkurt ve Koç'un (2012) çalışmasında katılımcıların prizma kavramı için uygun olmayan “şekil” imajına sahip olduğu sonucu çalışmamıza katılan altıncı sınıf öğrencilerinden ikisinde görülmüştür. Genel olarak sekizinci sınıf ve altıncı sınıf öğrencilerinin prizma kavramına ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir. Buna karşın alan yazında yapılan araştırmaların sonuçlarında bazı öğrencilerin uygun olmayan imajlarının olduğu görülmüştür (Avgören, 2011; Bozkurt ve Koç, 2012; Ergin, 2014; Ergin ve Türnüklü, 2015; Gökbulut ve Ubuz, 2013; Türnüklü ve Ergin, 2016; Ulusoy, 2019; Unlu ve Horzum, 2018; Yılmaz, 2015). Gökbulut ve Ubuz'un (2013) yaptıkları çalışma sonucunda bir öğretmen adayının koniyi başka bir öğretmen adayının ise piramidi prizmaya örnek olarak çizdiği görülmüştür. Alan yazında yapılan bazı çalışmalarda katılımcıların “prizma” ile “piramit” kavramlarını karıştırabildiği bulgusu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmemektedir (Avgören, 2011; Gümüş, 2020; Ulusoy, 2019). Türnüklü ve Ergin'in (2016) yaptıkları çalışmada bir öğrencinin prizma için “üçgenlerden

oluşan bir şey” diyerek yanlış imaja sahip olduğu belki de prizma kavramını piramit ile karıştırdığı belirtilmiştir. Sekizinci sınıf ve altıncı sınıf öğrencilerinin prizma kavramına ait kavram imajları kavram tanımı ile tutarlı bulunmuştur. Sekizinci sınıf öğrencileri ile yapılan görüşmede sadece iki öğrenci öğrendikleri prizmaların “dik” prizmalar olduğundan bahsetmiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin hepsinin prizmanın tabanı denilince aklına çokgensel bölgeler geldiği ve bu çokgensel bölgeyi anlatırken prototip olmayan çokgensel bölgeleri kullandıkları görülmüştür. Ayrıca altıncı sınıf öğrencilerinin de prizmayı tanımlamak için prototip olmayan örnekleri kullandıkları görülmüştür. Alan yazında çalışmalarda prizma kavramı için uygun olan örnek ile uygun olmayan örneğin ayırt edilemediği belirtilmiş ve katılımcıların imajlarında prototip olmayan bazı prizma çeşitlerinin yer almadığı genellikle prototip örneklerin hakim olduğu görülmüştür (Akkaş ve Alaylı, 2015; Avgören, 2011; Çakmak, Konyalıoğlu ve Işık, 2014; Ergin ve Türnüklü, 2015; Gökbulut ve Ubuz, 2013; Gökkurt, 2014; Güzel, 2014; Man, 2019; Şimşek, 2019; Türnüklü ve Ergin, 2016; Yılmaz, 2015). 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde olan sekizinci sınıf öğrencilerinin uygun olan prizma örnekleri ile uygun olmayan prizma örneklerini ayırt edebildikleri ders sırasındaki gözlemlerde görülmüştür. Ders sürecinde bir öğrenci yıldız prizma örneğini uygun olmayan örnek olarak yazdırmıştır fakat yıldız prizmanın prizma için uygun bir örnek olduğu (tabanın çokgensel bölge olduğu ve yan yüzlerin dikdörtgensel bölge olduğu sorgulanarak) ders sürecinde öğrenciler tarafından kavranmıştır. Gökkurt’un (2014) çalışmasında yer alan; iki katılımcının tabanı yıldız olduğu için onbirgen prizmayı (içbükey prizma) tanımadıkları sonucu, bu çalışmanın sekizinci sınıf ders gözlem notlarından elde edilen bulguları ile örtüşmemektedir. Ayrıca sekizinci sınıflarla ders sürecinde öğrenciler kazanım dışı bir kavram olan düzgün olmayan prizma kavramını keşfetmişler ve öğrenciler düzgün olmayan prizmaların da prizma örnekleri olduklarını keşfetmişlerdir. Yılmaz’ın (2015) çalışmasında öğretmen adaylarından bazıları prizmaların tabanının düzgün çokgen olması gerektiğini belirttiği ve düzgün olmayan çokgenin olamayacağını belirttikleri görülmüştür. Unlu ve Horzum’un (2018) çalışmasına katılan katılımcıların da prizmaların tabanlarının düzgün çokgen olması gerektiğini belirttiği görülmüştür. Bu çalışmaya katılan sekizinci sınıf öğrencilerinin hepsinin prizmaların yan yüzlerinin dikdörtgensel bölgelerden oluştuğu imajına sahip oldukları görülürken altıncı sınıf öğrencilerinin de bazılarında bu imajın uyandırıldığı görülmüştür. Güzel’in (2014) çalışmasında katılımcıların hiçbirinin prizmaların yan yüzlerinden bahsetmediği sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmezken Yılmaz’ın (2015) çalışmasında öğretmen adaylarının yan yüzeylerin genellikle dikdörtgenlerden oluştuğunu düşündüğü sonucu bu çalışmanın bulguları ile benzer bulunmuştur. Yılmaz’ın (2015)

çalışmasında görülen öğretmen adaylarının prizma için prizma çeşitlerine ait örnekler kullandıkları imajı bu çalışmanın hem altıncı sınıf hem de sekizinci sınıf bulguları ile örtüşmektedir. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların prizma tanımı yaparken günlük yaşamdan örnekler verdikleri sonucu çalışmamız bulguları ile örtüşmektedir (Avgören, 2011; Gökbulut ve Ubuz, 2013; Güzel, 2014). Gökbulut ve Ubuz'un (2013), yaptıkları çalışma sonucunda prizmaya örnek olarak bir kişinin üçgen piramit imajına sahip olduğu görülmüştür. Geometrik cisimlerden “üçgen prizma” ve “üçgen piramit” in öğrenciler tarafından sık sık karıştırıldığı görülmüştür (Türnüklü ve Ergin, 2016). Bu çalışmada 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde sekizinci sınıf öğrencilerine üçgen piramit ve üçgen prizma modelleri gösterilmiş ve öğrencilerin bu iki modeli ayırt edebildikleri görülmüştür.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli dik dairesel silindir kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında öğrencilerin hiçbirinin formal tanım kullanmadığı bunun yerine bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Karakuş'un (2018) öğretmen adayları ile yaptığı çalışma sonucunda öğretmen adaylarının silindiri en çok “bir dikdörtgenin bir kenarı etrafında döndürülmesi” olarak tanımladıkları görülmüştür. Alan yazında bazı çalışmalarda bazı katılımcıların silindiri, dikdörtgensel bir bölgenin bir kenarı veya simetri eksenini etrafında dönme hareketi sonucu oluşan bir cisim olarak tanımladıkları görülmüştür (Güzel, 2014; Ulusoy, 2019). Bu çalışmada bu tanımlar öğrencilere verilmediği için sekizinci sınıf öğrencilerinden hiçbiri bu tanımları ya da bu tanıma yakın tanımları kullanmamıştır. Sekizinci sınıf öğrencilerinin öznel tanımlar kullandıkları ve üç öğrencinin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilendiği görülmüştür. Öğrencilerin bu formal tanımdan etkilendikleri ifadelerin ise silindirin açınımla ilgili olduğu görülmüştür. Alan yazında yapılan çalışmalarda bazı katılımcıların tanımlama yaparken silindirin açık halini düşünerek tanımlama yaptıkları sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir (Akkaş ve Alaylı, 2015; Avgören, 2011; Güzel, 2014; Karakuş, 2018; Türnüklü ve Ergin, 2016; Ulusoy, 2019). Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların silindire ait uygun olmayan imajları oldukları sonucu bu çalışmanın sonucu ile örtüşmemektedir (Akkaş ve Alaylı, 2015; Ergin ve Türnüklü, 2015; Karakuş, 2018; Tsamir ve diğerleri, 2015). Uygun olmayan imajları görülmesine de çalışmada bazı öğrencilerin bazı kavramları yanlış kullandıkları görülmüştür. Örneğin, bazı öğrencilerin dairesel yerine yuvarlak imajına sahip oldukları görülmüştür. Bir öğrenci de yan yüz yerine çevresi imajını kullanmıştır. Sekizinci sınıf öğrencilerinin kavram imajlarında en çok “tabanı dairesel”, “yan yüzü dikdörtgensel” ve “iki tabanlı” imajlarının bulunduğu görülmüştür. Tsamir ve diğerleri (2015) çalışmasında katılımcıların çoğunlukla silindir kavramı için iki taban ve taban daire ifadelerini

kullandıklarını belirtmiştir. Karakuş (2018) öğretmen adayları ile yaptığı çalışma sonucunda öğretmen adaylarının silindiri tanımlarken eş, paralel ve iki dairesel taban imajlarını kullandıklarını belirtmiştir. Ulusoy (2019) çalışmasında katılımcıların çoğunun silindir kavramını tanımlamak için iki taban, dairesel ve dikdörtgen imajlarını kullandıklarını belirtmiştir. Karakuş (2018), Tsamir ve diğerleri (2015) ve Ulusoy'un (2019) bu bulgularının bu çalışmanın bulguları ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Tsamir ve diğerleri'nin (2015) çalışmasında bir katılımcı tabanların eş olduğundan bahsederken katılımcıların hiçbiri paralel olduğundan bahsetmemiştir. Bu çalışmada üç öğrenci tabanların eş olduğunu ve bir öğrenci de paralel olduğunu belirtmiştir. Şimşek'in (2019) çalışmasında bazı katılımcıların silindiri prizma olarak tanımladığı sonucu çalışmamız bulguları ile örtüşmemektedir. Avgören'in (2011) çalışmasında öğrencilerin çoğu silindiri prizma ile ilişkilendirmiştir. Bu çalışmada da bir öğrenci prizma ile başka bir öğrenci de silindir ile ilişkilendirerek tanımlamıştır. Çalışmada; prizma ile ilişkilendiren öğrenci, prizmaların tabanlarındaki çokgensel bölgelerin kenar sayılarının artması ile giderek çokgensel bölgenin bir daireye dönüşeceğinden ve yan yüzlerdeki dikdörtgensel bölgelerin ise giderek küçüleceğinden bahsetmiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel silindire dair kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin kavram imajlarına bakıldığında öğrencilerin "dik" olma durumundan hiç bahsetmedikleri tabanların paralel olması gerektiğinden ise bir öğrencinin bahsettiği görülmüştür. Güzel'in (2014) çalışmasında katılımcıların çoğunun silindir kavramı için çizim yaptığı görülmüştür. Bu çalışmada ise silindiri sadece bir öğrenci çizerek anlatmıştır. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların tanımlama yaparken günlük hayat örnekleri (rulo, kâğıda, boruya, bardak, kolonya şişesi, bardak, çöp kutusu, soba borusu, kova, su bidonu, sürahi, kalemlik, konserve kutusu ve oklava) kullandıkları sonucu çalışmamız bulguları ile örtüşmektedir (Güzel, 2014; Karakuş, 2018; Türnüklü ve Ergin, 2016). Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların prototip olmayan (eğik silindir, madeni para vb.) örnekleri silindir olarak görmedikleri ya da uygun olmayan silindir örneklerini silindir olarak isimlendirdikleri görülmüştür (Ergin ve Türnüklü, 2015; Karakuş, 2018; Şimşek, 2019; Ulusoy, 2019; Yılmaz, 2015). 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde yapılan ders gözlemlerinde öğrencilerin tasarlayıp yazdırdıkları prototip olan, prototip olmayan ve uygun olmayan silindir örneklerine dayanarak öğrencilerin prototip olmayan örnekleri tanıyabildikleri ve uygun olmayan örnekleri fark edebildikleri görülmüştür. Bu sonuç Tsamir ve diğerleri'nin (2015) yaptığı çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli dik piramit kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında öğrencilerin hiçbirinin formal tanım kullanmadığı bütün

öğrencilerin öznel tanım yaptıkları görülmüştür. Öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından etkilenmediği de görülmüştür. Çalışmanın bu sonucu Türnüklü ve Ergin'in (2016) öğrencilerin piramidi tanımlarken kişisel tanımlar kullandığı sonucu ile örtüşmektedir. Yılmaz'ın (2015) çalışmasında ise yalnızca bir katılımcının piramidin tabanının her noktasının tepe noktasıyla birleştirildiğini belirterek formal tanıma yakın bir yanıt verdiği görülmüştür. Çalışmada öğrencilerin öznel tanımlarında en çok “tek tabanlı”, “taban çokgensel” ve “tepe noktası” imajları görülmüştür. Kavram imajı temasına bakıldığında ise en çok “prizma örnekleri”, “tek tabanlı”, “tepe noktası”, “günlük hayat örnekleri”, “taban çokgensel”, “prototip olmayan örnekler” ve “yan yüzler üçgensel” imajlarının hâkim olduğu görülmüştür. Türnüklü ve Ergin'nin (2016) yaptıkları çalışmada öğrencilerin piramit tanımlarında görülen “dik”, “üste yükselme”, “sivri”, “yanları üçgen” ve “tepe noktası” gibi imajları bu çalışmanın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Yılmaz'ın (2015) çalışmasındaki katılımcıların piramit için yaptıkları tanımlamalardaki imajlarında “mısır piramitleri”, “kare piramit”, “el hareketleri ile anlatma”, “şekil çizme”, “taban çokgen”, “tepe noktası” gibi imajlar görülmüş ve bu görülen bu imajlar bu çalışmadaki bulgular ile benzer bulunmuştur. Ergin ve Türnüklü'nün (2015) çalışması sonucunda sekizinci sınıf öğrencilerinin geometrik cisimler üzerindeki imajlarında en çok yanlış yapılan konunun piramidin yanal yüzeyini tanıma konusunda olduğu görülmüştür. Yılmaz'ın (2015) çalışmasına katılan öğretmen adaylarının genel olarak piramitlerin yan yüzeylerinin üçgensel bölgelerden oluştuğunu belirttiği görülmüştür. Bu çalışmada, 3B yazıcı destekli öğrenme sonrasında, öğrencilerin piramidin yan yüzü hakkında yanlış bir imaja sahip olduğu görülmemiştir. Ergin ve Türnüklü'nün (2015) çalışması sonucunda öğrencilerin yaklaşık yarısının piramidin tabanı ve yüzü ile ilgili soruları yanlış yaptıkları görülürken 3B yazıcı ile öğrenme süreci sonunda öğrencilerin dik piramidin tabanı ve yan yüzü için uygun olmayan bir imaja sahip oldukları görülmemiştir. Türnüklü ve Ergin'in (2016) yaptıkları çalışmada bir öğrenci koni ile benzerlik kurarak tanımlama yapmıştır. Bu çalışmada ise bir öğrencinin prizmaya benzer olduğuna dair bir imaj oluşturduğu görülmüştür. Öğrencinin prizma ile piramidin tabanının çokgensel bölge olmasından dolayı benzerlik kurduğu görülmüştür. Alan yazında yapılan çalışmalar sonucunda katılımcılarda piramit için kare piramit ya da mısır piramidi imajlarının hâkim olduğu görülmüştür (Avgören, 2011; Çakmak, Konyalıoğlu ve Işık, 2014; Türnüklü ve Ergin, 2016; Yılmaz, 2015). Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların piramit kavramı için prototip örnekler (kare piramit, üçgen piramit) kullandıkları tespit edilmiştir (Akkaş ve Alaylı, 2015; Avgören, 2011; Çakmak, Konyalıoğlu ve Işık, 2014; Gökkurt, 2014; Man, 2019; Şimşek, 2019). Bu çalışmada öğrencilerin çoğunun prototip olmayan örnekleri kullandıkları görülürken iki öğrencinin kare

piramit bir öğrencinin de üçgen piramit tanımı verdiği görülmüştür. Yılmaz'ın (2015) çalışmasında katılımcıların piramide dair imajlarının düzgün piramitlerden oluştuğu sonucu çalışmamız bulguları ile kısmen örtüşmektedir. Düzgün olmayan piramit kavramı kazanım dışı olduğu için öğrencilere verilmemiştir ama yine de bazı öğrencilerin imajlarında dikdörtgen piramit örnekleri görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik piramide dair kavram imajlarının kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Akkaş ve Alaylı'nın (2015) çalışmasında görülen piramit yerine üçgen prizma imajına sahip öğrenciye bu çalışmada rastlanmamıştır. Öğrencilerin dik piramide ait kavram imajlarında uygun olmayan bir imaj görülmemiştir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli dik koni kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında öğrencilerin hiçbirinin formal tanım kullanmadığı bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Karakuş'un (2018) öğretmen adayları ile yaptığı çalışma sonucunda öğretmen adaylarının yaklaşık %8'inin koniyi doğru bir şekilde tanımlayabildikleri (Bir düzlemdeki dairenin her noktasını, düzlem dışındaki bir noktaya birleştiren doğru parçalarının meydana getirdiği şekil/ Dik üçgenin bir dik kenarı etrafında döndürülmesi sonucu oluşan şekil) görülmüştür. Karakuş'un (2018) çalışmasında belirttiği doğru tanım cümlelerini bu çalışmadaki hiçbir öğrenci tanımlarında kullanmamıştır. Çalışmada öğrencilerin öznel tanımlarının kavramın formal tanımından uzak olduğu görülmüştür. İki öğrenci piramit kavramı ile benzerlik kurarak tanımlarken bir öğrenci dik dairesel silindir ile benzerlik kurarak tanımlama yapmıştır. Avgören (2011) ve Karakuş (2018) yaptıkları çalışma sonucunda bazı katılımcıların koni ile piramit arasında ilişki kurduklarını belirtmiştir. Türnüklü ve Ergin'in (2016) yaptıkları çalışmada bir katılımcının "Altı daire üstü şey gibi piramit gibi." diyerek piramit ile benzerlik kurarak tanımlama yaptığı görülmüştür. Çalışmada bir öğrenci dik dairesel koninin temel elemanları üzerinden dört öğrenci ise dik dairesel koniyi oluşturan yüzeyler üzerinden öznel tanımlar yapmışlardır. Karakuş (2018) çalışması sonucunda bazı öğretmen adaylarının koniyi tanımlarken onun açık halini anlattıklarını belirtmiştir. Bu çalışmada üç öğrencinin yaptığı öznel tanımın kavramın formal tanımına uygun olmadığı görülmüştür. Bu üç öğrencinin yan yüz hakkında uygun olmayan imajları (üçgen ve dikdörtgen) olduğu görülmüştür. Öğrencilerin tanımlarında görülen uygun olmayan imaj sonucu Ergin ve Türnüklü'nün (2015) ve Türnüklü ve Ergin'in (2016) çalışma sonucu ile benzerlik göstermektedir. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların koniyi yanlış tanımladıkları ve bu yanlış tanımlamalarda üçgen imajının yer aldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada da bu uygun olmayan imaja sahip öğrenci olduğu görülmüştür (Akkaş ve Alaylı, 2015; Karakuş, 2018; Türnüklü ve Ergin, 2016; Yılmaz, 2015). Öğrencilerin dik koni için

imajlarına bakıldığında en çok “taban daire” ve “tek tabanlı” imajlarının hâkim olduğu görülmüştür. Karakuş (2018) öğretmen adaylarının koni ile ilgili yapmış oldukları tanımlarda tabanı daire, tepesi sivri, üçgen ve üç boyutlu şekil ifadelerine yer verdiklerini belirtmiştir. Yılmaz’ın (2015) çalışmasında katılımcıların koni kavram imajlarının tepe noktası ve tabanı daire imajlarında yoğunlaştığı görülmüştür. Bu çalışmada bütün sekizinci sınıf öğrencilerinin koninin tabanının daire olduğu imajına sahip oldukları Yılmaz’ın (2015) çalışma sonucu ile örtüşmektedir. Akkaş ve Alaylı’nın (2015) ve Türnüklü ve Ergin’in (2016) yaptıkları çalışmada, öğrencilerin koninin tabanı için “çember, daire, yuvarlak” imajlarına sahip oldukları görülürken bu çalışmada sadece daire imajı tespit edilmiştir. Alan yazında yapılan çalışmalar sonucunda katılımcıların koni tanımlarken günlük hayat örneklerini (dondurma külahına ve yılbaşı şapkasına) kullandıkları görülürken bu çalışmada sadece bir öğrenci günlük hayat örneği vermiştir (Karakuş, 2018; Türnüklü ve Ergin, 2016). Ergin ve Türnüklü’nün (2015) çalışması sonucunda öğrencilerin çoğunun koniyi (kapalı hali) görsel olarak tanıyabildikleri görülmüştür. Bu sonuç bu çalışmanın sonucu ile benzerlik göstermektedir. Ders gözlemlerinde öğrencilerin tasarlayıp yazdırdıkları prototip örnek, prototip olmayan örnek ve uygun olmayan örneklere dayanarak öğrencilerin koni cismini tanıyabildikleri görülmüştür.

Tanımlama bilişsel görevleri- Temel Elemanlar

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda beşinci sınıf öğrencilerine ayırt kavramı sorulduğunda öğrencilerin hiçbirinin derste öğretilen formal tanımı birebir kullanmadığı görülmüştür. Öğrenciler formal tanımı kullanmasalar bile ayırt kavramını anlatabilmek için kendi oluşturdukları tanımları yani öznel tanımlarını aktarmışlardır. Formal tanıma en yakın öznel tanım ifadesini sadece bir öğrencinin doğru parçası yerine zihninde oluşturduğu çizgi imajını kullanarak yaptığı görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin genellikle ayırt kavramını tanımlarken köşe kavramından yararlandıkları görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli ayırt kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Formal tanıma en yakın öznel tanım ise iki öğrencinin yaptığı görülmüştür. Öğrenciler ayırt kavramını öznel tanımları ile anlatmaya çalışırken daha çok “iki köşeyi birleştiren”, “yüzün kesişmesi”, “çizgi”, “taban ayırt” ve “yan ayırt” imajlarını kullanmışlardır. Ayırt kavramı için kavram imajlarına bakıldığında beşinci ve sekizinci sınıf öğrencilerinin kavramı anlatmak için el hareketlerini kullandıkları görülmüştür. Öğrencilerin el hareketleri incelediğinde ilk olarak yan ayırtların gösterildiği görülmüştür. Ergin’in (2014) çalışmasında bazı öğrencilerin sadece yanal ayırtları saydığını belirttiği sonucu çalışmamız bulguları ile örtüşmese de bu

çalışmada bazı öğrencilerin ayırıt için ilk aklına yanal ayırıtlar geldiği görülmüştür. Öğrenci cevapları içerisinde bazı öğrencilerin ayırıt kavramı için “kenar” imajını kullandığı görülmüş ve bu bulgu alan yazındaki bazı çalışmaların bulgusu ile örtüşmektedir (Akkaş ve Alaylı, 2015; Avgören, 2011; Ergin, 2014; Gökkurt, 2014; Koçak ve Soylu, 2020; Okuyucu, 2020; Yıldızlı ve Sarı, 2017; Yılmaz, 2015). Avgören’in (2011) çalışmasında öğrencilerin genel olarak ayırıt şekil/model üzerinde gösterme eğiliminde olduğu bulgusu bu çalışmada da bazı öğrenciler için örtüşmektedir. Yılmaz’ın (2015) çalışmasında belirttiği koni ve silindirin ayırıtının olmadığı imajı sekizinci sınıf öğrencilerinin bazılarının cevaplarında da görülmüştür. Alan yazında yapılan bazı çalışmalarda silindir ve koninin ayırıt konusunda katılımcıların hatalar yapabildikleri görülmüştür (Avgören, 2011; Çakmak, Konyalıoğlu ve Işık, 2014). Bu çalışmada da bir öğrencinin silindir ve koninin tabanındaki dairenin etrafının ayırıt olduğunu belirttiği görülmüştür. Gümüş’ün (2020) çalışmasında görülen öğrencilerin ayırıt kavramını tam olarak kavrayamadıkları yüz ve köşe kavramları ile karıştırdıkları sonucu ise bu çalışmanın bulguları ile paralellik göstermemektedir.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda beşinci sınıf öğrencilerine köşe kavramı sorulduğunda bir öğrencinin derste öğretilen formal tanımı kullandığı görülmüştür. Diğer öğrenciler ise formal tanım yerine daha çok öznel tanımlarını kullanmışlardır. Formal tanım kullanan öğrenci hariç diğer öğrencilerin öznel tanımlarında formal tanıma yakın ifadelerin olduğu görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli köşe kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında bir öğrenci haricinde bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Öznel tanım kullanmayan bu öğrenci eli ile çizdiği hayali bir üçgen örneği üzerinde göstermiş ve herhangi bir tanımlama cümlesi kurmamıştır. Formal tanıma en yakın öznel tanımı dört öğrenci kullanmıştır. Sekizinci sınıf öğrencileri köşe kavramını öznel tanımları ile anlatmaya çalışırken daha çok “ayırıtların birleşmesi” imajını kullanmışlardır. Köşe kavramı için kavram imajlarına bakıldığında öğrencilerin en çok el hareketlerini kullandıkları daha sonra örnek üzerinden anlatma ve ayırıtların birleşmesi imajını kullandıkları görülmüştür. Aynı zamanda öğrencilerin köşe kavramını anlatırken öğrendikleri prizma örneklerini kullandıkları ya da günlük hayatındaki bir nesne üzerinden anlatmayı tercih ettikleri de görülmüştür.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda yüzey kavramı sorulduğunda öğrencilerin hiçbirinin derste öğretilen formal tanımı kullanmadığı görülmüştür. Yalnızca bir öğrencinin yüzey kavramına yönelik formal tanıma yakın bir tanımlama yaptığı görülmüştür. Öğrenciler en çok nesne üzerinde ya da el hareketleri ile göstermeyi tercih etmişlerdir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli yüzey kavramını öğrenme süreci sonunda

tanımlarına bakıldığında bütün öğrencilerin öznel tanım kullandıkları görülmüştür. Formal tanıma yakın öznel tanım yapan öğrenci ise tespit edilmemiştir. Öğrenciler yüzey kavramını öznel tanımları ile anlatmaya çalışırken en çok “yan yüzler” ve “taban yüzleri” imajlarını kullanmışlardır. Yan yüzler ve taban yüzleri kavram imajlarından sonra yüzey kavramı için kavram imajlarına bakıldığında en çok el hareketleri ile kavramı açıklamaya çalıştıkları görülmüştür. Yüzey kavramını açıklarken iki öğrencinin yan yüzleri “kenar” ile ifade ettikleri görülmüştür. Ergin’in (2014) çalışmasında öğrencilerin yüzey kavramı için “ her bir yer ve bölge” imajlarına sahip oldukları görülmüştür. Bu çalışmada bu imajlara sahip olan bir öğrenci görülmemiştir. Ergin’in (2014) çalışmasında bazı öğrencilerin sadece tabanları bazı öğrencilerin de sadece yan yüzleri yüzey olarak aldıkları sonucuna bu çalışmanın bulgularında rastlanmamıştır. Lo ve Cox’un (2018) çalışmasında katılımcıların yüz kavramı için düz ve yan kelimelerini kullanması çalışmamız bulguları ile örtüşmektedir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli ana doğru kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında dört öğrencinin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Diğer dört öğrenci ise ana doğru kavramını hatırlayamadığını belirtmiştir. Öznel tanımları içerisinde formal tanıma yakın bir cevap bulunmamıştır. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların bazılarının koninin ana doğrusunu ayırt olarak gördüğü sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmemektedir (Gümüş, 2020; Yıldızlı ve Sarı, 2017; Yılmaz, 2015). Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli eksen kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında dört öğrencinin öznel tanım kullandığı ve bu öğrencilerden bir öğrencinin formal tanıma yakın öznel tanım yaptığı tespit edilmiştir. Öğrencilerin eksen kavramına ait kavram imajlarında en çok “yükseklik” imajının yer aldığı görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı destekli yükseklik kavramını öğrenme süreci sonunda tanımlarına bakıldığında bütün öğrencilerin öznel tanım kullandığı görülmüştür. Öznel tanımları içerisinde ise yedi öğrencinin formal tanıma yakın bir tanımlama yaptıkları görülmüştür. Yükseklik kavramı öğrenci cevaplarında en çok “alt taban ile üst taban arasında”, ”dik” ve “düz çizgi” imajları öne çıkmıştır. Güreffe ve Gültekin’in (2016) çalışmasında görülen yükseklik kavramı için “çizgi, dikme, dikey, kenar” ifadeleri bu çalışmanın sonucu ile paralellik göstermektedir. Yılmaz’ın (2015) çalışmasında katılımcıların yüksekliği "tepe noktasından tabanın merkezine çizmeleri bulgusu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. Gümüş’ün (2020) çalışmasında görülen öğrencilerin yükseklik kavramı için ayırt imajına sahip olması bu çalışmanın bulguları ile örtüşmemektedir.

Öğrencilerin tanımlama bilişsel görevindeki tanımlarına ve imajlarına bakıldığında uygun olmayan imajların çok fazla olmadığı düşünülmektedir. Alan yazındaki çalışmalarda

katılımcıların çoğunun yanlış imajlara sahip oldukları görülmüştür (Ergin ve Türnüklü, 2015; Gökbulut, 2010). Çalışmada öğrencilerin geometrik cisimler için prototip olmayan örnekleri kullandıkları görülürken alan yazında yapılan çalışmaların sonuçlarında öğrencilerin cisimlerin tipik modellerini (prototip) kullanmayı tercih ettikleri görülmüştür (Avgören, 2011; de Villiers, 1998; Ergin ve Türnüklü, 2015; Gökbulut ve Ubuz, 2013; Tsamir ve diğerleri, 2008). Karakuş (2018) çalışmasında öğretmen adaylarından daha zengin açıklamalar ve informal tanımlar kullanmalarını beklerken sıklıkla ders kitaplarında yer alan silindir ve koni tanım ve örneklerini kullandıklarını belirtmiştir. Bu çalışmada öğrencilerin silindir ve koni kavramları için formal tanım kullanmadıkları ve formal tanımdan uzak öznel tanımlar kullandıkları görülmüştür. Alan yazında birçok araştırmada (De Villiers, 1998; Tall ve Vinner, 1981; Türnüklü, Alaylı ve Akkaş, 2013; Türnüklü ve Ergin, 2016;) öznel tanımların formal tanımlardan daha fazla tercih edildiği sonucu çalışmamız sonucu ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada formal tanımları karmaşık (dik koni, dik piramit vb) olan kavramlar için öğrenci tanımlamalarının formal tanımdan oldukça uzak olduğu da görülmüştür. Vinner'ın (2002) savunduğu öğrencilerin tanımlarında kavram imajlarının oldukça etkili olduğu düşüncesi çalışmamız bulguları ile desteklenmektedir. Bazı tanımlarda öğrencilerin ayrit sayısı, yüz sayısı gibi imajlarından bahsetmeleri bulgusu Ergin'in (2014) araştırma bulgusu ile benzerlik göstermektedir. Gümüş (2020) çalışmasında öğrencilerin kâğıt üzerinde ayrit, köşe ve yüz sayılarını bulmalarından dolayı bu kavramlarda yanlışlara düşebildiklerini belirtmiştir. Ergin ve Türnüklü'nün (2015) çalışması sonucunda öğrencilerin geometrik cisimlerin temel elemanlarından ayrit, köşe, yüz, taban ile ilgili sorunlar yaşadıkları görülmüştür. Bu çalışma da öğrencilerin genel olarak bu kavramları bildikleri görülmüştür. Çalışmada öğrencilerin özellikle eksen ve ana doğru kavramlarını tanımlayamadıkları görülmüştür.

Açınım bilişsel görevleri

Beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması açınım çizimlerine bakıldığında dört öğrencinin çizimlerinin kavram tanımına uygun olduğu bulunmuştur. Bir öğrencinin çizimi kavram tanımına uygun olsa da ayrit uzunluklarına dikkat etmediği görülmüştür. Benzer şekilde alan yazındaki çalışmalarda bazı katılımcıların ayrit uzunluklarını dikkat etmeden açınım çizimleri yaptığı tespit edilmiştir (Gökkurt, 2014; Gümüş, 2020). Bu sonuca dayanarak sadece tanım bilmenin açınım çizimlerinde yeterli olmayacağı bulunmuştur. Üç öğrencinin açınım çizimlerinde karşılıklı yüzlerin eş olmasına, üç farklı dikdörtgensel bölge bulunmasına ve ayrit uzunluklarına dikkat etmedikleri görülmüştür. Benzer şekilde Gökkurt'un (2014) çalışmasında bir katılımcının karşılıklı yüzlerin eş olduğu bilgisine dikkat etmeyip yan yüzlerin hepsini karesel bölgeler ile çizdiği görülmüştür. Gökkurt'un (2014)

çalışmasında görülen katılımcıların dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını tanımada zorluk yaşadıkları sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmemektedir. Ders gözlemlerinde öğrencilerin farklı dikdörtgenler prizması açınımlarını tanıyabildikleri ve bunları 3B yazıcı ile yazdırdıkları görülmüştür. Alan yazında görülen öğrencilerin dikdörtgenler prizmasının açınımlarını çizme konusunda başarısız olması sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmemektedir (Gümüş, 2020; Kayabaşı ve Kayabaşı, 2022).

Beşinci sınıf öğrencilerinin kare prizma açınım çizimlerine bakıldığında bütün öğrencilerin çizimlerinde “yüz sayısı”, “taban sayısı”, “yan yüz sayısı” doğru çizilmiş ve “tabanlar karesel” bölgelerle “yan yüzler dikdörtgensel” bölgeler ile gösterilmiştir. Kare prizma açınım çizimlerinde beş öğrencinin “tabanlar eş”, “yan yüzler eş”, “ayrıt uzunlukları” ve “tabanların konumu” imajlarının hepsine dikkat ettiği görülmüştür. İki öğrencinin çizimlerinde eksik imajlar tespit edilmiştir. Bu öğrenciler formal tanım ifadesinde yer alan “tabanlar eş” ve “yan yüzler eş” kritik özelliğine dikkat etmemiştir. Bu öğrencilerden birinin dikdörtgenler prizması açınımlarını genelleyerek kare prizma açınımlarında da iki farklı yan yüz çizdiği görülmüş ve öğrenciye yan yüzleri neden bu şekilde çizdiği sorulduğunda öğrencinin “Bir uzun bir dar yapıyorduk.” diye cevap verdiği görülmüştür.

Beşinci sınıf öğrencilerinin küp açınım çizimleri incelendiğinde öğrencilerin hepsinin “yüz sayısı”, “taban sayısı”, “yan yüz sayısı” ve “tabanların konumu”na dikkat ettikleri görülmüştür. Küp açınım çizimlerinde bir öğrenci hariç bütün öğrencilerin çizimleri kavramın tanımına uygun bulunmuştur. Öğrenciler eş karesel bölgeler ile küp açınımlarını çizmiştir fakat bir öğrenci yüz, taban ve yan yüz sayısı ile tabanların konumu imajını doğru kullansa bile çiziminde yüzeylerin eş karesel bölgeler olduğu imajı kullanmamıştır. Beşinci sınıf öğrencilerinin açınım çizimlerinde prototip olmayan örneklerin yer aldığı görülmüştür. Beş öğrenci açınım çizimlerinde prototip çizimler ile sınırlı kalmamış ve akıllarına gelen prototip olmayan açınım örneklerini çizmişlerdir. Gökkurt’un (2014) çalışmasında katılımcıların neredeyse tamamının küpün farklı açınımlarını tanımakta zorlandıkları görülürken bu çalışmada öğrencilerin küpün farklı açınımlarını çizme ve tanıma konusunda zorlanmadıkları görülmüştür.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik prizma açınım çizimlerine bakıldığında öğrencilerin hepsinin çizimlerinde “yan yüzler dikdörtgensel” ve “tabanlar eş çokgensel” bölgeler ile çizilmiştir. Yılmaz (2015) çalışmasında katılımcıların prizma açınım çizimlerinde tabanların eşit olmasına dikkat ettiklerini belirtmiştir. Bütün öğrenciler çizimlerinde tabanları eş çizmeye gayret etmiş, çiziminde pek eş olmasa bile tabanların eş olduğunu belirtmişlerdir. Avgören (2011) çalışmasında altıgen prizmanın açınımlarını çizerken tabanların konumu konusunda

öğrencilerin tereddüte düştüklerini belirtmiştir. Çalışmada öğrencilerin çoğunun çiziminde tabanların konumu doğru olsa bile iki öğrencinin çizimlerinin ilkinde tabanların konumunun yanlış çizildiği görülmüştür. Bir öğrenci altıgen prizma açınım örneği çizerken yan yüz sayısını eksik çizmiştir. Uygun olmayan açınım çizimleri Yılmaz'ın (2015) çalışmasında da görülmüştür. Beş öğrencinin bütün çizimlerinin doğru açınım örnekleri oldukları görülmüştür. Bu beş öğrencilerin bütün çizimleri kavramın formal tanımı ile tutarlı bulunmuştur. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların prizma açınımı için prototip açınım örneklerini (kare prizma, küp, üçgen prizma) çizdikleri görülmüştür (Gökkurt, 2014; Yılmaz, 2015). Bu çalışmada öğrencilerin prototip çizimlerinin yanı sıra prototip olmayan çizimleri de tespit edilmiştir. Öğrencilerin prototip olmayan çizimlerine bakıldığında daha çok beşgen, altıgen ve yedigen prizma ile farklı küp açınımlarının çizildiği görülmüştür. Bir öğrenci ise kazanım dışı olan 3B yazıcı destekli öğrenme sürecinde öğrendiği yıldız prizmasının açınımı çizmeyi denemiştir. Öğrenci yıldız prizma açınım çizimini yaparken yan yüzlerin sayısına, tabanların sayısına, yan yüzlerin dikdörtgensel bölge olmasına ve tabanların çokgensel olmasına dikkat etmiştir. Yılmaz'ın (2015) çalışmasında katılımcıların prizma açınımlarını çizerken yan yüzleri yan yana, tabanları ise biri alta diğeri üste gelecek şekilde yerleştirdikleri sonucu bu çalışmanın sonucu ile benzerlik göstermektedir. Göktürk'un (2014) çalışmasında katılımcıların üst ve alt tabanın konumlarını değiştirerek farklı açınımlar çizmeye çalışması sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. Ders gözlemlerinde öğrencilerin açınım kartları tasarlayıp 3B yazıcı ile yazdırarak prizmaların açınımlarını keşfetmesinin faydalı olduğu görülmüştür. Öğrenciler yazdırdıkları açınım kartları ile cismin açınımını ve kapalı halini deneyimleme imkânı bulmuştur. Ayrıca zihinlerinde canlandırması zor olabilecek açınımları yazdırıp deneyebilmişlerdir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik dairesel silindir açınım çizimlerinde kavram tanımı ve kavram imajlarının (bir öğrenci hariç) uygun olduğu görülmüştür. Gökkurt'un (2014) çalışmasında katılımcıların her birinin kapanabilen uygun açınım örnekleri çizdikleri bulunmuştur. Bu çalışmada uygun olmayan açınım çizen öğrencinin çiziminde tabanların konumuna dair imajı uygun olmayan bir imajdır. Bu öğrenci 3B yazıcı destekli ders öğretimi esnasında öğrendiği uygun olmayan açınım örneklerini hatırlamış ama uygun olmayan bir açınım örneği olduğunu hatırlamadığı için zihninde uyandırılan bu imajın uygun açınım örneği olabileceğini düşünmüştür. Bu çalışmada dik dairesel silindirin açınım çizimlerinde iki öğrenci dikdörtgensel bölge ile dairesel bölge arasındaki ilişkiye dair (dikdörtgenin kenar uzunluğu dairenin çevresine eşit) imajlarından bahsetmiştir. Benzer şekilde Gümüş'ün (2020) çalışmasında öğrencilerin "alt ve üst tabanda bulunan dairelerin çevrelerinin dikdörtgenin

uzun kenarının uzunluğuna eşit olması” gerektiğini bilmediği veya bu durumu göz ardı ettikleri görülmüştür. Çalışmada bütün öğrenciler silindirin tabanını daire olarak yan yüzünü ise dikdörtgensel bölge olarak çizmiştir ve bu sonuç Yılmaz’ın (2015) çalışmasındaki sonuç ile örtüşmektedir. Gökkurt’un (2014) çalışmasında katılımcıların silindirin tabanlarının konumunu değiştirerek farklı açınım örneği çizmeye çalıştığı sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde sekizinci sınıf öğrencileri farklı silindir açınımları yazdırmışlardır fakat yazdırılan silindir açınımları kullanışlı bulunmamıştır. Buna rağmen ders öğretiminde silindir açınımına örnek olan ya da olmayan açınımlar yazdırılıp kullanılmış ve öğrenciler tarafından faydalı olduğu belirtilmiştir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik piramit açınım çizimlerinde sekiz öğrenciden altısının bütün çizimlerinin doğru olduğu görülmüştür. Bütün öğrencilerin açınım çizimlerinde “tek tabanlı”, “tabanları çokgensel bölge” ve “yan yüzleri üçgensel bölge” imajları görülmüştür. Ergin ve Türnüklü’nün (2015) çalışmasında öğrencilerin piramidin yanal yüzeyini tanıma konusunda yanlış imajlarının olduğu sonucu görülürken 3B yazıcı ile öğrenme süreci sonrası öğrencilerin yan yüzleri konusunda yanlış imajları olduğu görülmemiştir. Bu çalışmada bir öğrenci dışındaki bütün öğrenciler yan yüz sayısını bütün çizimlerinde doğru çizebilirken bir öğrenci ilk çiziminde eksik çizmiştir. Gümüş’ün (2020) çalışmasında öğrencilerin piramit açınımları yerine prizma açınımlarını çizdikleri görülmüştür. Bu sonuç bu çalışmanın sonucu ile paralellik göstermemektedir. Yılmaz’ın (2015), çalışmasında katılımcıların piramit açınımı olarak kare piramit, üçgen piramit ve dikdörtgen piramit açınımları çizdikleri görülmüştür. Gökkurt’un (2014) çalışmasında katılımcıların farklı piramit açınımları çizemedikleri ve çizimlerinde eksik ve hataların olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada sekiz öğrencinin prototip örnekler çizdiği yani prototip çizim imajına sahip oldukları görülmüştür ve bu öğrencilerden beşi ayrıca çizimlerinde prototip olmayan açınım örneklerine de yer vermiştir. Öğrencilerin prototip olmayan çizimlerinde daha çok tabanda farklı çokgensel bölgeler kullanıldığı görülmüştür. Yılmaz’ın (2015) çalışmasında belirttiği katılımcıların piramit açınımları oluştururken önce tabanları merkeze çizip sonra tabanın etrafına üçgen yan yüzeyleri yerleştirdiği sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. 3B yazıcı ile ders sürecinde piramit açınım kartları tasarlayıp yazdırmanın faydalı olduğu görülmüştür. Öğrenciler yazdırdıkları açınım kartları ile piramit cisminin açınımlarını ve kapalı halini deneyimleyebilmişlerdir ayrıca öğrencilerin prototip olmayan açınımları da deneyimleyip imaj oluşturdukları görülmüştür.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin dik koni açınım çizimlerinde öğrencilerin dik dairesel koninin tabanının “tek tabanlı dairesel bölge” olduğunu ve “tek yan yüzü”nün olduğunu

bildikleri görülmüştür. Sekiz öğrenciden beş öğrenci doğru açınım çizimi yapabilirken iki öğrenci yanlış açınım çizimi yapmıştır. Bir öğrenci görüşme esnasında tabanın dairesel yan yüzün ise dikdörtgensel bölge olduğundan bahsetmiş ama açınım çiziminin aklına gelmediğini belirterek çizim yapamamıştır. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların koninin açınımı konusunda yanlış imajlarının olduğu görülmüştür (Ergin ve Türnüklü, 2015; Gökurt, 2014; Gümüş, 2020; Yılmaz, 2015). Bu çalışmada iki öğrencinin yanlış çizim yaptığı tespit edilmiştir. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların imajlarında koninin açınımını yaparken üçgen şeklinin olduğu görülmüştür (Ergin ve Türnüklü, 2015; Gümüş, 2020; Yılmaz, 2015). Bu çalışmada da bir öğrencide bu yanlış imaj görülmüştür ve diğer yanlış çizim yapan öğrencinin ise koniyi silindir ile karıştırarak yan yüzü dikdörtgen olarak çizdiği görülmüştür. Türnüklü ve Ergin'in (2016) yaptıkları çalışmada bir öğrencinin koni ile silindiri karıştırdığı görülmüştür. 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde yazdırılan koni açınım kartlarının kapanmadığı için kullanışlı olmadığı tespit edilmiştir. Yazdırılan koni açınımlarının kapalı hali öğrenciler tarafından deneyimlenememiştir.

Yüzey alanı ve hacim hesaplama bilişsel görevleri

3B yazıcı destekli matematik öğrenme sürecinde beşinci sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün yüzey alanı hesaplamalarını yaparken kullandıkları imajların kavram tanımı ile tutarlı olduğu görülmüştür. Yüzey alanı hesaplamalarını sadece bir öğrenci hatırlamadığı için yapamamış fakat diğer öğrencilerin hepsinin doğru hesaplamayı yapabildikleri görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencileri dikdörtgenler prizmasının yüzey alanı hesabını yaparken “karşılıklı yüzleri eşit”, “ayrıt uzunluklarını doğru yerleştirme”, “üç farklı yüz”, “taban alanı”, “yan yüzlerin alanı” ve “tüm yüzeylerin alanları toplamı” imajlarını kullandıkları görülmüştür. Bütün öğrencilerin dikdörtgenler prizmasının yüzey alanı hesaplarını yaparken her bir farklı yüzeyin alanını buldukları tespit edilmiştir. Öğrencilerin hiçbiri bütün yüzlerin alanını tek tek hesaplamamış karşısındaki yüzün eşit olduğu imajını kullanmıştır. Beşinci sınıf öğrencilerinin kare prizmanın yüzey alanını hesaplarken “dört eş yan yüz”, “iki eş taban”, “ayrıt uzunlukları”, “iki farklı yüz”, “taban alanı”, “yan yüzlerin alanı” ve “tüm yüzeylerin alanları toplamı” imajlarını kullandıkları görülmüştür. Kare prizmanın yüzey alanı hesaplarını yaparken iki öğrenci hariç öğrencilerin iki eş taban ve dört eş yan yüz tanım bilgilerini kullanarak hesaplamalarını yaptıkları tespit edilmiştir. Kare prizmanın yüzey alanı hesabını yaparken bir öğrencinin yan yüzleri eşit tanım bilgisini kullanmayıp karşılıklı yüzleri eşittir imajını kullanarak yüzey alanı hesabını yaptığı bulunmuştur. Öğrencilerin küpün yüzey alanını hesaplarken “yüzler karesel”, “tüm yüzler eşit”, “altı yüzey”, “bir yüzeyin alanı” ve “bir yüzeyin alanı $\times$ 6” imajlarını

kullandıkları görülmüştür. Küpün yüzey alanını hesaplarken öğrencilerin ilk önce bir yüzeyin alanını buldukları ardından altı yüzey olduğu için altı ile çarptıkları tespit edilmiştir. Gökkurt'un (2014) çalışmasında katılımcılardan bazılarının prizmaların yüzey alanını hesaplama konusunda sorunlar yaşadıkları ve özellikle küpün yüzey alanını hesaplayamadıkları sonucu bu çalışmanın bulguları ile paralellik göstermemektedir. Okuyucu'nun (2022) ortaokul öğrencilerinin dikdörtgenler prizmasının alan ve hacim bağıntılarını oluşturma süreçlerini incelediği çalışmasında öğrencilerin yüzey alanını hesaplamak için gerekli bilgileri bildiği ama bu bilgileri kullanma konusunda hatalar yaptıklarını belirtmiştir. Bu çalışmada ise öğrencilerin gerekli bilgileri bildiği görülmüş ve hesaplama konusunda hatalar yaptıkları tespit edilmemiştir.

3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda altıncı sınıf öğrencilerinin dikdörtgenler prizmasının hacim hesabında kullandıkları imajlara bakıldığında “birim küpleri sayma”, “ $TA \times h$ ”, “ $en \times boy \times yükseklik$ ”, “sayıları birbiri ile çarpma” ve “sıvıların hacmini kullanma” imajlarının olduğu görülmüştür. 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci sonunda beş öğrencinin $en \times boy \times yükseklik$ kuralının hacmin genel kuralı olan taban alanı ile yüksekliğin çarpımından geldiğini kavradığı tespit edilmiştir. Üç öğrencinin ise hacim hesaplarında $en \times boy \times yükseklik$ imajını kullandığı ama nedeni noktasında açıklama yapamadıkları görülmüştür. Bir öğrenci hacim hesaplama konusunda ya verilen birim küpleri sayacağını ya da verilen sayıları çarpması gerektiği açıklamasında bulunmuştur. Alan yazında yapılan çalışmalarda prizmanın hacminin genel olarak taban alanı ve yükseklikle ilişkili görüldüğü sonucu bu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir (Avgören, 2011; Okuyucu, 2022; Yılmaz, 2015). Yılmaz'ın (2015) çalışmasındaki bir katılımcının prizmaların hacim hesabında formül odaklı olduğu bulgusu bu çalışmada bazı öğrencilerde de gözlemlenmiştir. Gökkurt'un (2014) çalışmasında görülen katılımcıların küpün hacmi konusunda doğru cevaplar verdiği ve formüllerin altında yatan mantıksal gerekçeleri bildikleri sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. Alan yazında yapılan bazı çalışmalarda öğrencilerin birim küpler ile hacim hesabı yaparken sadece görünün küpleri saydıkları görülmüştür (Dağlı, 2010; Karaca, 2014; Lehrer, Jenkins ve Osana, 1998). Bu çalışmada öğrencilerin ders sürecinde ve görüşme sırasında görünmeyen birim küpleri yok saydıkları tespit edilmemiştir. Karaca (2014) çalışmasında öğrencilerin yarıdan fazlasının birim küpler ile verilmiş dikdörtgenler prizmasının hacmini doğru hesapladıklarını belirtmiştir. Doğru cevap veren öğrencilerin açıklamalarında ise “birim küpleri sayma, hacim formülünü kullanma, taban alanı ile yüksekliği çarpma” stratejilerini kullandıkları görülmüştür (Karaca, 2014) ve bu sonuç bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. Ders sürecinde ve görüşme sırasında öğrencilerin

çoğunluğunun aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizması oluşturabildikleri görülmüştür. Okuyucu'nun (2020) somut materyal destekli öğretim üzerine çalışmasında öğrencilerin küp şekerleri kullanarak aynı hacme sahip farklı cisimleri kavradıkları tespit edilmiştir. Bu sonuç bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. Ders sürecinde öğrencilerin içi boş kutuların hacmini 3B yazıcıdan yazdırdıkları birim küpleri kullanarak hesaplayabildikleri ve taban alanı×yükseklik ile en×boy×yükseklik formüllerini keşfedip kavrayabildikleri sonucu Okuyucu (2020)'nun somut materyal destekli öğretim üzerine çalışmasında küp şeker kullanarak bulduğu sonuç ile örtüşmektedir. Olkun (2003) öğrencilerin prizmanın hacmini hesaplarken en, boy ve yükseklik durumunu kavrama konusunda zorluk çektiğinden ve öğrencilerin bu formülü kendilerinin keşfedeceği bir ortam hazırlanması gerekliliğinden bahsetmiştir. Bu çalışmada öğrencilerin 3B yazıcıyı kullanarak yazdırdıkları birim küplerle ve diğer materyallerle hacmin formülünü kendilerinin keşfedebildikleri görülmüştür. Batista ve Clements'in (1998) çalışmasında vurguladığı birim küp sayısı ile katmanlı olarak hacim formülünün keşfedilebileceği sonucu bu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların birim küplerle oluşturulmuş yapılarda hacmi hesaplarken birim küpleri saydığı ve bir katmandaki küpleri bulup ardından katman sayısı ile çarptıkları sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir (Batista ve Clements,1998; Okuyucu, 2020).

3B yazıcı destekli dik dairesel silindirin yüzey alanını hesaplamayı öğrenme süreci sonunda öğrencilerin yüzey alanı hesabında ortaya çıkan imajları daha çok “tabanların alanı”, “tabanlar eş”, “yan yüzün alanı”, “ $\pi r^2 + 2\pi rh$ ”, “yüzey alanlarını toplama” ve “eksik formül”dür. Yılmaz'ın (2015) çalışmasında katılımcıların yüzey alanı imajlarında görülen “taban alanı, yanal alan, bütün yüzlerin alanları ve yüzeyler toplamı” bu çalışmada görülen imajlar ile örtüşmektedir. Bu çalışmada dört öğrencinin kavram tanımı ile tutarlı düşünceleri olduğu görülürken iki öğrencinin kavram tanımını kullanma gereği duymadan tanım ile tutarsız aklında kalan eksik formül imajını kullandığı görülmüştür. Benzer şekilde Yılmaz (2015) çalışmasındaki bir katılımcının silindirin alan hesabında formül odaklı bir imaja sahip olduğunu belirtmiştir ve bu katılımcının yanal alanı formülle ifade edemediği görülmüştür. Alan yazında yapılan çalışmalarda silindirin yüzey alanını hesaplarken açık hali üzerinden düşünülerek hesaplandığı sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir (Avgören, 2011; Yılmaz, 2015). Yılmaz'ın (2015) çalışmasında bazı katılımcılarda yanal alan ve yüzey alanı kavramlarını karıştırdığının görüldüğü sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmemektedir. Bu çalışmada bir öğrencinin yüzey alanı hesabını yaparken yaptığı açıklamada “dairenin çevresi dikdörtgenin uzun kenarına eşit ve dikdörtgenin kısa kenarı silindirin yüksekliğine eşit” ifadelerini kullandığı görülmüştür. Benzer şekilde Yılmaz (2015) çalışmasında

katılımcıların genel olarak dik dairesel silindirin taban çevresiyle eşit olan yan yüz kenarının dikdörtgenin uzun kenarı olarak belirleme eğiliminde olduklarını belirtmiştir.

3B yazıcı destekli dik dairesel silindirin hacmini hesaplamayı öğrenme süreci sonunda beş öğrencinin kavramın formal tanımı ile tutarlı imajları olduğu görülmüştür. Beş öğrenci dışındaki üç öğrenci nasıl hesaplama yapacaklarını hatırlayamadıklarını belirtmişlerdir. Öğrencilerin hacim hesaplarında ortaya çıkan imajlarının “taban alanı $\times$ yükseklik”, “dairesel bölgenin alanı $\times$ yükseklik”, “ $\pi r^2 h$ ” ve “kütle – ağırlık” olduğu görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerin dik dairesel silindirin hacmini nasıl hesaplayabileceklerine dair imajlarında yer alan hacim formülünün ($\pi r^2 h$) öğrenciler tarafından nasıl oluştuğunun bilindiği gözlemlenmiştir. Alan yazında yapılan çalışmalarda katılımcıların silindirin hacmini hesaplamayı formül yardımıyla yaptıklarını sunucu bu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir (Avgören, 2011). Bu çalışmada da öğrencilerin hacim hesabı yaparken formülü kullanmayı tercih ettikleri görülmüştür. Bu çalışmada bir öğrencinin hacim için uygun olmayan imaja (kütle) sahip olduğu tespit edilmiştir.

Alan yazında yapılan çalışmalarda yüzey alanı ve hacim kavramlarının karıştırılabileceğinden bahsedilmiştir (Dündar, 2019; Okuyucu, 2020; Özgül ve Kaplan, 2016; Tekin-Sitrava ve Işıksal-Bostan, 2016; Yılmaz, 2015). Bu çalışmada bu iki kavramın öğrenciler tarafından karıştırıldığı gözlemlenmemiştir. Çalışma sonucunda yüzey alanı ve hacim kavramlarını öğretmek için 3B yazıcı teknolojisinin olumlu katkıları olabileceği görülmüş ve benzer şekilde teknoloji destekli öğretimin yüzey alanı ve hacim konularında olumlu sonuçları olabileceği alan yazında yapılan çalışmalarda da görülmüştür (Akgül, 2014; Alan, 2021; Gençoğlu, 2013; Zengin ve Akçakın, 2021).

5.1.2 3B Yazıcı ve 3B Yazıcı ile Öğrenme Sürecine İlişkin Düşünceleri

Öğrencilerin 3B Yazıcıya Dair Düşünceleri

Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci sonunda 3B yazıcı hakkında düşünceleri sorulmuştur. Öğrenci cevaplarından oluşturulan kodlar temalar altında toplanmıştır. Bu oluşturulan temalar ve temalara ait kodlar öğrencilerin 3B denilince aklına gelen düşüncelerinden elde edilmiştir. Öğrencilere özel olarak bu tema konuları hakkında soru sorulmamıştır. Bu yüzden bu alt problemdeki sonuçlar 3B yazıcı için öğrencilerin ilk aklına gelen düşüncelerinden oluşmaktadır.

- * 3B yazıcıların 3B modeller yazdıran bir makine olduğunu anlatan ifadeleri “işlev” teması altında
- * 3B yazıcıya yükledikleri anlam “algı” teması altında
- * 3B yazıcıya ait teknik konular hakkındaki düşünceleri “teknik konular” teması altında

- * 3B yazıcının somutlaştırma özelliğinden bahsettikleri kodlar “somutluk” teması altında toplanmıştır.

Beşinci sınıf öğrencilerinden üç öğrencinin altıncı sınıf öğrencilerinden altı öğrencinin ve sekizinci sınıf öğrencilerinden dört öğrencinin 3B yazıcıların işlevinden bahsettikleri görülmüştür. 3B yazıcıların işlevinden en çok 3B yazıcı ile yüz yüze öğrenme deneyimi yaşayan altıncı sınıf öğrencilerinin bahsettiği görülmüştür. Sonuç olarak 24 öğrenciden 13’ü 3B yazıcının işlevinden bahsetmiştir. Alan yazında yapılan çalışmalarda 3B yazıcılar tasarımları 3B modellere dönüştüren makineler olarak tanımlanmaktadır (Berman, 2012; Demir ve diğerleri, 2016; Karaduman, 2018; Olla, 2015; Yıldırım ve diğerleri, 2018; Yıldırım ve Keşan, 2022).

Algı temasına için kodlarının en çok beşinci sınıf öğrencilerinde olduğu en az altıncı sınıf öğrencilerinde olduğu görülmüştür. Beşinci sınıf öğrencilerinin “düşünce geliştiren”, “her şeyi yazdırabilen”, “istediklerimi yazdırabilen”, “yüksek teknolojik”, “geleceğin teknolojisi” ve “kendin üretebilme” gibi anlamlar yükledikleri bulunmuştur. Altıncı sınıf öğrencilerinin “hayalleri gerçekleştiren” anlamı yükledikleri görülürken sekizinci sınıf öğrencilerinin “prototipleme”, “hayalleri gerçekleştiren” ve “kendi üretebilme” anlamları yükledikleri görülmüştür. Ortaokul öğrencilerin 3B yazıcıya ait algılarının olumlu yönde olduğu tespit edilmiştir. Alan yazında yapılan çalışmalarda bahsedilen 3B yazıcıların çocuklara kendi nesnelerini oluşturmalarına olanak sağlamakta etkili olduğu çıkarımı bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir (Çallı ve Taşkın, 2015; Eisenberg, 2013; Karaduman, 2018; Yıldırım ve Keşan, 2022). Bu çalışmada 3B yazıcı için öğrencilerin hayalleri gerçekleştirdiğine dair düşünceleri, alan yazında yapılan araştırmalarda da görülmüştür (Özsoy ve Duman, 2017; Szulzyk-Cieplak ve diğerleri, 2014; Yıldırım ve Keşan, 2022). Bu çalışmada bir öğrenci prototipleme olarak yazıcının kullanabileceğini keşfetmiştir. 3B yazıcılar için alan yazında "prototipleme" ifadesinin kullanıldığı görülmüştür (Bradshaw, Bowyer ve Haufe, 2010).

Bazı beşinci sınıf öğrencilerinde 3B yazıcının teknik konuları olan “malzeme/filament”, “yazıcının nasıl yazdırdığı”, “maliyeti”, “yazıcının sınırlı boyutu” ve “doluluk oranı” kodlarına rastlanılmıştır. Altıncı sınıf öğrencilerinde 3B yazıcının teknik konuları olan “3B tasarım”, “katman katman yazdırma”, “yazıcının kalemi (ucu)”, “destek malzemesi”, “malzeme/filament”, “tabla”, “yazdırma süresi”, “düzgün yazdırmaması” ve “doluluk oranı” kodları görülmüştür. Sekizinci sınıf öğrencilerinde ise 3B yazıcının teknik konuları olan “3B tasarım”, “destek malzemesi”, “materyal”, “yazdırılma süresi”, “düzgün yazdırmaması”, “yazıcının sınırlı boyutu”, “tablaya yapışkan sürülmesi”, “maliyet” ve

“doluluk oranı” kodlarına rastlanılmıştır. Bütün sınıf seviyelerinde “malzeme/materyal” ve “doluluk oranı” kodları tespit edilmiştir. Yazıcının “katman katman yazdırma” koduna 3B yazıcı ile öğrenme süreci yüz yüze gerçekleştirilen altıncı sınıf öğrencilerinde rastlanılmıştır. Öğrencilerin teknik konular temasında bahsettikleri kodların alan yazın ile örtüştüğü görülmüştür (Berman, 2012; Güler ve Çetinkaya, 2018; Mercuri ve Meredith, 2014; Yıldırım ve Keşan, 2022). 3B yazıcı ile öğrenme sürecinde öğrencilerin dikkatini doluluk oranının, yazdırılma süresinin ve destek malzemesinin çektiği gözlemlenmiştir. Öğrencilerin 3B yazıcı ile ilk tanıştıklarında yazdıracakları modellerin Tinkercad programında tasarladıkları renk ile aynı renk yazdırılacağını düşündükleri görülmüştür. Yüz yüze eğitim alan altıncı sınıf öğrencilerinin öğrenme sürecinde sık sık yazıcıyı izlemek için izin aldıkları gözlemlenmiştir. Tablanın ve printcore’un sıcak olması ve öğrencinin bu konuda uyarılması öğrencilerin tedbirli olmalarını sağlamıştır. Ders esnasında öğrencilerin yazdırdıkları nesneleri yazıcıdan çıkarma konusunda çok istekli oldukları ama yazıcının tablasından çıkarmalarının onlar için bazen zor olabileceği görülmüştür.

Somutluk teması ile algı teması arasında bir ilişki mevcuttur. Öğrencilerin somutluk temasına ait düşünceleri aynı zamanda onların algılarını içermektedir. Öğrencilerin duyu organları aracılığı ile anlam yükledikleri kodları somutluk temasını oluşturmaktadır. Bazı beşinci sınıf öğrencilerinin 3B yazıcı denilince aklına somutluk teması kodları olan ders sürecinde yazdırdıkları “3B cisimler” ve “ürüne dokunabilme” düşüncelerinin geldiği tespit edilmiştir. Altıncı sınıf öğrencilerinin aklına “3B cisimler” ve “görüp- dokunabilme” kodları gelirken sekizinci sınıf öğrencilerinin somutluk temasında ise “tasarımı somutlaştırma” ve “görüp- dokunabilme” kodlarına rastlanılmıştır. 3B yazıcıların genel olarak öğrencilerin dokunma duyusuna hitap ettiği görülmüştür. Alan yazında yapılan çalışmalarda 3B yazıcıların öğrencilerin görme ve dokunma duyusuna hitap ettiği sonucu bu çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir (Horowitz ve Schult, 2014; Karaduman, 2018; Papp ve diğerleri, 2016; Yıldırım ve Keşan, 2022).

Öğrencilerin 3B Yazıcı ile Öğrenme Sürecine Dair Düşünceleri

Ortaokul öğrencilerine 3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme sürecine ilişkin düşünceleri sorulmuştur. Öğrencileri cevaplarından oluşturulan kodlar temalar altında toplanmıştır.

- * Hangi kazanımlara fayda sağladığından bahsettikleri düşünceler “kazanımlara katkı” teması altında
- * Somut deneyimlerinden bahsettikleri düşünceler “somut deneyimler” teması altında
- * Duygularını dile getirdikleri düşünceler “duyuşsal alan” teması altında toplanmıştır.

3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci hakkında öğrencilerin verdikleri cevaplarda kazanımlara sağladığı faydalardan bahsettikleri düşünceler kazanımlara katkı teması altında toplanmıştır. Beşinci sınıf öğrencileri en çok kazanımlarında yer alan “açınımlar” konusunda fayda sağladığından bahsetmiştir. Altıncı sınıf öğrencileri ise en çok “birim küpler ile hacim hesaplama” ve “prototip olmayan örnekler” konusunda fayda sağladığını ifade etmiştir. Sekizinci sınıf öğrencileri de kazanımlara katkı teması altında en çok “geometrik cisimlerin açınımları” ve “prototip olmayan örnekler” konusunda katkı sağladığını belirtmiştir. Bu çalışma sonucunda geometrik cisimler kazanımlarının öğretiminde 3B yazıcıyı kullanmanın olumlu katkıları olabileceği görülmüştür. Benzer şekilde alan yazında yapılan çalışmalarda 3B yazıcıların öğretimi destekleyebileceği bulunmuştur (Chery ve diğerleri, 2015; Cochran ve diğerleri, 2016; Corum ve Garofalo, 2015; Çekirge, 2019; Gülyüz, 2020; Huleihil, 2017; Karaduman, 2017; Spyros ve diğerleri, 2021; Verner ve Merksamer, 2015; Yıldırım ve Keşan, 2022). Bu çalışmanın bulguları da 3B yazıcıların matematik öğretimini destekleyebileceği yönündedir. Cochran ve diğerleri’nin (2016) çalışmalarında belirttiği öğrencilerin 3B yazıcıda yazdırılan cisimleri basım esnasında hemen tanıdıkları sonucu bu çalışmanın ders gözlem notları ile örtüşmektedir. Öğrenme sürecinde öğrenciler yazdırılan cisimlerin yazdırılma aşamalarını incelerken yazıcının kafa hareketlerini dikkatli bir şekilde incelemişler ve bu inceleme esnasında hangi cismin yazdırıldığını öğrencilerin doğru tahmin edebildikleri görülmüştür. Buna ek olarak, ders kitaplarında ya da iki boyutlu çizimler ile kazanamayacakları derinlik ve boyut algısını yazım sürecini izleyerek öğrencilerin kavrayabildikleri düşünülmektedir. Bu çalışmada altıncı ve sekizinci sınıf öğrencileri hacim konusunda 3B yazıcının kendilerine katkı sağladığı görüşleri Cochran ve diğerleri’nin (2016) bulguları ile örtüşmektedir. Alan yazında yapılan çalışmalarda geometrik cisimler konusunun öğretiminde teknoloji kullanımının öğrencilerin kazanımları öğrenmelerine olumlu yönde katkı sağlayabileceği sonucu bu çalışmanın sonucu ile örtüşmektedir (Gürbüz ve Gülburnu, 2013; Sung, Shih ve Chang, 2015; Tutak, Aydoğdu ve Akgül, 2015; Gurkaynak ve Gulcu, 2012; Taş, 2016; Özen, 2009; Topuz ve Günhan, 2021; Uğur, Urhan ve Kocadere, 2016; Yıldırım ve Keşan, 2022).

3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci hakkında öğrencilerin verdikleri cevaplarda, yaşadıkları somut deneyimlere ilişkin düşünceleri somut deneyimler teması altında incelenmiştir. Bütün sınıf seviyelerinde “görebilme- dokunabilme”, “öğrenmeyi kolaylaştırma” ve “yaparak öğrenme” somut deneyimleri tespit edilmiştir. Öğrenmeyi kolaylaştırıcı kodu öğrencilerin somut deneyimlerinin öğrenmelerini kolaylaştırdığını ifade ettikleri cevaplarından oluşturulmuştur. Çalışmaya katılan 24

öğrenciden sadece bir öğrencinin yapmasının zor olduğundan bahsettiği görülmüştür. Altıkardeş ve Koyunkaya'nın (2020) matematik temelli çeşitli teknoloji uygulamalarının lise öğrencilerinin katı cisim ve boyut konularındaki algılarına etkisini incelediği çalışmasında öğrencilerin öğretim sonunda kolay öğrenme, görselleştirme, kalıcılık ve somutlaştırma düşünceleri bu çalışmanın kodları ile örtüşmektedir. Bu çalışmada somut deneyimler temasına ait ortaya çıkan kodlar alan yazında yapılmış çalışmaların bulguları ile örtüşmektedir (Çekirge, 2019; Güleriyüz, Dilber ve Erdoğan, 2019; Güleriyüz, 2020; Horowitz ve Schultz, 2014; Karaduman, 2018; Spyros ve diğerleri, 2021; Verner ve Merksamer, 2015; Altıkardeş ve Koyunkaya, 2020; Yıldırım ve Keşan, 2022).

3B yazıcı destekli geometrik cisimler kazanımlarını öğrenme süreci hakkında öğrencilerin verdikleri cevaplarda duygularını dile getirdikleri düşünceler duyuşsal alan teması altında incelenmiştir. Öğrencileri yönlendirmemek için direkt neler hissettikleri ya da duyguları sorulmamış sadece duygularından bahseden öğrencilerin cevapları incelenmiştir. Beşinci sınıf öğrencileri 3B yazıcı ile öğrenme sürecinin “eğlenceli”, “güzel” ve “heyecan verici” olduğundan bahsetmiştir. Altıncı sınıf öğrencileri 3B yazıcı ile öğrenme sürecinin “faydalı”, “eğlenceli” ve “motive edici” olduğunu ifade etmiştir. Sekizinci sınıf öğrencileri ise 3B yazıcı ile öğrenme sürecinin “eğlenceli”, “dikkat çekici” ve “heyecan verici” olduğundan bahsetmiştir. Bu çalışmada duyuşsal alan temasına ait ortaya çıkan kodlar alan yazında yapılmış çalışmaların bulguları ile örtüşmektedir (Buehler ve diğerleri, 2016; Chien, 2017; Cochran ve diğerleri, 2016; Çekirge, 2019; Ford ve Minshall, 2019; Güleriyüz ve diğerleri, 2019; Güleriyüz, 2020; Kostakis ve diğerleri, 2015; Kwon, 2017; Maloy ve diğerleri, 2017; Novak ve Wisdom, 2018; Tu ve Chiang, 2016; Verner ve Merksamer, 2015; Altıkardeş ve Koyunkaya, 2020; Yıldırım ve Keşan, 2022).

5.2. Öneriler

Araştırmacılara öneriler

- ✓ Bundan sonra yapılacak çalışmalarda 3B yazıcı teknolojisinin farklı kazanımlara nasıl entegre edilebileceği ya da bu teknolojiye daha farklı nasıl faydalanılabileceğinin araştırılması önerilmektedir.
- ✓ Bu çalışmada görüşme yapılırken prototip olmayan örnek ya da uygun olmayan örneklerle yönelik ayrı bir görüşme sorusu ile veri alınmamıştır. Bu yüzden farklı bir veri toplama aracı ile başka bir çalışmanın gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
- ✓ Bu çalışma sonucunda bazı öğrencilerde ortaya çıkan uygun olmayan imajlar üzerine daha detaylı bir çalışmanın yürütülmesi önerilmektedir. Bu imajlara sebep olan durumların araştırılması ya da önleyici çalışmaların gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

- ✓ Yıldız prizma (içbükey prizma), düzgün olmayan prizma ve düzgün olmayan piramit kavramlarının öğretildiği sınıflarda 3B yazıcı ile öğretim gerçekleştirilen çalışmaların yapılması önerilmektedir.
- ✓ Çalışmada öğrencilerin 3B yazıcı ile öğrenme süreci sonunda kavram imajları ve kavram tanımları incelenmiştir. Başka bir kavramsal çerçeve kullanılarak 3B yazıcı ile öğrenme sürecinin araştırılması önerilmektedir.
- ✓ Çalışma beşinci ve sekizinci sınıf öğrencileri ile (pandemi sebebi ile) uzaktan olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Başka bir çalışmada uygulamada tamamen yüz yüze gerçekleştirilip uzaktan eğitimin etkilediği faktörlerin olup olmadığı bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılabilir.
- ✓ Öğrencilerin kendi tasarlayıp yazdırmasına dayalı öğrenme ile hazır model kullanarak yapılan öğrenmeler üzerine daha detaylı bir araştırma gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
- ✓ Öğrencilerin formal tanıma ait kritik özellikleri için imajlar oluşturmalarını sağlamanın yollarının araştırılması önerilmektedir.
- ✓ Bu çalışmada çalışma grubu amaçlı örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Buna benzer bir çalışmanın matematikte başarısız olan öğrenciler ya da teknoloji kullanmakta zorlanan öğrenciler ile gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
- ✓ Bu çalışmada öğrencilerin kavram tanımları formal tanım ve öznel tanım olarak analiz edilmiştir. Başka bir çalışmada öğrencilerin tanımlarının daha detaylı sınıflandırılıp analiz edilmesi önerilmektedir.
- ✓ Ortaokul öğrencilerinin geometrik cisimler kavramlarına ait imajlarını belirlemek amacıyla geniş kapsamlı bir imaj testinin geliştirilmesi önerilmektedir.
- ✓ Öğrencilerin imajlarını uyandıracak farklı bilişsel görevler verilerek başka çalışmaların gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
- ✓ Beşinci sınıf öğrencilerinin diğer sınıflara göre 3B yazıcıya yönelik algılarından daha fazla bahsetmesi ve diğer sınıflara göre teknik konulardan daha az bahsetmesinin sebeplerini araştıran çalışmaların yapılması önerilmektedir.
- ✓ Ortaokul öğrencileri 3B yazıcı destekli matematik öğrenme süreci hakkında düşüncelerinde en çok kazanımlara katkısı olduğundan bahsetmiştir öğrencilerin somut deneyimlerinin ve duyuşsal alanlarının farklı veri toplama araçları kullanılarak daha detaylı araştırılması önerilmektedir.

Eğitimcilere öneriler

- ✓ Prototip örnekler, prototip olmayan örnekler, uygun olmayan örnekler, açınımlar, dikdörtgenler prizmasının hacmi ve aynı hacme sahip farklı geometrik cisimlerin öğretiminde eğitimciler tarafından 3B yazıcının kullanılması önerilmektedir.
- ✓ Alan yazında görülen bazı uygun olmayan imajların 3B yazıcı ile geometrik cisimler kazanımlarının öğretiminde görülmediğinden 3B yazıcı destekli bir öğretimin kullanımı önerilmektedir.
- ✓ Ayrıt, köşe ve yüzey sayılarının öğretiminde 3B yazıcı ile öğretimin faydalı olduğu görüldüğü için kullanımı önerilmektedir.
- ✓ Kavramların tanımının öğrencilerin anlayabileceği şekilde kavramın kritik özelliklerinin verilerek yapılması önerilmektedir.
- ✓ Öğrencilerin kavram imajlarını zenginleştirecek öğretim çalışmalarının desteklenmesi önerilmektedir.
- ✓ 3B yazıcı ile gerçekleştirilecek bir öğretimde 3B yazıcıların hangi kritik özelliklerde fayda sağladığının bilinmesi önerilmektedir.
- ✓ Dik dairesel silindir ve dik dairesel koninin açınımları yazdırmak için farklı bir filament türü ile yazdırma işleminin gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
- ✓ Son olarak 3B yazıcıların öğretim amaçlı kullanımına yönelik eğitimciler için bir yardımcı kaynak kitap oluşturulması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Akgül, A. (2014). *Ortaokul 6, 7 ve 8. sınıflarda geometrik cisimlerin alan ve hacimlerinin öğretiminde Cabri 3D yazılımının öğrenci başarısı ve tutumuna etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Akkaş, E. N. ve Alaylı, F. G. (2015). Matematik öğretmen adaylarının geometrik cisimlere yönelik tanım ve çizimlerinin incelenmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 506-528.
- Alan, K. (2021). *6. sınıf öğrencilerinin geogebra yazılımı ile hacim konusunu öğrenmelerinin GME yaklaşımı çerçevesinde incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Altıkardeş, E. ve Koyunkaya, M. Y. (2020). Matematik temelli çeşitli teknoloji uygulamalarının lise öğrencilerinin katı cisim ve boyut konularındaki algılarına etkisinin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(1), 40-68. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/omuefd/issue/53755/586755>
- Altneave, F. (1957). Transfer of experience with a class schema to identification of patterns and shapes. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 81-88.
- Asempapa, R. S. ve Love, T. S. (2021). Teaching math modeling through 3d-printing: Examining the influence of an integrative professional development. *School Science and Mathematics*, 121(2), 85-95. Retrived from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ssm.12448>
- Avgören, S. (2011). *Farklı sınıf seviyelerindeki öğrencilerin katı cisimler (prizma, piramit, koni, silindir, küre) ile ilgili sahip oldukları kavram imajı*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Avinal, M. (2019). *Üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle tasarlanan etkinliklerin vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretimine etkisinin incelenmesi*. Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Ayaz, Ü. B. (2017). *Ortaokul öğrencilerinin dörtgenlere ilişkin kavram imajları*. Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aytaçlı, B. (2012). Durum çalışmasına ayrıntılı bir bakış. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(1), 1-9.
- Batista, M. T. ve 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*. LEA Publishers

- Bedir, G., Ersözlü, Z. N. ve Duygu, N. (2013). Matematik dersinde geometrik cisimlerin öğretiminde fotoğraf makinası kullanımının öğrenci başarısına etkisi. *Middle Eastern & African Journal of Educational Research*, 5(32), 32-40.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business horizons*, 55(2), 155-162. Retrived from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681311001790>
- Bicer, A., Nite, S. B., Capraro, R. M., Barroso, L. R., Capraro, M. M. ve Lee, Y. (2017). Moving from stem to steam: the effects of informal stem learning on students' creativity and problem solving skills with 3D printing. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp.1-6).IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8190545>
- Bingolbali, E. ve Monaghan, J. (2008). Concept image revisited. *Educational studies in Mathematics*, 68(1), 19-35.
- Bogdan, R. ve Biklen, S. K. (2007). Qualitative research for education: An introduction to theories and method. Boston, USA: Allyn & Bacon.
- Bozkurt, A. ve Koc, Y. (2012). Investigating first year elementary mathematics teacher education students' knowledge of prism. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 12(4), 2949-2952.
- Bradshaw, S., Bowyer, A. ve Haufe, P. (2010). The intellectual property implications of low-cost 3Dprinting. *ScriptEd*, 7,5.
- Brown, A. (2015). 3d Printing in instructional settings: Identifying a curricular hierarchy of activities. *TechTrends*, 59(5), 16-24. Retrived from <https://doi.org/10.1007/s11528-015-0887-1>
- Buehler, E., Comrie, N., Hofmann, M., McDonald, S.ve Hurst, A. (2016). Investigating the implications of 3d printing in special education. *ACM Transactions on Accessible Computing(TACCESS)*, 8(3),1-28. Retrived from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2870640>
- Buehler, E., Easley, W., McDonald, S., Comrie, N. ve Hurst, A. (2015). Inclusion and education: 3d printing for integrated classrooms. In *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility* (pp. 281-290). Retrived from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2700648.2809844>
- Bulut, A., ve Aktepe, V. (2015). Yaratıcı drama destekli matematik öğretimin öğrencilerin akademik başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1081-1090.

- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak E., Akgün Ö.E., Karadeniz Ş. ve Demirel F. (2013). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (15.baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Cano, L. M. (2015). *3d printing: a powerful new curriculum tool for your school library*. ABC-CLIO.
- Casas, L. ve Estop, E. (2015). Virtual and printed 3d models for teaching crystal symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1338-1343. Retrived from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5b00147>
- Chamberlain, S. ve Meyers, M. (2016). Incorporation of 3d printing in stem curricula. *Worcester Polytechnic Institute*.
- Chery, D., Mburu, S., Ward, J. ve Fontecchio, A. (2015). Integration of the arts and technology in GK-12 science courses. In *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7344165>
- Chien, Y. H. (2017). Developing a pre-engineering curriculum for 3d printing skills for high school technology education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 2941-2958. Retrived from <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00729a>
- Clements, D. H., Sarama, J. H. ve Battista, M. (1998). Development of concepts of geometric figures in especially designed logo computer environment. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 20, 47-64.
- Cochran, J. A., Cochran, Z., Laney, K. ve Dean, M. (2016). Expanding geometry understanding with 3d printing. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 21(9), 534-542. Retrived from <https://pubs.nctm.org/view/journals/mtms/21/9/article-p534.xml>
- Corum, K. ve Garofalo, J. (2015). Using digital fabrication to support student learning. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 2(2), 50-55. Retrived from <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/3dp.2015.0008>
- Creswell, J. (2013). Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. *Research Design*, 1-26. <https://doi.org/10.2307/3152153>
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. *Educational Research* (4th ed., Vol. 4). Boston, MA: Pearson. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Cunningham, R. F. ve Roberts, A. (2010). Reducing the mismatch of geometry concept definitions and concept images held by pre-service teachers. *IUMPST: The Journal*, 1 (Content Knowledge). Retrieved April 12, 2012 from www.k12prep.math.ttu.edu.
- Çakmak, Z., Konyalıoğlu, A. C. ve Işık, A. (2014). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının üç boyutlu cisimlere ilişkin konu alan bilgilerinin incelenmesi. *Middle Eastern & African Journal of Educational Research*, 8(1), 28-44.
- Çalışkan, M. G. (2015). Üç boyutlu yazıcılar ve gelecekte yaratacağı olası fikri haklar çatışmaları. *Ankara Barosu Fikri Mülkiyet ve Rekabet Hukuku Dergisi (FMR)*, 17(2), 61-90. Erişim adresi: <http://www.ankarabarusu.org.tr/siteler/ankarabarusu/frmmakale/2015-2/03.pdf>
- Çallı, L. ve Taşkın, K. (2015). 3D yazıcı endüstrisinin oluşturacağı yeni pazarlar ve pazarlama uygulamaları. *ICEB 2015*.
- Çekirge, E. (2019). *3B yazıcı kullanımının akademik başarı, tutum, motivasyon ve eleştirel düşünme eğilimlerine etkisi*. Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dağlı, H. (2010). *İlköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin çevre, alan ve hacim konularına ilişkin kavram yanlışları*. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- De Villiers, M. (1998). To teach definitions in geometry or teach to define. In A. Olivier & K. Newstead (Eds.), *Proceedings of the twenty-second international conference for the psychology of mathematics education: Vol. 2* (pp. 248-255). Stellenbosch: University of Stellenbosch.
- Dede, Y. ve Argün, Z. (2004). Matematiksel düşüncenin başlangıç noktası: Matematiksel kavramlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 39(39), 338-355.
- Demir, E. B. K., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H. ve Kuzu, A. (2016). Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 2(17), 481-503. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/eggefd/issue/26689/280754>
- Dilling, F. ve Witzke, I. (2020). The use of 3D-printing technology in calculus education: Concept formation processes of the concept of derivative with printed graphs of functions. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 6(3), 320-339. Retrived from <https://link.springer.com/article/10.1007/s40751-020-00062-8>

- Dumond, D., Glassner, S., Holmes, A., Petty, D. C., Awiszus, T., Bicks, W. ve Monagle, R. (2014). Pay it forward: Getting 3d printers into schools. In *2014 IEEE Integrated STEM Education Conference* (pp. 1-5). IEEE. doi:10.1109/ISECon.2014.6891015
- Dündar, M. (2019). *Gerçekçi matematik eğitimi temelli öğrenme ortamında altıncı sınıf öğrencilerinin prizmanın hacmi kavramını oluşturma süreçleri*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Edwards, B. S. ve Ward, M. B. (2004). Surprises from mathematics education research: Student (mis) use of mathematical definitions. *The American Mathematical Monthly*, 111(5), 411-424.
- Eisenberg, M. (2013). 3d printing for children: What to build next?. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 7-13. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2012.08.004>
- Erdoğan, A., Çevirgen, A. E., ve Atasay, M. (2017). Oyunlar ve matematik öğretimi: Stratejik zekâ oyunlarının sınıflandırılması. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(ERTE Özel Sayısı), 287-311.
- Erdoğan, S. Ç. ve Baran, G. (2005). Erken çocukluk döneminde matematik. *Eğitim ve Bilim*, 28(130).
- Ergin, A. S. (2014). *8. Sınıf öğrencilerinin geometrik cisimler üzerindeki imgeleri ve sınıflama stratejileri*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ergin, A. S. ve Türnüklü, E. (2015). Ortaokul öğrencilerinin cisim imgelerinin incelenmesi: geometrik ve uzamsal düşünme ile ilişkiler. *Eğitim ve öğretim araştırmaları dergisi*, 4(2), 188-199.
- Ersoy, Y. (2005). Matematik eğitimini yenileme yönünde ileri hareketler-1: teknoloji destekli matematik öğretimi. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(2).
- Erşen, Z. ve Karakuş, F. (2013). Sınıf öğretmeni adaylarının dörtgenlere yönelik kavram imajlarının değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 4(2).
- Ertekin, E., Yazıcı, E. ve Delice, A. (2014). Investigation of primary mathematics student teachers' concept images: cylinder and cone. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(4), 566-588.
- Feldman, K. V. ve Klausmeier, H.J. (1975). The effect of a definition and a varying number of examples on concept attainment. *Journal of Educational Psychology*, 67, 174-178.

- Fischbein, E. (1996). The psychological nature of concepts. In H. Mansfield, N. A. Pateman & N. Bernardz (Eds.), *Mathematics for young children: International perspective on curriculum* (pp. 102-136). Dordrecht, The Netherlands: Dordrecht: Kluwer academic publishers.
- Flynn, E. P. ve Bach, C. (2019). Integrating advanced cad modeling simulation, 3d printing, and manufacturing into higher education stem courses. In *2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON)* (pp. 1-5). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8813627>
- Ford, S. ve Minshall, T. (2019). Where and how 3d printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25 131-150. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E. ve Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht: Reidel
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education: China lectures*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Fujita, T. ve Jones, K. (2007). Learners' understanding of the definitions and hierarchical classification of quadrilaterals: Toward a theoretical framing. *Research in Mathematics Education*, 9(1), 3-20.
- Gal, H. (2005). *Conceptualization of problematic teaching situations from a different angle* (pp. 14-147). Tel Aviv: Mofet Institute. [Hebrew]
- Gençoğlu, T. (2013). *Geometrik cisimlerin yüzey alanları ve hacmi konularının öğretiminde bilgisayar destekli öğretim ile akıllı tahta destekli öğretimin öğrenci akademik başarısına ve matematiğe ilişkin tutumuna etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gezer, A. (2006). *Soyut kavramların öğretiminde hayvan masallarının yeri*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gökbulut, Y. (2010). *Sınıf öğretmeni adaylarının geometrik cisimler konusundaki pedagojik alan bilgileri*. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gökbulut, Y. ve Ubuz, B. (2013). Sınıf öğretmeni adaylarının prizma bilgileri: Tanım ve örnekler oluşturma. *İlköğretim Online*, 12(2), 401-412.
- Gökkurt, B. (2014). *Ortaokul matematik öğretmenlerinin geometrik cisimler konusuna ilişkin pedagojik alan bilgilerinin incelenmesi*. Doktora tezi, . Erzurum: Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

- Gökkurt, B. ve Soylu, Y. (2016). Examination of middle school mathematics teachers' mathematical content knowledge: The sample of prism. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(2), 451-481.
- Gurkaynak, G. ve Gulcu, A. (2012). The effect of mathematica on primary students' perceptions of properties of three-dimensional geometric objects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 47, 507-514. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.689>
- Güder, Y. ve Gürbüz, R. (2017). Disiplinler arası modelleme problemi yoluyla kavram öğretimi: enerji tasarrufu problemi. *İlköğretim Online*, 16(3), 1101-1120.
- Güler, B. ve Çetinkaya, K. (2018). Endüstriyel boyutlu çift başlı kartezyen tipi üç boyutlu yazıcı tasarımı ve prototip üretimi. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 11-22. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/issue/36075/385037>
- Güleryüz, H. (2020). *3D yazıcı ve robotik kodlama uygulamalarının öğretmen adaylarının 21. yüzyıl öğrenen becerileri, stem farkındalık ve stem öğretmen özyeterliliğine etkisi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Güleryüz, H. ve Dilber, R. (2021). Stem activities made with 3d printer; the effect on awareness of teacher candidates regarding its use in science lessons. *International Journal of Research*, (10), 366-378.
- Güleryüz, H., Dilber, R.. ve Erdoğan, İ. (2019). Stem uygulamalarında öğretmen adaylarının 3d yazıcı kullanımı hakkındaki görüşleri. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 1-8. Erişim adresi: <https://doi.org/10.31463/aicusbed.592061>
- Gülkılık, H. (2008). *Öğretmen adaylarının bazı geometrik kavramlarla ilgili sahip oldukları kavram imajlarının ve imaj gelişimlerinin incelenmesi üzerine fenomenografik bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü
- Gümüş, B. (2020). *Ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin geometrik cisimlerin tanımlanması ve açınımlarına ilişkin bilgi düzeylerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gürbüz, R. ve Gülburnu, M. (2013). 8. sınıf geometri öğretiminde kullanılan cabri 3D'nin kavramsal öğrenmeye etkisi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 4(3). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkbilmat/issue/21571/231484>

- Gürefe, N. ve Gültekin, S. H. (2016). Yükseklik kavramına dair öğrenci bilgilerinin incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(2), 429-450.
- Güzel, M. (2014). *İlköğretim matematik öğretmenliği birinci sınıf öğrencilerinin prizma ve silindir kavramlarına dair kavram imajlarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Hannibal, M. A. Z. (1999). Young children's developing understanding of geometric shapes. *Teaching Children Mathematics*, 5(6), 353–358.
- Hershkowitz, R. (1987). The acquisition of concepts and misconceptions in basic geometry – or when a little learning is dangerous thing. In J. D. Novak (Ed.), *Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*, Proceeding of the second international seminar, Ithaca, New York, July 26–29, Vol III, 238–251.
- Hershkowitz, R. (1989). Visualization in Geometry--Two Sides of the Coin. *Focus on learning problems in mathematics*, 11, 61-76.
- Hershkowitz, R. (1990). Psychological aspects of learning geometry. In P. Nesher & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics and cognition* (pp. 70-95). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hershkowitz, R. ve Vinner, S. (1980). Concept images and common cognitive paths in the development of some simple geometrical concepts. In *Proceedings of the 4th PME conference* (pp. 177-184). The Weizmann Institute of Science.
- Honner, P. (2017). 3d printing in the secondary mathematics classroom. In *Proceedings of Bridges 2017: Mathematics, Art, Music, Architecture, Education, Culture* (pp. 351-354).
- Horowitz, S. S. ve Schultz, P. H. (2014). Printing space: Using 3d printing of digital terrain models in geosciences education and research. *Journal of Geoscience Education*, 62(1), 138-145. Retrived from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.5408/13031.1?scroll=top&needAccess=true>
- Horzum, T. ve Ertekin, E. (2018). Prospective mathematics teachers' understanding of the base concept. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(2), 176–199.
- Huleihil, M. (2017). 3d printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 164, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.

- Işıksal, M., Koç, Y. ve Osmanoglu, A. (2010). A study on investigating 8th grade students' reasoning skills on measurement: The case of cylinder. *Education & Science*, 156, 61–70.
- Jafri, R. ve Ali, S. A. (2015). Utilizing 3d printing to assist the blind. In *2015 International Conference on Health Informatics and Medical Systems (HIMS'15)(Las Vegas, Nevada, 2015)* (pp. 55-61).
- Jones, K. ve Mooney, C. (2003). Making space for geometry in primary mathematics. In I.Thompson (Ed.), *Enhancing Primary Mathematics Teaching and Learning* (pp3-15). London: Open University Press.
- Kane, S. K. ve Bigham, J. P. (2014). Tracking@ stemxcomet: teaching programming to blind students via 3d printing, crisis management, and twitter. In *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 247-252). Retrived from <https://doi.org/10.1145/2538862.2538975>
- Karaca, A. Ö. (2014). 8. sınıf öğrencilerin uzunluk, alan ve hacim ölçme kavramlarını anlamaya ilişkin yeterliliklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karaduman, G. B. ve Ceviz, A. E. (2018). Matematik öğretiminde kavram karikatürlerinin öğrenci başarısına etkisi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(67), 1268-1277.
- Karaduman, H. (2017). Sosyal bilgiler eğitiminde 3 boyutlu yazıcıların kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 7(3), 590-625. Erişim adresi: <http://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/handle/11421/24257>
- Karaduman, H. (2018). Soyuttan somuta, sanaldan gerçeğe: öğretmen adaylarının bakış açısıyla üç boyutlu yazıcılar. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 273-303. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/372300>
- Karagöz, B. ve Çakır, Ç. Ş. (2020). Fen bilgisi öğretmen adaylarının 3 boyutlu yazıcılar hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 303-317. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/kebd/issue/67544/1051092>
- Karakuş, F. (2018). Sınıf öğretmeni adaylarının silindir ve koniye yönelik kavram imajlarının incelenmesi. *Ilkogretim Online*, 17(2).
- Kaya, E., Newley, A., Yesilyurt, E. ve Deniz, H. (2019). Improving preservice elementary teachers' engineering teaching efficacy beliefs with 3D design and printing. *Journal of College Science Teaching*, 48(5), 76-83. Retrived from <https://www.jstor.org/stable/26901320?seq=1>

- Kayabaşı, A. ve Kayabaşı, N.(2022). Bilim ve sanat merkezleri destek grubu öğrencilerinin üç boyutlu kavram görüntüleri: Cisim imgeleri. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*,10(129), 241-253. Doi: <http://dx.doi.org/10.29228/ASOS.61175>.
- Kietzmann, J., Pitt, L. ve Berthon, P. (2015). Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing. *Business Horizons*, 58(2), 209-215. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.11.005>
- Knill, O. ve Slavkovsky, E. (2013). Illustrating mathematics using 3d printers. *arXiv preprint arXiv:1306.5599*. Retrived from <https://arxiv.org/abs/1306.5599>
- Koç, Y. ve Bozkurt, A. (2011). Evaluating pre-service mathematics teachers' comprehension level of geometric concepts. In B. Ubuz, (Ed.), *The Proceedings of the 35th annual meeting of the international group for the psychology of mathematics education Vol. 1*. (p. 335). Ankara, Turkey.
- Koçak, M. ve Soylu, Y.(2020). Matematik öğretmeni adaylarının kenar ve ayrıt kavramları ile ilgili anlamalarının incelenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Eğitim Dergisi*, 5(2), 101-122.
- Koçak, M., Gökurt-Özdemir, B. ve Soylu, Y. (2017). An investigation the pedagogical content knowledge of preservice elementary mathematics teachers' about the concept of cylinder. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 46(2), 711-765.
- Kostakis, V., Niaros, V. ve Giotitsas, C. (2015). Open source 3d printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and informatics*, 32(1), 118-128. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.tele.2014.05.001>
- Köğçe, D., Yıldız, C. ve Aydın, M. (2019). Matematik öğretmen adaylarının matematiksel kavram yanlışlarını belirlemeye, gidermeye ve kavram öğretimine ilişkin görüşlerinin incelenmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 8(2), 453-478.
- Kökhan, S. ve Özcan, U. (2018). 3D yazıcıların eğitimde kullanımı. *Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 80-85.
- Kurumu, T. D. (2022). Yazım kuralları.
- Kutluca, T. ve Akın, M. (2013). Somut materyallerle matematik öğretimi: dört kefleli cebir terazisi kullanımı üzerine nitel bir çalışma. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 4(1).
- Kwon, H. (2017). Effects of 3d printing and design software on students' interests, motivation, mathematical and technical skills. *Journal of STEM Education*, 18(4). Retrived from <https://www.learntechlib.org/p/181996/>

- Laborde, C., Kynigos, C., Hollebrands, K. ve Strässer, R. (2006). Teaching and learning geometry with technology. *Handbook of research on the psychology of mathematics education*, 275-304.
- Lehrer, R., Jenkins, M. ve Osana, H. (1998). Longitudinal study of children's reasoning about space and geometry. In R. Lehrer ve D. Chazan (Eds.), *Designing Learning Environments for Developing Understanding of Geometry and Space* (pp. 137-167). Hillsdale, NJ: LEA Publishers.
- Leinonen, T., Virnes, M., Hietala, I. ve Brinck, J. (2020). 3d printing in the wild: adopting digital fabrication in elementary school education. *International Journal of Art & Design Education*, 39(3), 600-615. Retrived from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jade.12310>
- Levin, L. ve Verner, I. M. (2020). Fostering students' analytical thinking and applied mathematical skills through 3D design and printing. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 145-149). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125358>
- Linchevsky, L., Vinner, S. ve Karsenty, R. (1992). To be or not to be minimal? Student teachers views about definitions in geometry. In W. Geeslin & K. Graham (Eds.), *Proceedings of the sixteenth international conference for the psychology of mathematics education*, Vol. 2 (pp. 48-55). Durham USA.
- Lo, J. J. ve Cox, D. C. (2018). Developing and using definitions for prisms and pyramids. *North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*.
- Makino, M., Suzuki, K., Takamatsu, K., Shiratori, A., Saito, A., Sakai, K. ve Furukawa, H. (2018). 3d printing of police whistles for STEM education. *Microsystem Technologies*, 24(1), 745-748. Retrived from <https://doi.org/10.1007/s00542-017-3393-x>
- Maloy, R., Kommers, S., Malinowski, A. ve LaRoche, I. (2017). 3d modeling and printing in history/social studies classrooms: Initial lessons and insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 17(2), 229-249. Retrived from <https://www.learntechlib.org/p/173505/>
- Man, S. (2019). *Ortaokul matematik öğretmenlerinin geometrik cisimlere ilişkin kavram tanımlarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Marchis, I. (2012). Preservice primary school teachers' elementary geometry knowledge. *Acta Didactica Napocensia*, 5(2), 33-40.
- MEB (2018). Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=329> adresinden 18.09.2022 tarihinde erişilmiştir.
- Mercuri, R. ve Meredith, K. (2014). An educational venture into 3D Printing. In *2014 IEEE Integrated STEM Education Conference* (pp. 1-6). IEEE.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Micallef, J. (2015). *Beginning design for 3D printing*. Apress.
- Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook*. (2nd ed). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Monaghan, F. (2000). What difference does it make? Children's views of the differences between some quadrilaterals. *Educational Studies in Mathematics*, 42(2), 179-196.
- Nemorin, S. ve Selwyn, N. (2017). Making the best of it? Exploring the realities of 3d printing in school. *Research Papers in Education*, 32(5), 578-595. Retrived from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02671522.2016.1225802>
- Novak, E. ve Wisdom, S. (2018). Effects of 3d printing project-based learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 412-432. Retrived from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-018-9733-5>
- Okur, A. (2007). *Serbest okuma etkinliğinin sözcük hazinesi ve kavram gelişimine etkisi: (MEB tarafından ilköğretim 11. kademe öğrencilerine önerilen 100 temel eser örneğinde)*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Okuyucu, Ü. (2020). *Ortaokul düzeyinde hacim kavramına giriş: somut materyal destekli bir öğretim örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Olkun, S. (2001). Öğrencilerin hacim formülünü anlamlandırmalarına yardım edelim. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 181-190.
- Olkun, S. (2003). Öğrencilere hacim formülü ne zaman anlamlı gelir?. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 160-165.

- Olla, P. (2015). Opening pandora's 3d printed box. *IEEE Technology and Society Magazine*, 34(3), 74-80. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/7270437>
- Özen, D. (2009). *İlköğretim 7. sınıf geometri öğretiminde dinamik geometri yazılımlarının öğrencilerin erişti düzeylerine etkisi ve öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özgül, D. A. ve Kaplan, A. (2016). 7. sınıf öğrencilerinin silindirin yüzey alanı konusundaki soyutlama süreçlerinin ve paylaşılan bilgilerinin incelenmesi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(2).
- Özsoy, K. (2019). Üç boyutlu (3B) yazıcı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği: Senirkent MYO örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 111-123. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/dubited/issue/44006/436015?publisher=duzce>;
- Özsoy, K. ve Duman, B. (2017). Eklemeli imalat (3 boyutlu baskı) teknolojilerinin eğitimde kullanılabilirliği. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 36-48. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/issue/33982/376178>
- Papp, I., Tornai, R. ve Zichar, M. (2016). What 3d technologies can bring to education: the impacts of acquiring a 3D printer. In *2016 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)* (pp. 000257-000262). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7804558>
- Patkin, D. (2015). Various ways of inculcating new solid geometry concepts. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 3(2), 140-154.
- Polat, S. (2013). Origami ile matematik öğretimi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(21), 15-27.
- Posner, M. I. ve Keele, S. W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353–363.
- Presmeg, N. (2006). Research on visualization in learning and teaching mathematics. In A.Gutierrez & P.Boero (Eds.), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future* (pp. 205-236). Sense Publishers.
- Rainone, M., Fonda, C. ve Canessa, E. (2014). Imaginary math exhibition using low-cost 3d printers. *arXiv preprint arXiv:1409.5595*. Retrived from <https://arxiv.org/abs/1409.5595>

- Ramey, K. E. ve Stevens, R. (2019). Interest development and learning in choice-based, in-school, making activities: The case of a 3d printer. *Learning, Culture and Social Interaction*, 23, 100262. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2018.11.009>
- Rasslan, S. ve Tall, D. (2002). Definitions and images for the definite integral concept. In *pme conference* (Vol. 4, pp. 4-089).
- Rasslan, S. ve Vinner, S. (1997). Images and definitions for the concept of even/odd function. In *PME CONFERENCE* (Vol. 4, pp. 4-41). The Program Committee Of The 18th Pme Conference.
- Rösken, B. ve Rolka, K. (2007). Integrating intuition: The role of concept image and concept definition for students' learning of integral calculus. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 3, 181-204.
- Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B. ve Pearce, J. M. (2015). Open-source 3-d printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom. *Journal of Visual Languages & Computing*, 28, 226-237. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.01.004>
- Schubert, C., Van Langeveld, M. C. ve Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3d printing: a 3d overview from optics to organs. *British Journal of Ophthalmology*, 98(2), 159-161. Retrived from <https://bjo.bmj.com/content/98/2/159>
- Semadeni, Z. (2008). Deep intuition as a level in the development of the concept image. *Educational studies in Mathematics*, 68(1), 1-17.
- Seren, S. (2019). *Üstün yetenekli öğrencilerle stem etkinliklerinin tasarlanması ve stem etkinliklerinde 3 boyutlu teknolojilerin kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Shavelson, R. J. ve Towne, L. (2002). (eds.), *Scientific Research in Education*, National Academy Press, Washington, DC.
- Sinclair, N., Cirillo, M. ve de Villiers, M. (2017). The learning and teaching of geometry. In J. Cai (Ed.), *Compendium in research in mathematics education* (pp. 457–489). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics teaching*, 77(1), 20-26.
- Snyder, T. J., Andrews, M., Weislogel, M., Moeck, P., Stone-Sundberg, J., Birkes, D., ... ve Graft, J. (2014). 3D systems' technology overview and new applications in manufacturing, engineering, science, and education. *3D printing and additive*

- manufacturing*, 1(3), 169-176. Retrived from <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/3dp.2014.1502>
- Spyros, P., Georgios, S., Konstantinos, K. T. ve Konstantinos, G. (2021). The effect of 3d printing technology on primary school students' content knowledge, anxiety and interest toward science. *International Ournal Of*, 38.
- Stansell, A. ve Tyler-Wood, T. (2016). Digital fabrication for stem projects: a middle school example. In *2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 483-485). IEEE. doi: [10.1109/ICALT.2016.44](https://doi.org/10.1109/ICALT.2016.44)
- Sun, Y. ve Li, Q. (2017). The application of 3d printing in mathematics education. In *2017 12th international conference on computer science and education (iccse)* (pp. 47-50). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8085461>
- Sun, Y. ve Li, Q. (2018). Visualization of mathematical education by 3d printer. In *2018 1st IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)* (pp. 266-269). IEEE. Retrived from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8569157>
- Sung, Y. T., Shih, P. C. ve Chang, K. E. (2015). The effects of 3d-representation instruction on composite-solid surface-area learning for elementary school students. *Instructional Science*, 43(1), 115-145. doi: 10.1007/s11251-014-9331. Retrived from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11251-014-9331-8>
- Szulzyk-Cieplak, J., Duda, A. ve Sidor, B. (2014). 3d printers–new possibilities in education. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8(24), 96-101. Retrived from <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-aca04bc4-addc-4604-ba08-a021d1ac4dd1/content/partContents/f31df618-7a84-3136-9b8d-0d07436b45ef>
- Şahin, E. K., Gülkılık, H. ve Uğurlu, H. H. (2020). The role of concept images in solving geometric word problems. *Ilkogretim Online*, 19(3).
- Şahin, K. ve Turan, B. O. (2018). Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin karşılaştırmalı analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 97-116. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/520890>
- Şimşek, Z. Z. (2019). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının dörtgenler ve geometrik cisimleri hiyerarşik sınıflandırma düzeylerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 10(3), 680-710.
- Tall, D. (1989). Concept images, generic organizers, computers, and curriculum change. *For the learning of mathematics*, 9(3), 37-42. Fischbein, E. (1977). Image and concept in learning mathematics. *Educational studies in mathematics*, 153-165.

- Tall, D. ve Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational studies in mathematics*, 12(2), 151-169.
- Taş, S. (2016). *Geometrik cisimler konusunun öğretiminde geogebra kullanımının akademik başarıya etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Tekin-Sitrava, R. ve Isiksal-Bostan, M. (2016). The nature of middle school mathematics teachers' pedagogical content knowledge: The case of volume of prisms. *International Journal of Educational Sciences*, 12(1), doi:10.1080/09751122.2016.11890409
- Topuz, F. ve Günhan, B. C. (2021). Sekizinci sınıf öğrencilerinin ortaklaşa argümantasyon süreçlerinin geogebra destekli etkinlik ile incelenmesi: geometrik cisimler örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (59), 368-389. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/maeuefd/issue/64363/858749>
- Tsamir, P., Tirosh, D., Levenson, E., Barkai, R. ve Tabach, M. (2015). Early-years teachers' concept images and concept definitions: triangles, circles, and cylinders. *ZDM*, 47(3), 497-509.
- Tu, J. C. ve Chiang, Y. H. (2016). The influence of design strategy of peer learning on 3-d software learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(5), 1263-1271. Retrived from <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1511a>
- Tutak, T., Aydoğdu, M. ve Akgül, A. (2015). Ortaokul 8. sınıflarda geometrik cisimlerin alan ve hacimlerinin öğretiminde cabri 3d yazılımı kullanımının öğrenci başarısına ve tutumuna etkisi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 2(1).
- Türnüklü, E. ve Ergin, A. S. (2016). 8. sınıf öğrencilerinin cisimleri görsel tanıma ve tanımlamaları: cisim imgeleri. *İlköğretim Online*, 15(1), 40-52.
- Türnüklü, E., Gündoğdu-Alaylı, F. ve Akkaş, E. N. (2013). Investigation of prospective primary mathematic teachers' perceptions and images for quadrilaterals. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13(2), 1225-1232.
- Tversky, A. ve Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases: Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty. *science*, 185(4157), 1124-1131.
- Ubuz, B. ve Gökbulut, Y. (2015). Primary prospective teachers' knowledge on pyramid: Generating definitions and examples. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(2), 335-351.

- Uğur, B., Urhan, S. ve Kocadere, S. A. (2016). Teaching geometric objects with dynamic geometry software. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 339-366.
- Ulusoy, F. (2015). A meta-classification for students' selections of quadrilaterals: The case of trapezoid. In K. Krainer, & N. Vondrová (Eds.), *Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME-9)* (pp. 598-607). Charles University in Prague: Faculty of Education and ERME.
- Ulusoy, F. (2019). Early-years prospective teachers' definitions, examples and non-examples of cylinder and prism. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 20(2), 149-169.
- Unlu, M. ve Horzum, T. (2018). Mathematics teacher candidates' definitions of prism and pyramid. *International Journal of Research in Education and Science*, 4(2), 670-685.
- Verner, I. ve Merksamer, A. (2015). Digital design and 3d printing in technology teacher education. *Procedia Cirp*, 36, 182-186. Retrived from <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.041>
- Viholainen, A. (2008). Incoherence of a concept image and erroneous conclusions in the case of differentiability. *The Mathematics Enthusiast*, 5(2), 231-248.
- Vinner, S. (1975). The naive platonic approach as a teaching strategy in arithmetics. *Educational Studies in Mathematics*, 6(3), 339-350.
- Vinner, S. (1983). Concept definition, concept image and the notion of function. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 14:3, 293-305
- Vinner, S. (1991). The role of definitions in the teaching and learning mathematics. In D. O. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (pp. 65-81). Dordrecht: Kluwer.
- Vinner, S. (2002). The role of definitions in the teaching and learning of mathematics. In *Advanced mathematical thinking* (pp. 65-81). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-47203-1_5
- Vinner, S. (2011). The role of examples in the learning of mathematics and in everyday thought processes. *ZDM*, 43(2), 247-256.
- Vinner, S. ve Dreyfus, T. (1989). Images and definitions for the concept of function. *Journal for research in mathematics education*, 20(4), 356-366.
- Vinner, S. ve Hershkowitz, R. (1983). On concept formation in geometry. *Zentralblatt fur didactic der mathematic*, 15, 20-25.
- Wilson, P. S. (1990). Inconsistent ideas related to definitions and examples. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 12, 31-47.

- Yasin, A. Y. ve Başbay, A. (2017). Çokgenlerle ilgili kavram yanlışları ve olası nedenler. *Ege Eğitim Dergisi*, 18(1), 83-104.
- Yenilmez, K. ve Yaşa, E. (2008). İlköğretim öğrencilerinin geometrideki kavram yanlışları. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(2), 461-483.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9th ed.). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, G., Yıldırım, S. ve Çelik, E. (2018). Yeni bir bakış-3 boyutlu yazıcılar ve öğretimsel kullanımı: Bir içerik analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163-184.
- Yıldırım, K. ve Keşan, C. (2022). Matematik öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı kullanımına ilişkin öğrenci görüşlerinin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (53), 558-586.
- Yıldızlı, H. ve Sarı, M. H. (2017). Sınıf öğretmenlerinin geometrik cisimlere ilişkin alan bilgilerinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(2), 601-636.
- Yılmaz, E. (2015). *İlköğretim matematik öğretmen adaylarının katı cisimler ile ilgili kavram tanımı ve kavram imajlarının fenomenografik yaklaşımla incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, M. ve Algıl, M. (2018). Matematik öğretim materyallerinin 3d yazıcılarla üretimi ve eğitime sağladığı katkılar. *Journal Of Awareness*, 3(4), 41-52. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/joa/article/531915>
- Yuran, A. F. (2022). *Üç boyutlu yazıcılar için yeni bir ekstruder tasarımı ve optimizasyonu*. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zembat, İ. Ö. (2007). Understanding the volume formula for rectangular right prisms: A different perspective, *Eurasian Journal of Educational Research*, 27, 205-217.
- Zengin, A. ve Akçakın, V. (2021). GeoGebra destekli matematik öğretiminin altıncı sınıf öğrencilerinin başarılarına etkisi: alan ve hacim ölçme. *SDU International Journal of Educational Studies*, 8(1), 51-67.

EKLER

EK 1. Öğrencinin Akademik Özgeçmişi

ÖĞRENCİNİN AKADEMİK ÖZGEÇMİŞİ

Kişisel Bilgiler			
Adı ve Soyadı	KÜBRA YILDIRIM		
E-postası/Web Sayfası			
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce		
Uzmanlık Alanı	İlköğretim Matematik Eğitimi		
Öğrenim Bilgileri			
	Üniversite	Bölüm/ ABD	Yıl
Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi	İlköğretim Matematik Öğretmenliği/ İlköğretim Matematik Eğitimi ABD	2009-2013
Yüksek Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi	İlköğretim Matematik Öğretmenliği/ İlköğretim Matematik Eğitimi ABD	2013-2016
YL Tez Başlığı	Denklemler Konusunun Etkinliklerle Öğretiminin 7. Sınıf Öğrencilerinin Cebirsel Düşünme Becerilerine ve Matematik Kaygılarına Etkisi		
YL Tez Danışmanı	Prof. Dr. Cenk Keşan		
Akademik Eserler			
(Makale, kitap, kitap bölümü, bildiri, poster, sergi, konser vb. eserlerden kaynakça yazım kurallarına göre en fazla 10 eser yazılmalıdır.) Tezden üretilen yayınlar * ile işaretlenmelidir.			
Yıldırım, K. ve Keşan, C. (2017). Ortaokul Öğrencilerinin Üç Nokta ve Sonsuzluk Kavramına İlişkin Görüşleri. <i>Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi</i> , 9(16), 47-69.			
Yıldırım, K. ve Keşan, C. (2019). Denklemler Konusunun Etkinliklerle Öğretiminin 7. Sınıf Öğrencilerinin Cebirsel Düşünme Becerilerine Etkisi. I. UBEST Sempozyumunda Sunulan Bildiri.			
Yıldırım, K. ve Keşan, C. (2019). Denklemler Konusunun Etkinliklerle Öğretiminin 7. sınıf Öğrencilerinin Matematik Kaygılarına Etkisi ve Kaygının Cebirsel Düşünceleri ile İlişkisi. I. UBEST Sempozyumunda Sunulan Bildiri.			

*Yıldırım, K. ve Keşan, C. (2021). Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojisinin Matematik Öğretiminde Kullanılması: Geometrik Cisimler Kazanımları. II. UBEST Sempozyumunda Sunulan Bildiri. https://ubest2021.com/wp-content/uploads/2021/12/UBEST_Bildiri_Ozet.pdf

*Yıldırım, K. ve Keşan, C. (2022). Matematik öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı kullanımına ilişkin öğrenci görüşlerinin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (53), 558-586.

Alanıyla İlgili Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler

Alanıyla İlgili Aldığı Ödüller

EK 2. Uygulama İzinleri



**T.C.
KOCAELİ VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü**

Sayı : 99332089/605.01/18200521

17/12/2020

**Konu: Araştırma İzni
(Kübra YILDIRIM)**

VALİLİK MAKAMINA

İlgi: Dokuz Eylül Üniversitesinin 20/11/2020 tarih ve 5268 sayılı yazısı.

Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitim Anabilim Dalı Matematik Öğretmenliği Doktora öğrencisi Kübra YILDIRIM'ın "Üç Boyutlu Yazıcı Etkinlikleri ile Geometrik Cisimler Konusundaki Kavram İmajlarının İncelenmesi" konulu araştırma çalışmasını İlimiz ortaokullarında uygulama talebi, Üniversitenin ilgi yazıları ile bildirilmektedir.

Adı geçen söz konusu çalışmasına esas olmak üzere, ekte sunulan çalışmayı İlimiz ortaokullarında uygulama talebi komisyonumuzca uygun görülmüş olup, anket çalışmasının yüz yüze eğitim öğretime ara verilmesi göz önüne alınarak örgün eğitimi başlamasıyla birlikte İlçe Millî Eğitim Müdürlükleri ve okul müdürlüklerinin denetim ve gözetiminde gönüllülük esasına dayalı olarak çalışmayı yapmaları Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Fehmi Rasim ÇELİK
Millî Eğitim Müdürü

OLUR

<...>

Dursun BALABAN

Vali a.

Vali Yardımcısı

EK 3.Etik İzin

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
HUKUK MÜŞAVİRLİĞİ**

05 Subat 2021

Sayı : 87347630/42104268/ **604**
Konu : Etik Kurul İzni Hak.
Kübra YILDIRIM

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi :a)08.10.2020 tarih ve 67493393-302.08.01-E.92999 sayılı yazınız.
b)20.11.2020 tarih ve 87347630/42104268/5266 sayılı yazımız.
c)Kocaeli Valiliği İl Milli Eğitim Müdürlüğünün 22.12.2020 tarih ve E.99332089-605.01-18297650 sayılı yazısı.

İlgi (a)'da kayıtlı yazımıza istinaden Enstitünüz lisansüstü öğrencisi Kübra YILDIRIM “Üç Boyutlu Yazıcı Etkinlikleri ile Geometrik Cisimler Konusundaki Kavram İmajlarının İncelenmesi” konulu tez çalışması kapsamında yapacağı çalışmanın Üniversitemiz Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun 05.11.2020 tarihli toplantısında alınan karar uyarınca uygun bulunduğu ilgi (b)'de kayıtlı yazımız ile bildirilmiştir.

Adı geçen öğrencinin söz konusu tez çalışması kapsamında çalışma yapma talebine ilişkin Kocaeli Valiliği İl Milli Eğitim Müdürlüğünden alınan ilgi (c)'de kayıtlı yazı ve ekleri, işbu yazımız ekinde sunulmaktadır.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Nükhet HOTAR
Rektör

Eki :İlgi (c)'de kayıtlı yazı ve ekleri.

EK 4. Beşinci Sınıf Ders Planları

5. SINIF DERS PLANI

Bölüm 1

Dersin Adı	Matematik
Sınıf	5. Sınıf
Ünitenin No	6
Konu(lar)	M.5.2.5. Geometrik Cisimler
Önerilen Ders Saati	10 ders saati/ Her ders saati yaklaşık 40 dakikadır.
Öğrenme Alanları	Geometri ve Ölçme
Alt Öğrenme Alanları	Geometrik Cisimler
Amaç ve Hedef	Dikdörtgenler prizmasını tanır. Kare prizma ve küpün, dikdörtgenler prizmasının özel hali olduğunu kavrar. Temel elemanlarını öğrenir. Yüzey açılımını çizer. Farklı açınımları tanır. Yüzey alanını hesaplar.

Bölüm 2

Öğrenci Kazanımları/Hedef Davranışlar	M.5.2.5.1. Dikdörtgenler prizmasını tanır ve temel elemanlarını belirler. M.5.2.5.2. Dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını çizer ve verilen farklı açınımların dikdörtgenler prizmasına ait olup olmadığına karar verir. M.5.2.5.3. Dikdörtgenler prizmasının yüzey alanını hesaplamayı gerektiren problemleri çözer.
Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	Bireysel çalışma, Grup çalışması
Kullanılan Araç-Gereçler	Bilgisayar, Tinkercad, 3B Yazıcı, Ders Kitabı, Kâğıt, Cetvel, Makas
Kazandırılan Beceriler	Akıl yürütme, iletişim, problem çözme, tahmin becerileri, bilgiye ulaşabilme, ilişkilendirme, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanabilme

AYRINTILI DERS PLANI VE OLASI SENARYOLAR

1. Ders

KAZANIM(LAR)

- Dikdörtgenler prizmasını tanır ve temel elemanlarını belirler.

Öğrencilere ilk olarak dikdörtgenler prizması denilince akıllarına ne geldiği sorulacaktır. Aynı şekilde küp ve kare prizma için ne düşündüklerini ne bildiklerini ifade etmeleri istenecektir. Öğrenciler daha önceki eğitim yıllarından aşına oldukları için hatırladıklarını sınıfça paylaşacaklardır. Öğrencilerin genel olarak günlük hayattan örneklerle açıklayacaklarını beklemekteyiz. Ya da belki çizim yapabilirler. Öğrencilerin paralellikten ya da temel elemanlarından pek bahsedeceğini düşünmemekteyiz.

Öğretmen: Evet çocuklar, şimdi herkes kendi hesabından Tinkercad uygulamasını açsın.

Öğrenci: Peki öğretmenim.

Bazı öğrenciler şifrelerini unutabiliyor ya da mail adreslerini

Öğrenci: Öğretmenim ben giremiyorum, unuttum.

Öğretmen: Peki, unutan öğrenciler için kendi hesabımı tahtaya yazıyorum. Onlar oradan girebilirler. (Öğretmen tahtaya yazar. Bütün öğrencileri tek tek dolaşarak kontrol eder.)

Herkesin girdiğine emin olduktan sonra:

Öğretmen: Evet çocuklar açtığımız sayfada görünen “Yeni Tasarım Oluştur” a tıklayınız.
(*Öğretmen herkesin sayfayı açtığına emin olur.*)

Öğretmen: Önünüzdeki sayfada “Temel Şekiller” in altındaki şekillerden sizce hangisi ya da hangileri dikdörtgenler prizmasıdır?

Öğrenci: Kutu şekli öğretmenim.

Öğretmen: Peki neden?

Öğrenci: (*Aklına gelenleri söyler*) mesela; biz öyle öğrendik, öğretmenimiz öyle dedi, çünkü dikdörtgenlerden oluşuyor, çünkü kapalı gibi...

Öğretmen: Peki şimdi oradaki üsteki “Kutu” nun üstüne tıklayalım.

Öğrenci: Öğretmenim alttaki kutuya neden tıklamadık.

Öğretmen: İsterseniz ona da tıklayabilirsiniz. Ama böyle daha rahat göreceğinizi düşünüyorum.

Öğrenci: Peki öğretmenim.

Öğretmen: Evet şimdi o kutuyu çalışma düzlemimize sürükleyelim.

Öğretmen: Şimdi herkes “uzunluk” çubuğunu oynatsın bakalım neler değişecek.

Öğrenci: Öğretmenim boyu uzayıp, kısalıyor.

Öğretmen: Herkes “genişlik” çubuğunu oynatsın bakalım şimdi de.

Öğrenci: Öğretmenim genişliyor.

Öğretmen: Herkes “yükseklik” çubuğunu oynatsın.

Öğrenci: Öğretmenim yüksekliği değişiyor, uzuyor.

Öğretmen: Evet çocuklar bu üç çubuğu kullanarak farklı dikdörtgenler prizmaları oluşturabiliriz. Gördüğünüz gibi tüm yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan prizmalara dikdörtgenler prizması denir. Dikdörtgenler prizmasının karşılıklı yüzleri eşit ve birbirine paraleldir.

Öğrenci: Öğretmenim çalışma düzleminden de değiştirebiliyoruz değil mi?

Öğretmen: Evet.

Öğretmen: Bu üç çubukta değişiklik yaparak farklı dikdörtgenler prizmaları oluşturabilirsiniz. Şimdi sizden farklı dikdörtgenler prizmaları oluşturmanızı istiyorum. Oluşturduğunuz prizmaların 3B yazıcıdan çıktılarını alacağız. Hepinize 5 dk süre veriyorum.
Öğrenciler bu süreçte öğretmenim benim tabanı kare oldu dikdörtgenler prizması olur mu? Ya da öğretmenim ben üç çubuğu da aynı sayı yapabilir miyim? Diye sorabilir. Öğrencilere yapabileceği anlatılır.

Öğretmen: Herkes bitirdiğine göre ben hepinizin dikdörtgenler prizmasını kendi flash belleğime atacağım. Oradan da 3B Yazıya aktaracağız.

Öğretmen: Evet çocuklar şimdi “Cura” programında açıp yazıcıya aktarıyoruz. Herkes yazıcıyı izlesin. Evet, basmaya başlıyor. Bir süre izleyelim bakalım. Artık hepinize ait dikdörtgenler prizması olacak.

Bir süre izlendikten sonra;

Öğretmen: Evet basım aşaması biraz uzun sürecek o yüzden o devam ederken basmaya biz kare prizma, küp ve dikdörtgenler prizması arasındaki farka değinelim. Siz ne düşünüyorsunuz?

Öğrenci: Bence hepsi birbirinden farklı şeyler diyebilir ya da öğrenci küp veya kare prizmanın da bir dikdörtgenler prizması olduğunu söyleyebilir.

Öğretmen: Şimdi hepinizden Tinkercad üzerinde tekrar yeni bir kutu oluşturmanızı istiyorum. Sonra bu kutunun uzunluk ve genişlik değerini 20 yapalım. Yüksekliğini de 40 yapalım bakalım. Evet, şimdi ne oluştu?

Öğrenci: Dikdörtgenler prizması

Öğretmen: Evet, dikdörtgenler prizması doğru. Peki, daha yakından inceleyelim. Tabanına bakalım. Tabanı karesel bölge değil mi?

Öğrenci: Evet öğretmenim. / Öğretmenim kare de bir dikdörtgen zaten.

Öğretmen: Çocuklar biz tabanı karesel bölge olan prizmalara “Kare Prizma” diyoruz. Kare prizma, tabanları birbirine eş karesel bölgelerden, yan yüzleri birbirine eş dikdörtgensel bölgelerden oluşan prizmalara denir. Kare prizmanın karşılıklı yüzler, birbirine paraleldir. Ve kare prizmalar aynı zamanda bir dikdörtgenler prizmasıdır.

Öğretmen: Peki şimdi uzunluk, genişlik ve yüksekliği 20 yapalım. Yaptık mı?

Öğrenci: Evet, öğretmenim.

Öğretmen: Peki bu bir dikdörtgenler prizması mıdır?

Öğrenci: Evet öğretmenim.

Öğretmen: Peki daha yakından bakalım. Şekli döndürelim. Yüzeylerini inceleyelim. Ne görüyorsunuz?

Öğrenci: Öğretmenim bütün yüzeyleri kare galiba.

Öğretmen: Evet aferin. Bütün yüzeyleri karesel bölge olan bir dikdörtgenler prizması. Peki, biz bu cisme aynı zamanda ne diyoruz?

Öğrenci: Küp öğretmenim.

Öğretmen: Evet, Tüm yüzleri birbirine eş karesel bölgelerden oluşan prizmalara “Küp” diyoruz. Yani küp dikdörtgenler prizmasının özel bir halidir. Haydi, şimdi bu kare prizma ve küpün de 3B yazıcıdan çıktısını alalım. Bunların çıktılarını almak biraz uzun süreceği için dersimizi burada bitirelim. Diğer dersimizde çıktılarımızla birlikte dersimize devam edelim.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte derisi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

2. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasını tanıır ve temel elemanlarını belirler.**

Bu derste öğrenciler bir önceki derste oluşturdukları dikdörtgenler prizmalarının 3B yazıcıdan çıktılarını görecektir. Ders boyunca bu materyaller ile temas halinde olacaklardır. Genellikle kitaptaki örnekleri görerek veya çeşitli kutu örnekleri ile gösterilen dikdörtgenler prizmaları 3B Yazıcı sayesinde öğrencilere zengin somut örnekler sağlayacaktır.

Derse başlamadan önce bir önceki ders hakkında öğrenciler ile konuşulur. Zorlandıkları kısımları olup olmadığı ve neler öğrendikleri sorulur.

Öğretmen: Bugünkü dersimizde dikdörtgenler prizmasını biraz daha yakından inceleyeceğiz. Ondan önce size prizmanın ne olduğunu anlatmak istiyorum. Birbirine paralel ve eş iki çokgenin karşılıklı köşelerinin birleştirilmesi sonucunda elde edilen kapalı geometrik

cisimlere “prizma” denir. Bu tanımda anlaşılmayan bir nokta var mı? Paralel ne demektir? Çokgen nedir?

Öğrenciler ile “paralel”, “çokgen” ve “prizma” kavramları üzerinde durulur.

Öğretmen: Evet çocuklar, geçen ders oluşturduğunuz dikdörtgenler prizmalarına bakalım şimdi. Herkes kendi dikdörtgenler prizmasını tanıyabilecek mi? Eğer tanıyamıyorsanız herhangi bir dikdörtgenler prizmasını alınız. Evet, şimdi herkes elindeki dikdörtgenler prizmasını incelesin. Ne görüyorsunuz?

Öğrenci: Öğretmenim dikdörtgenler var.

Öğrenci: Öğretmenim kapalı.

Öğrenci: Öğretmenim karşılıklı yüzeyleri paralel.

Öğretmen: Şimdi yanınızdaki arkadaşınızla grup olun ve elinizdeki dikdörtgenler prizmalarını inceleyip ortak özelliklerini yazın.

Öğrenciler akıllarına gelen düşüncelerini söylerler. Buradan öğrenciler ile birlikte dikdörtgenler prizmasının tanımı yapılmaya çalışılır.

Öğretmen: Evet şimdi dikdörtgenler prizmasını tanımlayalım o zaman.

Öğrenci: 6 tane dikdörtgenin birleştirilmesi sonucu oluşuyor.

Öğrenci: Kutu gibi şeyler dikdörtgenler prizmasıdır.

Öğretmen: Dikdörtgenler prizması gördüğümüz gibi dikdörtgensel bölgelerden oluşmaktadır. Kaç tane dikdörtgensel bölge vardır?

Öğrenciler 3B yazıcıdan aldıkları çıkartılardaki dikdörtgenler prizmalarının yüzlerini sayarlar.

Öğrenci: 6 tane.

Öğrenciler bütün dikdörtgenler prizmalarının yüzlerinin 6 tane olduğunu fark eder.

Öğretmen: Evet 6 tane dikdörtgensel bölge var. O zaman tüm yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan prizmalara dikdörtgenler prizması denir ve dikdörtgenler prizmasının karşılıklı yüzleri eşit ve birbirine paraleldir diyebilir miyiz?

Öğrenci: Evet öğretmenim.

Öğretmen: Peki başka neler diyebiliriz?

Öğrenci: Tabanı dikdörtgen olan prizmalar dikdörtgenler prizmasıdır.

Öğretmen: Aferin tabanı dikdörtgensel bölgelerden oluşan prizmalara dikdörtgenler prizmaları diyoruz. O zaman tabanı kare olan prizmalara ne denir?

Öğrenci: Kare prizma.

Öğretmen geçen ders 3B yazıcıdan aldığı kare prizma çıktısını eline alır.

Öğretmen: Geçen ders 3B yazıcıdan kare prizma çıktısı almıştık. Bakın tabanı karesel bölge hatta taban ayırıt uzunluğunu 20 cm olarak ayarlamıştık. Peki, yan yüzleri hangi çokgensel bölgeden oluşuyor?

Öğrenci: Dikdörtgensel bölge.

Öğretmen: Aferin, şimdi hepinizin tekrar Tinkercad’i açmasını ve çalışma düzleminde bu sefer kare prizma oluşturmasını istiyorum. Her biriniz birbirinden farklı kare prizmalar oluşturduğuna emin olun.

Öğrenciler birbirleri ile işbirliği içinde kendi kare prizmalarını oluştururlar.

Öğrenciler: Oluşturduk öğretmenim.

Öğretmen: Pekâlâ şimdi haydi hepsini 3B yazıcıda yazdıralım.

Öğretmen Flash bellek ile öğrencilerden alır ve birlikte yazıcıya atarlar.

Öğretmen: Şimdi o yazdırılırken bir şey daha sormak istiyorum. Peki, bütün yüzleri dikdörtgensel bölge değil de karesel bölge olsaydı?

Öğrenci: Küp olurdu öğretmenim.

Öğretmen geçen ders 3B yazıcıdan çıkardığı küpü eline alır.

Öğretmen: Evet, tüm yüzleri birbirine eş karesel bölgelerden oluşan prizmalara küp diyoruz. Geçen ders onun da çıktısını almıştık. Hatırladınız mı?

Öğrenci: Evet öğretmenim.

Öğretmen: Peki o zaman şimdi de herkes birbirinden farklı küp oluştursun o zaman.

Öğrenciler birbirleri ile işbirliği içinde kendi küplerini oluşturlar.

Öğrenciler: Oluşturduk öğretmenim.

Öğretmen: Pekâlâ şimdi haydi hepsini 3B yazıcıda yazdıralım.

Öğretmen Flash bellek ile öğrencilerden alır ve birlikte yazıcıya atarlar.

Öğretmen: Şimdi biraz yazıcıyı izleyelim ve sonrasında bugünkü dersimizi bitirelim. Bugün neler öğrendik peki?

Öğrenci: Öğretmenim bugün prizma nedir, dikdörtgenler prizması nedir, kare prizma nedir ve küp nedir öğrendik.

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

3. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasını tanıır ve temel elemanlarını belirler.**

Bu derste öğrenciler bir önceki derste oluşturdıkları kare prizmalarının ve küpün 3B yazıcıdan çıktılarını göreceklerdir. Ders boyunca bu materyaller ile temas halinde olacaklardır. Genellikle kitaptaki örnekleri görerek veya çeşitli kutu örnekleri ile gösterilen dikdörtgenler prizmaları 3B yazıcı sayesinde öğrencilere zengin somut örnekler sağlayacaktır.

Öğretmen: Hoş geldiniz çocuklar, geçen ders hatırlıyorsunuz ki herkes kendi kare prizma ve küpünü yazdırmıştı. Şimdi çıktılarımız hazır. Herkes herhangi bir tane kare prizma ve küpü alsın. İlk ders oluşturduğumuz dikdörtgenler prizmalarından da herkes bir tane alsın. Şimdi hepimizin elinizdeki modelleri tekrar incelemesini istiyorum. Ortak yanları neler, farklı yanları neler yazıp daha sonra bunları hep birlikte tartışmanızı istiyorum.

Öğrenciler geçen ders öğrendikleri bilgileri bu sefer 3B yazıcıdan aldıkları modellerin üzerinde tekrar düşünürler. Öğrencilerin elinde farklı boyutlarda birçok dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp örnekleri vardır. Öğrencilere tartışmaları için zaman verilir.

Öğretmen: Peki artık dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp gördüğümüzde onu tanıyabiliriz değil mi? Kim günlük hayattan örnekler vermek ister?

Öğrenciler örnekler verir. Uygun olmayan örneklerin neden uygun olmadığı tartışılır.

Öğretmen eline herhangi bir prizmayı alır.

Öğretmen: Peki, ben bu prizmayı döndürsem sizce yine aynı prizma mıdır? Herkes elinin altındaki prizmaları bir döndürsün bakalım.

Öğrenciler farklı farklı prizmaları alır döndürür ve aynı olduğunu görür.

Öğretmen: Peki az önce uygun olmayan örneklerden bahsetmiştik. Şimdi her birinizden dikdörtgenler prizması, kare prizma veya küpe örnek olmayan cisimler oluşturmaınızı istiyorum. Daha sonra hep birlikte neden örnek olmadığını tartışacağız.

Öğrenciler kimi zaman kendi başlarına kimi zaman öğretmenlerinin desteği ile ve kimi zamanda çocuklarına danışarak uygun olmayan örnekler oluşturur.

Öğretmen: Herkes oluşturduğuna göre şimdi sıra bunları 3B yazıcıdan çıkarmakta.

Öğretmen Flash bellek ile öğrencilerden alır ve birlikte yazıcıya atarlar.

Öğretmen: Şimdi biraz yazıcıyı izleyelim ve sonrasında bugünlük dersimizi bitirelim.

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

4. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasını tanıır ve temel elemanlarını belirler.**

Öğretmen: Hoş geldiniz, bu derse geçen ders yazdırmaya başladığımız uygun olmayan örneklerle ait çıktılarımıza bakmakla başlayacağız. Herkes kendi modelini alabilir mi?

Öğrenciler modellerini alırlar.

Öğretmen: Şimdi hepiniz yaptığınız modellerin neden uygun bir örnek olmadığını anlatsın bakalım.

Öğrenciler teker teker neden örnek olmadığını anlatır ve tartışır.

Öğretmen: Şimdi örnek olmayan modelleri bir kenara bırakalım ve yine herkes geçtiğimiz derslerde çıkardığımız dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küplerden birer tane alsın.

Öğrenciler: Aldık öğretmenim.

Öğretmen: Pekâlâ, şimdi sizinle bu prizmaların temel elemanları hakkında konuşmak istiyorum. Ne biliyorsunuz bu konuda?

Öğrenciler bildiklerini paylaşır özellikle köşe ve tabanın öğrencilerin ilk akla gelenler olmasını beklemekteyiz.

Öğretmen: İlk önce yüz ile başlayalım. Daha önceki derslerimizde buna değinmiştir. Dikdörtgenler prizmasının kaç yüzü olduğunu bulmuştuk. Kaç yüzü vardı?

Öğrenci: 6 öğretmenim.

Öğretmen: Evet, haydi her beraber 3B Yazıcıdan aldığımız prizmaların yüzeylerini sayalım.

Öğretmen: Evet gördüğümüz gibi, dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün 6 tane yüzeyi var. Bunların ikisi taban kalan 4'ü de yan yüzlerdir. (*Öğretmen elindeki model üzerinde gösterir.*) Ve aynı zamanda herkes elindeki modeller üzerinde de incelesin karşılıklı yüzler birbirine paraleldir. Bir cismi sınırlayan parçaların her birine **yüz** denilmektedir.

Öğretmen: Şimdi ayırıt ne demektir onu öğrenelim. Bilen var mı?

Öğrencilerin ne bildikleri ya da neyi yanlış bildikleri sorgulanır.

Öğretmen: “Prizmalarda iki yüzün kesiştiği doğru parçalarına **ayrıt** adı verilir.” diyerek tanımını yapar ve tanım üzerinden öğrencilere elindeki model de gösterir. Şimdi hepiniz elinizdeki modellerdeki ayrıt sayısını hesaplayınız.

Öğrenciler ellerindeki dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün ayrıt sayısını hesaplar. Anlaşılmayan noktada öğretmen yardım eder.

Öğretmen: Her birindeki ayrıt sayısı aynı mı yoksa farklı mı?

Öğrenci: Aynı öğretmenim.

Öğretmen: Peki kaç buldunuz?

Öğrenci: 12 öğretmenim.

Öğretmen: Aferin. Ayrıtı anlamayan var mı?

Öğretmen anlaşılmayan bir nokta olup olmadığını kontrol eder.

Öğretmen: O zaman şimdi de diğer temel elemanımız olan köşeyi tanıyalım. Bilen, anlatmak isteyen veya konuşmak isteyen var mı?

Öğretmen öğrencilerin ne bildiğini öğrenir.

Öğretmen: “Prizmalarda üç ayrıtın kesiştiği noktaya **köşe** adı verilir.” (*Öğretmen elindeki model üzerinde köşeleri gösterir.*) Şimdi herkes elindeki modellerin köşe sayısını bulsun.

Öğrenciler ellerindeki dikdörtgenler prizmasının, kare prizmasının ve küpün köşe sayısını hesaplar ve aynı olduğunu bulur.

Öğrenci: 8 öğretmenim.

Öğretmen: Aferin. Şimdi hep birlikte bu tabloyu dolduralım.

	Ayrıt sayısı	Köşe sayısı	Yüz sayısı	Taban sayısı	Yan yüz sayısı	Cismi oluşturan şekiller
Küp						
Kare prizma						
Dikdörtgenler prizması						

Öğrenciler hep birlikte tabloyu doldurur.

Öğretmen: Şimdi öğrendiklerimizi değerlendirelim. Ders kitabındaki sayfa 306’daki soruları hep beraber çözelim.

Öğretmen ders kitabındaki sorular ile öğrencileri değerlendirir. Öğrenciler ilk önce bireysel soruları cevaplandırır. Öğretmen bu noktada öğrencileri takip ederek hatalarını kontrol eder. Herkes bitirdikten sonra sınıfça sorular tartışılarak cevaplandırılır. Anlaşılmayan nokta var ise öğretmen tarafından destek verilir.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Yine son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

5. Ders:

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını çizer ve verilen farklı açınımların dikdörtgenler prizmasına ait olup olmadığına karar verir.**

Öğretmen: Bugünkü dersimizde açınımı öğreneceğiz. Ne olduğunu bilen var mı?

Öğretmen: “Bir cismin yüzeylerinin açılarak bir düzlem üzerine yayılması.” açınımdır. Şimdi 3B yazıcıdan çıktısını aldığımız herhangi bir prizmayı seçeceğim ve her beraber açınımını yapacağız. Herhangi bir ayrıttan açmaya başlayalım. Evet, bu ayrıttan açtığımızda yüzeyler nasıl yayılacak. Herkes gözünde canlandırabiliyor mu?

Öğretmen öğrencileri ile birlikte elindeki modelin bir ayrıttan açtığımızda nasıl düzleme yayılacağını düşünür ve tahtaya çizer.

Öğretmen: Şimdi hepiniz birer tane prizma alın ve onu inceleyip, döndürün sonra da seçtiğiniz bir ayrıttan açtığınızda nasıl görüneceğiniz çiziniz. İsterseniz benden veya bir arkadaşınızdan yardım alabilirsiniz.

Öğrenciler elindeki cisimleri döndürerek, inceleyerek ve gözünde canlandırarak açınımını çizmeye çalışır. Öğretmen her öğrenci ile ilgilenir. Farklı açınımlar tahtada sunulur.

Öğretmen: Şimdi hepinizden istediğiniz dikdörtgenler prizması açınımını oluşturmanızı isteyeceğim. Her birinizden bir dikdörtgenler prizması açınımı bir de kare prizma açınımı tasarlamanızı istiyorum. *Öğretmen öğrenciler ile ilgilenir onlara rehberlik eder. Bitiren öğrencinin açınım kartını 3B yazıcıya aktarır. Herkes bitirdikten sonra;*

Öğretmen: Evet bir dersimizin daha sonuna geldik. Diğer dersimizde yazdırdığımız bu prizmaların açınımlarına değineceğiz.

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

6. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını çizer ve verilen farklı açınımların dikdörtgenler prizmasına ait olup olmadığına karar verir.**

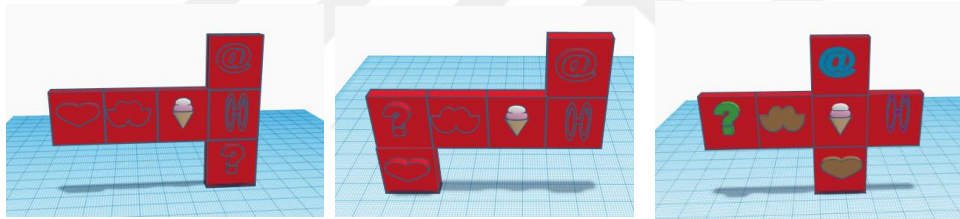
Öğretmen öğrencilere geçen ders öğrendikleri “ açınım ” kavramını tekrar sorar. Bir öğrenciden 3B yazıcıdan çıktısını aldıkları herhangi bir dikdörtgenler prizmasının açınımlı tahtada yapmasını ister. Diğer öğrenciler ile doğru veya yanlış olduğu tartışılır.

Öğretmen geçen ders 3B yazıcıya gönderdikleri çıktıları yazıcıdan alır ve öğrencilere açınım kartlarını dağıtır.

Öğretmen: Herkes elindeki açınım kartlarını incelesin. İstedığınız gibi olmuş mu?

Öğrenciler modellerini inceler birbirlerine modellerini gösterir. Öğrenciler yazdırdıkları açınım kartlarını açıp kapatır.

Öğretmen: Şimdi size benim önceden 3B yazıcıdan çıkardığım cisimlerin açık görünümlerini göstereceğim. Örneklerden bazıları;



Öğretmen: Şimdi bu cismi kapattığımızda hangi şekiller karşılıklı olur. Sizden bunu tartışmanızı istiyorum.

Öğrenciler açık görünümü verilen cismi ellerine alır ve kapatıldığında nasıl görüneceğini hangi yüzlerin karşılıklı olduğunu düşünür, tartışır ve yazar. Öğretmen öğrencileri kontrol eder, ne yaptıklarını sorar. En son cevap hakkında son kararı verirler.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Yine son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

7. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını çizer ve verilen farklı açınımların dikdörtgenler prizmasına ait olup olmadığına karar verir.**

Öğretmen daha önce tasarlanmış ve çıktısı alınmış olan “puzzle küp” ü kullanacaktır.

**Puzzle küp tasarımı destek alınarak yapılacaktır.*

Öğretmen: Bugünkü dersimizde öncelikle elimde tuttuğum “puzzle küp” ile küpün açınımlı ve küpün kapalı hali çalışmalarını yapacağız.

Öğretmen puzzle küp’ü parçalarına ayırır ve öğrencilerden bunları birleştirerek küp yapmasını ister. Daha sonra yaptıkları küpü herhangi bir ayırıtından açıp düzleme yapmasını ister. Öğrenciler grup çalışması olarak hep birlikte yaparlar.

Öğretmen: Peki bu çalışmada bittiğine göre o zaman diğer çalışmamıza geçebiliriz.

Öğretmen daha önceden 3B yazıcıdan Çıkardığı küpün 6 yüzeyini masaya koyar.

Öğretmen: Burada 6 tane yüz vardır. Sizce bunlar hangi prizmanın yüzeyi olabilir?

Öğrenci: Küp öğretmenim.

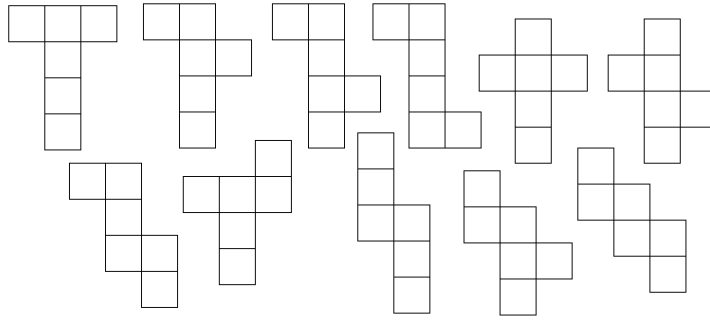
Öğretmen: Neden.

Öğrenci: Çünkü hepsi kare öğretmenim.

Öğretmen: Aferin. Bunlar küpün 6 yüzeyi. Şimdi sizden bu yüzeyleri küpün açınımına uygun olacak şekilde yerleştirmenizi istiyorum. Bu yüzeyleri kullanarak ne kadar farklı küp açınımları yapabileceğinizi bulmanızı istiyorum. Size 10 dakika süre veriyorum.

Öğrenciler kendi içlerine tartışılar, anlaşılmadıkları noktada başka bir arkadaşına ya da öğretmenine sorar. Süre bitimine kadar öğrencilerden farklı farklı açınımlar yapması ve daha sonra bunları defterine çizmesi istenir.

Öğretmen: Evet bu ders bulabileceğimiz bazı farklı açınımları düşünmeye çalıştık. Şimdi size olabilecek farklı açınımları göstereceğim. Sizden defterinizdekiler ile bunları karşılaştırmanızı ve eksiklerinizi kontrol etmenizi istiyorum.



Öğrenciler eksik açınımları fark eder. Birbirleri ile ve öğretmenleri ile tartışılar.

Öğretmen: Şimdi sizden küpün farklı açınımlarını tasarlayıp yazdırmanızı istiyorum.

Öğrenciler küpün farklı açınımlarından belirledikleri bir açınımları tasarlayıp öğretmen kontrolünde yazdırır.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Yine son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

8. Ders

KAZANIM(LAR)

- Dikdörtgenler prizmasının yüzey açınımlarını çizer ve verilen farklı açınımların dikdörtgenler prizmasına ait olup olmadığına karar verir.

Öğretmen: Bir önceki ders yazdığınız küpü farklı açınımlarını çocuklarınız ile birlikte deneyimlemenizi istiyorum.

Öğretmen öğrencilere küpün farklı açınım kartlarını dağıtır ve öğrenciler açıp kapatarak deneyimler.

Öğretmen: Peki şimdi öğrendiklerimizi değerlendirelim. Ders kitabından sayfa 313'ü açalım. 2. soruyu cevaplayalım.

Öğrenciler bireysel olarak soruyu cevaplar. Öğretmen öğrencilerin cevaplarını kontrol eder. Anlaşılmayan bir nokta varsa sınıfta tartışılar.

Öğretmen: Sizden bir ödev isteyeceğim. İki gruba ayrılın. Şimdi her iki grubun bir sonraki ders için Tinkercad uygulamasını kullanarak bir yapı oluşturmamı istiyorum. Herhangi bir şey olabilir. Ama dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpü kullanarak oluşturmamı istiyorum. Süslemek vs için diğer şeyleri de abartmamak üzere ekleyebilirsiniz. Diğer dersimizde bunun 3B yazıcıdan çıktısını alacağız.

Öğretmen: Yine son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

9. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasının yüzey alanını hesaplamayı gerektiren problemleri çözer.**

Derste daha önceki derslerde 3B yazıcıdan alınan çıktılar kullanılacaktır.

Öğretmen: Artık son kazanımımız olan yüzey alanı hesaplamaya geçtik. Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün kaç yüzeyi vardı? İsterseniz çıktıları kullanabilirsiniz.

Öğrenciler: 6 tane.

Öğretmen: Peki bu yüzler hangi geometrik şekillerden oluşmaktadır?

Öğrenci: Dikdörtgenler prizmasının tüm yüzeyleri dikdörtgendir, kare prizmanın tabanları kare ve yan yüzleri dikdörtgendir, küpün bütün yüzeyleri karedir.

Söyleyemeyen öğrenciler için öğretmen aynı zamanda çıktıları alarak tüm öğrencilere tekrar gösterir.

Öğretmen: Biz bu yüzeylerin (dikdörtgensel ve karesel) alanlarını bulmayı biliyoruz. (Öğretmen bilmeyen, hatırlamayan öğrenciler için kuralı tahtaya yazar.)

Öğretmen: (Dikdörtgenler prizmasını eline alır.) Her bir dikdörtgenden ikişer tane olduğunu görürüz. O hâlde farklı dikdörtgenlerin alanlarını hesaplayıp ikiyle çarptığımızda tüm yüzey alanını bulabiliriz.

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: O zaman herkes herhangi bir dikdörtgenler prizmayı alsın. Şimdi bunun yüzey alanını hesaplayalım. Tabi biz şu an uzunluk, genişlik ve yükseklik değerlerini de bilmiyoruz. O zaman onları bulmalıyız. İlk önce ayrıt uzunluklarını cetvelle hesaplayalım. Daha sonra tüm yüzeylerin alanları teker teker bulalım.

Öğretmen her bir öğrencinin doğru ölçtüğünden emin olur. Ve yüzey alanlarını doğru hesaplayıp hesaplamadığını kontrol eder.

Öğretmen: Herkes bulduğu sonucu defterine not etsin ve bulduğu ayrıt uzunluklarını da yazsın. Hatta isterseniz dikdörtgenler prizmasını çizip onun üzerinde uzunlukları gösterebilirsiniz.

Öğrenciler defterine gereken notları alır.

Öğretmen: Şimdi herkes aynı dikdörtgenler prizmasının yüzey alanını yine hesaplayacak. Ama bu sefer sizden kâğıt kaplama yaparak bulmanızı istiyorum. İsterseniz gerçek sonucu bulun isterseniz de gerçek sonuca en yakın sonucu bulabilirsiniz. Biraz önceki bulduğunuz sonuç ile karşılaştırınız.

Öğrenciler nasıl yapacaklarını düşünür. Tartışır. Öğretmen rehberlik eder. Öğrenciler hesaplar ve karşılaştırır. Sınıfça tartışılır.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Yine son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

10. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasının yüzey alanını hesaplamayı gerektiren problemleri çözer.**

Derste daha önceki derslerde 3B yazıcıdan alınan çıktılar kullanılacaktır.

Öğretmen: Geçen ders 3B yazıcıdan çıktısını aldığımız dikdörtgenler prizmalarının yüzey alanlarını hesaplamıştık. Bu ders kare prizma ve küpün yüzey alanını hesaplayacağız. Şimdi herkes herhangi bir kare prizmayı alsın.

Öğrenciler rastgele bir kare prizma alır.

Öğretmen: Kare prizmanın açınımını incelediğimizde tabanların eş karelerden ve yan yüzlerin eş dikdörtgenlerden oluştuğunu görmüştük. Şimdi isterseniz elinizdeki kare prizmadan tekrar görebilirsiniz.

Öğrenciler ellerindeki kare prizmayı inceler.

Öğretmen: O zaman herkes şimdi elindeki kare prizmanın yüzey alanını hesaplasın. İstedığınız şekilde hesaplayabilirsiniz.

Öğrenciler kare prizmanın yüzey alanını hesaplamaya çalışır. Öğretmen tek tek öğrenciler ile ilgilenir. Onlara 2 eş tabanı olduğu ve karesel bölge olduğu, yan yüzlerinin de eş dikdörtgensel bölgeler olduğu söylenir. Öğretmen her öğrencinin doğru yaptığından emin olduktan sonra küpe geçer.

Öğretmen: Şimdi küpün yüzey alanını bulacağız. Herkes herhangi bir küpü seçsin. Küpün açınımını incelediğimizde 6 eş kareden oluştuğunu görmüştük. O zaman tek bir yüzeyin alanını bulup bunu altı ile çarptığımda da tüm cismin yüzey alanını bulabilirim. Şimdi herkes elindeki küpün yüzey alanını hesaplasın.

Öğrenciler küpün yüzey alanını hesaplamaya çalışır. Öğretmen tek tek öğrenciler ile ilgilenir. Her öğrencinin doğru yaptığından emin olur.

Öğretmen öğrencilere verdiği ödevi getirir. Öğrencilerden bir yapı oluşturmalarını istemişti. İki gruba ayırmıştı.

Öğretmen: Ödev verdiğim yapının çıktısını aldım. Şimdi herkes o gruplarına dönsün. Her gruba oluşturduğu yapıyı vereceğim.

Öğrenciler gruplarına dağılır ve 3B yazıcı çıktısını alırlar.

Öğretmen: Her grubun elindeki yapının yüzey alanını bulmasını ya da tahmin etmesini istiyorum. Yaparken neler düşündüğünüzü ve nasıl bir yol izlediğinizi not alın. En son sınıfta sunum yapacaksınız.

Öğrenciler hesaplamaya başlar. Gerekli yerlerde öğretmen rehberlik eder. Ve en son öğrenciler sınıfa sunar.

Öğretmen: Ders kitabındaki sayfa 313'deki soruları cevaplayalım.

Öğrenciler öğretmen rehberliğinde ders kitabındaki soruları cevaplandırır.

Öğretmen: Evet çocuklar son dersimizin sonuna geldik. Sizinle çok güzel şeyler paylaştık ve öğrendik. Yine son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

EK 5. Altıncı Sınıf Ders Planları

6. SINIF DERS PLANI

Bölüm 1

Dersin Adı	Matematik
Sınıf	6. Sınıf
Ünitenin No	6
Konu(lar)	Geometrik cisimler Sıvı ölçme
Önerilen Ders Saati	15 ders saati/Her ders saati yaklaşık 40 dakikadır.
Öğrenme Alanları	M.6.3. Geometri ve Ölçme
Alt Öğrenme Alanları	M.6.3.4. Geometrik Cisimler M.6.3.5. Sıvı Ölçme

Bölüm 2

Öğrenci Kazanımları/Hedef Davranışlar	M.6.3.4.1. Dikdörtgenler prizmasının içine boşluk kalmayacak biçimde yerleştirilen birim küp sayısının o cismin hacmi olduğunu anlar, verilen cismin hacmini birim küpleri sayarak hesaplar. M.6.3.4.2. Verilen bir hacim ölçüsüne sahip farklı dikdörtgenler prizmalarını birim küplerle oluşturur, hacmin taban alanı ile yüksekliğin çarpımı olduğunu gerekçesiyle açıklar. M.6.3.4.3. Standart hacim ölçme birimlerini tanır ve cm^3, dm^3, m^3 birimleri arasında dönüşüm yapar. Hacim ölçme birimleri m^3, dm^3, cm^3 ve mm^3 ile sınırlandırılır. M.6.3.4.4. Dikdörtgenler prizmasının hacim bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. M.6.3.4.5. Dikdörtgenler prizmasının hacmini tahmin eder. M.6.3.5.1. Sıvı ölçme birimlerini tanır ve birbirine dönüştürür. M.6.3.5.2. Sıvı ölçme birimlerini hacim ölçme birimleri ile ilişkilendirir. M.6.3.5.3. Sıvı ölçme birimleriyle ilgili problemler çözer.
Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	Grup çalışması, Bireysel çalışma
Kullanılan Araç-Gereçler	Bilgisayar, Tinkercad, Üç Boyutlu Yazıcı, Ders Kitabı, Cetvel
Kazandırılan Beceriler	Akıl yürütme, iletişim, problem çözme, tahmin becerileri, bilgiye ulaşabilme, ilişkilendirme, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanabilme

AYRINTILI DERS PLANI VE OLASI SENARYOLAR

1. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Prizmayı tanır. Dikdörtgenler prizmasını tanır. Kare prizmayı tanır. Küpü tanır.**

Öğrencilere ilk olarak prizma denilince akıllarına ne geldiği sorulur. Aynı şekilde dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp için ne düşündüklerini ne bildiklerini ifade etmeleri istenir.

Öğrenciler daha önceki eğitim yıllarından aşına oldukları için hatırladıklarını sınıfça paylaşırlar.

Daha sonra öğrencilere 3B yazıcıdan çeşitli boyutlarda çıktısı alınmış olan dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp çıktıları verilir. Öğrencilere dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp 3B yazıcıdan yazdırılmış hazır modeller üzerinden anlatılır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte derisi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

2. Ders:

KAZANIM(LAR):

- **Dikdörtgenler prizmasının içine boşluk kalmayacak biçimde yerleştirilen birim küp sayısının o cismin hacmi olduğunu anlar, verilen cismin hacmini birim küpleri sayarak hesaplar.**

Öğretmen: Önce biraz konuşalım. Hacim denilince aklınıza ne gelmektedir? Ne düşünüyorsunuz?

Öğrenciler doğru ve yanlış fikirlerini söyler.

Öğretmen: Evet kiminizin doğru kiminiz yanlış bazı fikirleri var. Cisimlerin boşlukta kapladıkları yer o cismin hacmidir.

Öğretmen önceden 3B yazıcıdan çıktısını aldığı eş küpleri masaya farklı şekillerde (ayrı ayrı, üst üste ve yan yana) koyar.

Öğretmen: Sizce bu durumlarda bu üç küpün birlikte kapladıkları yer aynı mıdır, farklı mıdır? Neden.

Öğrenciler ve öğretmen tartışır ve üç durumda da aynı yer kapladığını anlarlar.

Öğretmen: Bu üç durumun boşlukta kapladıkları yerin aynı olduğunu gördük. Yani hacimleri aynıdır.

Öğretmen öğrencilere 3B yazıcıdan çıkardığı birim küpleri verir.

Öğretmen: Şimdi sizden bu birim küpleri kullanarak dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp oluşturmamızı istiyorum. Herkes 2-3 kişilik gruplara ayrılın.

Öğrenciler gruplara ayrılır ve birim küpleri kullanarak prizmaları oluşturur.

Öğretmen: Her grup oluşturduğuna göre şimdi hepimiz bu prizmaların hacimlerini bulalım. Peki, nasıl bulacağız?

Öğrenci: Küpleri sayarak.

Öğretmen: Evet.

Öğrenciler küpleri saymaya başlar. Öğretmen öğrencileri takip eder. Nasıl hesapladığını sorar. Kimi öğrenci bütün hepsini tek tek sayarak bulmaya çalışabilir. Kimi öğrenci ise tabandaki küp sayısını bulup kaç kat varsa çarpabilir. Kimi ise tabandaki küp sayısını da en×boy ile bulabilir.

Öğretmen: Siz bulmaya çalışırken bazı arkadaşlarınız daha farklı şekilde düşündüler. Şimdi onlar bize nasıl düşündüklerini anlatsın.

Öğrenciler arkadaşları ile fikirlerini paylaşır.

Öğretmen öğrencileri birim küpler ile prizmalar oluşturup hacimlerini hesaplamaları için serbest bırakır.

Öğretmen: Şimdi herkes tahtaya baksın. (Öğretmen tahtadan Tinkercad uygulamasını açar.) Sizin ile birlikte ayrıt uzunlukları 20cm, 10cm ve 30 cm olan içi boş dikdörtgenler prizması oluşturacağız.

Öğretmen öğrenciler ile birlikte tartışır ve oluşturur.

Öğretmen: Pekâlâ şimdi bunu yazdıralım. Diğer dersimize hazır olsun.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Diğer dersimizde boş kutu getirmenizi istiyorum. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

3. Ders

KAZANIM(LAR)

- Öğrenciler bu ders dikdörtgenler prizmasının içine boşluk kalmayacak biçimde yerleştirilen birim küp sayısının o cismin hacmi olduğunu anlayacak ve verilen cismin hacmini birim küpleri sayarak hesaplayacaklardır.
- Dikdörtgenler prizmasının hacmini tahmin eder.

Öğretmen: Elimde gördüğünüz içi boş dikdörtgenler prizması geçen ders tasarladığımız prizmadır. Bu prizmanın hacmini nasıl hesaplayabiliriz?

Öğrenciler akıllarına gelen fikirleri paylaşır ve tartışılır.

Öğretmen: Evet bazı arkadaşlarınızın belirttiği üzere birim küpleri kullanarak hacmini bulabiliriz.

Öğretmen birim küpleri gösterir. (Ayrıt uzunluğu 1 cm olan küp birim küp kabul edilmiştir.)

Öğretmen: Şimdi bu küpleri prizmanın içine yerleştirerek hacminin kaç birim küp olacağını bulalım.

Öğrenci: Koyduk öğretmenim. 6 birim küpmüş.

Öğretmen: Aferin. Şimdi evinizden getirdiğiniz kutuların kaç birim küp olduğunu tahmin edelim.

Öğrenciler kutuların içinde birim küpleri yerleştirerek hacmin yaklaşık değerini bulurlar. Tartışırlar. Öğretmen öğrencileri izler.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

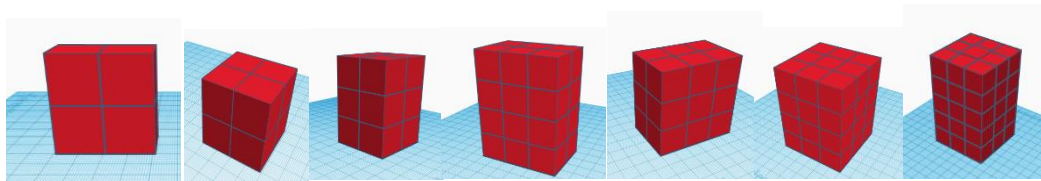
4. Ders

KAZANIM(LAR)

- Verilen Cismin Hacmini Birim Küpleri Sayarak Hesaplar.
- Verilen Bir Hacim Ölçüsüne Sahip Farklı Dikdörtgenler Prizmalarını Birim Küplerle Oluşturur, Hacmin Taban Alanı İle Yüksekliğin Çarpımı Olduğunu Gerekçesiyle Açıklar.

Öğretmen daha önce 3 boyutlu yazıcıdan çıktısını aldığı birim küpler ile prizmalar oluşturur.

Öğretmen: Birim küpler ile prizmalar oluşturacağım ve bu prizmaların hacimlerini bulacağız.



Öğretmen: Dikdörtgenler prizmasının hacmi kaç birim küptür?

Öğrenci: 4 br^3

Öğretmen: Bu küpün hacmi kaç birim küptür?

Öğrenci: 8 br³.

Öğretmen: Kare prizmanın hacmi kaç birim küptür?

Öğrenci: 12 br³.

Öğretmen: Dikdörtgenler prizmasının hacmi kaç birim küptür?

Öğrenci: 24 br³.

Öğretmen bu sorular esnasında anlamayan öğrenci olursa birebir göstererek ilgilenecektir.

Öğretmen: Peki birim küpleri teker teker saymak yerine bu prizmaların hacimlerini daha kolay nasıl bulabiliriz?

Öğrenci: Her katında 6 tane birim küp var. Bunu 4 kat ile çarparak bulabiliriz.

Öğrenci: Tabanında $3 \times 2 = 6$ küp var. $6 \times 4 = 24$ br³ prizmanın hacmi.

Öğretmen: Aferin. Yani Taban alanı ile yüksekliği çarparak hacmi bulabiliriz. Şimdi bundan sonraki prizmaların hacimlerini hep beraber bu yöntemle bulalım.

Öğrenci: Taban alanı = $3 \times 2 = 6$ br² Hacmi: $6 \times 3 = 18$ br³

Öğrenci: Taban alanı = $3 \times 3 = 9$ br² Hacim: $9 \times 4 = 36$ br³

Öğrenci: Taban alanı: $3 \times 3 = 9$ br² Hacim: $9 \times 5 = 45$ br³.

Öğrenciler gerekirse aynı zamanda birim küpleri sayarak hacim sonuçlarını karşılaştırırlar.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

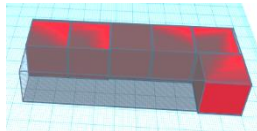
Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

5. Ders

KAZANIM(LAR)

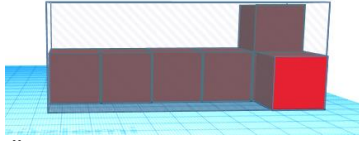
- **Dikdörtgenler Prizmasının İçine Boşluk Kalmayacak Biçimde Yerleştirilen Birim küp Sayısının O Cismin Hacmi Olduğunu Anlar, Verilen Cismin Hacmini Birim küpleri Sayarak Hesaplar.**
- **Hacmin Taban Alanı İle Yüksekliğin Çarpımı Olduğunu Gerekçesiyle Açıklar.**

Öğretmen: Bu dersimizdeki kullanacağımız materyalleri daha önceden 3B yazıcıdan çıktısını aldım. İsterseniz size kısaca nasıl yaptığımı anlatayım. Öncelikle Tinkercad üzerinde bir dikdörtgenler prizması oluşturdum. İçi boş ve üstü açık olan bu dikdörtgenler prizmasını 3B yazıcıdan basarken şeffaf filament kullandım. Böylelikle içine yerleştireceğimiz birim küpleri rahatça görebileceğiz. Şimdi bir örnek ile başlayalım. Dikdörtgenler prizmasının içine yerleştirdiğim küpler ile bu prizmanın hacmini bulalım.



Öğrenciler: 10 birim küptür.

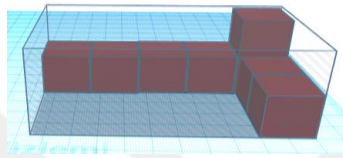
Öğretmen: Evet diğer prizmamıza geçelim.



Öğretmen: Bu prizmanın içini boşluk kalmayacak şekilde kaç birim küp ile doldurabiliriz?

Öğrenci: Kutunun tabanında 10 adet birim küp vardır. Üstünde bir tabaka daha olduğu için $10 \times 2 = 20$ br³tür.

Öğretmen: Aferin, şimdi diğer örneğimize bakalım.



Öğretmen: Bu prizmanın içini boşluk kalmayacak şekilde kaç birim küp ile doldurabiliriz?

Öğrenci: Tabanında $5 \times 3 = 15$ adet birim küp vardır. 2 sıra olduğu için $15 \times 2 = 30$ adet birim küp ile doldurabiliriz.

Öğretmen: Aferin çocuklar. Şimdi isterseniz bu prizmaların içlerini birim küpler ile doldurarak da aynı sonucun çıkacağını gözlemleyebilirsiniz.

Öğrenciler birim küpleri yerleştirerek hacmi hesaplar.

Öğretmen: Şimdi 3 grup oluşturalım. Bir grup dikdörtgenler prizması, bir grup kare prizma ve diğer grupta küp tasarlasın. Daha sonra bunları 3B yazıcıdan yazdıralım.

Öğretmen gruplara görevleri verir. Her grup tasarlar. Çıktısı alınır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

6. Ders

KAZANIM(LAR)

- Verilen Cismin Hacmini Birim Küpleri Sayarak Hesaplar.
- Verilen Bir Hacim Ölçüsüne Sahip Farklı Dikdörtgenler Prizmalarını Birim Küplerle Oluşturur, Hacmin Taban Alanı İle Yüksekliğin Çarpımı Olduğunu Gerekeşiyle Açıklar.

Öğretmen: Bu dersimizde 2'şer kişilik gruplara ayrılacağız. Her grup 8 adet birim küpü kullanarak farklı dikdörtgenler prizmaları oluşturacak.

Öğretmen öğrencileri gözlemler.

Öğrenciler 8 birim küpü üst üste koyar. Öğrenciler 8 birim küpü yan yana koyar. Öğrenciler tabana 2 adet birim küp koyar, 4 tabaka üstüne oluşturur. Öğrenciler tabana 4 adet birim küp koyar, 2 tabaka üstüne oluşturur.

Öğretmen: Gördüğünüz üzere aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizmaları oluşturabiliriz.

Öğrenci: Evet öğretmenim.

Öğretmen: Şimdi sizden yine aynı gruplarınızla birlikte Tinkercad üzerinde aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizmaları oluşturmanızı isteyeceğim. Sonra her birinizin dikdörtgenler prizmalarının 3B yazıcıdan çıktılarını alacağız.

Her grup ne kadar hacme sahip dikdörtgenler prizması oluşturacağını karar verir. Ve öğretmen onayından sonra aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizmalarını oluşturmaya başlar.

Öğretmen: Herkes Tinkercad üzerinde dikdörtgenler prizmalarını oluşturduğuna göre artık 3B yazıcıdan yazdırma işlemine geçebiliriz.

Öğrenciler dosyalarını kaydeder. Flash Belleklerine atar. 3B yazıcıda bastırırlar.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

7. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Hacmin Taban Alanı İle Yüksekliğin Çarpımı Olduğunu Gerekçesiyle Açıklar.**

Öğretmen: Geçtiğimiz derslerimizde hacmin taban alanı çarpı yükseklik olduğunu öğrenmiştik. Bu dersimizde ise daha önceden sizin oluşturduğunuz dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmini hesaplayacağız. İlk önce en, boy ve yüksekliklerini cetvel yardımı ile hesaplayalım. Daha sonra da hacimlerini bulalım.

Öğrenciler daha önceden çıktılarını alan prizmaların hacimlerini kenar uzunluklarını ölçerek öğretmenleri ile birlikte hesaplar.

Öğretmen: Şimdi ders kitabından sayfa 312'deki iki soruyu beraber cevaplayalım.

Öğrenciler soruları tartışır ve cevaplandırır.

Öğretmen: Şimdi de sayfa 315 ve 316'daki soruları cevaplayalım.

Öğrenciler 5 soruyu tartışır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

8. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Standart hacim ölçme birimlerini tanıır ve cm^3 , dm^3 , m^3 birimleri arasında dönüşüm yapar.**

Öğretmen: Bu dersimizde hacim ölçme birimlerini tanıyacağız. Uluslararası Birim Sistemi, SI olarak ifadelendirilir. SI birim sisteminde hacim birimi olarak bir kenarı 1 m olan bir küpün hacmi tanımlanmıştır. Bir kenarı a olan bir küpün hacmi $V = a^3$ şeklindedir. Buna göre bir kenarı 1 m olan küpün hacmi 1 m^3 olarak bulunur. Buna metreküp adı verilir ve birim hacim olarak kullanılır.

Öğretmen: 1 m^3 lük hacme sahip küpü oluşturmak çok büyük olacağı için şimdi sizlerle birlikte 1000 cm^3 hacme sahip küpü oluşturalım. Olur mu?

Öğrenciler ve öğretmen hacmi 1000 cm^3 olan küpü 3 boyutlu yazıcıdan bastırır. Basım aşamasında derse devam edilir.

Öğretmen: Hacim ölçüleri 1000 'in katları olarak artar ve azalır.

$$m^3 \rightarrow dm^3 \rightarrow cm^3 \rightarrow mm^3$$

Hacim ölçme birimlerini birbirine dönüştürürken;

$$1 m^3 = 1000 dm^3$$

$$1 m^3 = 1000000 cm^3$$

$$1 m^3 = 1000000000 mm^3$$

Şimdi bunlarla ilgili alıştırmalar yapalım.

Alıştırmalar

1) Aşağıdaki boşlukları doldurunuz.

$$2,45 m^3 = \dots\dots\dots dm^3$$

$$20\ 2500 dm^3 = \dots\dots\dots m^3$$

$$438 dm^3 = \dots\dots\dots cm^3$$

$$331\ 459 cm^3 = \dots\dots\dots dm^3$$

$$3\ 355 m^3 = \dots\dots\dots cm^3$$

$$150\ 500\ 000 cm^3 = \dots\dots\dots m^3$$

$$3000000 mm^3 \dots\dots\dots m^3$$

$$57000 cm^3 \dots\dots\dots dm^3$$

$$6000 dm^3 + 89000000 cm^3 \dots\dots\dots m^3$$

$$0,45 m^3 = \dots\dots\dots cm^3$$

2) Taban ayrıtları 2m ve 30 dm olan dikdörtgenler prizmasının hacmi $240 cm^3$ ise bu prizmanın yüksekliği kaç cm'dir?

3) $4 dm^3$ hacimli bir sürahi ayran ile doludur. Bu sürahideki ayranı Leman Hanım 200 cm^3 lük bardaklara dolduracaktır. Bunun için ne kadar bardak gerekir?

4) Daha önce 3B yazıcıdan çıktısını aldığımız prizmaların hacimlerini bulunuz ve birimleri arasında dönüşüm yapınız.

Öğretmen ve öğrenciler yukarıdaki soruları tartışır.

Öğretmen: Sayfa 320'deki soruları beraber yanıtlayalım.

Öğrenciler üç soruyu tartışır ve yanıtlarlar.

Öğretmen: Dersin başında yazdırdığımız küpümüzde artık hazır. Hep beraber inceleyelim.

Öğrenciler küpü inceler, dokunur.

Öğretmen: Peki bu küplerden kaç tanesi ile $1 m^3$ lük bir küp oluşturabilirim?

Öğrenciler tartışır.

Öğrenci: 1000 tane kullanmalıyız.

Öğrenciler $1m^3$ ü gözlerinde canlandırır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

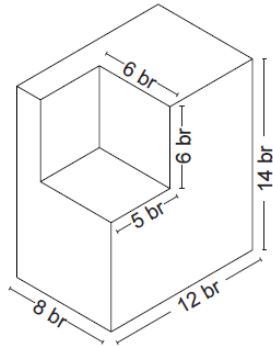
9. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler Prizmasının Hacim Bağıntısını Oluşturur, İlgili Problemleri**

Çözer.

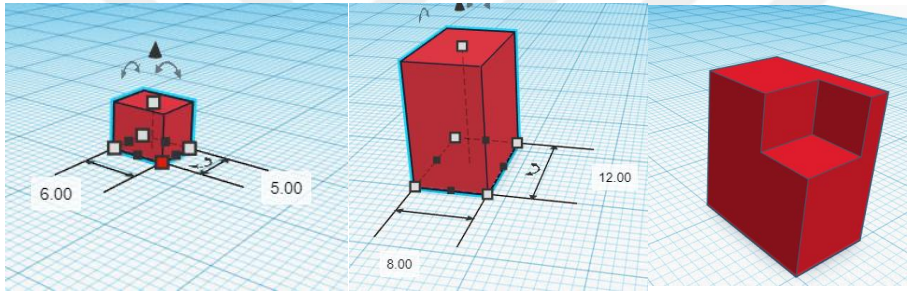
Öğretmen: Bu dersimizde hep beraber bir problemi ele alacağız. Ve bu problemin çözümü için 3B yazıcıyı kullanacağız. Probleme bakalım.



Yandaki geometrik cismin hacmini verilen bilgilere göre bulunuz.

Öğretmen: Problemi okuduk. Problemi düşündük. Şimdi çözümü için bu problemi daha da somutlaştıralım. Bu cismi 3B yazıcı ile oluşturalım.

Öğretmen öğrencilerden bu cismi oluşturmalarını ister. Öğrenciler ile birebir ilgilenir. Öğrenciler 3B yazıcı sayesinde hacmin çıkarılan cisim kadar azalacağını fark ederler.



Öğretmen: Çizim işlemlerimiz bittiğine göre artık 3B yazıcıdan basım işlemine geçebiliriz.

Öğretmen: Şimdi bu cismimiz 3B yazıcıdan bastırılırken biz bu cismimizin hacmini nasıl hesaplayabiliriz düşünelim. Hacim dediğimiz cismin boşlukta kapladığı yerdi değil mi?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Peki bu cismi oluştururken ilk önce biz 8br, 12 br ve 14 br lik bir dikdörtgenler prizması oluşturduk değil mi?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Daha sonra o prizmadan ise küçük bir prizmayı çıkardık. Öyle ise hacmi nasıl değişmiştir?

Öğrenci: Azalmıştır.

Öğretmen: Peki ne kadar azaldığını bulabilir miyiz?

Öğrenci: Çıkarılan prizmanın hacmi kadar azalmıştır.

Öğretmen: Öyleyse hep beraber bize verilen cismin hacmini hesaplayalım.

Öğrenci: $8 \times 12 \times 14 = 1344 \text{ br}^3$

$$5 \times 6 \times 6 = 180 \text{ br}^3$$

$$1344 - 180 = 1164 \text{ br}^3$$

Öğretmen: Aferin. Şu anda 3B yazıcıda yazdırdığımız cismin hacmini hesapladık. Peki, cisimlerin hacimlerini başka nasıl bulabiliriz? Bu konuyu araştırıp gelmenizi istiyorum.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

10. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler Prizmasının Hacim Bağıntısını Oluşturur, İlgili Problemleri**

Çözer.

Öğretmen: Boyutları 2 cm, 4 cm ve 8 cm olan dikdörtgenler prizmasının hacmi bir küpün hacmine eşit ise bu küpü oluşturunuz? Herkes küpü bulsun ve 3B yazıcıdan çıktılarını alalım.

Öğrenciler küpün bir ayrıt uzunluğunu bulmak için uğraşır.

Öğrenci: Dikdörtgenler prizmasının hacmi $2\text{cm} \times 4\text{cm} \times 8\text{cm} = 64\text{cm}^3$ tür. Öyleyse küpün ayrıt uzunluğu 8 cm olmalıdır.

Öğretmen: Aferin çocuklar, şimdi bu küpü 3B yazıcıda yazdıralım.

Öğretmen ve öğrenciler küpü yazdırır.

Öğretmen: Bu sırada biz de hacim ile ilgili ders kitabından problemleri çözelim. Sayfa 328-329.

Öğrenciler ders kitabındaki problemleri çözer. Tartışır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini

11. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler Prizmasının Hacim Bağıntısını Oluşturur, İlgili Problemleri**

Çözer.

Öğretmen: Bu dersimizde bir problem üzerinde düşüneceğiz. Bir küpün ayrıt uzunluğu iki katına çıkarılırsa oluşan küpün hacmi kat katına çıkar? Bunun için öncelikle hepimizden ayrıt uzunluğu 6 cm bir küp oluşturmaınızı istiyorum.

Öğrenciler Tinkercad üzerinden küplerini oluşturur.

Öğretmen: Herkes oluşturabildiğine göre bir tanesini 3B yazıcıdan yazdıralım. Yazıcıda yazdırma işlemi devam ederken biz bu sefer 6 cm olan ayrıt uzunluğunu iki katına çıkartalım. Bu sefer ayrıt uzunluğu 12 cm olan bir küp oluşturalım.

Öğrenciler Tinkercad üzerinden küplerini oluşturur.

Öğretmen: Herkes oluşturduğuna göre bir tanesini 3B yazıcıda yazdıralım. Yazıcıda yazdırma işlemi devam ederken bir oluşturduğumuz iki küpün hacimlerini bulalım.

Öğrenci: İlk küpün ayrıt uzunluğu 6 cm olduğu için hacmi 216 cm^3 tür. İkinci küpün hacmi ise 1728 cm^3 tür.

Öğretmen: Peki hacim kaç katına çıkmıştır?

Öğrenci: 8 katına.

Öğretmen: Aferin çocuklar, şimdi 3B yazıcıdan çıktıları alalım. Ve inceleyelim. Birim küpler ile hacimlerini bulalım.

Öğrenciler ve öğretmen alınan çıktıları inceler.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

12. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dikdörtgenler prizmasının hacmini tahmin eder.**

Öğretmen ders öncesinde ayrıt uzunlukları tam sayı olmayan çeşitli dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp çıktılarını 3B yazıcıdan alır.

Öğretmen: Bu dersimizde size daha bazı prizmalar dağıtacağım. Sizden bu prizmaların hacimlerini hesaplamanızı isteyeceğim.

Öğrenciler cetvel yardımı ile ayrıt uzunluklarını hesaplar.

Öğrenciler: Ayrıt uzunlukları tam sayı çıkmıyor.

Öğretmen: Evet verdiğim prizmaların ayrıt uzunlukları tam sayı değil. Şimdi sizden bu prizmaların hacimlerini tahmin etmenizi istiyorum. Bunun için ayrıt uzunluklarını birer basamağına yuvarlayacağız.

Öğrenciler ayrıt uzunluklarını yuvarlar ve prizmaların hacimlerini tahmin ederler.

Öğretmen: Sınıftan 3 arkadaşınızın yapmış olduklarını tahminleri nasıl yaptıklarını paylaşmasını istiyorum.

Sınıftan üç kişi seçilir ve arkadaşları ile prizmalarının hacimlerini nasıl tahmin ettiklerini paylaşırlar.

Öğretmen: Sayfa 332 deki soruları yanıtlayalım.

Öğrenciler iki soruyu tahmin ederek yanıtlar.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

13. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Sıvı ölçme birimlerini tanıır ve birbirine dönüştürür.**
- **Sıvı ölçme birimlerini hacim ölçme birimleri ile ilişkilendirir.**

Öğretmen: Merhaba çocuklar size geçen ders bir soru sormuştum. Dikdörtgenler prizmasının hacmini başka nasıl bulabilirim diye, düşündünüz mü?

Öğrenciler ve öğretmen tartışır.

Öğretmen: Evet katı cisimlerin hacimlerini sıvıların hacimleri yardımı ile de bulabiliriz. O zaman ilk önce sıvı ölçme birimlerini tanıyalım. Sıvıların hacimlerinin ölçümünde en yaygın olarak kullanılan litre'dir.

Alıştırmalar

- 1) Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

$$5 \text{ L} = \dots\dots\text{dL}$$

$$5 \text{ L} = \dots\dots\text{cL}$$

$$5 \text{ L} = \dots\dots\dots \text{mL}$$

$$3 \text{ dL} = \dots\dots \text{L}$$

$$3 \text{ dL} = \dots\dots \text{cL}$$

$$3 \text{ dL} = \dots\dots\text{mL}$$

$$7 \text{ cL} = \dots\dots\dots \text{L}$$

$$7 \text{ cL} = \dots\dots\dots \text{dL}$$

$$7 \text{ cL} = \dots\dots\dots\text{mL}$$

$$7500 \text{ mL} = \dots\dots\dots\text{cL}$$

7500 mL =dL

7500 mL = L

Öğretmen: Şimdi birlikte sıvı ölçme birimlerini anlatan bir maket tasarlayalım.

Öğrenciler ve öğretmen birlikte yukarıdaki materyali tasarlar ve 3B yazıcıdan yazdırırlar.

Öğretmen: Bu dersimizde hep birlikte ayırt uzunluğu 1 dm olan üstü açık bir küp oluşturacağız.

Öğrenci: 1 dm 10 cm'ye eşit olduğu için ayırt uzunluğunu 10 cm alabiliriz.

Öğretmen: Evet, ayırt uzunluğu 10 cm olan bir küp oluşturalım. Ve küpün üstü açık olsun.

Öğretmen ve öğrenciler küpü oluşturur ve çıktısını almak için 3B yazıcıya aktarır.

Öğretmen: Yazdırma işlemi devam ederken biz birlikte bu ders sıvı ölçme birimleri ile hacim ölçme birimleri arasındaki ilişkiye bakalım.

Öğretmen: Sizce sizden neden ayırt uzunluğu 1 dm olan bir küp oluşturma istediğim?

Öğrenciler ve öğretmen bu konu üzerinde fikirlerini paylaşıp tartışırlar.

Öğretmen: Evet, 1 dm³ 1 litreye eşittir. 1 L su, hacmi 1 dm³ olan küpü hiç artmayacak şekilde tamamen doldurur. Yani 1 L = 1 dm³ tür. Sıvılar bulundukları kabın şeklini alır. Bu sayede sıvıların miktarı, bulundukları kabın hacmi hesaplanarak da ölçülebilir. O hâlde sıvıları ölçerken hacim ölçü birimleri de kullanılabilir.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

14. Ders – 15. Ders

KAZANIM(LAR)

- Sıvı ölçme birimlerini hacim ölçme birimleri ile ilişkilendirir.
- Sıvı ölçme birimleriyle ilgili problemler çözer.

Öğretmen ilk ders öğrenciler ile birlikte 3B yazıcıdan yazdırdığı içi boş dikdörtgenler prizmasının içine su doldurarak sıvının hacmini hesaplatır.

Öğretmen: Daha önceki derslerimizin birinde sizinle birlikte elimde tuttuğum bu prizmayı 3B yazıcıda yazdırmıştık. İç hacmi 20 cm×30 cm×10 cm yani 6000 cm³ tür. Peki, bunun içine su doldurduğumuzda suyun hacmi kaç litre olur?

Öğrenciler ve öğretmen tartışırlar.

Öğrenci: 6000 cm³ 6 dm³ tür. O zaman suyun hacmi 6 litredir.

Öğretmen: Evet. İstersek sıvıların hacmini kullanarak katı cisimlerin hacmini bulabiliriz. Su dolu bir kabın içine prizmamızı attığımızda taşan suyun hacmi prizmanın hacmine eşittir. Haydi deneyelim.

Öğretmen daha önceki derslerde 3B yazıcıdan yazdırdığı dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpü getirir. Fen laboratuvarından dereceli kap vs. alınır.

Öğretmen: İlk önce hep birlikte herkes aldığı bir prizmanın hacmini hesaplasın ve not alsın.

Öğrenciler prizmalarının hacimlerini hesaplar. Öğretme rehberlik yapar.

Öğretmen: Herkes prizmasının hacmini bulduğuna göre sırayla şimdi prizmalarımızı su dolu içine atalım. Ve taşan suyun hacmini not edelim.

Öğrenciler öğretmen rehberliğinde taşan suyun hacmini bulur. Gerekli durumlarda yaklaşık değer kullanılır.

Öğretmen: Şimdi hepinizden suyun hacmini cm³ cinsinden ifade etmenizi istiyorum.

Öğretmen öğrencileri kontrol eder.

Öğretmen: İlk başta bulduğunuz hacim ile şimdi bulduğumuz hacmi karşılaştıralım.

Öğrenciler buldukları sonuçları karşılaştırır.

Öğretmen: Dersin başında yazdırmaya bıraktığımız 1 dm³ lük küp bitti. Şimdi bir litrelik suyu içine dolduralım ve eşit olduğunu görelim.

Öğretmen ve öğrenciler dener.

Öğretmen: Sayfa 339,342 ve 443 teki soruları beraber tartışalım.

Öğretmen ve öğrenciler soruları tartışır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.



EK 6. Sekizinci Sınıf Ders Planları

8. SINIF DERS PLANI

Bölüm 1

Dersin Adı	Matematik
Sınıf	8
Ünitenin Adı/No	6
Konu(lar)	Geometrik cisimler
Önerilen Ders Saati	15 saat/Her ders saati yaklaşık 40 dakikadır.
Öğrenme Alanları	M.8.3 Geometri ve Ölçme
Alt Öğrenme Alanları	M.8.3.4. Geometrik Cisimler

Bölüm 2

Öğrenci Kazanımları/Hedef Davranışlar	M.8.3.4.1. Dik prizmaları tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer. M.8.3.4.2. Dik dairesel silindirin temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer. M.8.3.4.3. Dik dairesel silindirin yüzey alanı bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. M.8.3.4.4. Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer. M.8.3.4.5. Dik piramidi tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer. M.8.3.4.6. Dik koniyi tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer.
Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	Grup çalışması, Bireysel çalışma, Gösterip yaptırma, Model kullanma
Kullanılan Araç-Gereçler	Akıllı tahta, 3 boyutlu yazıcı, Tinkercad, Ders kitabı, Cetvel
Kazandırılan Beceriler	Akıl yürütme, iletişim, problem çözme, tahmin becerileri, bilgiye ulaşabilme, ilişkilendirme, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanabilme

AYRINTILI DERS PROGRAMI VE OLASI SENARYOLAR

1. Ders

KAZANIM(LAR)

- Dik prizmaları tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer.**

Öğretmen öğrencilere geçmiş senelerde öğrendikleri dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpü hatırlatır. Kare prizma ve küpün dikdörtgenler prizmasının özel hali olduğu tartışılır. Öğretmen önceden 3B yazıcıdan çıktısını aldığı çeşitli boyutlardaki dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpü öğrencilere dağıtır ve özellikle hakkında öğrenciler ile tartışır.

Öğretmen: 3B yazıcıdan çeşitli boyutlarda aldığım dikdörtgenler prizmalarını, kare prizmalarını ve küpleri hep birlikte inceledik. Peki, şimdi bunların ortak özellikleri hakkında biraz konuşalım.

Öğrenci: Hepsinin yan yüzleri dikdörtgen.

Öğrenci: 8 köşeleri var.

Öğrenci: 6 yüzü var.

Öğrenci: 12 ayrıtı var.

Öğrenci: Yan yüzeyleri eş ve paralel.

Öğrenci: Yan yüzleri taban düzlemine dik.

Öğrenciler uygun olan ve uygun olmayan düşüncelerini paylaşır.

Öğretmen: Evet çocuklar, peki prizma nedir? Prizma denilince aklınıza ne gelmektedir?

Öğrenci: Dikdörtgenler prizması, kare prizma,...

Öğretmen: Şimdi size 3B yazıcıdan yazdırdığım çeşitli prizma örnekleri göstereceğim.

Öğretmen daha önceden yazdırdığı üçgen prizma, beşgen prizma ve altıgen prizmayı öğrencilere gösterir.

Öğretmen: Bu prizma örneklerine bakarak prizmaları tanımaya çalışalım.

Öğrenci: Yan yüzleri paralel.

Öğrenci: Tabanları çokgen.

Öğrenci: Karşılıklı kenarları birbirine paralel.

Öğrenci: Yan yüzleri taban düzlemine dik.

Öğrenci ve öğretmen prizma konusunda düşüncelerini paylaşır.

Öğretmen: O zaman şimdi tanımlayalım. “Tabanları herhangi bir eş çokgensel bölgelerden, yan yüzleri dikdörtgensel bölgelerden oluşan geometrik cisimlere **prizma** denir. Yan yüzleri tabanlara dik olan prizmalara dik prizma denir. Dik prizmaların karşılıklı yüzleri birbirine eşit ve paraleldir. Dik prizmalarda tabanları birleştiren dik doğru parçasına yükseklik denir. Dik prizmalar tabanlarına göre isimlendirilir.”

Öğretmen: Şimdi Tinkercad’i açalım. Temel şekillerden Poligon’a basıp çalışma düzlemine sürükleyelim.

Öğretmen: Taraflar kısmını sürüklediğimizde üçgen prizmadan 12 gen prizmaya kadar prizma oluşturabiliriz. Hepinizden oluşturulabilecek bütün prizmaları oluşturmanızı ve gözlemlemenizi istiyoruz.

Öğrenciler gözlem yapar.

Öğretmen: Şimdi her birinize bir prizma söyleyeceğim. Size söylediğim prizmayı istediğiniz boyutlarda (üç boyutlu yazıcıdan çıkarılabilecek) oluşturacaksınız. Ve birlikte oluşturduğunuz bu prizmaları 3B yazıcıda yazdıracağız.

Öğrenciler hangi prizmayı oluşturacaklarını öğrenir ve istedikleri boyutlarda oluşturur.

Öğrenciler uzunluk, genişlik ve yüksekliğin nasıl değiştiğini gözlemler.

Öğretmen: Herkes prizmasını oluşturduğuna göre şimdi yazdıralım.

Öğrenciler kaydeder, Flash belleğe atar ve yazıcıya aktarır.

Öğretmen: 3B yazıcıda yazdırma işlemi devam ederken 3B yazıcının nasıl çalıştığını gözlemleyelim. Ucunun hareketlerini takip edelim.

Öğrenciler ve öğretmen 3B yazıcının çalışmasını izler.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

2. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik prizmaları tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer.**

Öğretmen: Geçen ders yazdırmaya bıraktığımız prizmalarında yazdırılma işlemi bitti. Herkes kendi oluşturduğu prizmayı alsın bakalım.

Herkes oluşturduğu prizmayı alır ve inceler.

Öğretmen: Şimdi elinizdeki prizmalarınızı biraz incelemenizi istiyorum. Daha sonra herkes kendi prizmasını bizimle paylaşsın. Bize anlatsın.

Öğrenciler prizmalarını inceler ve daha sonra ise prizmasını sınıfa anlatır. Öğretmen öğrencilere anlatım konusunda yardımcı olur.

Öğrenciler prizmalarının tabanlarının, yan yüzlerini, ayırıt sayılarını, köşe sayılarını gösterir ve anlatır.

Öğretmen: Üçgen prizmadan başlayıp birçok farklı prizma çeşitleri ile tanıştık.

Öğretmen: Tanıtma işi bittiğine göre arkadaşlarınızın oluşturduğu prizmaları elinize alıp inceleyebilirsiniz.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

3. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik prizmaları tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınıını çizer.**

Öğretmen: Geçtiğimiz dersimizde prizma çeşitlerini gördük, temel özelliklerinden bahsettik. Şimdi bu konuyu biraz daha açalım ve tartışalım. 3B yazıcıdan yazdırdığımız prizmaları kullanarak dersime devam edeceğim.

Öğretmen üçgen prizmayı eline alır.

Öğretmen: Üçgen prizmayı inceleyelim. Prizmalarda üç ayrıtın kesiştiği noktaya “köşe” adı verilir. Kaç tane köşesi var sayalım.

Öğrenci: 6 tane.

Öğretmen: Bir cismi sınırlayan parçaların her birine yüzey denir. Taban ve yan yüzlerine bakalım.

Öğrenci: Tabanları üçgensel bölge. Yan yüzleri dikdörtgen.

Öğrenci: 2 tane taban, 3 tane yan yüzü var.

Öğretmen: Prizmalarda iki yüzün kesiştiği doğru parçalarına “ayrıt” adı verilir. Kaç tane ayrıtı var sayalım.

Öğrenci: 9 tane ayrıtı var.

Öğretmen: Kare prizma, dikdörtgenler prizması ve küpü zaten daha öncesinde de değinmiştik. Şimdi beşgen prizmayı aynı şekilde inceleyelim. Kaç tane köşesi var?

Öğrenci: 10 tane.

Öğretmen: Taban ve yan yüzleri için neler söyleyebiliriz?

Öğrenci: Tabanları beşgensel bölge, yan yüzleri dikdörtgen.

Öğrenci: 2 tane tabanı, 5 tane yan yüzü var.

Öğretmen: Kaç tane ayrıtı var?

Öğrenci: 15 tane.

Öğretmen: Evet çocuklar şimdi geri kalan prizmaları sizin aynı şekilde yapmanızı istiyorum. Modelleri elinize alarak kontrol edebilirsiniz. En son hep birlikte kontrol edeceğiz.

	Ayrıt sayısı	Köşe sayısı	Yüz sayısı	Taban sayısı	Yanyüz sayısı	Cismi Oluşturan Bölgeler
Altıgen prizma						
Yedigen prizma						
Sekizgen prizma						
Dokuzgen prizma						
Ongen prizma						
11-gen prizma						
12-gen prizma						

Öğrenciler tabloyu doldurur. Tablo en son öğretmen ile birlikte kontrol edilir.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

4. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik prizmaları tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.**

Öğretmen: Geçtiğimiz dersimizde prizmaya uygun örnekler oluşturduk ve bunları inceledik. Bu ders ise sizden prizmaya uygun olmayan örnekler oluşturmanızı istiyorum.

Öğrenciler Tinkercad üzerinde prizmaya uygun olmayan örnekler oluşturur. Kimisi paralel durumunu göz ardı eder, kimi yan yüzlerin eş olmasını, kimi tabanların aynı olma ve eş olma durumunu ihlal eder.

Öğretmen: Prizma için uygun olmayan örnekleri oluşturduğumuza göre şimdi bunları 3B yazıcıdan çıkaralım.

Öğrenciler oluşturduklarını 3B yazıcıya aktarır ve yazdırmaya başlatır.

Öğretmen: Yazdırma işlemi devam ederken, şimdi açınım konusuna değinelim. Açınım nedir?

Öğrenci: Bir cismin yüzeylerinin açılarak bir düzlem üzerine yayılmasıdır.

Öğretmen: Şimdi hepiniz birer tane prizma alın ve onu inceleyip, döndürün sonra da seçtiğiniz bir ayrıttan açtığınızda nasıl görüneceğini çiziniz. İsterseniz benden veya bir arkadaşınızdan yardım alabilirsiniz.

Öğrenciler ilk ders kendilerinin oluşturduğu prizmalardan birini alır ve açınımını elindeki model üzerinde düşünerek çizmeye çalışır.

Öğretmen: Kiminiz doğru bir açınım çizerken bazı arkadaşlarınız zorlandı. Şimdi doğru yapan arkadaşlarımız yaptıklarını bizimle paylaşsın.

Öğrenciler doğru yaptıkları prizma açınımalarını arkadaşlarına anlatır. Düşüncelerini paylaşır.

Öğretmen: Açınımı doğru yapılmayan modelleri ise hep birlikte düşünelim.

Öğretmen ve öğrenciler prizmaların açınımlarını yaparken nelere dikkat edilmesi gerektiğini paylaşır, açınımları yapar.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

5. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik prizmaları tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.**

Öğretmen: Yazdığınız uygun olmayan prizma modellerini herkes alsın. Ve bizlere neden uygun olmadığını tanımlayarak anlatsın.

Öğrenciler yazdırdıkları modellerin neden uygun olmadıklarını anlatır.

Öğretmen: Şimdi geçen ders değindiğimiz açınım konusuna tekrar geri dönelim. Önceden yazdığınız prizma açınım kartlarını inceleyelim ve prizmaların açınımını ve kapalı halini deneyimleyelim birlikte.

Öğrencilerin açınım kartlarını dener.

Öğretmen: Şimdi sizden bu açınım kartları gibi farklı prizma açınımlarını yazdırmanızı istiyorum. İlk olarak size ben nasıl yaptığımı bir örnek üzerinden göstereceğim ve sonra sizden yapmanızı istiyorum.

Öğretmen öğrencilere nasıl açınım kartı tasarlayacaklarını anlatır.

Öğretmen: Şimdi herkes anladıysa sizin farklı açınımlar tasarlamanızı istiyorum. Mutlaka benden yardım alın.

Öğrenciler farklı açınım kartları tasarlar ve 3B yazıcıdan yazdırılır.

Öğretmen: Bugün zorlu bir görevimiz daha var. Sizden puzzle küp oluşturma istiyorum.

Öğretmen yapmasını istediği küpün resmini öğrencilere gösterir.

Öğretmen: Bu zorlu görevi takım halinde çalışarak yapmaya çalışacağız. Sınıfın iki gruba ayrılmasını istiyorum.

Öğrenciler grupları oluşturur.

Öğretmen: İlk önce sadece bir süre düşünmenizi düşüncelerinizi kâğıda planlı ve düzenli bir şekilde aktarmanızı istiyorum.

Öğrenciler cismi nasıl oluşturacaklarını planlarlar ve düşüncelerini öğretmenleri ile paylaşırlar.

Öğretmen: Stratejimizi belirlediysek ve planımızı oluşturduysak şimdi grup içinde dağılımı gerçekleştiriniz.

Öğrenciler görev dağılımı yapar.

Öğretmen: Görev dağılımını yaptığınıza göre şimdi cismi oluşturmak için Tinkercad uygulamasını açalım ve oluşturalım.

Öğrenciler görev ve sorumluluklarını yerine getirir. Cismi oluşturur.

Öğretmen: Şimdi iki grupta tamamladığına göre cismi 3B yazıcıda yazdıralım.

Öğretmen ve öğrenciler cismi 3B yazıcıya aktarır. Yazıcıda gözlem yapar.

Öğretmen: Ders kitabından sayfa 285-286'daki soruları birlikte çözelim.

Öğrenciler öğretme rehberliğinde soruları cevaplandırır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

6. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik prizmaları tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.**
- **Dik dairesel silindirin temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.**

Öğretmen: Geçen ders gruplar halinde oluşturduğunuz puzzle küpün 3B yazıcıda yazdırılma işlemi tamamlandı. Şimdi tekrar herkes önceki dersteki grubuna dönsün. Ve oluşturduğunuz puzzle küpleri inceleyin. Küpün farklı açınımlarını yapıp kapattığınızda cismin nasıl hareket ettiğini gözlemleyin. Daha sonra bize düşünceleriniz ve tecrübeleriniz ile ilgili bir sunum hazırlayın.

Öğrencilere bunun için 5 dk süre verilir.

Öğretmen: Sunum için hazırsak gruptan bir kişi veya birkaç kişi sunumu yapabilirsiniz. Sunum için süreniz yaklaşık 3 dakikadır.

Öğrenciler sunumlarını gerçekleştirir. Sınıfça küpün farklı açınımları puzzle küp üzerinden tartışılır.

Öğretmen: Küpün farklı açınımlarını gördük. Şimdi de yazdığınız prizma açınım kartlarını deneyimlemenizi istiyorum.

Öğrenciler açınım kartlarını inceler.

Öğretmen: Şimdi diğer bir konumuz olan dik dairesel silindiri tanıyalım.

Öğretmen önceden 3B yazıcı ile yazdırdığı bazı dik dairesel silindir modelleri sınıfa getirir.

Öğretmen: Elimde gördüğünüz cisimler dik dairesel silindirlerdir. Elinize alıp bu cisimleri incelemenizi ve günlük hayatınızda nerelerde karşılaştığınızı düşünmenizi istiyorum.

Öğrenci: Konserve kutusu, boru, kablolar, pil...

Öğretmen: Şimdi elinizde tuttuğunuz dik dairesel silindirlerde neler görüyorsunuz bunları konuşalım.

Öğrenci: Tabanları daire.

Öğrenci: Yan yüzü var.

Öğrenci: Yan yüzü dikdörtgen.

Öğrenci: Dik.

Öğrenci: Tabanları birbirine eş ve paralel.

Öğretmen: Aferin. Üst ve alt tabanı eş dairelerden ve bu tabanların çevresindeki noktaları birleştiren doğru parçasının tabanlara dik olmasıyla oluşan geometrik cisim **dik dairesel silindir** denir.

Öğretmen: Şimdi sizden istediğiniz boyutlarda bir dik dairesel silindir oluşturmanızı istiyorum.

Öğrenciler Tinkercad üzerinden kolay bir şekilde istedikleri boyutlarda bir dik dairesel silindir oluşturur.

Öğretmen: Her biriniz kendi dik dairesel silindirini oluşturmayı başardı. Şimdi bunları 3B yazıcıda yazdıralım.

Öğrenciler 3B yazıcıya aktarır ve yazdırılma işlemi başlar.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

7. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik dairesel silindirin temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer.**

Öğretmen: Bir önceki dersimizde 3B yazıcıya herkes kendi oluşturduğu dik dairesel silindirini yazdırılmak üzere göndermişti. Yazdırma işlemi bitti. Şimdi herkes oluşturduğu dik dairesel silindirini alsın.

Öğrenciler kendileri istedikleri boyutlarda oluşturdukları dik dairesel silindirlerini alırlar ve inceler.

Öğretmen: Elimizdeki çeşitli dik dairesel modellerine bakarak size bazı sorular soracağım. Dik dairesel silindirin kaç köşesi var?

Öğrenci: Köşesi yoktur.

Öğretmen: Evet. Peki, Silindirin alt ve üst kısmında bulunan dairelere ne denir?

Öğrenci: Taban denir.

Öğretmen: Peki dik dairesel silindirin ayrıtı var mıdır?

Öğrenci: Vardır.

Öğrenci: Yoktur.

Öğretmen: Dik dairesel silindirin ayrıtı yoktur. Silindirin ana doğruları vardır. Tabanların karşılıklı iki noktasını birleştiren ve eksene paralel olan doğrulara silindirin ana doğruları denir.

Öğretmen elindeki modelde eliyle öğrencilere gösterir.

Öğretmen: Bir de silindirin yüksekliği ve ekseni hakkında konuşalım. Silindirin üst tabanının bir noktasından alt tabana indirilen dikmeye yükseklik denir ve h ile gösterilir. Silindirin tabanlarının merkezini birleştiren doğruya eksen denir.

Öğrenciler ve öğretmen ellerindeki 3B yazıcıdan aldıkları dik dairesel silindirler üzerinden temel elemanlarını görürler.

Öğretmen: Elimizdeki dik dairesel silindirleri yan çevirdiğimizde yine dik dairesel silindir olur mu?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen daha önceden 3B yazıcıda yazdırdığı geniş ve uzun dik dairesel silindirleri öğrencilere gösterir.

Öğretmen: Peki elimdekiler dik dairesel silindir midir? (Öğretmen eline prototip olmayan silindir örnekleri alır.)

Öğrenci: Evet/Hayır.

Öğretmen: Sizden 2 kişilik gruplar halinde dik dairesel silindire örnek olmayan durumlar oluşturmanızı istiyorum?

Öğrenciler dik dairesel silindire uygun olmayan örnekler oluşturur.

Öğretmen: Oluşturduğunuza göre şimdi bunları 3B yazıcıda yazdıralım. Bir sonraki dersimize hazır olsun.

Öğrenciler oluşturdukları cisimleri 3B yazıcıya aktarır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

8. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik dairesel silindirin temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer.**

Öğretmen: Bir önceki ders oluşturduğunuz dik dairesel silindire uygun olmayan modellerinizi alabilirsiniz. Sizden kısaca neden uygun olmadığına dair fikirlerinizi sınıf ile paylaşmanızı istiyorum.

Öğrenciler modellerinin neden uygun olmadığını sınıfa anlatır.

Öğretmen: Bu dersimizde dik dairesel silindirin açılımını üzerine odaklanacağız. Bunun içinde en öncelikle bilmemiz gereken şey dik dairesel silindirin yan yüzünün hangi şekilden oluştuğudur. Sizden ilk ders oluşturduğunuz dik dairesel silindirlerinizin tekrar almanızı istiyorum.

Öğrenciler dik dairesel silindirlerini alır. Öğretmen öğrencilere kâğıt, bant ve makas verir.

Öğretmen: Elinizdeki dik dairesel silindirin yan yüzünün hangi geometrik şekilden oluştuğunu bulmak için size verdiğim kâğıt, bant ve makası kullanmanızı istiyorum.

Öğretmen öğrencilere nasıl bulacaklarını çok açıklamaz. Öğrenciler düşünür ve düşüncelerini öğretmenleri ile paylaşır.

Öğretmen: Herkes nasıl bir yol izleyeceğini fark etti mi? Şimdi yapmaya başlayalım bakalım.

Öğrenciler yan yüzü bulmak için düşündüklerini denerler.

Öğretmen: Evet aferin hepiniz bitirdiniz. Hangi şekilden oluşuyormuş?

Öğrenci: Dikdörtgen.

Öğretmen: Aferin. O zaman dik dairesel silindirimiz 2 daire ve bir dikdörtgenden oluşuyor diyebilir miyiz?

Öğrenci: Evet.

Öğretmen: Peki o zaman dik dairesel silindirin açılımını nasıl yapabiliriz?

Öğrenciler düşündükleri çizimleri çizerler ve neden doğru neden yanlış oldukları sınıfça tartışılır.

Öğretmen: Ders kitabından sayfa 290'daki soruları cevaplandıralım.

Öğrenciler öğretmen rehberliğinde soruları cevaplandırır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

9. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik dairesel silindirin yüzey alanı bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer.**

Öğretmen: Bir önceki dersimizde dik dairesel silindirin açılımı yapmıştık. Yan yüzünün dikdörtgenden oluştuğundan bahsetmiştik. Kim bize açılımı çizmek ister?

Öğrenci tahtada dik dairesel silindirin açılımı çizer.

Öğretmen: Sizce bu dikdörtgenin silindirin tabanı ile temas eden kenarı nasıl bulunur?

Öğrenciler bir önceki derste 3B yazıcıdan yazdırdıkları dik dairesel silindirlerinin yan yüzünü bulurken kâğıt kaplama esnasında fark etmiş olabilir.

Öğrenci: Dairenin çevre uzunluğu kadar.

Öğrenciler fark edememiş ise öğretmen öğrencilere model üzerinde tekrar gösterir.

Öğretmen: 3B yazıcıdan çıktısını aldığım bir silindire ait yan yüz ve bir tabanın ayrı ayrı çıktısını aldım. Şimdi daire üzerinde bir işaret koyalım ve dikdörtgenin uzun kenarında çevirelim ve deneyelim.

Öğretmen: Peki dikdörtgenin diğer kenarı silindirin neyine eşit olur?

Öğrenci: Yüksekliğine.

Öğretmen model üzerinden gösterir.

Öğretmen: O zaman şimdi herkes 3B yazıcıdan yazdırdığımız dik dairesel silindirlerden birini alsın. Ve ilk önce bu silindirin yarıçapını ve yüksekliğini bulup, daha sonra yüzey alanını hesaplayalım.

Öğrenciler cetvel ile ölçerek yarıçap ve yüksekliği bulur, yaklaşık değeri de bulabilir. Daha sonra yüzey alanını bulmak için gerekli işlemleri öğretmen desteği ile birlikte yapar.

Öğretmen: Sayfa 297'deki soruları cevaplandıralım.

Öğrenciler öğretmenler rehberliğinde soruları cevaplandırır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

10. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer.**

Öğretmen: Bugünkü konumuz dik dairesel silindirin hacmi. İlk olarak hacim denilince aklınıza ne geliyor?

Öğrenciler fikirlerini sınıfla paylaşır.

Öğretmen: Cismin boşlukta kapladığı yer cismin hacmidir. Dik dairesel silindirin hacmini taban alanı ile yüksekliği çarparak bulabiliriz.

Öğretmen eline dik dairesel silindir alır.

Öğretmen: Dik dairesel silindirin tabanı daireden oluşur. Dairenin alanı nasıl bulunur?

Öğrenci: πr^2 .

Öğretmen: O zaman dik dairesel silindirin hacmi taban alanı çarpı yükseklikten ne bulunur?

Öğrenci: $\pi r^2 \cdot h$

Öğretmen: Aferin çocuklar. Şimdi hepinizden 3B yazıcıdan çıktısını aldığımız dik dairesel silindirlerden birini alın ve yarıçapı ve yüksekliğini bularak hacmini bulalım. ($\pi=3$)

Öğrenciler yarıçapı ve yüksekliği hesaplayarak hacmini bulur.

Öğretmen: Sınıf iki gruba ayrılınsın. Ve her grubun aynı hacme sahip en az iki farklı dik dairesel silindir oluşturmalarını istiyorum. Hacmi grup belirleyecek. Modeli oluşturmada önce grup bana ne yapacağını anlatsın. Sonra modeli oluşturun. En son 3B yazıcıda yazdıracağız.

Gruplar planlı ve düzenli bir şekilde birlikte çalışırlar. Aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindirlerini oluştururlar.

Öğretmen: Gruplar aynı hacme sahip farklı dikdörtgenler prizmalarını oluşturduğuna göre şimdi 3B yazıcıda yazdıralım.

Öğrenciler 3B yazıcıya aktarır ve yazdırır.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

11. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer.**

Öğretmen: Bir önceki ders gurupların oluşturdukları aynı hacme sahip farklı dik dairesel silindirlerin 3B yazıcıda yazdırılma işlemi tamamlandı. Gruplardan şimdi neler yaptıklarını sınıfça paylaşmasını istiyorum.

Gruptan bir kişi sözcü seçilir ve ne yaptıklarını sınıfa anlatır.

Öğretmen sınıfa içi boş bir kutular getirir. Daha önceki derslerde öğrencilerin oluşturdukları dik dairesel silindirleri getirir.

Öğretmen: Geçtiğimiz derslerde oluşturduğumuz dik dairesel silindirleri kullanarak elimde gördüğünüz bu kutuya sığabilecek en büyük dik dairesel silindiri bulmaya çalışalım.

Öğrenciler ellerindeki dik dairesel silindirleri denerler. Kimi çok küçük kalır, kimi sığmaz.

Öğretmen sığabilecek en büyük dik dairesel silindiri dersten önce kendisi oluşturur ve yazdırır.

Öğretmen: Çeşitli denemeler yaptınız. Bu denemeler sonucunda küpün içine sığabilecek en büyük dik dairesel silindiri buldunuz. Peki, buradan ne sonucu çıkarabiliriz?

Öğrenci: Küpün içine sığabilecek en büyük silindirin çapı küpün ayırıt uzunluğuna eşit olmalıdır.

Öğrenci: Dik dairesel silindirin yüksekliği küpün yüksekliğine eşit olmalıdır.

Öğretmen: Evet aferin çocuklar.

Öğretmen: Ders kitabından sayfa 303 ve 304'teki soruları cevaplandıralım.

Öğrenciler öğretmen rehberliğinde soruları cevaplandırır.

Öğretmen: Bugünkü dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

12. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik piramidi tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açılımını çizer.**

Öğretmen: Bugünkü dersimizde dik piramidi tanıyacağız. Aklınıza neler gelmektedir?

Öğrenciler akıllarına gelen düşüncelerini paylaşırlar. Mısır piramidi, çatı gibi...

Öğretmen: Yan yüzlerin taban düzlemi dışında ve farklı bir düzlemde bulunan noktada kesişmesiyle tepe noktası oluşmuştur ve bu geometrik cisimlere **piramit** denilmektedir.

Öğretmen 3B yazıcıdan aldığı üçgen dik piramit ve dörtgen dik piramit modelleri üstünde gösterir.

Öğretmen: Piramitler tabanlarına göre isimlendirilir. Üçgen piramit, kare piramit, altıgen piramit gibi... Sizden Tinkercad uygulamasını açmanızı istiyorum.

Öğrenciler uygulamayı açar.

Öğretmen: Şimdi her birinize farklı piramitler oluşturacaksınız. Kiminiz beşgen piramit, kiminiz ongen piramit oluşturacak. Hepinize ayrı ayrı hangisini oluşturacağınızı söyleyeceğim.

Öğretmen öğrencilere neyi yapacaklarını söyler.

Öğretmen: Tinkercad üzerinde piramit yazan yere tıklayıp çalışma düzlemine sürükleyelim. Burada 28- gen piramite kadar piramit oluşturabiliriz Şimdi herkes kendi piramitlerini oluştursun.

Öğrenciler onlardan istenilen piramitleri istedikleri boyutlarda oluştururlar.

Öğretmen: Bittiğine göre şimdi 3B yazıcıda yazdıralım.

3B yazıcıya aktarılır ve yazdırma işlemi başlatılır.

Öğretmen: Yazdırma işlemi sürerken benim daha önceden 3B yazıcıda yazdırdığım üçgen ve kare piramit örnekleri üzerinden dik piramitlerin temel elemanlarını ele alalım.

Öğretmen modelleri eline alır.

Öğretmen: Piramidin temel elemanları tepe noktası, tabanı, yan yüzleri, ayrıtları ve yüksekliğidir. Kim bunları modelleri üzerinde bize göstermek ister.

Gönüllü bir öğrenci seçilir ve temel elemanlarını model üstünde gösterir.

Öğretmen: Kapalı bölgeye piramidin tabanı, dışındaki noktaya ise tepe noktası denir. Piramidin tepe noktasından taban düzlemine inen dik doğru parçasına piramidin yüksekliği denir.

Öğretmen model üstünde tanımladığı temel elemanları gösterir.

Öğretmen: Piramidin yan yüzleri üçgenlerden oluşmaktadır. Tepe noktasından üçgenin taban kenarına çizilen dik doğru parçasına yan yüz yüksekliği denir. Sorusu olan var mı?

Öğretmen öğrencilerin sorularını alır, öğrenciler düşüncelerini paylaşır.

Öğretmen: Şimdi de piramidin açınımını yapalım. Elimde kapalı hali olan üçgen ve kare piramit modellerine bakarak açınımını çizmeye çalışalım Herkes önce kendi çizsin sonra hep beraber tartışalım.

Öğrenciler 3B yazıcıdan yazdırılmış üçgen ve kare piramit modellerini ellerine alarak, döndürerek vs açınımı yapmaya çalışırlar.

Öğretmen: Şimdi her birinizden farklı piramit açınım kartları tasarlamanızı ve yazdırmanızı istiyorum.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

13. Ders

KAZANIM(LAR)

- Dik piramidi tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.

Öğretmen: Bir önceki ders 3B yazıcıya yazdırmaya bıraktığımız piramitlerimiz hazır. Herkes yaptığı piramidi alıp, incelesin.

Öğrenciler yaptıkları piramitleri alır ve inceler.

Öğretmen: Kim piramidini bize tanıtmak ve temel elemanlarını bize göstermek ister.

Öğretmen gönüllü öğrencileri seçer. Öğrenciler piramidini tanıtır ve temel elemanlarını gösterir.

Öğretmen: Şimdi 3B yazıcıdan yazdırdığımız bütün piramitlerin yüz yazısı, ayrıt sayısı ve köşe sayısını bulalım.

	Yüz sayısı	Ayrıt sayısı	Köşe sayısı
Beşgen piramit			
Altıgen piramit			
Yedigen piramit			
Sekizgen piramit			
Ongen piramit			
On bir gen piramit			

Öğrenciler ve öğretmen birlikte ellerindeki modeller ile tabloyu doldurur.

Öğretmen: Şimdi de hep birlikte yazdırdığımız piramit açınım kartları üzerinden açınımlarını deneyimleyelim.

Öğretmen ve öğrenciler ellerindeki modellerin açınımlarını deneyimler.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

14. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik koniyi tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımlarını çizer.**

Öğretmen: Bu dersimizde dik koniyi öğreneceğiz. Koni denilince aklınıza ne gelmektedir?

Öğrenciler sınıfla düşüncelerini paylaşır, örnekler verir.

Öğretmen: Dairesel bölgenin çevresindeki tüm noktaların tepe noktası ile birleştirilmesi sonucu oluşan geometrik cisimlere **dik koni** denir.

Öğretmen tanımı yaparken aynı zamanda 3B yazıcıda yazdırdığı dik koni modeli üzerinde de gösterir.

Öğretmen: Koninin tanımını öğrendiğimize göre şimdi 3B yazıcıda herkes kendi konisini oluştursun. Tabanın bir daire olacağını unutmayın!

Öğrenciler konilerini oluşturur, öğretmen kontrol eder.

Öğretmen: Şimdi 3B yazıcı da yazdıralım. Onlar yazdırılmaya devam ederken biz temel elemanlarını düşünelim. Temel elemanları ne olabilir?

Öğrenci: Yükseklik

Öğrenci: Ayrıt

Öğrenci: Tepe noktası

Öğrenci: Taban

Öğrenci: Yan yüz

Öğretmen: Koninin temel elemanları tepe noktası, ana doğru, taban, eksen, yükseklik ve yanal yüzüdür. Tepe noktasını kim gösterecek?

Öğrenci öğretmenin yazdırdığı model üzerinde tepe noktasını gösterir.

Öğretmen: Evet, tabanı kim gösterecek?

Öğrenci koninin tabanını gösterir.

Öğretmen: Dairesel bölgeye koninin tabanı, dışındaki noktaya ise koninin tepe noktası denir. Yan yüz ve yüksekliği kim gösterecek?

Öğrenci yan yüzü ve yüksekliği gösterir.

Öğretmen: Koninin tepe noktasından daireseel bölgenin merkezine inen dik doğru parçasına yükseklik denir. Yükseklik aynı zamanda koninin eksenidir. Dairesel bölgenin çevresinin her noktasını tepeye birleştiren doğru parçalarının meydana getirdiği yüzeye yanal yüzey denir.

Öğretmen: Gördüğünüz gibi koninin ayrıtı ve köşesi yoktur.

Öğretmen: Şimdi sizde ellerinizdeki dik koninin yan yüzeyinin neyden oluştuğunu düşünmenizi istiyorum. İsterseniz kâğıt kaplayarak bulabilirsiniz. İsterseniz sadece modele bakıp düşünerek. İstedığınız şekilde düşünebilirsiniz.

Öğrenciler yan yüzeyinin neyden oluştuğunu bulmaya yönelik düşünürler.

Öğretmen: Düşüncelerini bizimle kimler paylaşmak ister.

Öğrenciler düşüncelerini paylaşır. Doğru ve yanlış ise neden doğru veya neden yanlış olduğu sınıfça tartışılır. Öğretmen doğrusunu tahtaya çizer.

Öğretmen: Evet daire dilimlidir. İsterseniz deneyebilirsiniz. Şimdi koninin açınımı nasıl olmalı bunun üzerine tartışalım.

Öğrenciler düşünür, gönüllü kişiler sınıfça fikirlerini paylaşır. Öğretmen açınımı tahtaya çizer.

Öğretmen: Sizden koni açınım kartı tasarlayıp yazdırmanızı istiyorum.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

15. Ders

KAZANIM(LAR)

- **Dik koniyi tanıır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.**

Öğretmen: Bir önceki ders 3B yazıcıda yazdırdığımız koni modellerimiz hazır. Herkes bir tane alsın, ellerindeki modelleri incelesin. Temel elemanlarına baksın. Onları tekrar bir hatırlasın. Gönüllü olan bir kişi de tahtada bize anlatsın.

Öğretmen gönüllü öğrenciyi seçer. Tahtada modeli incelerler.

Öğretmen: Yazdırdığımız koni açınım kartlarını alıp deneyimlemenizi ve fikirlerinizi paylaşmanızı istiyorum.

Öğrenciler koni açınım kartlarını inceler.

Öğretmen: Ders kitabından sayfa 313'teki soruları cevaplandıralım.

Öğrenciler öğretmen rehberliğinde soruları cevaplandırır.

Öğretmen: Bugünlük dersimiz burada sona ermiştir. Son kez hep birlikte dersi değerlendirelim ve bitirelim. Olur mu?

Öğretmen öğrenciler ile ders hakkında konuşur. Dersin nasıl geçtiği, zorlandıkları noktalar, konuyu bu şekilde iyi öğrenip öğrenemediklerini, bu şekilde ders işlemeyi sevip sevmediklerini.

EK 7. Görüşme Soruları

5. SINIF GÖRÜŞME SORULARI

* Görüşme soruları öğrencilere teker teker sözel olarak sorulacaktır. Öğrenci bir sonraki soruyu böylelikle görmeyecektir. Sadece şekilli sorular öğrenciye ayrı bir kâğıtta gösterilecektir. Öğrenciye ayrıca boş bir kâğıt ve kalem de verilecektir. Görüşmeler ses kaydı ile kayıt altına da alınacaktır. Görüşme süreleri 40 dakikayı geçmeyecektir.

- 1) Dikdörtgenler prizması denilince aklınıza neler gelmektedir?
 - Nasıl ifade edersiniz?
 - Günlük hayatımızdaki eşyalardan şekli dikdörtgenler prizmasına benzeyenlere örnekler veriniz.
- 2) Kare prizma denilince aklınıza neler gelmektedir?
 - Nasıl ifade edersiniz?
 - Günlük hayatımızdaki eşyalardan şekli kare prizmaya benzeyenlere örnekler veriniz.
- 3) Küp denilince aklınıza neler gelmektedir?
 - Nasıl ifade edersiniz?
 - Günlük hayatımızdaki eşyalardan şekli küpe benzeyenlere örnekler veriniz.
- 4) Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün birbirinden farkları nelerdir? Açıklayınız.
- 5) Dikdörtgenler prizmasının temel elemanları denilince aklınıza neler gelmektedir? Neden. Anlatınız.
 - Ayırıt denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Köşe denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Yüz denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpte kaç ayırıt, yüz ve köşe vardır? Açıklayınız.
- 6) Yüzey açılımı denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.
- 7) Dikdörtgenler prizmasının yüzey açılımını çiziniz. (Öğrenci çizerken ona neden öyle çizdiğine dair sorular sorularak tanımdan mı yoksa kavram imajından mı yararlandığı anlaşılmaya çalışılır.)
 - Kaç farklı çizim yapabilirsiniz?
- 8) Kare prizmanın yüzey açılımını çiziniz. (Öğrenci çizerken ona neden öyle çizdiğine dair sorular sorularak tanımdan mı yoksa kavram imajından mı yararlandığı anlaşılmaya çalışılır.)
 - Kaç farklı çizim yapabilirsiniz?

- 9) Küpün yüzey açılımını çiziniz. (Öğrenci çizerken ona neden öyle çizdiğine dair sorular sorularak tanımdan mı yoksa kavram imajından mı yararlandığı anlaşılmaya çalışılır.)

- Kaç farklı çizim yapabilirsiniz?

- 10) Yüzey alanı denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.

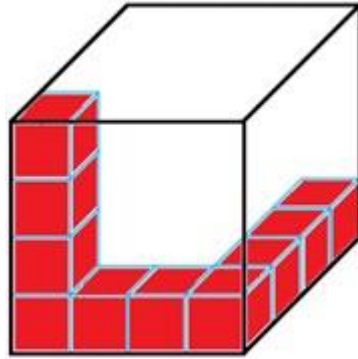
- 11) Ayrıt uzunlukları verilen prizmaların yüzey alanlarını hesaplayınız. Açıklayınız.
(Öğrencilere a,b ve c 'nin ne olduğu açıklanacaktır.)

	a	b	c	Yüzey alanı
Küp	2cm	2cm	2cm	
Dikdörtgenler prizması	5cm	7cm	6cm	
Kare prizma	3cm	3cm	9cm	

6.SINIF GÖRÜŞME SORULARI

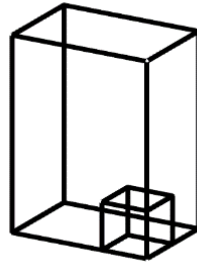
* Görüşme soruları öğrencilere teker teker sözel olarak sorulacaktır. Öğrenci bir sonraki soruyu böylelikle görmeyecektir. Sadece şekilli sorular öğrenciye ayrı bir kâğıtta gösterilecektir. Öğrenciye ayrıca boş bir kâğıt ve kalem de verilecektir. Görüşmeler ses kaydı ile kayıt altına da alınacaktır. Görüşme süreleri 40 dakikayı geçmeyecektir.

- 1) Prizma denilince aklınıza neler gelmektedir?
 - Prizma çeşitlerine örnekler verebilir misiniz? Başka.
 - Günlük hayatta prizmalara örnek verebilir misiniz? Başka.
 - Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küp denilince aklınıza neler gelmektedir?
- 2) Hacim denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.
- 3) Birim küp sayısı ile hacim arasında nasıl bir ilişki vardır?
- 4) (Birim küpler ile oluşturulmuş bir yapı gösterilir) Bu cismin hacmi kaç birim küptür? Neden.
- 5) Prizmaların hacmi denilince aklınıza ne gelmektedir?
- 6) Dikdörtgenler prizması, kare prizma ve küpün hacmini nasıl bulursunuz? Neden.
- 7) (Birim küpler ile oluşturulmuş dikdörtgenler prizması gösterilir.) Bu prizmanın hacmini nasıl bulursunuz? Açıklayınız.
 - Hacmi kaç br^3 tür? Neden.



8) Yukarıdaki prizmanın hacmini nasıl bulursunuz? Açıklayınız.

- Hacmi kaç br^3 tür? Neden.



9) Taban uzunlukları 3cm ve 2cm yüksekliği 5 cm olan dikdörtgenler prizmasının içine şekildeki gibi birim küpler yerleştirilecektir. Bunun için ne kadar birim küp gerekmektedir?

- ♦ Ne düşünüyorsunuz? Neden.
- ♦ Nasıl bulunur? Neden.

	a	b	c	Hacim (cm^3)
Küp	3 cm	3 cm	3 cm	
Kare prizma	4cm	4cm	5cm	
Dikdörtgenler prizması	2cm	4cm	3cm	

10) Yukarıdaki her bir prizmanın hacmini bulunuz? Açıklayınız. (Öğrenci bulmaya çalışırken ona sorular sorularak tanımdan mı yoksa kavram imajından mı yararlandığı anlaşılmaya çalışılır.)

11) Farklı hacimde prizmalar oluşturabilir misiniz?

- Nasıl oluşturursunuz?
- Oluşturunuz.

12) Aynı hacimde farklı prizmalar oluşturabilir misiniz?

- Nasıl oluşturursunuz?
- Oluşturunuz.

13) Herhangi bir cismin hacmini nasıl tahmin edersiniz? Düşüncelerinizi anlatınız.

- Ne gibi stratejiler kullanırsınız?
- Tahmin etme sizce niçin önemlidir? Açıklayınız.
- Yarı olimpik yüzme havuzu ölçüleri 25 metre boy ve 12,5 metre en şeklindedir. Yarı olimpik yüzme havuzu derinliği en az 2 metredir. Buna göre yarı olimpik yüzme havuzunun hacmi en az kaç m^3 'tür? Tahmin ediniz. Düşüncelerinizi paylaşınız.

14) Sıvı ölçme denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.

15) Katı cisimlerin hacmi ile sıvı ölçme arasında nasıl bir ilişki vardır?

- Katı cisimlerin hacmini sıvıların yardımıyla nasıl bulabiliriz?

8. SINIF GÖRÜŞME SORULARI

** Görüşme soruları öğrencilere teker teker sözel olarak sorulacaktır. Öğrenci bir sonraki soruyu böylelikle görmeyecektir. Sadece şekilli sorular öğrenciye ayrı bir kâğıtta gösterilecektir. Öğrenciye ayrıca boş bir kâğıt ve kalem de verilecektir. Görüşmeler ses kaydı ile kayıt altına da alınacaktır. Görüşme süreleri 40 dakikayı geçmeyecektir.*

1) Prizma denilince aklınıza neler gelmektedir?

- Dik prizma size ne ifade ediyor? Aklınıza neler geliyor? Neden dik denilmektedir?
- Prizma çeşitlerine örnekler verebilir misiniz? Başka.
- Günlük hayatta prizmalara örnek verebilir misiniz? Başka.

2) Dik prizmaların temel elemanları denilince aklınıza neler gelmektedir? Anlatınız.

- Ayrıt denilince aklınıza ne gelmektedir?
- Köşe denilince aklınıza ne gelmektedir?
- Yüz denilince aklınıza ne gelmektedir?
 - ♦ Dik prizmaların yan yüzleri hangi geometrik şekillerden oluşmaktadır?
- Taban denilince aklınıza ne gelmektedir?
 - ♦ Dik Prizmaların taban yüzeyleri hangi geometrik şekillerden oluşmaktadır?

3) Açınım denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.

4) İstedığınız dik prizma açınımını çiziniz. Çizerken yaptığınız şeyleri neden yaptığınızı anlatınız.

- Neden bu prizmaları seçtiniz?
- Başka hangi prizmaların açınımını çizebiliyorsunuz?
- Prizmaların açınımı çizmek sizce zor mu kolay mı? Neden.
- En çok nerede zorlanıyorsunuz?

5) Dik dairesel silindir denilince aklınıza ne gelmektedir?

6) Dik dairesel silindirin temel elemanları denilince aklınıza neler gelmektedir? Anlatınız.

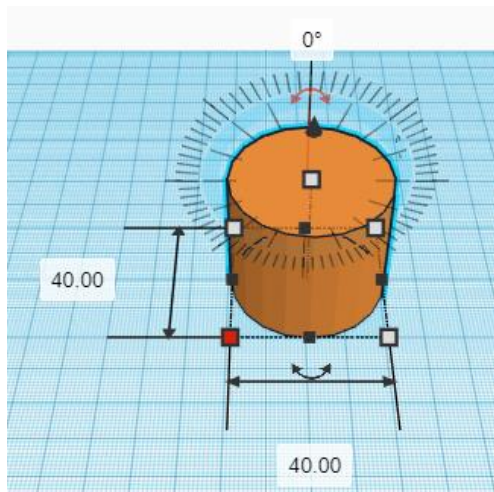
- Taban denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.
 - Dik dairesel silindirin taban yüzeyi hangi geometrik şekilden oluşmaktadır? Açıklayınız.
- Yan yüz denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.
 - Yan yüzü hangi geometrik şekillerden oluşmaktadır? Açıklayınız.
- Eksen denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.
- Ana doğru denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.
- Yükseklik denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.

7) Yüzey alanı denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.

8) Dik dairesel silindirin yüzey alanı nasıl bulunur? Neden. Açıklayınız.

9) Hacim denilince aklınıza ne gelmektedir? Açıklayınız.

10) Dik dairesel bir silindirin hacmi nasıl bulunur? Neden. Anlatınız.



11) Yüksekliği 35 cm olan yukarıdaki silindirin yüzey alanını ve hacmini hesaplayınız. Anlatınız.

12) Piramit denilince aklınıza neler gelmektedir?

- Piramidi nasıl anlatırsınız?

- Dik piramit denilince ne düşünüyorsunuz? Nasıl anlatırsınız.
 - Dik piramit çeşitlerine örnekler veriniz.
 - Günlük hayattan dik piramitlere örnekler veriniz.
- 13) Dik piramidin temel elemanları denilince aklınıza neler gelmektedir? Başka. Anlatınız.
- Tepe noktası denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Yanal ayrıt denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Yan yüz denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - ◆ Yan yüzleri hangi geometrik şekilden oluşmaktadır? Açıklayınız.
 - Yükseklik denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Taban ayrıtı denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Taban denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - ◆ Taban yüzeyi hangi geometrik şekillerden oluşmaktadır? Açıklayınız.
- 14) Koni denilince aklınıza neler gelmektedir?
- Koniye nasıl anlatırsınız?
 - Dik koni denilince ne düşünüyorsunuz? Nasıldır, anlatınız.
 - Günlük hayattan dik koniye örnekler veriniz.
- 15) Dik koninin temel elemanları denilince aklınıza neler gelmektedir? Başka. Anlatınız.
- Tabanı denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - ◆ Taban yüzeyi hangi geometrik şekilden oluşmaktadır? Neden.
 - Ana doğru denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Eksen denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Tepe noktası denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - Yanal yüzeyi denilince aklınıza ne gelmektedir? Anlatınız.
 - ◆ Yanal yüzeyi hangi geometrik şekilden oluşmaktadır? Neden.

ÜÇ BOYUTLU YAZICI GÖRÜŞME SORULARI

Görüşme soruları öğrencilere teker teker sözel olarak sorulacaktır. Öğrenci bir sonraki soruyu böylelikle görmeyecektir. Sadece şekilli sorular öğrenciye ayrı bir kâğıtta gösterilecektir. Öğrenciye ayrıca boş bir kâğıt ve kalem de verilecektir. Görüşmeler ses kaydı ile kayıt altına da alınacaktır. Görüşme süreleri 40 dakikayı geçmeyecektir.

- 1) Üç boyutlu yazıcı denilince aklınıza ne gelmektedir?
- 2) Üç boyutlu yazıcı hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?
- 3) Üç boyutlu yazıcı ile ders deneyimleriniz nasıldı?
- 4) Üç boyutlu yazıcı ile oluşturduğunuz etkinlikler hakkındaki düşünceleriniz nelerdir? Etkinlikler sırasında nelerde zorlandınız?
- 5) Üç boyutlu yazıcı ile deneyiminiz sırasında ne gibi sorunlarla karşılaştınız? Yazıcı kullanımında zorlandınız mı?

