



**DOKUZUNCU SINIF 'CANLILARIN YAPISINDA
BULUNAN TEMEL BİLEŞİKLER' KONUSUNUN
3B MODELLER İLE ÖĞRETİMİ**

Funda YALINKILIÇ

Yüksek Lisans Tezi

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı

2024

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
BİYOLOJİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

**DOKUZUNCU SINIF 'CANLILARIN YAPISINDA BULUNAN TEMEL
BİLEŞİKLER' KONUSUNUN 3B MODELLER İLE ÖĞRETİMİ**

(Teaching of the Subject 'Basic Compounds in the Structure of Living Things' with 3D
Models for Ninth Grade)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Funda YALINKILIÇ

Danışman: Prof. Dr. Şeyda GÜL

Erzurum
Nisan, 2024

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Funda YALINKILIÇ tarafından hazırlanan “Dokuzuncu Sınıf 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' Konusunun 3B Modeller İle Öğretimi” başlıklı çalışması 29/04/2024 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Biyoloji Eğitimi Bilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Mehmet YILMAZ

Gazi Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Danışman: Prof. Dr. Şeyda GÜL

Atatürk Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Esra ÖZAY KÖSE

Atatürk Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
....../.../.... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

.... / / 202..

Aslı ıslak imzalıdır

Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKOĞLU

Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Dokuzuncu Sınıf 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' Konusunun 3B Modeller İle Öğretimi” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

29/04/2024

Aslı ıslak imzalıdır

Funda YALINKILIÇ

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması aşamasında akademik desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Şeyda GÜL'e, değerli görüş ve önerleri ile tezime katkı sağlayan jüri üyeleri sayın Prof. Dr. Mehmet YILMAZ ve sayın Prof. Dr. Esra ÖZAY KÖSE'ye, bu süreçte maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim. Ayrıca tezimi SYL-2022-10791 proje numarası ile destekleyen Atatürk Üniversitesi BAP birimine teşekkürü bir borç bilirim.

Funda YALINKILIÇ



ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOKUZUNCU SINIF 'CANLILARIN YAPISINDA BULUNAN TEMEL BİLEŞİKLER' KONUSUNUN 3B MODELLER İLE ÖĞRETİMİ

Funda YALINKILIÇ

Nisan 2024, 85 Sayfa

Amaç: Bu araştırmanın amacı 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerin öğrencilerin başarılarına, öğrenmenin kalıcılığına, motivasyonlarına ve bilişsel yük düzeylerine etkisini incelemektir.

Yöntem: Bu araştırma nicel araştırma deseni çerçevesinde ele alınan yarı deneysel araştırma yöntemi ile yürütülmüştür. Araştırmanın deneysel aşamasında örnekleme Kocaeli ili Çayırova ilçesindeki kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile belirlenmiş bir ortaöğretim kurumunun 9. sınıfında öğrenim gören 61 öğrenci oluşturmaktadır.

Bulgular: Araştırmanın bulguları 3B modellerle desteklenen öğretimin öğrencilerin 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusundaki başarılarına ve bilgilerinin kalıcılığına, biyoloji dersine yönelik motivasyon düzeylerine, bilişsel yük düzeylerine olumlu düzeyde katkılar sağladığını ortaya koymuştur.

Sonuçlar: Bulgular ışığında, 3B modellerle öğretimin biyoloji dersi kapsamında 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunun öğretiminde olumlu etkiler yarattığı söylenebilir. Bu araştırma ile 3B modellerin öğrenme ortamlarında kullanılabilirliği, etkili öğretim sağladığı, öğrencilerin bilişsel yüklenme düzeylerini azalttığı ve motivasyonlarını artırdığı görülmüştür. Bu noktada gelişen teknoloji ile beraber öğrenme ortamlarına bu yeni teknolojilerin daha fazla entegre edilmesinin gerekliliği konusunda araştırmacılara ve öğretmenlere yol gösterici olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: 3B modeller, biyomoleküller, başarı, motivasyon, bilişsel yük

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

TEACHING OF THE SUBJECT 'BASIC COMPOUNDS IN THE STRUCTURE OF LIVING THINGS' WITH 3D MODELS FOR NINTH GRADE

Funda YALINKILIÇ

April 2024, 85 Pages

Purpose: The purpose of this research is to examine the effect of 3D models developed on the subject of 'Basic Compounds Found in the Structure of Living Things' on students' achievement, permanence of learning, motivation and cognitive load levels.

Method: This research was conducted with the quasi-experimental research method within the framework of the quantitative research design. In the experimental phase of the research, the sample consists of a total of 61 ninth grade students at a secondary education institution in the Çayırova district of Kocaeli province, determined by the convenience sampling method.

Findings: The findings revealed that teaching supported by 3D models made positive contributions to students' achievements in the subject of 'Basic Compounds Found in the Structure of Living Things', their retention of knowledge, motivation levels for the biology course, and cognitive load levels.

Conclusions: In the light of the findings, it can be said that teaching with 3D models creates positive effects in teaching the subject 'Basic Compounds Found in the Structure of Living Things' within the scope of biology course. This research showed that 3D models can be used in learning environments, provide effective teaching, reduce students' cognitive load levels and increase their motivation. At this point, it can be said that it provides guidance to researchers and teachers about the necessity of further integrating these new technologies into learning environments with the developing technology.

Keywords: 3D models, biomolecules, achievement, motivation, cognitive load

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	x
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
Giriş	1
Araştırmanın Amacı	3
Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi	3
Araştırmanın Sınırlılıkları	5
Varsayımlar	5
İKİNCİ BÖLÜM	6
Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar.....	6
Modelle Öğretim	6
3B Yazıcılar ve 3B Modeller	9
Eğitim Öğretim Sürecinde 3B Yazıcıların Kullanımı	11
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	16
Yöntem	16
Araştırma Yöntemi.....	16
Evren ve Örneklem	17
Veri Toplama Araçları	18
Başarı Testi (BT).....	18
Biyoloji Dersi Motivasyon Ölçeği (BDMÖ).....	23
Bilişsel Yük Ölçeği (BYÖ)	24
Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu (YYGF).....	24

Öğretim Materyalleri (3B Modeller).....	25
Uygulama Süreci.....	27
Verilerin Analizi.....	30
Araştırmacı Rolü	31
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	33
Bulgular	33
Birinci Alt Probleme Ait Bulgular	33
İkinci Alt Probleme Ait Bulgular	34
Üçüncü Alt Probleme Ait Bulgular.....	35
Dördüncü Alt Probleme Ait Bulgular	35
BEŞİNCİ BÖLÜM	40
Tartışma ve Sonuç	40
Öneriler.....	46
KAYNAKÇA	48
EKLER	55

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Deneyisel Uygulamalara Katılan Örneklem Grubuna Ait Betimsel İstatistikler</i>	17
Tablo 2. <i>Başarı Testinin Taslak Formundaki Sorulara Ait Belirtke Tablosu</i>	21
Tablo 3. <i>Başarı Testine Ait Madde Analizi Sonuçları</i>	22
Tablo 4. <i>Yirmi Beş Soruluk Nihai Testteki Sorulara Ait Belirtke Tablosu</i>	23
Tablo 5. <i>BDMÖ'ne Ait Alt Boyutları ve Alt Boyutların Güvenirlik Katsayıları</i>	24
Tablo 6. <i>Uygulama Gruplarına Ait Verilerin Levene Homojenlik Testi Sonuçları</i>	30
Tablo 7. <i>Uygulama Gruplarına Ait Verilerin Normal Dağılıma Uygunluğunun Analizi</i>	31
Tablo 8. <i>BT'ne Ait Betimsel İstatistikler</i>	33
Tablo 9. <i>BT'ne Ait Analiz Sonuçları</i>	34
Tablo 10. <i>BDMÖ'ne Ait Betimsel İstatistikler</i>	34
Tablo 11. <i>BYÖ'ne Ait Analiz Sonuçları</i>	35
Tablo 12. <i>Öğrenci Görüşlerinin Analiz Sonuçları</i>	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Üç Boyutlu Yazıcıların Olumlu ve Olumsuz Yönleri.....	10
Şekil 2. Üç Boyutlu Yazıcılarda Üretim Süreci.....	11
Şekil 3. Çalışmada Kullanılan Araştırma Deseni ve Uygulamaları	16
Şekil 4. 3B Modelin Yapım Aşamaları (Fosfolipit Örneği): (A) 3DS Max Tasarımı, (B) 3B Yazıcıda Basım Süreci, (C) 3B Baskı (Ön ve Yandan Görünüm)	26
Şekil 5. Glukoz Molekülünün Farklı Gösterimleri: (A) Yapısal Kimyasal Formülü, (B) 2B Molekül Modeli, (C) 3B Baskı, (D) 3B Baskı Modelin Boyanarak Renklendirilmiş Son Hali.....	26
Şekil 6. Deney Grubundaki Etkinliklere Ait Örnek Bir Kesit	29
Şekil 7. Kontrol Grubundaki Etkinliklere Ait Örnek Bir Kesit	30

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

BT: Başarı Testi

BDMÖ: Biyoloji Dersi Motivasyon Ölçeği

BYÖ: Bilişsel Yük Ölçeği

MEB: Millî Eğitim Bakanlığı

YYGF: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

3B MODEL: Üç Boyutlu Model



BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Genel olarak fen eğitimi, özelde ise biyoloji eğitimi günümüzde hızlı ilerlemeler kaydeden bilim ve teknoloji ile birlikte hızlı bir gelişme ve değişim geçirmektedir. Bu değişime paralel olarak konuların içeriği ve yapısı hatta öğrenme ortamındaki sunuluş biçimi de değişmektedir (Avinal, 2019). Nitekim alan yazında yürütülmüş olan birçok araştırmada bu duruma vurgu yapılmakta, teknolojilerin fen eğitime entegrasyonunun gerekliliğine dikkat çekilerek özellikle üç boyutlu (3B) yazıcı ve yazdırma teknolojilerinin de yaygınlaşması gerektiği ileri sürülmektedir (Aksakal, vd., 2015; Aktan vd., 2019; Gümüş vd., 2008; Rotbain vd., 2006).

Soyut konu ve kavramların öğrencilerin zihinlerinde canlandırılabilmesi ve anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesinde, derslerin farklı öğretim materyalleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu şekilde hem öğrencilerin herhangi bir konuya yönelik öğrenme güçlükleri giderilebilir, hem de öğrenmenin kalıcılığı sağlanarak süreç sonunda arzu edilen hedeflere ulaşılabilir. Özellikle çok sayıda soyut kavram içeren biyoloji gibi derslerde modellerden yararlanmak, soyut ve karmaşık konuların giderilmesinde etkili olabilmektedir. Bu noktada gelişen teknoloji ile birlikte üç boyutlu (3B) yazıcılar yardımıyla üretilen modellerin öğrenme ortamında kullanılmaya başlandığı ve sürece olumlu yansımalarının olduğu farklı araştırmalarla da ortaya konulmaktadır (Horowitz & Schuitz, 2014; Kwon, 2017; Lacey, 2010; Trust & Maloy, 2017; Wilk vd., 2020).

Günümüzde eğitime entegre edilen 3B yazıcıların faydaları arasında; öğrencilerin anlatılmak istenen objelerdeki mesajları daha doğru almalarını sağlamaları, sıkıcı kitap metinleri arasında dikkat kaybı yaşadıkları zaman öğrenilmesi istenen bilginin 3B olarak verilebilmesi, sınıf içerisinde etkileşimli bir öğrenme deneyimi sağlaması ile ders zamanını keyifli hale getirmesi, soyut kavramları somutlaştırarak eğitime materyal imkanı sağlaması ve konu anlatımlarında karmaşık görünen kavramsal ders konularını klasik tarz anlatımın aksine 3B baskı modeller ile öğrencilere hem görsel hem de hissel kavrama olanağı sağlaması söylenebilir (Güleryüz vd., 2019). Aynı zamanda derslerde 3B baskı teknolojisi kullanımının öğrencilere üç boyutlu düşünme becerisi kazandırdığı görülmektedir (Özsoy, 2019).

Eğitim ve öğretim süreçlerinde 3B yazıcılar, ders kitaplarında yer alan soyut unsurların görme ve dokunma aracılığıyla somut bir biçimde öğrenciye aktarılmasını sağlayan devrimsel nitelikte bir teknolojik unsurdur (Karaduman, 2018). 3B yazıcı kullanımının yaygınlaşmasıyla eğitim alanında da önemli atılımlar gerçekleştirilmiş; eğitim sürecinin daha ileri noktalara taşınabilmesi ve eğitimde 3B yazıcılar kullanılarak yeni eğitim yaklaşımlarının geliştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmalarda örneğin biyoloji dersinde kitaplarda resim ya da yazı ile ifade edilen moleküllerin üç boyutlu çıktıları alınarak kavram ve terimlerin öğrenciye aktarımı kolaylaşmakta, matematikte anlatılan geometrik şekillerin üç boyutlu çıktıları alınarak hesaplamalar bu cisimler üzerinde yapılabilmekte ya da sanatsal tasarım süreçlerinin çıktısı üç boyutlu olarak ortaya konabilmektedir. 3B yazıcıların eğitimde kullanımıyla hem sınıf içi etkileşim artmakta hem de öğrencilerin derse katılımında artış sağlanmaktadır (Kökhan & Özcan, 2018). Türkiye’de ortaöğretim ve lisans düzeyinde verilen eğitim süreçlerinde öğrencilerin ders ve yarışmaları için tasarlanan üç boyutlu objeler arasında roket parçası, otomotiv yedek parçası, mimarlıkta bina ve coğrafi modeller yer almaktadır (Kuzu Demir vd., 2016). Özellikle veterinerlik alanında anatomi derslerinde eğitim materyali olarak kullanılan hayvan kadavralarının muhafazasında kullanılan formaldehit ve zamanla karşılaşılan mikrobiyal gelişimin ortaya çıkardığı biyogüvenlik tehdidinin yanı sıra hayvan kadavrası temininde karşılaşılan etik kaygılar, 3B yazıcıları anatomi dersleri için bir alternatif haline getirmekte ve gerçek hayvandan elde edilen iskelet yerine plastik materyalden yapay iskelet üretimine olanak sağlayarak ön plana çıkarmaktadır (Şahin vd., 2022).

Birçok bilim insanı, öğrencilerin bir konu veya kavramı öğrenmelerinde 3B baskı teknolojilerinin faydalarını incelemiştir (Kwon, 2017; Lacey, 2010; Lin vd., 2018). Örneğin, Horowitz ve Schuitz (2014) 3B baskının somut modeller üretme açısından avantajlarını ve bu modellerin fen eğitimindeki önemini tartışmışlar ve olumlu görüşlerini ifade etmişlerdir. Diğer taraftan 3B model uygulamasıyla ilgili çalışmaların, öğrencilerin fen veya diğer konularda bilgi edinmelerine yardımcı olmak için 3D baskı teknolojisinin kullanımına odaklandığına dikkat edilmelidir (Lin vd., 2018). Bununla birlikte, ilgili deneysel araştırmalar hala yeterli değildir. Dolayısıyla bu araştırmada, 3D yazıcılar kullanılarak tasarlanan modeller yardımıyla biyoloji konularının öğretimi gerçekleştirilmiştir. Böylece dokuzuncu sınıf biyoloji dersi kapsamında ‘Canlıların yapısında bulunan temel bileşikler’ konusunun 3D modeller ile anlatımının öğrencilerin başarılarına, öğrenmenin kalıcılığına, bilişsel yük düzeylerine ve biyoloji dersine yönelik motivasyonlarına etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı soyut kavramlar bakımından zengin içeriğe sahip “Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler” konusu ile ilgili 3B yazıcılar kullanarak somut materyaller geliştirmek ve bu materyallerin ilgili ders konusunun öğretimindeki etkisini incelemektir. Bu bağlamda araştırmanın problem cümlesi 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerin öğrencilerin başarılarına, öğrenmenin kalıcılığına, derse yönelik motivasyonlarına ve bilişsel yük düzeylerine etkisi var mıdır?' şeklindedir. Araştırmanın alt problemleri ise aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerle yapılan öğretimin;

1. Öğrencilerin başarı düzeylerine ve bilgilerinin kalıcılığına anlamlı bir etkisi var mıdır?
2. Öğrencilerin derse yönelik motivasyonlarına anlamlı bir etkisi var mıdır?
3. Öğrencilerin bilişsel yük düzeylerine anlamlı bir etkisi var mıdır?
4. 3B modellerle öğretim yapılan deney grubundaki öğrencilerin uygulanan etkinliklere yönelik görüşleri nedir?

Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Günümüzde dijital teknolojiler, eğitim sistemlerinde geniş bir uygulama alanı olarak kendine yer edinmiştir. Bu teknolojilerden biri olan 3B modellerin, dijital ekranlardan farklı olarak dokunma, uzamsal algılama, üretim hazzı sağlama vb. gibi katkılarının yanı sıra yazıcıların ucuzlaması ve daha erişilebilir olması, eğitim sistemlerinde de bu teknolojilerin kullanımını daha fazla ön plana çıkarmıştır. Dolayısıyla soyut konu ve kavramları sıklıkla içeren biyoloji konularının öğretiminde 3B yazıcılar kullanılarak somut materyallerin geliştirilmesi ve bunların öğretim sürecinde kullanılmasının alan yazına olumlu yönde katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Zira modelle öğretim, soyut kavramların öğrenciler tarafından daha etkili bir şekilde öğrenilmesi ve hatırlamayı kolaylaştırdığından, soyut kavramları sıklıkla içeren biyoloji konularının öğretimi için oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Özellikle 3B modeller öğrencilerin herhangi bir olguyu gözlemleyebilme ve inceleyebilmelerine imkân tanımakta, böylece soyut olguları öğrencilerin elle tutup gözle görebileceği hale getirerek somutlaştırmaktadır (Düşkün & Ünal, 2015).

Son yıllarda 3B yazıcılar ve bu yazıcılardan alınan 3B baskı, pek çok ülkede fen bilimine yönelik derslerde aktif bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan araştırmalarda 3B yazıcılar kullanılarak tasarlanan modellerin öğrenme ortamında olumlu etkileri tespit edilmiştir. Bununla birlikte yapılan araştırmalar incelendiğinde 3B yazıcılarla oluşturulan

materyallerin etkinliğinin daha çok ilköğretim düzeyindeki fen konularına yönelik yapıldığı, biyoloji konularına yönelik çalışmaların ise oldukça sınırlı düzeyde olduğu görülmektedir (Sözbilir vd., 2016; Yazıcı & Sözbilir, 2020). Dolayısıyla bu araştırmanın ortaöğretim düzeyindeki biyoloji konularına yönelik 3B materyal tasarımı noktasında alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Öte yandan araştırma kapsamında ele alınan konu, biyolojinin en temel konusu olup özellikle kimya alanı ile de yakından ilişkilidir. Canlıların yapısında bulunan temel bileşikler konusunun Ortaöğretim Biyoloji dersi; 10. Sınıf üniteleri “Kalıtımın genel İlkeleri”, 11. Sınıf Ünitesi “İnsan Fizyolojisi” , 12. Sınıf Üniteleri “Genden Proteine”, “Canlılarda Enerji Dönüşümleri”, “Bitki Biyolojisi”, “Canlılar ve Çevre” ile Ortaöğretim Kimya dersi; 9. Sınıf Kimya üniteleri “Kimyasal Türler Arası Etkileşimler”, “Doğa ve Kimya”, 10. Sınıf ünitesi “Kimya Her Yerde”, 12. Sınıf üniteleri “Karbon Kimyasına Giriş”, “Organik Bileşikler” konuları gibi farklı alanlarla doğrudan ya da dolaylı yoldan ilgili olması, bu konu üzerine yürütülen araştırmaları biyoloji ve kimya derslerinin farklı alt dalları açısından da kayda değer hale getirmektedir. Ayrıca bu konu içerik itibarıyla biyolojinin diğer birçok konusunda yer alan kavramları içerdiğinden, bu materyaller farklı biyoloji konularının öğretimi için uygundur. Dolayısıyla araştırma kapsamında geliştirilen materyallerle yapılan etkinliklerin biyoloji alanı dışındaki farklı araştırmacılar için farklı bir model örneği teşkil edecektir. Aynı zamanda geliştirilen materyallerin öğretim sürecinde öğretmenler için de rehber niteliğinde materyaller olacağı düşünülmektedir. Dahası, 3B modellerin özellikle ortaöğretim düzeyindeki biyoloji derslerine entegrasyonu noktasında, ulaşılan araştırma bulgularının bu alanda henüz bakir olan alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan daha önce de ifade edildiği üzere canlıların yapısında bulunan temel bileşikler konusu içerik açısından soyut kavramlar ve moleküler düzeyde çok sayıda yapıyı içerdiğinden öğrenciler için karmaşık ve öğrenilmesi zor olabilmektedir. Bu durum öğrencilerin öğrenme sürecinde konu içeriğinden kaynaklanan içsel bilişsel yüklenmelerinin artmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla Küçük (2015)’in ifade ettiği gibi öğrencilerin öğrenme ortamlarında öğrencilerin bilişsel yüklenme düzeyini düşürecek önlemlerin alınması durumunda öğrenme performansları artırılabilir. Bu araştırma ile başarının yanı sıra daha önce fen bilimleri ve özellikle biyoloji alanında daha önce göz ardı edilen bilişsel yük düzeyinin de bir değişken olarak ele alınması çalışmanın bir başka özgün yanıdır. Sonuç olarak 3B modellerin öğrencilerin bilişsel yükleri, başarıları ve öğrenmenin kalıcılığı gibi bilişsel özelliklerinin yanı sıra motivasyon gibi duyuşsal özelliklerinin geliştirilmesine de katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Böylece bu araştırma henüz bu alanda bakir olan alanyazına katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmanın sınırlılıkları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Bu araştırmanın deneysel uygulamaları 2023-2024 eğitim-öğretim dönemi güz ve bahar yarıyıllarında Kocaeli iline bağlı Çayırova ilçe merkezinde kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile belirlenmiş bir lisenin dokuzuncu sınıflarında öğrenim gören 61 öğrenci ile sınırlıdır.
2. Araştırma, MEB dokuzuncu sınıf biyoloji öğretim programında yer alan 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusu ile sınırlı tutulmuştur.
3. Araştırmada ele alınan bağımlı değişkenler; öğrencilerin başarı düzeyleri, biyoloji dersine yönelik tutumları, bilişsel yük düzeyleri ve 3B modellerle yapılan öğretime yönelik görüşleri ile sınırlıdır.
4. Araştırmada uygulama süresi öğretim programında yer verilen konuya ait iki kazanım için ayrılan 18 saat (dokuz hafta) ile sınırlıdır. Ayrıca uygulamalar öncesi ve sonrasında ölçme araçlarının ön test ve son test uygulamaları için birer hafta ayrılmıştır.

Varsayımlar

Araştırmanın varsayımları aşağıda sunulmuştur:

1. Araştırmada veri toplama sürecinde kullanılan Başarı Testi, Biyoloji Dersi Motivasyon Ölçeği, Bilişsel Yük Ölçeği ve Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu'ndaki ifadelere öğrencilerin samimi olarak cevap verdikleri varsayılmaktadır.
2. Araştırmada kullanılan ölçme araçları öğrencilere uygulanırken fiziksel ortamın mümkün olduğunca en uygun hale getirilmesine özen gösterilmiştir. Öğrenci cevaplarını etkileyeceği düşünülen değişkenlerin her iki grubu eşit derecede etkilediği varsayılmıştır.
3. Uygulama grupları arasında araştırma sonuçlarını etkileyebilecek herhangi bir etkileşimin olmadığı varsayılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

Çalışmanın bu bölümünde modelle öğretim, 3B yazıcılar ve 3B modeller ile eğitim öğretim sürecinde 3B yazıcıların kullanımına değinilmiştir.

Modelle Öğretim

Günümüzde hızlı ilerlemeler kaydeden bilimin gelişmesi ve bilginin artması, hayatımıza birçok açıdan yenilikler getirmekle birlikte bunun etkilerinin eğitim alanına da yansması kaçınılmaz olmaktadır (Çavumirza, 2018). Bilim ve teknoloji alanında meydana gelen değişim ve gelişmelerin paralelinde eğitim; stratejik açısında ülkeler arasında her geçen gün daha fazla değer kazanırken, toplumları meydana getiren bireylerin de bu süreçte ihtiyaç duyulan bilgi ve donanımına sahip olarak yetiştirilmeleri bir gereklilik halini almaktadır (Bozpolat & Arslan, 2018).

Eğitim öğretim süreci içinde gerek öğrenciler gerekse bu süreci idame ettiren öğretmenlerin ihtiyaç duydukları bilgiye ulaşma ve bu bilgiyi etkili bir şekilde kullanabilme noktasında kendilerini yetiştirmeleri oldukça önemlidir (Köseoğlu & Soran, 2006). Elbette sözü edilen bireylerin bunu gerçekleştirebilmeleri için eğitim programlarının öğrenciyi merkeze alan, bireyin sürece etkin katılımını sağlayan eğitim yaklaşımlarını benimsemeleri gerekmektedir (Bozpolat & Arslan, 2018). Nitekim hemen her ülke, kendi değer ve amaçları çerçevesinde nitelikli bireyler yetiştirmeyi hedefleyen ve belirli standartlara dayalı olarak hazırlamış olduğu farklı türden öğretim programlarına sahiptir. Sözü edilen bu programlardan biri günümüzde çağa ayak uydurma noktasında önemli bir konuma sahip olan fen bilimleri alanında hazırlanmıştır (Avinal, 2019).

Kaptan (1999) tarafından “doğayı ve doğal olayları sistemli bir biçimde inceleme, henüz gözlenmemiş olayları kestirme gayretleri” olarak tanımlanan fen bilimleri, öğretimin her kademesindeki öğrencilerin çevrelerini tanımaları, meydana gelen olayları anlamaları açısından oldukça önemli bir yere sahiptir (Yılmaz, 2018). Bu özelliği ile fen bilimleri, öğrencilerin farklı nesneler, olay ve olgular ile bunlarla ilişkili olan çeşitli durumları karşılaştırmalı olarak incelemenin yanı sıra bunları gözlemleyerek sonuca ulaşma süreci olarak ele alınabilir (Korkmaz, 2006). Bu noktada özellikle fen bilimleri alanına yönelik derslerde, öğrencileri

merkeze alarak süreçte aktif tutan ve edindikleri bilgileri somutlaştıran farklı argümanların kullanılması öğrenme sürecini önemli düzeyde etkileyebilir (Çavumirza, 2018).

Öğrenme sürecinde bilginin öğrenciler tarafından nasıl edinildiği ve söz konusu bilginin onların zihinlerinde nasıl yapılandırıldığı öğrenme ortamı ile yakından ilişkilidir. Öğretim sürecinde veya ders işlenirken dikkat çekici materyallerin kullanılması, bir başka deyişle öğrenme ortamının mümkün olduğunca görsel ve işitsel açıdan zengin materyallerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu şekilde sunulan bilgilerin öğrencilerin zihinlerinde kolay ve sistemli bir şekilde işlenmesinin hızlandığı, böylece öğrenme sürecinin öğrenciler için daha zevkli hale geldiği ifade edilmektedir (Aydoğdu vd., 2014).

Allwright (1981)'e göre öğretim materyallerinin öğrenme ortamında kullanılmasındaki en önemli faydalarından biri öğretmenin süreçte eksik veya yetersiz kaldığı yönlerini söz konusu materyallerle tamamlamasıdır. Zira materyaller, öğrencilerin derse aktif katılımını sağlayarak iş birliği içinde çalışmalarına yardımcı olma, derse yönelik ilgi ve motivasyonlarını arttırmanın yanı sıra teoride karmaşık gibi görünen bilgileri kolaylaştırma ve yaparak yaşayarak öğrenmelerine zemin oluşturduğundan, onların öğrenmelerini daha etkin kılmaya yardımcı olmaktadır (Bozpolat & Arslan, 2018; Çekirdekçi & Toptaş, 2011; Demiralp, 2007). Öğretim sürecinde öğretmenler tarafından kullanılan materyaller gerçek materyaller olabileceği gibi gerçeği modelleyen tarzda hazırlanan materyaller de olabilmektedir (Bozpolat & Arslan, 2018).

Günümüzde özellikle fen alanına yönelik derslerde modeller ve modelleme üzerinde sıklıkla durulmaktadır. Zira model ve modelleme fen öğretiminin ayrılmaz bileşenleridir (Çavumirza, 2018). Dahası geçmiş yıllarda da model ve modellemenin yeri ve önemi, fen eğitimi ile ilgili yenileşme hareketleri içerisinde de kendini göstermiştir (Akıllı & Seven, 2014; Gobert, 2000). Fen bilimleri alanında sıklıkla kullanılan modeller hipotez kurma ve test etmede bilim insanlarına yardımcı olmanın yanında, öğrenciler için de problemi tanımlama, genelleme yapma, gerekçe kullanma gibi bilimsel uygulamaları kullanabilme ve pratiğe dökme noktasında faydalı olabilmektedir (Zhang vd., 2006). Gilbert ve Boulter (1998) tarafından “bir nesnenin, olayın ya da sürecin sunulması” olarak tanımlanan model kavram daha geniş bir biçimde şöyle tanımlanabilir: “Bir şeyin modeli, daha iyi anlamamıza yardım edeceğini umduğumuz, o şeyin basitleştirilmiş bir kopyası, örneğidir”. Model bir cihaz, bir plan, bir çizim, bir formül, bir bilgisayar programı veya sadece zihinsel bir imaj, şekil olabilir” (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1990, s. 168).

Özellikle fen bilimleri alanında yaygın olarak kullanılan modeller, bilim insanlarının teorik açıklamaları ve zihinlerinde yapılandırdıkları fikirlerini anlamlandırarak aktarmalarında hatta yeni teori ve fikir geliştirmelerinde etkin rol oynamaktadırlar (Aktan vd., 2019; Oh & Oh,

2011). Nitekim Watson ve Crick tarafından tasarlanan DNA modeli buna örnek verilebilir (Justi & van Driel, 2005). Elbette modeller sadece bilim insanları değil, eğitim öğretim sürecinde de önemli bir role sahiptir. Fen bilimleri alanına yönelik derslerde öğretmenler, doğal olay ve olguları öğrencilerin kavrayabilmesi ve önemli fen kavramlarını görselleştirmeleri amacıyla modellerden sıklıkla yararlanmaktadır (Aktan, 2016; Yenilmez vd., 2016). Dahası makroskopik (örn., ekosistem) ve mikroskobik düzeydeki (örn., hücre) doğal gerçeklik ve yapıların daha anlaşılır hale getirilmesinde, soyut kavramların (örn., gen) somutlaştırılmasında modellerin kullanılması etkili öğrenme için oldukça yararlı olabilmektedir (Aktan vd., 2019; Harrison, 2001; Ho vd., 2019; Oh & Oh, 2011). Bu durumu destekler nitelikte Burkaz (2012), yedinci sınıf fen ve teknoloji dersi kapsamında 'Hayatımızı Kolaylaştıran Makineler' konusuna yönelik üç boyutlu modeller hazırlamış ve 5E modeline dayalı etkinliklerde kullanmıştır. Yapılan etkinlikler sonucunda ise öğrencilerin başarı ve kavramsal öğrenme düzeylerinde gözle görülür bir artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aksakal vd. (2015) ise mayoz bölünme konusunun modelle öğretimi üzerine bir çalışma yapmışlar, çalışmanın sonunda ise öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlemişleridir. Bir başka çalışmada Şimşek ve Hamzaoğlu (2020) fen bilimleri dersinde modeller kullanılarak zenginleştirilmiş öğretimi deneysel olarak uygulamışlardır. Uygulamalar sonucunda elde edilen bulgular söz konusu öğretimin altıncı sınıf öğrencilerinin dersteki başarıları ile öğrenmenin kalıcılığı açısından deney grubu lehine anlamlı farklılık ortaya çıkarken yöntemin tutumlar üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte öğrenciler uygulamalar hakkında olumlu yönde görüşler belirtmişlerdir.

Yukarıda örnekleri verilen yurt içindeki çalışmaların yanı sıra uluslararası düzeyde de modellerin etkinliğine yönelik çalışma bulgularına rastlanmaktadır. Bu çalışmaların bir örneği Rotbain vd. (2006) tarafından yapılmıştır. Çalışmada moleküler genetik öğretiminde model kullanımının lise öğrencilerinin genetikteki kavram ve süreçleri anlamalarına katkı sağlayıp sağlamayacağı araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara dayanarak araştırmacılar, boncuk modeli gibi üç boyutlu bir modelin kullanılmasını tavsiye etmekle birlikte, öğrencileri resimlerle etkinliklere dâhil etmenin geleneksel öğretime kıyasla başarılarını artırabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Castro vd. (2022) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise 3B modellerin öğrencilerin zoolojiye yönelik motivasyonu ve konuyu öğrenimine yardımcı olup olmayacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda 3B modellerin kullanıldığı deney grubu ile geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grupları arasında bir motivasyon açısından herhangi farklılık olmamasına rağmen, başarı açısından deney grubu lehine anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü üzere öğrenme sürecine olumlu etkileri bulunan modeller, genel olarak fiziksel, açık veya matematiksel olarak tanımlanmakla birlikte, bunların alan yazında çok farklı sınıflandırmaları ile karşılaşmak da mümkündür (AAAS, 1990; Harrison & Treagust, 2000; Ünal, 2005; Valanides & Angeli, 2008). Bununla birlikte her ne şekilde olursa olsun özellikle fen bilimlerine ait konuların öğrenciler tarafından yaparak ve yaşayarak öğrenilmesine imkân veren modellerden yararlanılması, alan yazında birçok araştırmacı tarafından tavsiye edilmiştir (Çavumirza, 2018; Düşkün & Ünal, 2015; Özay Köse & Gül, 2016). Bu durumu destekler nitelikte birçok çalışmada özellikle üç boyutlu modellerin öğretim sürecindeki etkililiğine vurgu yapılmıştır (Aksakal vd., 2015; Aktan vd., 2009; Gümüş vd., 2008; Rotbain vd., 2006). Çalışmalarda ayrıca resimler, diyagramlar ve hatta gerçek modellerin kullanımının yanı sıra özellikle son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte üç boyutlu (3B) yazıcılar kullanılarak geliştirilen üç boyutlu modellerin (3B modeller) de sıklıkla kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Avinal, 2019; Emre vd., 2018; Katsioloudis vd., 2014; Küçük, 2015; Lin vd., 2018).

3B Yazıcılar ve 3B Modeller

Günümüzde 3B yazıcılar, kullanımı her geçen gün daha da yaygınlaşan ve oldukça geniş bir kullanım alanı olan teknolojilerdir. Bununla beraber, 3B yazıcılara aslında yeni bir teknoloji sınıfı olarak bakmamak gerekir. Zira bu teknolojilerin ilk uygulamalarına 1980’li yıllardan itibaren rastlanmaktadır. Dönemin ünlü fizik mühendislerinden biri olan “Chuck Hull” tarafından 3B yazıcıların ilk örneği üretilerek 3B baskı alınmıştır (Avinal, 2018; Çoklar & Çekirge, 2020). 2006 yılına gelindiğinde RepRap projesi ile birlikte çoğu kişinin kolaylıkla üretim yapabileceği bir kullanım sahası haline gelen 3B yazıcılar, 2010 yılında çok daha fazla tanınır hale gelerek popülerliği artmıştır (Bowyer, 2014). 2012 yılına gelindiğinde ise yazılım sektörünün de bu sürece dâhil olmasıyla birlikte piyasa büyüklüğü 2.2 milyar dolara ulaşan bir yükselme kaydetmiştir (Akgül, 2014). Geçmiş yıllara kıyasla günümüzde 3B yazıcılarla elde edilen ürünlerin kalitesinin artarken üretim maliyetinin düşüş göstermesi, bu yazıcıları daha fazla tercih edilir hale getirmekte ve kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır.

Günümüzde 3B yazıcı teknolojisi havacılıktan sağlığa, mimariden gıda imalatına varıncaya kadar oldukça farklı sektörlerde kullanılan bir teknolojidir (Kökhan & Özcan, 2018). Bu teknolojiye objelerin 3B yazıcı ile imalatında üretime imkân ve destek sunan yazılımlar (ör: 3DS MAX ve AutoCAD) ile tarayıcılar da mevcuttur. 3B yazıcı teknolojisi ile metal, plastik ve oyun hamuru gibi unsurların hammadde olarak kullanılmasıyla dijital ortamda tasarımı yapılmış modellerin gerçek ortamda üç boyutlu üretimi gerçekleştirilebilmektedir (Kuzu Demir vd., 2016). 3B yazıcılar Endüstri 4.0 devriminin önemli araçlarından birisi olup eklemeli imalat

teknolojilerinde önceden tasarlanmış bir modelin katmanlar halinde yazılmasıyla elde edilmesini sağlamaktadır. Geleneksel üretim aşamalarında başvuru frezeleme, dökme ve tornalama gibi işlemlerin aksine 3B yazıcılar aracılığıyla farklı sektörlerde ihtiyaç duyulan karmaşık üç boyutlu tasarıma sahip unsurları daha kısa sürede ve düşük maliyetle üretebilme imkânı, 3B yazıcıların tek ya da çok fonksiyonlu parça imalatında kullanımına güçlü olanak sağlamaktadır (Kökhan & Özcan, 2018).

Bir üç boyutlu materyalin imalatında geleneksel imalat yaklaşımının aksine 3B yazıcılarla çalışmanın sağladığı çeşitli avantajlar bulunmaktadır. Geleneksel üretimde aynı üretim hattında sınırlı çeşitlilikte ürün üretilebilirken 3B yazıcı ile oldukça farklı tasarıma sahip üç boyutlu nesneleri farklı hammaddelerle üretebilmek mümkündür. Geleneksel üretimde çok parçalı unsurların birleşiminden oluşan üç boyutlu nesneler 3B yazıcı ile tabakalaştırarak montaja gereksinim duymadan üretebilmektedir. Ayrıca, 3B yazıcılarla çalışıldığında daha düşük miktarda atık oluşumu söz konusu olmaktadır (Kökhan & Özcan, 2018). Çevre dostu ve obje imalinde sağladığı geometrik özgürlük ile ön plana çıkan 3B yazıcıların sınırlı sağlamlık ve kısıtlı hammadde gibi dikkate alınması gereken kısıtlılıkları da mevcuttur (Kuzu Demir vd., 2016). Bir başka deyişle, gelişmekte olan her teknolojinin olumlu ve olumsuz yönleri olduğu gibi yeni gelişmekte olan 3B yazıcıların da olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. 3B yazıcılar ile ilgili ifade edilen bu olumlu ve olumsuz özellikler Şekil 1’ de ifade edilmektedir (Yıldırım vd., 2018).

Şekil 1. Üç Boyutlu Yazıcıların Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Olumlu Yönleri	Olumsuz Yönleri
• Sahip olduğu kullanım alanının çok geniş olması • Maliyet ve zaman açısından yarar sağlaması • Yapı itibarıyla çevre dostu olması • Şekilsel özgürlük sağlaması • Çoğaltmaya imkân sağlaması • Çıktısı alınan ürünün, orijinal haline benzer olma imkânı sunması.	• Fiyatlarının yüksek olmasından dolayı bireysel kullanım olanağı sağlayamaması • Kısıtlı hammaddeye sahip olması • Sınırlı sayıda renk ve doku seçeneklerinin olması • Toplu üretime kıyasla daha yüksek maliyetli olması • Kötü amaçla kullanılabilecek ürünlerin üretimine imkân sağlaması(silah, tüfek vb.) • Boyut olarak orijinal boyutlarda ürün üretmenin zor olması

Şekil 1’de görüldüğü üzere her ne kadar bazı kısıtlı yanları olsa da, günümüzdeki gelişim süreci ve çalışma şekli düşünüldüğünde 3B yazıcılar ile ilgili yapılan çalışmaların her geçen gün arttığı görülmekte, hem gündelik yaşamımızda hem de farklı birçok alanda bu teknolojiye faydalanılacağı öngörülmektedir.

Bir objenin 3B yazıcılarla üretilmesinde çeşitli aşamalar yer almaktadır. Üç boyutlu objelerin üretiminde ilk önce üretilecek unsurun bilgisayar ortamında .STL formatında dijital tasarımı gerçekleştirilir. Modelin tasarımını müteakip dilimleme yazılımları vasıtasıyla objenin katmanlara ayrımı sağlanır. Bu aşamadan sonra ise 3B yazıcıların katmanlı üretim süreci özelliğinden yararlanarak üç boyutlu nihai objenin üretimi gerçekleştirilmektedir (Kuzu Demir vd., 2016). 3B yazıcılar kullanılarak modellerin katmanlı üretim süreci Campbell vd. (2011) tarafından Şekil 2’ deki gibi şematize edilmiştir.

Şekil 2. Üç Boyutlu Yazıcılarda Üretim Süreci



Yukarıda genel özellikleri verilen 3B yazıcılar ve bu yazıcılarla üretilen 3B modeller (3B baskı), birçok avantajı sayesinde öğrenciyi merkeze alan bir ileri teknoloji ürünü olarak öğretim ortamında da kendine yer edinmiştir (Çoklar & Çekirge, 2020). Zira günümüzde öğrenciyi merkeze alan ve teknoloji ile iç içe olan öğrenme ortamları; eleştirel düşünebilen, karşılaştığı problemlere çözümler üreten, işbirliği içinde öğrenme sürecinde aktif olan bireyler yetiştirmeyi temel almaktadır (Lacey, 2010). Bu noktada 3B modellerin eğitim öğretim sürecinde kullanımına değinmekte fayda vardır.

Eğitim Öğretim Sürecinde 3B Yazıcıların Kullanımı

Eğitim alanında 3B yazıcıların çoğunlukla araç-gereç, materyal vb. çeşitli malzemelerin üretilmesinde kullanıldığı görülmektedir (Avinal, 2019). Fen bilimleri alanında 3B yazıcıların gerek çok küçük (atom modeli, DNA modeli) gerekse çok büyük modellerin (uzay modeli) somut ürünlere dönüştürülmesine imkân sağlama adına oldukça geniş bir kullanım sahası olduğu açıktır (Balcıoğlu, 2014). Nitekim bu konu ile ilgili alanyazın incelendiğinde bu durumu destekler nitelikte birçok araştırma sonucuna rastlanmaktadır (Helge Lim vd., 2016; Huang & Lin, 2017; Kahraman, 2010; Lin vd., 2018).

Eğitim öğretim sürecinde 3B yazıcılarla üretilen modellerin kullanımı ve etkinliğine yönelik çalışmalara bakıldığında özellikle Kuzu Demir vd. (2016) tarafından yapılan

çalışmanın 3B yazdırma teknolojilerini tanıtarak eğitimle ilişkisini açıklama ve bu teknolojilerin Türkiye’de nasıl kullanıldığını ortaya koyma adına alan yazına genel çerçevede bir değerlendirme sunduğu görülmektedir. Çekirge (2019) tarafından yapılan çalışmada ise 3B yazıcı kullanımının öğrencilerin teknoloji ve tasarım dersindeki başarıları, tutumları, motivasyonları ve eleştirel düşünme eğilimlerine olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bir başka çalışmada Avinal (2019), 3B yazıcı kullanılarak vücudumuzdaki sistemler ünitesine yönelik çeşitli etkinlikler tasarlamış ve bu etkinliklerin altıncı sınıfta öğrenim gören öğrencilerin öğrenmelerine etkisini deneysel olarak incelemiştir. Etkinlikler sonucunda 3B yazıcılar kullanılarak geliştirilen etkinliklerin uygulandığı deney grubundaki öğrencilerin başarı düzeylerinin hâlihazırda kullanılan öğretim programına göre konuların öğretildiği kontrol grubundaki öğrencilere göre daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Kahraman (2010), 3B materyallerin öğrencilerin kimya dersindeki başarı ve tutum düzeylerine etkisini deneysel bir çalışma yaparak incelemiştir. Çalışmanın sonunda ise söz konusu materyallerin ele alınan değişkenler açısından öğrenme sürecine olumlu yönde katkı sağladığını ortaya koymuştur. Bir çalışma Gürel ve Emre (2017) tarafından yapılmış olup çalışmada 3B yazıcıların fen bilimleri dersinde kullanımına odaklanılmıştır. Çalışmada öğrencilerin materyal tasarlama ve üretme, yeni nesil olarak tabir edilen teknolojileri kullanabilme vb. konularda bilgilendirildikleri, yanı sıra model ve modellemeyi temel alarak verilen eğitimin fen bilimleri eğitimine sağlayacağı katkıları hakkında bilgilendirme yaptıkları tespit edilmiştir. Topuz (2018) ise 3B yazıcı ile tasarlamış olduğu materyalleri anatomi eğitiminde kullanmış ve çalışma sonucunda öğrencilerin bilişsel yük ve başarı düzeylerinin arttığını gözlemlemiştir.

Elbette yukarıda sözü edilen ulusal düzeydeki çalışmaların uluslararası düzeyde de örneklerine alan yazında rastlanmaktadır. Bunlardan biri Huang ve Lin (2017) tarafından 3B diyagramların ve 3B baskı teknolojilerinin öğrencilerin uzamsal becerileri üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Tek grup ön test-son test tasarımında yürütülen çalışma, 3B baskı teknolojilerinin lise öğrencilerinin hem zihinsel döndürme hem de görselleştirme becerilerini geliştirdiğini, 3B diyagramların ise yalnızca zihinsel döndürme becerilerini geliştirdiğini göstermiştir. Kwon’nun (2017) çalışması ise iki hafta süren STEM yaz kampına katılan öğrencilerle yapılmıştır. Çalışmada 3B tasarımlar ve 3B baskı kullanılarak yapılan öğretimin sonunda öğrencilerin ilgileri, motivasyonları, matematik ve yaşam becerileri üzerine olumlu katkılar sağladığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan Smith vd. (2018) kan, kalp ve akciğerler konusunda 3B baskı ile hazırladığı modelleri kullanarak tıp öğrencilerinin öğrenmelerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonuçları sözü edilen materyallerin öğrencilerin başarı düzeylerini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Lin vd. (2018) STEM proje tabanlı öğrenme etkinliklerine 3B baskı teknolojisinin uygulanmasının etkinliğini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Yarı deneysel olarak yürütülen çalışmanın bulguları, mühendislik tasarım sürecinde modelleme için bilgi yapıları açısından, öğretim sonrasında deney grubunun bilgi işleme stratejilerini kontrol grubuna göre daha iyi açıkladığını göstermiştir.

Novak ve Wisdom (2018) bir ilkokul sınıfında 3B baskılı tekneler kullanılarak nesnelerin neden yüzdüğünü veya battığını konu alan bir bilim deneyini modelleyen bir 3B Baskı Bilimi Projesine öğretmen adaylarını dâhil etmiştir. Araştırmacılar bu projede, işbirlikçi 3B baskı sorgulamaya dayalı öğrenme deneyimlerinin, öğretmen adaylarının fen öğretimi öz-yeterlik inançlarını, fen öğretmeye yönelik kaygılarını, fen bilimlerine olan ilgilerini, K-3 teknolojisi ve mühendislik bilimi standartlarında algılanan yeterliliğini ve fen içerik bilgilerini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. 3B baskı projesi uygulamaları, katılımcıların fen öğretimi kaygısını önemli ölçüde azaltmış ve fen öğretimi yeterliliklerini, fen bilimlerine ilgilerini ve K-3 teknolojik ve mühendislik tasarımı bilim standartlarında algılanan yeterliliklerini geliştirmiştir.

Paukstelis (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada MolPrint3B eklentisinin öğretmenlerin kimya ders konularında geçen moleküllere ait 3B çıktıları alma becerilerini önemli derecede artıracak ve öğrenci-3B model etkileşimi ile öğrencilerin kimya dersinde ele alınan kavramları anlama seviyelerinin artırılabilceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca söz konusu yazılım eklentisinin tek bir cihaz ile birçok molekül modelini üretebilmeye imkân sunabileceği verisine ulaşılmıştır (Paukstelis, 2018).

Bir başka çalışma Kwon vd. (2020) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar, doğal seçilimin anlaşılmasını geliştirmek amacıyla biyoloji öğrencileri için 3 boyutlu modelleme ve yazdırma kullanarak gelgit düzlükleri ekosisteminin pratik araştırmasına odaklanan ve 5 aşamalı bir uygulama içeren aktif bir öğrenme yaklaşımı sunmuştur. Yaklaşım, öğrencileri kendi başlarına modeller tasarlamaya, çalışan modeller üretmeye ve ekosistemin bileşenlerini simüle etmeye yönlendirmiştir. Deneylere katıldıktan sonra öğrenciler, çevre koşulları değiştiğinde hayatta kalabilecek gelgit düzlüklerinden oluşan ekosistemde yaşayan kuş türlerini gaga şekline göre kategorize edebilmişlerdir.

Ishutov vd. (2021) tarafından yapılan araştırmada bir grup profesör, öğrenci, doktora sonrası araştırmacı ve teknik personele, yer bilimlerindeki öğretim ve iletişim kavramlarında 3B baskının uygulanmasını sunmak için bir günlük kısa bir kurs verilmiştir. Kursun amacı, yerbilimleri ve mühendislik geçmişi olan ve bilgisayar destekli modelleme veya 3B baskı konusunda önceden deneyimi olmayan farklı bir katılımcı grubunun, farklı 3B baskı

tekniklerinin ilkelerini nasıl anlayabildiğini ve bu yöntemleri kendi disiplinlerinde nasıl uygulayabildiğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Katılımcılar, kursun başında bilgisayar destekli modelleme yazılımını kullanarak dijital bir tasarım oluşturma, bunu analiz etme ve kursun sonunda son modeli 3B olarak yazdırma konusunda eşsiz bir fırsat yakalamışlardır. Bu ders, öğrencilerin görselleştirme algoritmalarının bir öğrenme yardımcısı olarak nasıl kullanılabileceğini anlamalarına yardımcı olurken, eğitimciler öğretim için görsel yardımcılarının hızlı bir şekilde hazırlanması konusunda deneyim kazanmıştır. Araştırmacılar ise toplumsal ve teknik hedefleri desteklemek için dijital veri kümelerinin 3B baskılı modellerle entegrasyonu konusunda beceri kazanmışlardır.

Garcia vd. (2023) tarafından 3B yazıcı kullanılarak kimya eğitiminde kullanılmak üzere moleküler orbital ve elektron yoğunluk yüzeylerinin çıktısının alınabilmesi için gerçekleştirilen çalışmada beş farklı renk tonuna sahip çıktılar elde edilmiş ve bu 3B çıktılar organik kimyaya giriş laboratuvar dersinde kullanılmıştır. Öğrencilerden alınan dönütlerde metan, etan, 2-hidroksitetrahidropiran vs gibi kimyasal yapıların moleküler orbital ve elektron yoğunluk yüzey çıktılarının ders kapsamında kullanımı durumunda başarılı sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

Bilgisayar destekli tasarım programının (CAD, Computer Aided Design) 3B yazıcı ile birlikte kullanıldığı bir başka çalışmada araştırmacılar, titanyum dioksit (TiO₂) nanotüpleri lise sınıf ortamında iki farklı aşamada 3B üretim gerçekleştirmiş ve bilgisayar destekli tasarım eşliğinde gerçekleştirilen bu yaklaşımın özellikle lise öğrencileri ile lisans eğitiminin başlangıcında verilen laboratuvar derslerini alan öğrencilere materyal kimyasına ilişkin ders anlatılırken kullanışlı olacağı sonucuna ulaşmışlardır (He & Tidrick, 2023).

Yukarıda 3B yazıcı ve baskı ile üretilen modellerin etkinliğine yönelik çalışma örnekleri genel olarak değerlendirildiğinde öğrenme sürecine olumlu etkilerinin olduğu söylenebilir. Çalışmalarda bu tür materyallerin öğrenme ortamında kullanımının öğrencilerin yaparak yaşayarak konuyu öğrenmelerine katkı sağladığı, soyut konuları somutlaştırdığı, derse yönelik ilgi ve motivasyonları arttırarak başarıları düzeylerine de olumlu yönde katkılar sağladığı belirlenmiştir. Elbette öğrenme ortamına olumlu yönde katkıları kaçınılmaz olan 3B modellerin her alanda olduğu gibi biyoloji derslerinde de kullanımı oldukça yararlı olabilir. Zira 3B modeller, biyoloji konularına ait moleküler ve bazı anatomik yapıları daha açık hale getirerek konuyla ilişkili soyut kavramları somutlaştırabilir (Aksakal vd., 2015; Rotbain vd., 2006). Örneğin; DNA'nın üç boyutlu yapısı, hücre ve organelleri, gen, kromozom gibi kavramlar, hatta çeşitli doku ve organların yapılarının kavratılmasında 3B modellerden yararlanılabilir.

Bu açıdan bakıldığında biyolojinin 3B model kullanımına uygun konularından biri de Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler'dir. Bu konunun ilköğretimden başlayarak

öğretimin en üst kademelerine kadar her seviyede biyolojinin en temel konusu olduğu söylenebilir. Diğer taraftan 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusu içinde yer alan kavramlar; sindirim, beslenme, metabolizma, hücre ve yapısı, DNA yapısı gibi biyolojinin farklı konularında da karşımıza çıkabilmektedir. Dahası bu kavramlar aynı zamanda kimya alanıyla da ilişkili olduğundan disiplinlerarası bir yaklaşımla ele alınması gereken bir konudur. Sonuç olarak bu konu ile ilgili birçok kavram gerek biyoloji gerekse diğer fen alanlarına ait farklı ders ve konularda da karşımıza çıkabilmekte ve sonraki konuların öğretimi için de bir alt yapı oluşturabilmektedir. Sinan vd. (2006) tarafından da ifade edildiği gibi öğrenme ortamında yeni öğrenilen bilgiler önceki bilgilerle ilişkilendirilerek kavramsal anlama gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu araştırmada ele alınan 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusu, biyolojinin diğer konularının etkili öğretilmesinde kritik öneme sahiptir. Bu nedenle araştırma, 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusuna yönelik 3B materyal geliştirilmesi ve etkinliğini incelemeyi amaçlamaktadır.

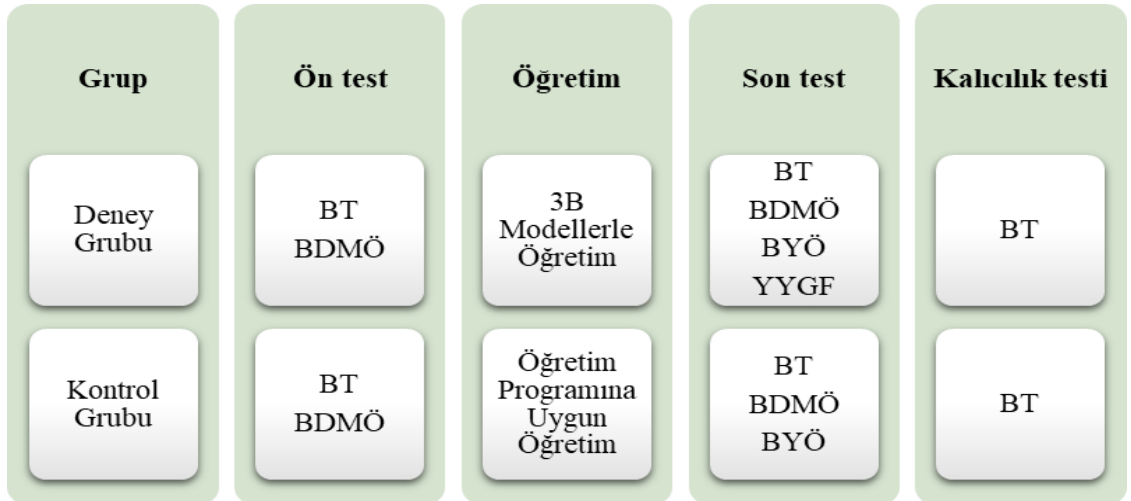
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Yöntem

Araştırma Yöntemi

Bu araştırma, nicel araştırma deseni çerçevesinde ele alınan yarı deneysel araştırma yöntemi ile yürütülmüştür. Yarı deneysel yöntemler, gerçekleştirilecek olan ölçümün kime ve ne zaman uygulanacağını kontrolünü sağlamak mümkünken kontrol ve deneysel muamelelere rastgele atama uygulanmamakta ve bu durum ise grupların eşdeğerliliğini kesin kılmamaktadır. Buna karşın yarı deneysel yöntemde kontrol grubu ile deneysel gruplar birbirine benzer tam sınıflar olacak şekilde bir araya getirilen gruplar olduğunda, bu desen tarzı sınıf deneylerinde rahatlıkla kullanılabilir (Best & Kahn, 2017). Yarı deneysel yöntemler özellikle eğitim alanında yürütülen araştırmalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Zira bu tür araştırmalarda, bütün değişkenlerin kontrol altında tutulması çoğu zaman imkânsızdır (McMillian & Schumacher, 2010). Ayrıca belirli bir öğretim yönteminin uygulandığı eğitim araştırmalarında, hâlihazırda mevcut sınıfların deney ve kontrol grubu olarak atanması sebebiyle yarı deneysel yöntemler bu tür araştırmalar için daha uygundur (Büyüköztürk vd., 2017). Araştırma kapsamında deney ve kontrol grupları ile yapılan uygulamaların, çalışma amacına uygun olarak seçilen bağımlı değişkenler üzerindeki etkisini incelemek amacıyla Başarı Testi (BT) ve Biyoloji Dersi Motivasyon Ölçeği (BDMÖ) her iki gruba etkinlik öncesi ve sonrasında uygulanırken Bilişsel Yük Ölçeği (BYÖ) sadece son test olarak uygulanmıştır (Şekil 3).

Şekil 3. Çalışmada Kullanılan Araştırma Deseni ve Uygulamaları



Diğer taraftan araştırma kapsamında geliştirilen Başarı Testi, son-testlerden bir buçuk ay sonra kalıcılık testi olarak yeniden uygulanmıştır. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu (YYGF) ise sadece deney grubu öğrencilerine etkinliklerden sonra uygulanmıştır (Şekil 3).

Evren ve Örneklem

Türkiye’de ortaöğretim kurumlarında öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencileri araştırma evrenini oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemi ise Kocaeli ili Çayırova ilçesindeki kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile belirlenmiş dört ortaöğretim kurumundaki toplam 313 öğrenci oluşturmaktadır. Kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi araştırmacılar açısından maliyet ve zaman bakımından olumlu sonuçlar doğurmakta, ayrıca çalışmaya katılım sağlayacak öğrencilere ulaşımı kolaylaştırması sebebiyle tercih edilen bir yöntemdir (Miles & Huberman, 1994). Buna göre örneklem grubunun seçimi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada kullanılan örneklem grubu 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusuna yönelik başarı testinin geliştirilmesi süreci için seçilmiştir. İkinci aşamada kullanılan örneklem grubu ise 3B modellerle yapılan öğretimin etkinliğinin test edildiği deneysel uygulamalar için seçilmiştir. Buna göre araştırmanın birinci aşamasına daha önce 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunu işlemiş olan toplam 252 öğrenci (144 kadın, 108 erkek) katılmıştır. Birinci aşamada uygulamalara katılan öğrencilerin 122’si (71 kadın, 51 erkek) birinci okuldan, 79’u (48 kadın, 31 erkek) ikinci okuldan ve 51’i (25 kadın, 26 erkek) ise üçüncü okuldan seçilmiştir. Buna göre toplamda öğrencilerin %57.1’i kadın, %42.8’ erkektir. Her ne kadar öğrenci sayıları bakımından bu okullar arasında bir denklik söz konusu olmasa da okulların tamamının devlet okulu olması ve sosyokültürel açıdan birbirine yakın bölgelerde olması nedeniyle bu dağılımın araştırma bulgularını olumsuz etkilemeyeceği varsayılmaktadır.

Araştırmada asıl uygulamalarının (deneysel uygulamalar) yapıldığı ikinci aşamada seçilen örneklem grubu ise 2023-2024 eğitim öğretim döneminde Kocaeli ili Çayırova ilçesindeki bir ortaöğretim kurumunun rastgele seçilmiş dokuzuncu sınıflarında öğrenim gören ve 37’si kadın (%60.7) ve 24’ü erkek (%39.3) olan toplam 61 öğrenciden oluşmaktadır. Sınıflardan biri rastgele deney grubu, diğeri kontrol grubu olarak atanmıştır. Deneysel uygulamalara dâhil edilen örneklem grubuna ait betimsel istatistikler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. *Deneysel Uygulamalara Katılan Örneklem Grubuna Ait Betimsel İstatistikler*

Cinsiyet	Deney Grubu		Kontrol Grubu		Toplam
	f	%	f	%	
Kadın	18	62.1	19	59.4	37 (%60.7)
Erkek	11	37.9	13	40.6	24 (%39.3)
Toplam	29	100	32	100	

Araştırmanın birinci aşaması 2022-2023 eğitim-öğretim döneminde, ikinci aşaması ise 2023-2024 eğitim-öğretim döneminde yapılmış olup, her iki dönemde yapılacak uygulamalar için MEB'den ayrı ayrı uygulama izinleri alınmıştır (Ek 1). Ayrıca Atatürk Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'ndan Etik Kurul uygunluk onay belgesi (Ek 2) alınmıştır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın bağımsız değişkeni deney ve kontrol grubunda kullanılan öğretim yöntemi (3B modeller ile yapılan öğretim ile mevcut öğretim programında öngörülen öğretim), bağımlı değişkenleri ise öğrencilerin başarı düzeyleri, biyoloji dersine yönelik motivasyon düzeyleri ile bilişsel yük düzeyleridir. Veri toplama aracı olarak ise aşağıda sıralanan ölçme araçlarından yararlanılmıştır:

Başarı Testi (BT)

Ölçme ve değerlendirme sınavlarında çoğunlukla öğrencileri ezberlemeye itecek ölçme araçlarından ziyade, kavrama ve anlamaya yönelik özelliklerini ölçecek araçlar tercih edilmelidir. Bu hususta Bloom taksonomisi değişik düşünme aşamalarının sıralandığı bir sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmada öğrencilerin üstteki basamaklara geçebilmesi için alttaki basamakları tamamlamış olması gerekir. Bilgi, kavrama ve uygulama basamakları, alt düzey düşünme becerileri gerektirir ve öğrenciler düşünme yeteneklerini çok az kullanır. Analiz, sentez ve değerlendirme basamakları ise üst düzey düşünme becerilerini ifade eder ve öğrencilerin bilgiye ulaşabilme yeteneklerini geliştirmede, var olan bilgilerini kontrol etmede, karşılaşılan problemleri fark etmede ve onlara çözüm yolları üretmede etkilidir (Gündüz, 2009). Orijinal taksonominin yenilenmiş son şekli, bilgi ve bilişsel süreçler olmak üzere iki boyuttan oluşmaktadır (Avcı, 2020). Yenilenmiş Bloom Taksonomisi'nin bilgi boyutunda bilgi türlerine rastlanmaktadır. Bunlar; olgulara dayanan bilgi, kavramsal bilgi, işlemsel bilgi ve biliş ötesi bilgidir. Bilişsel süreç boyutunda bilginin nasıl kullanıldığı incelenmektedir ve hatırlama, anlama, uygulama, analiz etme, değerlendirme ve yaratma basamaklarından oluşmaktadır (Krathwohl, 2002). Taksonomi bir öğretimin sonucunda öğrencilerden beklenen kazanımların sınıflandırılmasına imkân sağlayan bir yaklaşımdır. Bu sınıflandırma soyuttan somuta, basitten karmaşığa şeklinde bir sıra izleyerek, her basamak diğeri için bir ön koşul oluşturmaktadır (Bümen, 2006).

Türkiye'de orta öğretim seviyesinde biyoloji dersi almaya başlayan bir öğrenci eğitiminin ilk senesinde Yaşam Bilimi Biyoloji ünite başlığı altında 'Canlıların Ortak Özellikleri' ve 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konularında eğitim almaktadır.

Bu ünite başlığı altında özellikle 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusu içinde ele alınan inorganik bileşikler ve organik bileşikler konu başlıkları altında monomerlerden makromolekül oluşumu, ilgili bileşiklerin doğada ve insan vücudundaki fonksiyonları vs. gibi geniş bir spektrumda öğrencilere bilgi aktarılmaktadır (MEB, 2018). Bununla beraber konu içerisinde ele alınan bileşiklerin mikro ölçekli olması ve anlatım sürecinde öğrencinin düşünme becerisini kullanırken gözle göremediği molekül ve molekül etkileşimlerini öğrenirken hayal gücünü kullanmasının gerekliliği, 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusu gibi öğrenilmesi kolay olmayan bir konunun öğretim ve ölçme değerlendirme süreci üzerinde durmayı önemli kılmaktadır. Zira ilgili konuda öğrencilerin sahip oldukları bilgi düzeyleri, daha sonra edinecekleri bilgilerin doğru bir şekilde kazanılmasında etkili olabilmektedir.

Öğrencilerin başarı düzeylerini saptamada sıklıkla kullanılan testler, çalışma kapsamında belirli özellikleri ölçülmek istenen bireylere dönük uygulanan bir ölçme araçlarıdır. Testlerde çok sayıda soru yer almakta ve bireylerin bu sorularda yer alan uyarıcılara verdikleri yanıtlar ya da tepkiler dikkate alınarak katılımcıların birbirleriyle arasında olan farklılık ya da benzerlikler ortaya çıkarılabilmektedir (Tekin, 2000). Öğretim sürecinde programda öngörülen kazanımların ne kadar aktarılabildiğini saptamak ve öğrenci başarılarını belirlemek amacıyla tüm öğretim kazanımlarını kapsayan iyi hazırlanmış, nitelikli ölçme araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Kargın & Gül, 2021). Bu noktada öğrencilerin konu ile ilgili bilgi düzeylerinin saptanarak öğretim hedeflerine ne derece ulaşıldığının belirlenmesinde ise sıklıkla tercih edilen ölçme araçlarından biri çoktan seçmeli testlerdir. Ancak alan yazında Türkiye’de 2018 yılında güncellenen biyoloji öğretim programında yer alan 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusuna yönelik geliştirilmiş bir başarı testine rastlanmamıştır. Bu konuya yönelik öğrencilerin başarılarını değerlendiren bir başarı testi geliştirmenin ölçme ve değerlendirme hususunda alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Buradan hareketle araştırmada kullanılan başarı testi, araştırmacı tarafından MEB 9. Sınıf Biyoloji Öğretim Programı dikkate alınarak geliştirilmiştir. Araştırmada geliştirilen test, tek doğru yanıt ve beş seçenekli çoktan seçmeli sorulardan oluşmaktadır. Başarı testini geliştirme sürecinde Haladyna (1997) ve Kızıkan ve Bekaş (2018) tarafından önerilen test geliştirme basamakları (testin amacının belirlenmesi, testin kapsamının belirlenmesi, testteki soruların geçerlik ve güvenirlik analizlerinin yapılması vb.) dikkate alınmıştır. Buna göre aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

Testin Amacının Belirlenmesi.

Araştırmada başarı testi geliştirme sürecinin ilk basamağında öncelikle testin amacı belirlenmiştir. Buna göre testin amacı, dokuzuncu sınıf düzeyinde Yaşam Bilimi Biyoloji ünitesinde yer alan 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusuna yönelik başarıyı

ölçüyor olmasıdır. Testin amacı belirlendikten sonra kavramsal çerçevesi çizilmeye çalışılmıştır. Bilindiği üzere ortaöğretim dokuzuncu sınıflar için hazırlanan Biyoloji Öğretim Programında, öğrencilere 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusuna ait temel kavramları öğretmek için gerekli bilgi ve becerileri kazandırmayı amaçlamaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Programa göre 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' ile ilgili iki temel kazanım bulunmaktadır. Bunlar:

(1) 9.1.2.1. Canlıların yapısını oluşturan organik ve inorganik bileşikleri açıklar.

(2) 9.1.2.2. Lipit, karbonhidrat, protein, vitamin, su ve minerallerin sağlıklı beslenme ile ilişkisini kurar.

Yukarıdaki kazanımlara ek olarak dokuzuncu sınıf biyoloji öğretim programında bazı temel kavramlar yer almaktadır (asit, ATP, baz, DNA, enzim, hormon, inorganik, karbonhidrat, mineral, organik, protein, RNA, su, tuz, vitamin, lipit). Dolayısıyla BT, öğretim programında öngörülen kazanımlar ve kavramlar dikkate alınarak geliştirilmiştir.

Alanyazın Tarama ve Madde Havuzu Oluşturma.

Testin amacı belirlendikten sonra araştırmacılar tarafından öncelikle alanyazın taraması yapılmış ve ilgili kaynaklar (ders kitabı, test kitapları, internet kaynakları vb.) incelenmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde en son güncellenen dokuzuncu sınıf Biyoloji Dersi Öğretim Programı'ndaki (MEB, 2018) 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda yer alan kazanımlar/kavramlar ile ilgili toplam 32 çoktan seçmeli soru hazırlanmıştır.

Testin Taslak Formunun Hazırlanması ve Uzman Görüşüne Başvurma.

Alanyazın incelemesi sonrası öğretim programındaki kazanımlara uygun olarak her biri beş seçenekten oluşan toplam 32 adet çoktan seçmeli soru hazırlanmıştır. Tunç ve Kılınç-Alpat (2015) tarafından da ifade edildiği gibi bir başarı testini geliştirme sürecinde çoğunlukla kapsam geçerliliğine bakılır ve testteki soruların ilgili kapsamı ne derece temsil ettiği mutlaka dikkate alınır. Alanyazın incelendiğinde ise bir testin kapsam geçerliliğinin belirlenmesinde uzman görüşüne başvurulması sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (Çalık & Ayas, 2003; Treagust, 1988). Böylece uzman görüşleri doğrultusunda hem testin ölçmek istediği özelliği ölçüp ölçmediği konusunda bilgi alınırken hem de eksik ya da çelişkili olan ifadeler yeniden odaklanılması sağlanabilir (Çalık & Ayas, 2003). Buradan hareketle bu araştırmada hazırlanan taslak başarı testi, öğretim üyesi (2 kişi) ve biyoloji öğretmeni (1 kişi) tarafından yazım dili, soruların kapsamı, görünüşü, içerikleri gibi geçerliği etkileyen farklı özellikler dikkate alınarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Uzman görüşünü göre son şekli verilen taslak testteki sorular aynı zamanda yenilenmiş Bloom taksonomisindeki basamaklara göre incelenmiş ve altı akademisyenin görüşüne sunulurak soruların taksonomideki yeri belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. *Başarı Testinin Taslak Formundaki Sorulara Ait Belirtke Tablosu*

Kazanım	Hatırlama	Anlama	Uygulama	Çözümleme	Değerlendirme	Yaratma
Canlıların yapısını oluşturan organik ve inorganik bileşikler açıklar.	S2, S3, S10, S13, S22, S23, S24	S1, S5, S6, S7, S11, S12, S14, S16, S19, S20, S21, S26, S30	S4, S8, S9, S15	S18, S25	S17, S29	-
Lipit, karbonhidrat, protein, vitamin, su ve minerallerin sağlıklı beslenme ile ilişkisini kurar.	-	S28, S31, S32	-	-	S27	-

Tablo 2'ye göre 32 adet çoktan seçmeli sorunun 7'si hatırlama basamağında, 16'sı anlama basamağında, 4'ü uygulama basamağında, 2'si çözümleme basamağında ve 3'ü değerlendirme basamağında yer almıştır.

Testin Pilot Uygulaması.

Öğretim üyeleri ve biyoloji öğretmeninin değerlendirmeleri sonrasında testin 252 öğrenciye pilot uygulaması yapılarak geçerlik ve güvenirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Yüz yüze yapılan uygulamalar sırasında öğrencilerin kopya çekmesi engellenmiş ve gerekli uyarılar yapılmıştır. Ayrıca öğrencilere uygulamanın araştırma amaçlı olduğu, cevaplarının gizli tutulacağı ve puanların hiçbir şekilde değerlendirmede kullanılmayacağı taahhüt edilmiştir. Öğrencilere testi uygulamaları için bir ders saati (40 dakika) süre verilmiştir. Toplanan veriler için öncelikle madde analizi yapılarak testteki maddeler için madde güçlük ve ayırt edicilik indeksleri hesaplanmıştır. Bu amaçla test puanlarına göre %27'lik alt (D_{alt}) ve üst gruplar ($D_{üst}$) oluşturularak her gruptan 68'er kişinin cevapları analiz edilmiştir (Tablo 3).

Madde güçlük indeksi (p_j), maddeyi doğru cevaplayan üst ve alt gruplardaki katılımcıların yüzdesidir. Ayırt edicilik indeksi (r_{jx}), bir test maddesinin üst ve alt düzey katılımcıları ayırt etme yeteneğidir (Assimi vd., 2022). Aynı araştırmacılar, $p_j > \%70$ olan maddelerin çok kolay, $p_j < \%30$ olan maddelerin zor olarak sınıflandırıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, $r_{jx} \leq 0.20$ olan maddeler zayıf, 0.21 ile 0.34 arasında kabul edilebilir veya iyi ve ≥ 0.35 mükemmel olarak sınıflandırılır.

Tablo 3. Başarı Testine Ait Madde Analizi Sonuçları

Soru	D _{alt}	D _{üst}	p _j	r _{jx}	Soru	D _{alt}	D _{üst}	p _j	r _{jx}
S1	18	62	0.59	0.65	S17	12	9	0.15	-0.04
S2	29	62	0.67	0.49	S18	10	6	0.12	-0.06
S3	19	61	0.59	0.62	S19	13	47	0.44	0.50
S4	23	42	0.48	0.28	S20	9	44	0.39	0.51
S5	17	46	0.46	0.43	S21	4	17	0.15	0.19
S6	16	59	0.55	0.63	S22	8	31	0.29	0.34
S7	35	61	0.71	0.38	S23	14	48	0.46	0.50
S8	15	18	0.24	0.04	S24	8	41	0.36	0.49
S9	14	41	0.40	0.40	S25	10	18	0.21	0.12
S10	17	29	0.34	0.18	S26	13	50	0.46	0.54
S11	9	52	0.45	0.63	S27	14	12	0.19	-0.03
S12	14	40	0.40	0.38	S28	16	27	0.32	0.17
S13	8	44	0.38	0.53	S29	9	35	0.32	0.38
S14	7	41	0.35	0.50	S30	14	34	0.35	0.29
S15	14	21	0.26	0.10	S31	17	50	0.49	0.49
S16	19	38	0.42	0.28	S32	17	41	0.43	0.35
Testin geneli								0.44	0.44

Tablo 3'e göre madde güçlük indeksi değeri için sorulardan sekizinin (S8, S15, S17, S18, S21, S22, S25 ve S27) 'zor' düzeyde olduğu, kalan tüm soruların ise 'orta' düzeyde olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan sorulardan on tanesi (S8, S10, S15, S17, S18, S21, S25, S27, S28 ve S30) için madde ayırt edicilik değeri 'zayıf' iken kalan soruların 'iyi' veya 'mükemmel' düzeyde ayırt edici olduğu belirlenmiştir.

Bulgular değerlendirildiğinde, sorulardan yedisinin (S8, S15, S17, S18, S21, S25 ve S27) madde güçlük ve ayırt edicilik indekslerine ait değerler referans verilen sınırların dışında kaldığından teste dâhil edilmemiştir. Madde güçlük indeksi sınırda olan ve madde ayırt edicilik düzeyinin 'iyi' olan S22 testte bırakılmıştır. S10, S28 ve S30'un madde ayırt edicilik düzeyleri bir miktar düşük olmakla birlikte, gerek madde güçlük indeksi değerlerinin referans sınırları içinde olması gerekse ilgili kazanıma yönelik testte sınırlı sayıda soru yer alması nedeniyle testte bırakılmışlardır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda 25 sorudan oluşan testin ortalama madde güçlüğü 0.44 hesaplanırken, ortalama madde ayırt ediciliği ise 0.44 bulunmuştur. Testin KR-20 güvenirlik katsayısı 0.75 bulunmuştur. Buna göre başarı testinin orta güçlükte, mükemmel düzeyde ayırt edici ve güvenilir bir test olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmada soruların yenilenmiş Bloom taksonomisindeki dağılımlarına ise Tablo 4'te yer verilmiştir. Tablo 4'te testteki soruların Bloom taksonomisindeki yeri incelendiğinde; yedi soru hatırlama, on beş soru anlama, iki soru uygulama ve bir soru değerlendirme basamağındadır. Testin nihai formu Ek 3'de verilmiştir.

Tablo 4. Yirmi Beş Soruluk Nihai Testteki Sorulara Ait Belirtke Tablosu

Kazanım	Kazanım açıklaması	Soru no	Bloom taksonomisi
Canlıların yapısını oluşturan organik ve inorganik bileşiklerini açıklar.	Su, mineraller, asitler, bazlar ve tuzların canlılar için önemi belirtilir.	S2	Hatırlama
		S6	Anlama
		S7	Anlama
		S11	Anlama
		S12	Anlama
		S18	Değerlendirme
		S25	Anlama
	Kalsiyum, potasyum, demir, iyot, flor, magnezyum, sodyum, fosfor, klor, kükürt, çinko minerallerinin canlılar için önemi vurgulanır.	S11	Anlama
		S12	Anlama
		S18	Değerlendirme
	Karbonhidratların, lipidlerin, proteinlerin, nükleik asitlerin, enzimlerin yapısı, görevi ve canlılar için önemi belirtilir.	S9	Uygulama
		S10	Hatırlama
		S13	Hatırlama
		S14	Anlama
		S16	Anlama
		S23	Hatırlama
	DNA'nın tüm canlı türlerinde bulunduğu ve aynı nükleotitleri içerdiği vurgulanır.	S10	Hatırlama
	ATP'nin ve hormonların kimyasal formüllerine yer verilmeden canlılar için önemi sorgulanır.	S17	Anlama
		S22	Hatırlama
		S24	Hatırlama
	Vitaminlerin genel özellikleri verilir. A, D, E, K, B ve C vitaminlerinin görevleri ve canlılar için önemi belirtilir. B grubu vitaminlerinin çeşitlerine girilmez.	S3	Hatırlama
		S5	Anlama
		S19	Anlama
		S20	Anlama
Lipit, karbonhidrat, protein, vitamin, su ve minerallerin sağlıklı beslenme ile ilişkisini kurar.	Öğrencilerin besinlerdeki karbonhidrat, lipit ve proteinin varlığını tespit edebilecekleri deneyler yapmaları sağlanır.	S9	Uygulama
	Enzim aktivitesine etki eden faktörlerle ilgili deneyler yapılması sağlanır.	S1	Anlama
		S4	Uygulama
		S8	Anlama
	İnsülin direnci, diyabet ve obeziteye sağlıklı beslenme bağlamında değinilir.	S21	Anlama

Biyoloji Dersi Motivasyon Ölçeği (BDMÖ)

Araştırmada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve sonrası biyolojiye yönelik motivasyonlarını ölçmek için daha önce Glynn ve Koballa (2006) tarafından geliştirilen ve Ekici (2009) tarafından Türkçe'ye uyarlanan Biyoloji Dersi Motivasyon Ölçeği (BDMÖ) kullanılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. BDMÖ'ne Ait Alt Boyutları ve Alt Boyutların Güvenirlik Katsayıları

Alt Boyutlar	Örnek Madde	Cronbach Alpha
İçsel motivasyon	Biyoloji dersini öğrenmekten hoşlanırım.	0.85
Dışsal motivasyon	Biyoloji dersi sınavlarında diğer öğrencilerden daha başarılı olmak isterim	0.80
Biyoloji öğrenmeye ilgi	Öğrendiğim biyoloji dersi kişisel amaçlarımla bağlantılıdır.	0.83
Biyoloji öğrenmek için sorumluluk	Eğer biyoloji dersini öğrenmekte zorluk çekersem sebebini bulmaya çalışırım.	0.88
Biyoloji öğrenmede güven	Biyoloji dersinde en yüksek notu alabileceğime inanırım.	0.86
Biyoloji sınavlarında endişe	Biyoloji dersi sınav zamanı geldiğinde endişelenirim.	0.89
BDMÖ'nin Geneli		0.87

Tablo 5'te görüldüğü gibi BDMÖ içsel motivasyon, dışsal motivasyon, biyoloji öğrenmeye ilgi, biyoloji öğrenmek için sorumluluk, biyoloji öğrenmede güven ve biyoloji sınavlarında endişe boyutu olmak üzere toplam altı boyuttan oluşmaktadır. 5'li Likert tipinde toplam 30 madde içeren ölçeğin geneli için Cronbach Alpha güvenirlilik katsayısı ise 0.87 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısı; içsel motivasyon boyutu için 0.85, dışsal motivasyon boyutu için 0.80, biyoloji öğrenmeye ilgi boyutu için 0.83, biyoloji öğrenmek için sorumluluk boyutu için 0.88, biyoloji öğrenmede güven boyutu için 0.86 ve biyoloji sınavlarında endişe boyutu için 0.89 olarak hesaplanmıştır. BDMÖ Ek 4'te sunulmuştur.

Bilişsel Yük Ölçeği (BYÖ)

Araştırma kapsamında 3B modeller kullanılarak öğretim yapılan deney grubu öğrencileri ile sadece mevcut öğretim programında öngörülen ve ders kitabı temel alınarak öğretim yapılan kontrol grubu öğrencilerinin bilişsel yüklenme düzeylerini ölçmek amacıyla Paas ve Van Merriënber (1993) tarafından geliştirilen ölçekten yararlanılmıştır. Bilişsel Yük Ölçeği'nin Türkçe formunun uyarlama çalışması Kılıç ve Karadeniz (2004) tarafından yapılmıştır. Buna göre ölçeğin iç tutarlılık katsayısı 0.90 olarak hesaplanmıştır. Ölçeğin puanlamasına ilişkin aralıklar ise 1-4 arası için düşük, 5-9 arası için yüksek şeklinde sınıflandırılmıştır. Çalışmada grupların bilişsel yük değerinin ortalamaları hesaplanarak bu aralıklara göre değerlendirilmiştir. BYÖ Ek 5'te sunulmuştur.

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu (YYGF)

Görüşme; yapılandırılmış, yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleştirilebilen, önceden hazırlanmış sorularla belirli bir amaçlar doğrultusunda ortaya konan etkileşimli bir iletişim sürecidir (Yıldırım & Şimşek, 2005). Yarı yapılandırılmış görüşme yoluyla bireylerin kendilerine yöneltilen sorular hususunda ne düşündüğü, konuya ilişkin duygu ve tutumlarının nasıl şekillendiği ve görüşlerini şekillendiren

unsurların neler olduğunu ortaya koyabilmek mümkündür (Ekiz, 2015). Buradan hareketle bu araştırmada YYGF uygulama sonrası deney grubu öğrencilerinin 3B modellere ve 3B modellerle yapılan öğretime yönelik görüşlerini almak amacıyla araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. YYGF’da deney grubunda yapılan etkinliklerle ilgili 11 açık uçlu soru bulunmaktadır. Sorular uzman görüşü ve onayı alındıktan sonra uygulanmıştır (Ek 6). Öğretim yapıldıktan sonra elde edilen nicel verileri desteklemek amacıyla deney grubundaki öğrenciler arasından gönüllü 10 öğrenciyle görüşmeler yapılmış ve bulgular nitel olarak incelenmiştir.

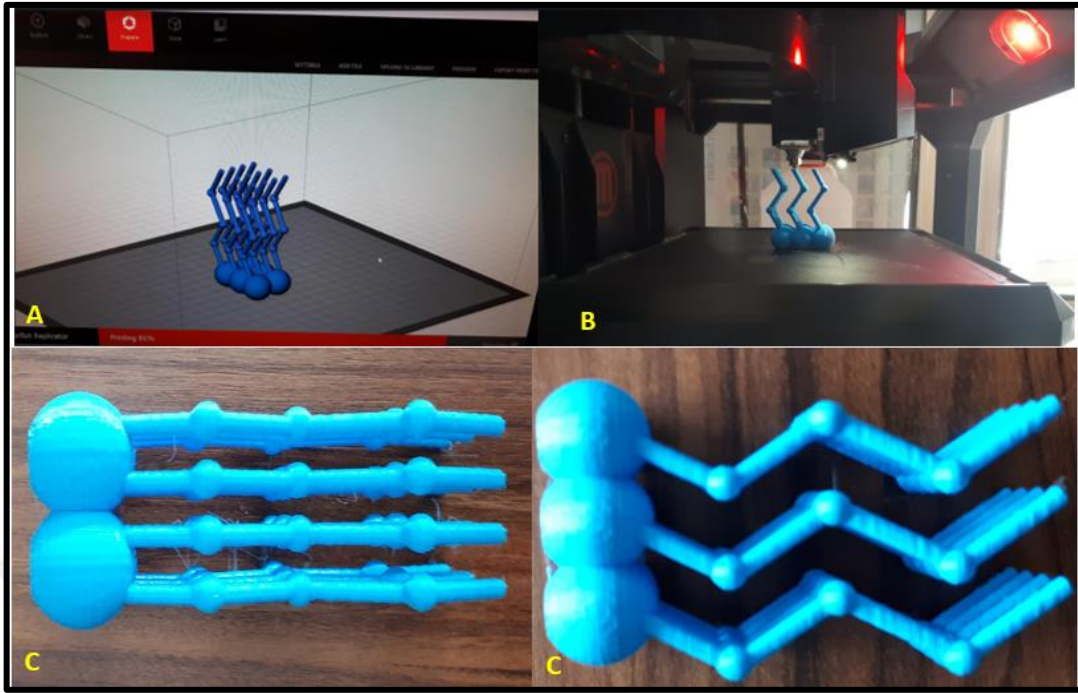
Öğretim Materyalleri (3B Modeller)

Araştırmada 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda yer alan çeşitli temel yapılara yönelik öğretim materyalleri hazırlanmış ve 3B baskısı alınarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu yapılar karbonhidratlar, proteinler, lipitler ve nükleik asitlerin yapı taşları, polisakkarit modeli, ATP molekülü, enzim-substrat ilişkisi gibi temel yapıları içermektedir.

Araştırma kapsamında 3B modeller tasarlanırken öğrenci seviyesi ve öğretim programı göz önüne alınmış ve buna göre materyal tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanacak materyaller aynı zamanda kimya alanı ile ilişkili olduğundan bu süreçte bir alan uzmanının görüşlerinden de yararlanılmıştır. Alan uzmanı yüksek lisansını biyokimya alanında yapmış olup doktora çalışmasında da 3B materyaller tasarlayan ve Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi bölümünde görev yapan bir akademisyendir. Tasarlanan materyallerin bir kısmında MEB 9. Sınıf biyoloji ders kitabındaki görsellerden yararlanılırken, bir kısmında thingiverse.com web sayfasındaki herkese açık ücretsiz 3D tasarımlardan yararlanılmıştır. Materyallerin bilgisayar ortamındaki tasarımından 3B baskısının alınmasına kadar olan süreçle ilişkin örnek bir görüntü Şekil 4’te gösterilmektedir.

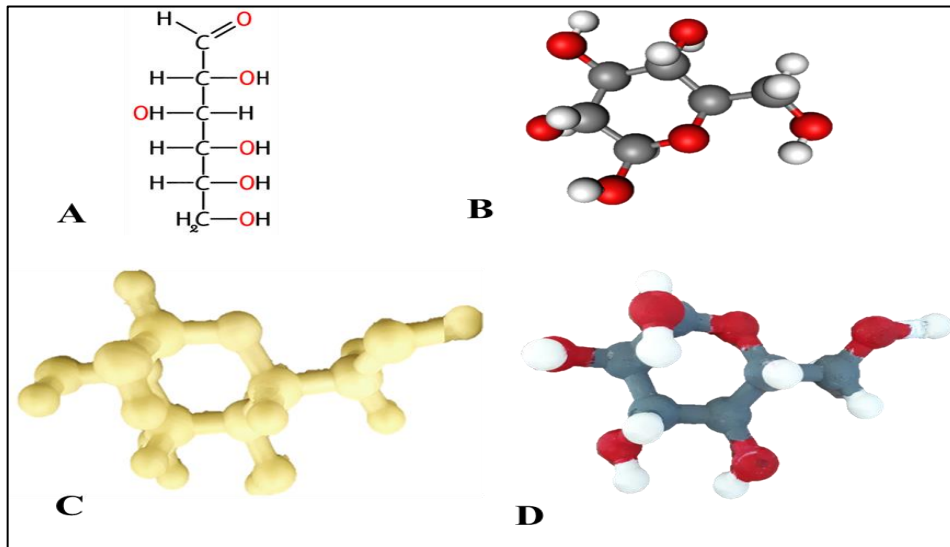
Şekil 4’te görüldüğü gibi öğrencilere kavratılması hedeflenen yapılarla ilgili öncelikle 3DS Max yardımıyla modellerin tasarımı yapılmıştır (Şekil 4.A). 3DS Max programı, üç boyutlu modeller, çeşitli animasyonlar ve dijital görüntüler oluşturmak amacıyla geliştirilmiş bir bilgisayar grafik programıdır. Modellerin tasarım sürecinde mümkün olduğunca basit, sade ve anlaşılır yapılmasına özen gösterilmiştir. 3DS Max programında tasarımı yapılan modellerin daha sonra MakerBot adı verilen 3B yazıcıda basımı yapılmıştır (Şekil 4.B). Modellerin 3B baskısı alındıktan sonra baskı sürecinde model üzerinde biriken fazla kalıntılar temizlenmiştir (Şekil 4.C).

Şekil 4. 3B Modelin Yapım Aşamaları (Fosfolipit Örneği): (A) 3DS Max Tasarımı, (B) 3B Yazıcıda Basım Süreci, (C) 3B Baskı (Ön ve Yandan Görünüm)



3B modellerin bazıları çeşitli moleküler yapıları içerdiğinden bu moleküllerin renklendirilerek detaylı yapıların ortaya çıkarılarak modelin daha anlaşılır ve dikkat çekici olması sağlanmıştır. Bu süreçte akrilik boya kullanılmıştır. Boyama işlemlerinde karbon atomu (C) gri, oksijen atomu (O) kırmızı, azot atomu (N) mavi, hidrojen atomu (H) beyaz, fosfat ise (P) pembe rengine boyanmıştır. Materyallerin boyanma öncesi ve sonrasına ait bir örnek tasarım, Şekil 5'te gösterilmektedir.

Şekil 5. Glukoz Molekülünün Farklı Gösterimleri: (A) Yapısal Kimyasal Formülü, (B) 2B Molekül Modeli, (C) 3B Baskı, (D) 3B Baskı Modelin Boyanarak Renklendirilmiş Son Hali



Şekil 5’te bir glukozun 3B modeli gösterilmektedir. Glukozun tasarlanan 3B modeli incelendiğinde, dört farklı boyut ve yapı içerdiği anlaşılmaktadır. Buna göre en büyük ve gri yapılar karbon (C) atomunu temsil etmektedir. Diğer taraftan beyaz renkli en küçük yapılar hidrojen (H) atomunu temsil ederken; kırmızı renkli yapılar oksijen (O) atomunu temsil etmektedirler. Yuvarlak şekilli bu atomları birbirine bağlayan dar ve uzun yapılar ise atomlar arası bağları temsil etmek için kullanılmıştır. Tasarlanan 3B modeller Ek 7’de sunulmaktadır.

Uygulama Süreci

Araştırmanın deneysel uygulamalarında öncelikle ölçme araçları (BT, BDMÖ, BYÖ) her iki gruba ön test olarak uygulanmıştır. Sonrasında deney grubunda 3B modeller kullanılarak 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusu işlenmiştir. Kontrol grubunda ise aynı konu biyoloji öğretim programının içeriğine uygun olarak ve ders kitabı temel alınarak işlenmiştir. Öğretim sonrası aynı ölçme araçları her iki gruba son test olarak tekrar uygulanmıştır. Aynı zamanda BT, son testlerden bir buçuk ay sonra deney grubu öğrencilerine kalıcılık testi olarak tekrar uygulanmıştır. Diğer taraftan uygulama sonrası deney grubundan seçilen gönüllü 10 öğrenci (5 kadın, 5 erkek) ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Her iki grupta uygulamalar öğretim programında yer verilen şekliyle toplam 18 saat (dokuz hafta) sürmüştür. Ayrıca uygulamalar öncesi ve sonrasında ölçme araçlarının ön test, son test ve kalıcılık test uygulamaları için birer hafta ayrılmıştır.

Uygulama süreci deney ve kontrol grubunda öğretim programında öngörülen kazanımlar dikkate alınarak ve MEB 9. Sınıf Biyoloji ders kitabı temel alınarak birbirine paralel yürütülmüştür. Deney ve kontrol grubunda yapılan etkinliklerle ilgili örnek bir ders planı Ek 8’de verilmiştir. Deney grubundaki etkinlikler sırasında araştırmanın amacına uygun olarak geliştirilen materyallerden yararlanılmıştır. Öğretim programında öğrencilere kavratılması istenen temel kavram ve yapılarla ilgili materyallerin süreçte etkin bir şekilde kullanılmasına özen gösterilmiş ve sınıftaki her öğrencinin bireysel veya gruplar halinde materyalleri incelemelerine fırsat tanınmıştır. Bununla beraber örneğin DNA’nın yapı ve fonksiyonunun kavratıldığı kazanımla ilişkili olarak her iki grupta 5E modeline göre öğretim yapılmıştır. Buna göre etkinlikler esnasında aşağıdaki basamaklar izlenmiştir:

Girme Basamağı (Tahmini süre: 5 dakika):

Öğretmen (araştırmacı gözetiminde) ebeveynlerine benzeyen ünlülerin birkaç fotoğrafını göstererek derse başlamış, öğrencilere “Neden ebeveynlerimize benziyoruz?”, “Nesilden nesile neler aktarılır?”, “Kalıtsal özelliklerimizi ne belirler?” gibi çeşitli sorular

sorarak fikirlerini almıştır. Bu aşamada öğrencilerin cevaplarının doğruluğu dikkate alınmamış, sadece beyin fırtınası yapmaları beklenmiş ve ön bilgileri kontrol edilmiştir.

Keşfetme Basamağı (Tahmini süre: 35 dakika):

Bu basamakta ders kitabında bulunan çilekten DNA izolsayonu deneyi yaptırılmıştır. Bu süreçte DNA'nın tüm canlı türlerinde bulunduğu vurgulanmış (DNA'nın tüm canlı türlerinde bulunduğu ve aynı nükleotitleri içerdiği vurgulanır kazanımına istinaden), insan DNA'sına karşı meyve DNA'sını tartışılmıştır. Deneye başlamadan önce öğrenciler gruplara ayrılarak çeşitli görevler verilmiştir. Öğretmen bu süreçte rehber rolünü üstlenmiş ve gerektiğinde öğrencilere yardımcı olmuştur.

Açıklama Basamağı (Tahmini süre: 15 dakika):

Öğretmen derste daha önce hazır olan slaytları sunmuş, konuyu ana hatlarıyla anlatarak özetlemiş ve DNA üzerine sınıf tartışmalarına öncülük etmiştir. Öğrencileri tartışmalara katılmaya yönlendirmiştir.

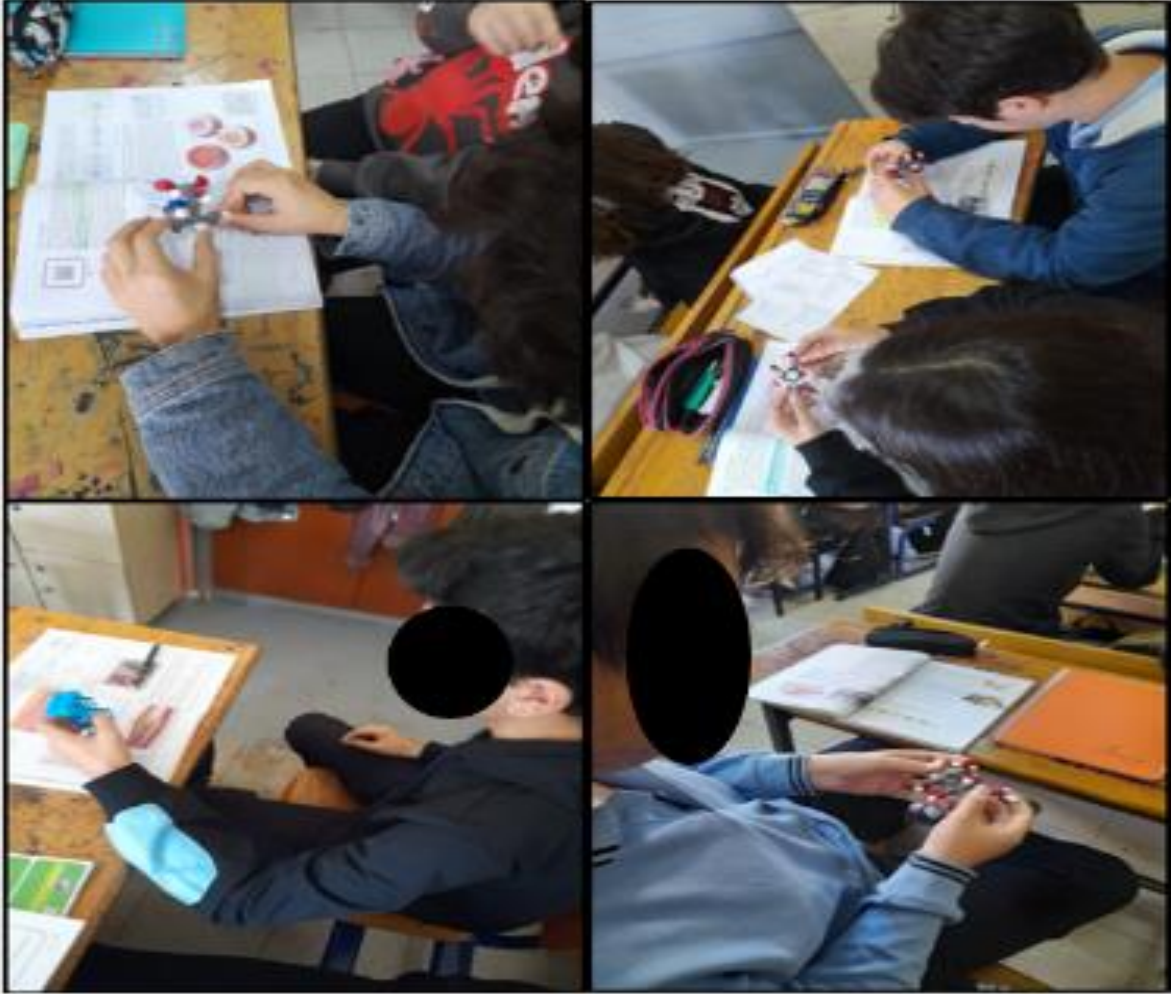
Derinleştirme Basamağı (Tahmini süre: 20 dakika):

Bu basamakta öğretmen öğrencilere 3B nükleotit modellerini vererek bireysel ve grupla incelemelerini istemiştir. Verilen nükleotitlerden hangilerinin pürin, hangilerinin pirimidin bazı olduğunu, tek/çift halka yapılarını keşfetmeleri sağlanmıştır. Nükleotitleri bir araya getirerek DNA modelinin baz eşleştirme kurallarına nasıl uyduğunu keşfetmelerini sağlayan bir etkinlik yapılmıştır. Öğretmen tarafından bu süreçte gözlem yapılarak öğrencilere 3B modelleri kullanma özgürlüğü verilmiştir. Öğrencilere guanin-sitozin, adenin-timin eşleşmesini temsil eden parçaları birleştirmede yardımcı olmuştur. Öğrenciler bireysel veya grup içinde nükleotit modelleriyle etkileşime girerken, onlara her bir 3B baskı modelinin rolü ve bunların birbirleriyle nasıl etkileşime girdiği konusunda yapılandırılmamış, katılımın teşvik edildiği bir tartışma ortamı yaratılmıştır. Bu tartışma açık ve öğrenci katılımına yönelik olmasına rağmen, etkinliklerin adil bir şekilde değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için öğretmen tarafından hem deney hem de kontrol gruplarına aynı bilgilerin verilmesi sağlanmıştır. Etkinlik esnasında “Nükleotidlerin doğru eşleşmeye sahip olması neden önemlidir?”, “Nükleotidler yanlış eşleşirse ne olur?”, “Hangi iki nükleotid birlikte gider?” gibi çeşitli sorular sorularak öğrencilerin etkinlik esnasında yaptığı eşleştirmelerin doğruluğunun da kontrolü sağlanmıştır. Etkinliklerden sonra DNA'nın yapısı ve baz eşleşme kuralının anlatıldığı kısa video izletilmiştir.

Değerlendirme Basamağı (Tahmini süre: 5 dakika):

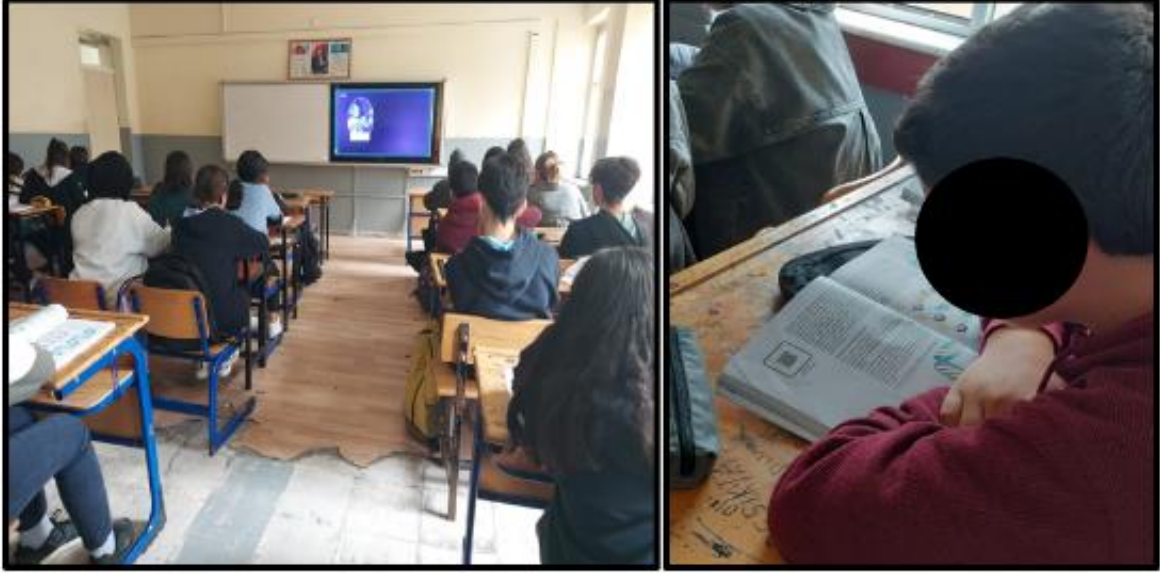
Öğretmen DNA yapı ve fonksiyonu hakkında soru sorarak öğrencilerin konuyu kavradıklarından emin olmaya çalışmıştır. Ayrıca ders kitabının sonunda yer alan soruları kalan zamanda (dersten sonra) öğrencilerden çözmelerini istemiştir. Deney grubundaki uygulamalar sırasında çekilmiş bir görüntü Şekil 6’da gösterilmektedir.

Şekil 6. Deney Grubundaki Etkinliklere Ait Örnek Bir Kesit



Kontrol grubunda ise konusunun öğretimi için sadece Milli Eğitim Bakanlığı 9. Sınıf Biyoloji ders kitabındaki içerik takip edilerek öğretim yapılmıştır. Buna göre yine öğretimde yapılandırmacı yaklaşım benimsenmiş ancak 3B modellere yer verilmemiştir. Örneğin yukarıda deney grubunda yapılan etkinlik aynı şekilde kontrol grubunda da 5E modeline göre yapılmıştır. Bununla beraber deney grubunda derinleştirme aşamasında kullanılan 3B modellerle yapılan etkinliklere kontrol grubunda yer verilmemiştir. Yerine EBA’dan konu ile ilgili çeşitli videolar izletilmiş ve ders kitabındaki görseller incelenmiştir. Ancak daha önce de ifade edildiği gibi etkinliklerin adil bir şekilde değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için öğretmen tarafından hem deney hem de kontrol gruplarına aynı bilgilerin verilmesi sağlanmıştır. Kontrol grubundaki uygulamalar sırasında çekilmiş bir görüntü ise Şekil 7’de gösterilmektedir.

Şekil 7. Kontrol Grubundaki Etkinliklere Ait Örnek Bir Kesit



Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında hem nitel hem de nicel veriler toplanmıştır. Nitel veriler içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiştir. İçerik analizi, incelenen konu bağlamında katılımcılardan alınan yanıtlarda yer alan genel eğilimlerin tespitine yönelik gerçekleştirilen bir analiz tekniği olup eğitim bilimleri alanında sıklıkla kullanılmaktadır (Ültay vd., 2021). Bu çalışmada da öğrencilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla nitel veriler toplanmış, Nvivo programı ile analiz edilmiştir.

Nicel verilerin analizinde ise IBM SPSS 20.0 programından yararlanılmıştır. Diğer taraftan araştırmanın deneysel uygulamalarından elde edilen veriler çeşitli istatistiksel tekniklerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İstatistiksel karşılaştırmalarda ise %5 hata payı dikkate alınmış, aynı zamanda verilerin parametrik testlere uygun olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla hem Levene homojenlik testinden hem de çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri ile Shapiro-Wilk testinden yararlanılmıştır. Levene homojenlik testine ait analiz sonuçları Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6. Uygulama Gruplarına Ait Verilerin Levene Homojenlik Testi Sonuçları

Ölçme aracı	Karşılaştırma grupları	Uygulama	Levene istatistiği (F)	p
BT	DG-KG	Ön test	2.124	.150
	DG-KG	Son test	5.54	.022*
	DG-KG	Kalıcılık testi	.114	.737
BDMÖ	DG-KG	Ön test	.116	.735
	DG-KG	Son test	3.048	.086
BYÖ	DG-KG	Son test	1.025	.315

*p<.05, DG: Deney grubu, KG: Kontrol Grubu

Tablo 6’da görüldüğü gibi, BT için deney ve kontrol grubunun son test puanlarında varyansların homojen olmadığı, ön test ve kalıcılık testi puanlarında ise homojen olduğu belirlenmiştir ($p>.05$). BDMÖ ve BYÖ için ise varyans homojenliği koşulunun sağlandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte verilerin normal dağılıma uygunluğunun kontrolü için yapılan analizlerde bazı verilerin gerekli koşulları sağlamadığı anlaşılmıştır. Verilerin normal dağılıma sahip olması için Shapiro-Wilk testinin istatistiksel olarak anlamsız çıkması ($p>.05$) gerekmektedir. Ayrıca alanyazında çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1.5 ile +1.5 olması durumunda verilerin normal dağıldığı kabul edilmektedir (Tabachnick & Fidell, 2013). Verilerin normal dağılıma uygunluğunun analiz sonuçları Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7. *Uygulama Gruplarına Ait Verilerin Normal Dağılıma Uygunluğunun Analizi*

Ölçme aracı	Gruplar	Uygulama	Çarpıklık	Basıklık	Shapiro wilk	
					İstatistik değeri	p
BT	DG	Ön test	-.091	-.727	.924	.038*
		Son test	.937	.439	.917	.025*
		Kalıcılık testi	.126	-.846	.946	.144
	KG	Ön test	.200	-.614	.946	.114
		Son test	.430	.298	.963	.335
		Kalıcılık testi	.020	-.781	.964	.359
BDMÖ	DG	Ön test	-.770	1.216	.958	.290
		Son test	.544	-.601	.950	.178
	KG	Ön test	-.921	.727	.938	.065
		Son test	.068	-.531	.967	.426
BYÖ	DG	Son test	-.0655	-.231	.933	.065
	KG	Son test	-.297	.118	.935	.056

* $p<.05$

Tablo 7’de verilen bulgulara göre BT için yapılan öntest ve sontest grup karşılaştırmalarında parametrik olmayan testlerden yararlanılmıştır. Bununla beraber BT kalıcılık testleri ile BDMÖ ve BYÖ’ne ait tüm karşılaştırmalarda ise parametrik testlerden yararlanılmıştır. Ayrıca yöntemin etki büyüklüğü hesaplanmış ve ortaya çıkan değerlerin yorumlanmasında Büyüköztürk (2011) tarafından önerilen etki büyüklüğü (η^2) kriterleri dikkate alınmıştır. Buna göre etki büyüklüğü değeri .01 ise düşük, .06 ise orta, .14 ise yüksek düzeyde etki büyüklüğünün olduğu şeklinde yorumlanmaktadır.

Araştırmacı Rolü

Ortaöğretim 9. sınıf biyoloji dersi kapsamında 3B modeller ile yapılan öğretim sonrası öğrencilerin 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusundaki başarı düzeyleri, biyoloji dersine yönelik motivasyon düzeyleri, bilişsel yük düzeylerinin tespiti için ölçme araçlarının uygulanması süreci ve görüşmeler bizzat araştırmacı tarafından yapılarak veriler araştırmacı tarafından toplanmıştır. Çalışma kapsamında öğrencilerin kendilerine yöneltilen ölçek ve sorulara içtenlikle ve gönüllülük esasına dayalı cevap verebilmesi amacıyla çalışmalara başlamadan 2 hafta önce araştırmacı tarafından okula gidilip öğrencilerle

görülmüş ve derslere katılım sağlanmıştır. Bu davranış, çalışmaya katılacak öğrencilerin araştırmacıya alışmasını sağlamak ve böylelikle de öğrencilerin soruları olduğundan farklı yanıtlamasına yol açabilecek Hawthorne etkisini (Merrett, 2007) en aza indirmek amacıyla sergilenmiştir. Bununla beraber konunun öğretim süreci, öğrencilerin denendiklerini bilmelerine bağlı olarak performanslarında değişiklik görülmesi olarak bilinen Hawthorne Etkisini azaltmak amacıyla araştırmacı kontrolünde öğretmen tarafından yapılmıştır. Uygulamalar öncesinde öğretmen süreç ve materyaller hakkında araştırmacı tarafından bilgilendirilmiştir.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Bulgular

Bu bölümde araştırma alt problemlerine ait bulgulara yer verilmiştir. Araştırmanın amacı doğrultusunda hazırlanan 3B modellerin etkinliğini incelemek ve böylece her bir araştırma sorusuna cevap verebilmek amacıyla öncelikle grupların denk olup olmadığı test edilmiştir. Bunun için her ön test uygulaması yapılan ölçme araçlarından toplanan veriler analiz edilmiştir. Buna göre daha önce sunulan Tablo 6 ve Tablo 7'deki analiz sonuçlarına bakıldığında grupların BT ön test puanlarının karşılaştırılmasında parametrik olmayan Mann-Whitney U testinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre grupların BT ön test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir farklılık bulunmamıştır ($U=462.000$; $p=.977$). Grupların BDMÖ ön test puanlarının karşılaştırılmasında ise parametrik testlerden biri olan bağımsız örneklem t testinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre grupların BDMÖ ön test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir farklılık bulunmamıştır ($t_{(59)}=-1.861$; $p=.068$). Bu sonuçlar grupların gerek başarı düzeyleri (BT puanları) gerekse motivasyon düzeyleri (BDMÖ puanları) açısından birbirine denk olduğunu göstermektedir. Araştırmanın alt problemlerine ilişkin bulgular ise aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

Birinci Alt Probleme Ait Bulgular

Araştırmanın birinci alt problemi 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin başarı düzeylerine ve bilgilerinin kalıcılığına etkisini belirlemeye yöneliktir. Buna göre daha önce BT puanları açısından denk olduğu test edilen grupların uygulama öncesi ve sonrası elde edilen BT puanlarına ait betimsel istatistikler Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. *BT'ne Ait Betimsel İstatistikler*

Gruplar	Uygulama	$\bar{x}$	SS
Deney Grubu	Ön test	21.38	5.98
	Son test	45.79	11.44
	Kalıcılık testi	39.72	12.65
Kontrol Grubu	Ön test	21.75	7.46
	Son test	37.88	17.06
	Kalıcılık testi	32.38	13.26

Tablo 8 incelendiğinde uygulama öncesinde birbirine denk olan grupların uygulamalar sonrası son test ve kalıcılık testi puanları arasında deney grubu lehine farklılık gösterdiği

görülmektedir. Bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla yapılan Mann-Whitney U testi ve bağımsız örneklem t testi sonuçları ise Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. *BT’ne Ait Analiz Sonuçları*

Uygulama	Gruplar	Sıra ortalaması	Sıralar toplamı	Mann-Whitney U	p
Son test	Deney Grubu	35.69	1035.00	328.000	.048
	Kontrol Grubu	26.75	856.0		
Kalıcılık testi		$\bar{x}$	SS	t	p
	Deney Grubu	39.72	12.65	2.210	.031
	Kontrol Grubu	32.38	13.26		

Tablo 9’da sunulan Mann-Whitney U t testi sonuçları incelendiğinde, grupların BT son test puanlarının deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($U= 328.000$; $p < .05$). Yanı sıra etki büyüklüğü değeri hesaplandığında, yöntemin oldukça orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($\eta^2=.070$). Kalıcılık testi puanları için yapılan bağımsız örneklem t testi sonucunda ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir farklılık tespit edilmiştir ($t_{(59)}= 2.210$; $p < .05$). Etki büyüklüğü değeri hesaplandığında, yöntemin kalıcılık testi puanlarında orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($\eta^2=.076$).

İkinci Alt Probleme Ait Bulgular

Araştırmanın ikinci alt problemi 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin biyoloji dersi motivasyonlarına etkisini belirlemeye yöneliktir. Buna göre daha önce BDMÖ puanları açısından denk olduğu test edilen grupların uygulama öncesi ve sonrası elde edilen BDMÖ puanlarına ait analiz sonuçları Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10. *BDMÖ’ne Ait Betimsel İstatistikler*

Uygulama	Gruplar	$\bar{x}$	SS	t	p
Ön test	Deney Grubu	2.98	.46	-1.861	.068
	Kontrol Grubu	3.19	.43		
Son test	Deney Grubu	3.45	.41	2.288	.026
	Kontrol Grubu	3.17	.55		

Tablo 10 incelendiğinde uygulama öncesinde birbirine denk olan grupların uygulamalar sonrası son test puanları arasında deney grubu lehine farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($t_{(59)}= 2.288$; $p < .05$). Yanı sıra etki büyüklüğü değeri hesaplandığında, yöntemin motivasyon üzerinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($\eta^2=.082$).

Üçüncü Alt Probleme Ait Bulgular

Araştırmanın üçüncü alt problemi 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin bilişsel yük düzeylerine etkisini belirlemeye yöneliktir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin BYÖ'ne verdikleri cevapların puan ortalamaları ve standart sapma değerleri Tablo 11'de gösterilmektedir.

Tablo 11. BYÖ'ne Ait Analiz Sonuçları

Gruplar	Aralıklar	f	$\bar{x}$	SS	t	p
Deney Grubu	1-4 (Düşük)	12	4.31	2.02	-2.139	.037
Kontrol Grubu	5-9 (Yüksek)	17	5.34	1.75		

Tablo 11'de grupların uygulamalar sonrası BYÖ'ne verdikleri cevaplardan elde edilen veriler detaylı olarak incelendiğinde, deney grubunda 12, deney grubunda ise 8 öğrencinin bilişsel yüklenme düzeyinin düşük olduğu, bununla birlikte deney grubunda 17, kontrol grubunda ise 24 öğrencinin bilişsel yüklenme düzeyinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna göre yapılan deney grubunda uygulanan yöntemin kontrol grubuna göre öğrencilerin bilişsel yüklenme düzeylerini azaltmada daha olumlu etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Zira deney grubunun puan ortalamasının arzu edilen sınıra oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bağımsız örneklem t testi sonuçları da grupların BYÖ puanları arasında deney grubu lehine farklılaştığını ortaya koymuştur ($t_{(59)} = -2.139$; $p < .05$).

Dördüncü Alt Probleme Ait Bulgular

Araştırmanın üçüncü alt problemi 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerle öğretim yapılan deney grubundaki öğrencilerin uygulanan etkinliklere yönelik görüşlerini belirlemeye yöneliktir. Bu amaçla doğrultusunda uygulamalar sonrası YYGF kullanılarak deney grubundaki gönüllü 10 öğrenci (5 kadın, 5 erkek) ile görüşmeler yapılmış ve toplanan nitel verilere içerik analizi yapılmıştır. Görüşmelere ait analiz sonuçları Tablo 12'de sunulmuştur.

Tablo 12 incelendiğinde 3B modellerle öğretim yapılan deney grubundaki öğrencilerin yönetime ilişkin olumlu ve olumsuz görüşleri tespit edilmiştir. Öğrencilerin olumlu görüşleri incelendiğinde bunların yöntemin öğrenme sürecine, bilişsel ve duyuşsal gelişime katkıları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer taraftan 3B modellerin fiziksel özelliği ve kullanılabilirliği ile öğrencilerin model tasarlama konusunda da olumlu görüşlerini yansıttıkları görülmektedir.

Tablo 12. Öğrenci Görüşlerinin Analiz Sonuçları

Tema	Kategori	Kod	f	%
Olumlu Özellikler	Öğrenme süreci	Memnuniyet	10	100.0
		Öğrenme sürecini hızlandırma	3	30.0
		Ders kitabına göre daha etkili olma	10	100.0
	Bilişsel gelişime katkı	Öğrenmeye daha az çaba sarf etme	8	80.0
		Ders başarısını artırma	10	100.0
		Öğrenmeyi kolaylaştırma	5	50.0
		Kalıcı öğrenmeyi sağlama	10	100.0
		Soyut kavramları somutlaştırma	6	60.0
		3B materyallerin görsel hafızaya hitap etmesi	4	40.0
	Duyuşsal gelişime katkı	Merak uyandırma	2	20.0
		İlgiyi artırma	1	10.0
		Motivasyonu artırma	6	60.0
		Dersi eğlenceli hale getirme	1	10.0
	Fiziksel özellikler ve kullanışlılık	Renk vb. özelliği sayesinde kolay anlaşılır olma	9	90.0
		Akılda kalıcı olma	6	60.0
		Farklı konularda veya derslerde benzer kavramların öğretilmesine uygunluk	10	100.0
	Bireysel Yeterlilik	3B teknoloji kullanımı ve geliştirmede yeterli olma	4	40.0
Olumsuz özellikler	Fiziksel özellikler ve kullanışlılık	Bazı modelleri karışık bulma	1	10.0
		Sayıda az olması	1	10.0
		Hassas olması	1	10.0
		Boyutların biraz küçük olması	1	10.0
		Tasarlamanın zorluğu ve yetersizlik	8	80.0

3B modellerin öğrenme sürecine katkısına yönelik bulgulara bakıldığında öğrencilerin tamamının genel olarak bu materyallerle dersi işlemekten memnun kaldıkları ve öğrenme sürecine olumlu katkılar sağladığı yönünde görüş belirttikleri tespit edilmiştir. Bu konu ile ilgili öğrenci açıklamalarına ait örnekler aşağıdadır:

- “...Memnun kaldım. Bilmediğim bir şeyi üç boyutlu olarak görmek hoşuma gitti.” (E1)
- “...Biyoloji dersi sayısal ve zor bir ders, ezber de var aynı zamanda. Bu şekilde modellerle daha çok akılda kalıyor ve görsel hafızaya hitap ediyor. Öğrenme sürecini daha çok artırıyor. Kitaptan okumaktansa onu canlı olarak görmek bizim aklımızda daha çok kalıcı oluyor. Bu yüzden öğrenme süreci de hızlanmış oluyor.” (K1)
- “...Görmediğim bir şey de anlamıyorsa fazla uğraşan biri değilim. Ama gördüğüm bir şeyde gördüğüm ve onu anlamak istediğim için daha fazla çaba sarf ederim... Anlamak için daha fazla çaba sarfettim...3B materyaller bireysel ya da grupça olsun daha rahat bakıp öğrenmemizi sağlıyor. Anlamadığım bir yer olursa öğretmene daha rahat sorabiliyorum ve cevabı da daha net oluyor...materyal olmadığında soracağım soruyu ilk önce kafamda kuruyorum, kitaptaki şeklide tam olarak anlamadığımdan ne soracağımı da tam olarak ifade edemiyorum. O yüzden 3B materyallerle soru sormak daha kolay.” (E3)

Araştırmada 3B modellerin özellikle bilişsel gelişime olumlu yönde katkılar sağladığı öğrencilerin çoğu tarafından dile getirilmiştir. Öğrencilerin tamamı 3B modellerle yapılan öğretimin soyut kavramları somutlaştırarak öğrenmeyi kolaylaştırdığı, dersteki başarılarını artırdığı ve kalıcı öğrenmeyi sağladığını ifade etmişlerdir. Bu konu ile ilgili öğrenci açıklamalarına ait örnekler aşağıdadır:

- “...Kitapta bir şekil olduğunda görüp geçiyorduk. Ama bir model olduğunda dokunuyorsun, görüyorsun ve hayal edebiliyorsun... İncelerken herhangi bir zorlukla karşılaşmadım...” (E1)

- “...Sınav anında konuyla ilgili soru geldiğinde aklıma modeller geldi. Öğrenmemi kolaylaştırdı.” (E2)

- “...Normalde bir konuyu çok zor anlayabiliyordum. Ama modellere dokunup inceleyince aklımda daha belirginleştiği için çok zorlanmadım...3B modellerin zihinde kalıcılığı artırdığını düşünüyorum... Kitapta gördüklerimizi aklımızda canlandıramıyor olabiliriz ama modele dokunduğumuzda daha etkili oluyor öğrenmemize.” (K2)

- “...Aklımda kalmasını ve öğrenmemi kolaylaştırdığını düşünüyorum. Sınav haftası kitabı açtığımda o model aklıma gelerek konuyu daha kolay anlayabiliyorum... Kullanırken bir sorunla karşılaşmadım, modellerde sorun yoktu.” (K3)

- “...Elimizde somut bir şeyin olması ve onu incelememiz bence çok avantajlı. Çünkü defterden ya da kitaptan okuduğumuzda hayal kurmamız gerekiyor ama modeli elimize aldığımızda daha iyi inceleyebiliyoruz...” (K3)

Araştırmada yapılan analizler sonucunda öğrencilerin 3B modellerin bilişsel gelişimin yanı sıra duyuşsal gelişime de olumlu yönde katkılar sağladığına yönelik görüşleri tespit edilmiştir. Özellikle ilgi ve merak uyandırma, motivasyonu artırma, 3B modellerle yapılan öğretimin etkili yönleri olarak tanımlanmıştır. Aşağıda 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin duyuşsal gelişimine katkılarına ait birkaç örnek öğrenci görüşüne yer verilmiştir:

- “...Materyaller derse karşı merak uyandırıyor, etkileşimi artırıyor farklı konularda benzer uygulamanın yapılmasının faydalı olacağını düşünüyorum... Motivasyonumu artırdığını düşünüyorum.” (K1)

- “...Materyallerin motivasyonu ile ders çalıştığım için daha hızlı kavradım... Bilmediğim bir şeyi somut olarak gördüğüm için hoşuma gitti.” (E1)

- “...Kitapta gördüğümde çok anlamıyorum ama materyaller gelince kitaba kıyaslayınca daha çok anlıyorum... Bu da merak duygusu oluşturuyor, derse olan motivasyonumu etkiliyor.” (E2)

- “...Derse yönelik motivasyonumda bir artış oldu. Konuya geçtikçe modellere bakma isteği baktığımda da öğrenme isteğim daha çok arttı.” (E3)

Araştırmanın bir diğer önemli bulgusu öğrencilerin 3B modellerin fiziksel özelliklerine yönelik olumlu görüşleridir. Öğrencilerin çoğu materyalleri sade ve kolay anlaşılabilir bulurken bazıları ise renk, sadelik vb. somutlaştırma özelliği sayesinde akılda kalıcı olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer taraftan öğrencilerin tamamı bu materyallerin farklı derslerdeki veya farklı biyoloji konularında yer alan benzer kavramların öğretimi için de uygun olduğunu ifade etmiştir. Bazı öğrencilerin görüşlerine ait örneklerle aşağıda yer verilmiştir:

- “... Kitaptaki şekillerle hemen hemen aynıydı sadece renkleri farklı olabiliyor. Kitapta görmektense elimizde görmek daha faydalı oldu bizim için... Kullanırken bir sorunla karşılaşmadık.” (K1)

- “...Hücre konusunda modeller geliştirilebilir. Organeller ile ilgili olabilir... Materyallerle ders görsel olarak daha eğlenceli hale geliyor. Mesela kitapta okurken konuyu uykun geliyor sıkılıyorsun ama o modeli incelediğinde bilgilenmiş oluyorsun. Olumlu yönde motivasyonumda bir artış oldu.” (K3)

- “...Farklı konularda benzer uygulamaların yapılmasını isterim. Çünkü dersi daha kolay anlıyorum... Kimya dersinde atomlar, bileşikler konusunda benzer uygulamalar yapılabilir birde hücre konusunda...” (E4)

Araştırmada bazı öğrenciler ise 3B baskı materyal tasarlama ve geliştirme konusunda kendini yeterli gördüğünü, ileride fırsat verildiği takdirde bu teknolojileri yapabileceği konusunda kendine güvendiğini ifade etmiştir. Öğrencilerden birinin görüşü aşağıdaki gibidir:

- “...Ben de ortaokulda 3B materyal geliştirmiştım. Altın madalya veriyorlar ya ben de bir madalya tasarlamıştım. Bu teknolojiyi kullanmayı ve model geliştirmeyi biliyorum.” (E1)

Yukarıda örnekleri verilen olumlu görüşlerin yanı sıra bazı öğrencilerin 3B modeller konusunda olumsuz görüşlerini de dile getirdikleri görülmüştür. Bu görüşlerin tamamı tamamı 3B modellerin öğretim sürecindeki etkinliğinden ziyade materyallerin fiziksel özellikleri noktasındadır. Bununla beraber aslında sadece iki öğrenci modeli karışık bulmuş veya hassas olduğunu ifade etmiştir.

- “...Sadece dikkat etmemiz istenildi çünkü çabuk yıpranabilen bir malzeme olduğu için onun dışında bir sorun görmedim.” (K1)

- “...Olumlu olarak modeller güzeldi, daha iyi inceleyebilmek için boyutları daha büyük olabilir... Kullanımı kolaydı bir sorunla karşılaşmadım.” (K4)

Diğer taraftan araştırmada bazı bir öğrencinin materyal sayısını yetersiz bulduğu, çok sayıda öğrencinin ise materyalleri tasarlama zorluğu ve kendisini 3B model tasarlama ve hazırlama noktasında yetersiz bulduğuna yönelik olumsuz görüşlere de yer verilmiştir.

- “...Ama bu alanla ilgilenmek, 3B teknolojisini kullanmak pek hoşuma gitmiyor. Çok uzun sürdüğü ve uğraş gerektirdiği için sevmiyorum.” (E3)

- “...Kendimi yeterli görmüyorum. Çünkü ilgi alanım değil ve bu alanda çok iyi şeyler başarabileceğimi düşünmüyorum.” (K5)

Yukarıdaki bulgular genel olarak değerlendirilğinde 3B modeller ile yapılan öğretimin öğrencilerin öğrenme sürecine, bilişsel ve duyuşsal gelişimlerine önemli düzeyde olumlu katkılar sağlamakla birlikte uygulamalar esnasında daha fazla öğrenciye ulaştırılması gerekirken; özellikle öğrenciler tarafından 3B model tasarlama ve geliştirme noktasında ise gönüllü öğrencilere eğitim verilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Tartışma ve Sonuç

Bu bölümde, araştırma sonucunda ulaşılan bulgular alanyazın ışığında değerlendirilerek tartışılmış, yapılan değerlendirmeler sonrasında ise gelecek araştırmalar ve araştırmacılara yönelik çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Araştırmanın birinci alt problemi 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunda geliştirilen 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin başarı düzeylerine ve bilgilerinin kalıcılığına anlamlı bir etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla tasarlanmıştır. Elde edilen bulgular, başarı açısından gruplar arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılığın ortaya çıktığını, ayrıca öğrenmenin kalıcılığı açısından da deney grubunda yapılan öğretimin daha etkili olduğunu göstermiştir. Bununla beraber araştırmada dikkat çeken önemli bir nokta her iki grupta da uygulamalar sonrası son test puanlarının testten alınması gereken puanın (maksimum 100 puan) yarısının bile altında kalmasıdır. Bu durum araştırmanın örneklem grubundaki sınıfların genel olarak başarı düzeylerinin düşük olması ile ilişkili olabileceği gibi uygulama süresi ile de ilişkili olabilir. Zira 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusu öğretim programına göre dokuz haftalık bir sürede işlenmektedir. Bu durum öğrencilerin geçen zaman diliminde önceki haftalarda anlatılan konuları bir miktar unutmalarına sebep olmuş olabilir. Nitekim kalıcılık testi puanlarındaki düşüş de bu durumun bir göstergesidir. Konu anlatımlarından belirli bir süre sonra öğrencilerin bilgi düzeylerinde meydana gelen düşüş alanyazındaki birçok araştırma ile de ortaya konulan ve beklenen bir durumdur (Kaya, 2020; Şimşek & Hamzaoğlu, 2020). Bununla beraber Ebbinghaus'un unutma eğrisi (Ebbinghaus, 1985'ten aktaran Kutu & Sözbilir, 2011) ile değerlendirildiğinde, puanlarda gözlenen bu azalma miktarı kabul edilebilir bir düzeydedir. Dolayısıyla araştırma kapsamında tasarlanan 3B modellerin, 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusundaki temel kavramların somut örneklerini yansıttığı, böylece hem kavramların daha kolay öğrenilmesinde hem de daha kalıcı olarak kavratılmasında yararlı olduğu söylenebilir. Öğretim sürecindeki bu olumlu etkilerine istinaden protein yapısı, çeşitli hücresel yapılar, enzim etkisi veya daha detaylı ve kapsamlı moleküler modellemeleri içeren farklı konseptlerle 3B baskıların lise biyoloji derslerinde kullanıldığı ve etkisinin incelendiği araştırmalar devam etmektedir (Andić vd., 2022; Bagley & Galpin, 2015; Haworth & Martin, 2018; Monkovic vd., 2022; Schelly vd., 2015). Bu araştırmalar 3B modellerin öğrenme ortamında kullanımının öğrenci odaklı katılımlı öğrenmeyi güçlendirdiğini, uygun maliyetli bir

biyoloji eğitimi aracı sağladığını ve ön test ve son test sonrası değerlendirme yoluyla öğrencilerin anlama becerilerinde dikkate değer gelişmeler görüldüğünü göstermiştir (Davenport vd., 2017; Goodsell vd., 2015; Graham vd., 2017; Monkovic vd., 2022; Schelly vd., 2015). Davenport vd. (2017) bu somut modellerin, öğrencilere konuyla ilgili temel kavramların daha derin anlaşılmasını sağlama konusunda çok şey vaat ettiğini ifade etmektedir. Bu araştırmacılara göre 3B modeller görselliğin ötesine geçen algısal ve bilişsel süreçleri harekete geçirirler, keşif ve anlama sürecine gerçeklik duygusu ve doğal etkileşim getirirler. Moleküler bilim bağlamında, doğrudan algılanamayacak kadar küçük nesnelerin insan ölçeğinde somut bir temsilini oluştururlar. Somut moleküler modeller aynı zamanda karmaşık moleküler etkileşimlerdeki bileşenler arasındaki uzamsal ilişkilerin keşfedilip değiştirilebildiği analog bilgisayarlar olarak da hizmet verebilir. Nitekim bu araştırmada da tasarlanan bazı moleküler yapılar öğrencilere canlılardaki bazı biyomoleküller ve bunların yapı taşlarının somut örneğini sunarak etkili öğrenmeye yardımcı olmuştur. Öğrencilerle yapılan görüşmelerde de 3B modellerin konu ile ilgili soyut kavramların somut örneklerini yansıttığı yönünde özellikler dile getirilmiştir. Diğer taraftan 3B modeller diğer fen eğitimcileri gibi biyoloji eğitimcilerinin kullanabileceği eğitim kaynaklarına katkıda bulunabilmektedir. Nitekim araştırmada yarı yapılandırılmış görüşmelerin analizinden ulaşılan bulgular, öğretmenlerin derste ağırlıklı olarak kullandıkları ders kitaplarından daha etkili olduğu noktasında bulgulara rastlanmıştır. Hatta yapılan görüşmelerde bazı öğrenciler, özellikle hücre gibi biyolojinin önemli konularında da 3B baskı modellerin kullanımının yaygınlaştırılmasının gerekliliğine vurgu yapmışlardır. Dahası biyomoleküllerin kimya gibi farklı derslerde yer alan kavramlar olması nedeniyle bu modellerin diğer derslerde de kullanılmasının gerekliliğine vurgu yapmışlardır.

Howell vd. (2019) tarafından ifade edildiği gibi, örneğin DNA gibi biyolojik yapılar ve bunların biyokimyasal fonksiyonunu öğretmek için yıllarca statik 2 boyutlu modellere güvindikten sonra, geliştirilen bu 3B baskı teknolojileri fen bilimleri eğitimcilerine ve araştırmacılarına nispeten düşük maliyetli, dinamik ve atomik olarak temsili modellere erişim sağlayabilmektedir. Ancak Howell vd. (2019) tarafından dile getirilen söz konusu olumlu görüşe rağmen bu araştırmada öğrencilerin çoğu 3B model tasarlamının zor bir süreç olduğunu ve kendilerini bu konuda yetersiz gördüğünü ifade etmiştir. Elbette bu konuda kesin bir yargıya varabilmek için öğrencilere 3B model tasarlama ve 3B baskı alma konusunda eğitim vermek ve sürece dâhil ederek öğrencinin yeteneklerini geliştirmek önemlidir. Zira bu konuya yönelik görüşlere bakıldığında, 3B baskı model tasarlama ve üretmede kendini yeterli gören öğrencilerin daha önce 3B teknolojiler konusunda uygulamalı olarak sürece katıldığı ve deneyimli olduğu açıkça görülmektedir. Dolayısıyla öğrencilerin tasarım yapma yeteneği

noktasında daha önceki deneyimlerine göre fikirlerini alarak değerlendirme yapmak daha doğru ve net sonuçlar alabilme adına gerekli görülebilir.

Yukarıdakilere ek olarak bazı araştırmalar 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin kavram yanlışlarını gidermede de etkili olduğuna vurgu yapmaktadır (Anđić vd., 2022; Howell vd., 2019; McMenamin vd., 2014). Örneğin Anđić vd. (2022) tarafından yapılan araştırmanın sonuçları 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin hücreler hakkındaki kavram yanlışlarının düzeltilmesine katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte sözü edilen bu araştırmanın uygulama gruplarının birinde 3 boyutlu hücre modeli, siyah hücre olarak bırakmak yerine daha güzel görünmesi için renklendirilmiştir. Bulgular renkli 3 boyutlu baskılı anatomik modellerin, öğrenciler için tek renkli 3 boyutlu modellere göre daha çekici ve canlı öğretim araçları olduğunu göstermiştir. Anđić vd. (2022)'nin araştırmasından farklı olarak bu araştırmada her ne kadar kavram yanlışları incelenmese de 3B modellerin renklendirilmesi öğrencilerin etkili ve kalıcı öğrenmelerine katkı sağlamış olabilir.

Alanyazın incelendiğinde 3B modellerle yapılan öğretimin başarı ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığı üzerinde olumlu yönde etkilerinin görüldüğü farklı çalışmalara rastlanmaktadır (Anđić vd., 2022; Erol, 2020; Monkovic vd., 2022; Teke & Sozbilir, 2019). Örneğin Monkovic vd.'nin (2022) çalışmalarında, 3B baskı modelleri öğrenci katılımını teşvik edici daha etkileşimli bir dersle birleştiren öğrenci anketinin sonuçları, öğrencilerin büyük çoğunluğunun materyali gerçek bir ortama daha etkili bir şekilde aktararak modellerin homeostazi ve bağışıklık kavramlarını daha iyi öğrenmelerine ve anlamalarına yardımcı olduğunu göstermiştir.

Howell vd. (2019) tarafından yapılan çalışmanın sonucunda bazı öğrencilerin DNA ve RNA modelleriyle ilgili deneyimlerine ilişkin olarak, ders kitabında ezberleyerek öğrenmek yerine 3B modeller sayesinde artık DNA/RNA'nın yapısını daha detaylı anladıkları, somut ve dinamik olan bu modellerin bilgiyi sağlamlaştırmasına ve içeriğe ilişkin daha derin bir anlayış oluşturmaya yardımcı olduğunu ifade etmiştir. Howell vd.'ne (2019) göre tasarlanan bu modeller, biyokimyayı 2B ve 3B arasında dönüştürürken öğrencilere daha kapsamlı bir bakış açısı sağlamaktadır. Ayrıca bu modeller, öğrencilerin öğrendikleri becerileri yeni kavramlara uygulayarak bu boyutlar arasında çeviri yapmalarını kolaylaştırabilirler. Sonuç olarak alan yazındaki diğer araştırma sonuçlarıyla desteklenen bu bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, 3B baskı modellerinin soyut kavramları somutlaştırdığı, gözle görülemeyen yapıları görünebilir kıldığı ve böylece karmaşık ve soyut konuların öğretimini etkin kılarak öğrenmeyi kolaylaştırdığı söylenebilir.

Araştırmanın elde edilen bulgular, öğrencilerin motivasyon düzeylerinin uygulamalar sonrasında deney grubu lehine arttığını ortaya koymaktadır. Nitekim öğrencilerle yapılan görüşmelerde de 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerde ilgi ve merak uyandırarak motivasyonlarını artırdığı yönünde bulgular elde edilmiştir. Tripodi vd. (2020) tarafından yapılan araştırma sonucunda da öğrenciler 3B anatomik model öğrenme aktivitelerinin ilgi çekici, eğlenceli ve değerlendirmelerine özel olduğu yönünde görüşlerini ifade etmişlerdir. Erbaş ve Demirel'e (2014) göre kişinin ilgi, istek ve merakının yanı sıra çevresel faktörler ve destekleyici unsurlar da motivasyon kaynakları arasında yer almaktadır. Bu noktada 3B modellerle yapılan etkinliklerin öğrenciler için bir dışsal motivasyon kaynağı olduğunu söylemek mümkündür. Nitekim alanyazında yapılan bazı araştırmalarda teknolojiye dayalı uygulamalar esnasında çevresel herhangi bir sınırlama ya da tehlike olmaksızın öğrencilerin öğretim materyalleri ile etkileşiminde dikkate değer bir artış gözlemlendiği ve bu artışın öğrencilerin dışsal motivasyonlarını olumlu yönde etkileyebildiği ifade edilmektedir (Di Serio vd., 2013; Erbaş & Demirel, 2014; Kwon, 2017; Kwon vd., 2020). Örneğin Kwon (2017), ortaokul öğrencileriyle yaptığı bir araştırmada 3B yazıcı teknolojisinin öğrencilerin derse yönelik motivasyonlarını artırdığı belirlemiştir. Nitekim bu araştırmada da etkinlikler sonrası deney grubu öğrencileri ile yapılan görüşmelerde, öğrencilerin 3B modellerle yapılan öğretim etkinliklerinden hoşlandıkları, derse yönelik ilgi ve motivasyonlarının olumlu düzeyde etkilendikleri öğrenciler tarafından ifade edilmiştir. Bu olumlu sonuçların aksine alanyazında yapılan çoğu araştırmada 3B baskı teknolojisinin öğrencilerin motivasyonları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmadığına tespit edilmesi oldukça şaşırtıcıdır. Örneğin Çoklar ve Çekirge (2020) tarafından yapılan araştırmanın bulguları 3B modellerin öğrenci motivasyonunda anlamlı bir etkiye sebep olmadığını ortaya koymuştur. Çoklar ve Çekirge'ye (2020) göre bu sonucun uygulamaların üç haftalık kısa bir deneme sürecinden kaynaklandığını belirterek, daha uzun dönemli çalışmalar yapıldığı takdirde motivasyon düzeyinin artabileceğini ileri sürmüşlerdir. 3B baskı modellerin öğretim sürecinde kullanımının öğrencilerin motivasyonlarına anlamlı etkisinin olmadığına yönelik başka bir araştırma Cheng vd. (2020) tarafından yapılmıştır. Söz konusu araştırmacılar da Çoklar ve Çekirge'ye (2020)'ye benzer şekilde motivasyonun anlamlı düzeyde değişmemesinde, sınıfların çoğunda 3B baskının nispeten kısa uygulamalarının önemli bir faktör olabileceğini vurgulamışlardır. Cheng vd.'ne (2020) göre 3B baskı entegrasyonunun etkisinin büyüklüğü, fen derslerine daha yaygın ve sistematik bir şekilde entegre edildiğinde daha belirgin olabilir. Dolayısıyla bu araştırmada 3B modellerin öğrenci motivasyonunu anlamlı düzeyde artırması, Cheng vd. (2020)'nin öngördüğü düşünciyi doğrulamaktadır. Zira bu araştırmanın uygulamaları dokuz hafta sürmüş ve hemen her hafta öğrencilerin etkileşime girebileceği 3B materyaller kullanılmıştır. Elbette bu konuda

kesin bir yargıya varabilmek için daha fazla uzun süreli çalışmaya ihtiyaç vardır. Zira Cheng vd. (2020) tarafından da ifade edildiği gibi farklı teknoloji entegrasyonu düzeylerinin öğrenci motivasyonunu nasıl etkileyebileceğini ve daha spesifik olarak farklı 3B baskı entegrasyonu düzeyinin derslerde öğrenci motivasyonunu nasıl etkileyebileceğini araştıran çalışmalar hala az sayıdadır.

Araştırmada motivasyonun yanı sıra 3B modellerle yapılan öğretimin öğrencilerin bilişsel yük düzeylerine anlamlı bir etkisinin olduğu, bir başka deyişle bilişsel yük düzeyleri açısından gruplar arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılığın ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu olumlu sonuçlar öğrencilerle yapılan görüşmelerle de desteklenmektedir. Yapılan görüşmelerde öğrencilerin çoğu 3B modellerle yapılan öğretimin öğrenmelerini hızlandırdığını ve öğrenmeye daha az çaba sarf ettiklerini dile getirmişlerdir. Bu bulgular 3B modellerin öğrenme ortamlarına entegrasyonunun daha da yaygınlaştırılmasının önemli olduğunu düşündürmektedir. Nitekim alanyazında da öğrenme ortamlarında bilişsel yüklenme düzeyini azaltmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesinin ve uygulanmasının önemine vurgu yapılmaktadır (Akbulut, 2011; Küçük, 2015; Tuğtekin, 2019). Alan yazında yapılan az sayıda araştırmada benzer bulgulara ulaşılmıştır (Bradford, 2011; Küçük, 2015; Tuğtekin, 2019). Bu araştırmalarda genel olarak öğrencilerin bilişsel yük düzeyinin öğrenme performansı veya başarı ile pozitif ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu araştırmada da deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu ile kıyaslandığında öğrenme sonrası başarı düzeyleri daha fazla artarken bilişsel yük düzeylerinin azalması bu görüşü desteklemektedir. Bununla beraber deney ve kontrol gruplarının başarı düzeyleri ve bilişsel yük düzeyleri uygulama sonrası deney grubu lehine farklılaşmış olsa da bu farklılığın çok yüksek düzeyde olmadığı da açıktır. Bu durum ele alınan konunun içeriğinin karmaşık ve kavramların soyut olmasıyla ilişkili olabilir. Küçük (2015) benzer bulgulara ulaştığı araştırmasında bu durumu içeriğin karmaşık ve zor olması şeklinde yorumlamıştır. Küçük'ün (2015) araştırmasında her ne kadar öğrencilerin uygulama sonrası bilişsel yüklenme düzeyi düşük olsa da, bazı öğrencilerde bilişsel yüklenme düzeyi yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Küçük'e (2015) göre öğretim tasarımından doğrudan etkilenen dışsal bilişsel yükü azaltmaya yönelik önlemler alınması sebebiyle bilişsel yükü düşmüş ve bu durum toplam bilişsel yükün düşük olmasını sağlamıştır. Bu araştırmada ise deney grubu öğrencilerinin bilişsel yük düzeylerinin kontrol grubuna göre daha düşük olması, öğrencilerin ders kitabında okudukları soyut bilgileri 3B modellerle somut bir şekilde olarak görmelerinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Bir başka deyişle 3B modellerle yapılan etkinlikler, öğrencilerin zihinleri konu içeriğiyle meşgul iken, eşzamanlı olarak somut bilgilere erişimi sağlayarak daha az bilişsel çaba sarfederek öğrencilerin daha iyi öğrenmesini olanaklı kılmıştır.

3B modellerin öğrenme ortamındaki olumlu etkilerine yönelik yukarıda yer verilen sonuçların yanı sıra araştırmada öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucunda ulaşılan bazı bulgulara, az sayıda öğrenci tarafından bir takım olumsuz veya eleştiriye dönük görüşler de tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre 3B modellerin fiziksel özellik açısından sadece iki öğrenci tarafından eksiklik olarak ifade edilirken, sekiz öğrenci bireysel olarak bu materyalleri tasarlama noktasında kendi yeteneklerine ait öz eleştiri yapmışlardır. Bir öğrenci ise materyal sayısının daha fazla olması gerektiği noktasında eleştiride bulunmakla birlikte aslında öğrencinin bu görüşü derste materyallere daha fazla ulaşma imkânını bulmak istemesi şeklinde olumlu olarak ta değerlendirilebilir. Olumsuz görüşlere bakıldığında bir öğrenci materyallerin bazılarını hassas/kırılgan olarak ifade ederken bir başka öğrenci bazı modelleri karışık bulmuştur. Bu konu ile ilgili olarak Monkovic vd.'ne göre (2022) bu tarz nesne tabanlı öğrenme etkinlikleri herkese göre değildir, çünkü baskılar ile işlenen materyal arasındaki bağlantı daha az gelişmiş, ayrıntılı modellerle zayıflatılabilir. Bu bağlantı, 3B modelleri destekleyecek daha ilgi çekici ve bilgilendirici rehberli etkinliklerle de güçlendirilebilir. Modeller ayrıca estetik açıdan daha hoşsa öğrenciler için daha ilgi çekici olabilir; bu da baskılara daha fazla renk ve işlev uygulanmasıyla geliştirilebilir. Aslında bizim araştırmamızda da ilgili materyallere bakıldığında fosfolipit yapısı (hücre zarı örneği üzerinden) ve bazı moleküler yapılarla ilgili (glikoz molekülü gibi) modellerde atomlar arası bağların atomlardan daha ince yapılı tasarlanmış olması doğaldır. Bu ince yapıdan kaynaklanan hassasiyet/kırılganlık gibi dezavantajları bertaraf edebilmek ise muhtemelen materyalin çok daha büyük boyutta baskısının alınmasıyla mümkün olabilir. Bu da maliyeti fazlasıyla artırabilir. Bu noktada araştırmada ortalama bir insan eli avucu büyüklüğünde baskısı alınan modelin çok daha büyük boyutlarda yapılması durumunda maliyet açısından fazlasıyla kullanışsız olacaktır. Bu durumda öğrencilerin bu tip moleküler yapı modellerini incelerken daha dikkatli davranmaları konusunda uyararak öğretmen rehberliğinde incelemeleri yeterli gözükmemektedir. Nitekim Çoklar ve Çekirge (2020) yapmış olduğu araştırmada bazı öğrencilerin 3B modellerle öğretim sürecinde izledikleri birtakım uygulama basamaklarında teknolojinin kullanımına yönelik yardıma ihtiyaç duyduklarını tespit etmişlerdir. Elbette bu olumsuz duruma rağmen araştırmamızda öğrencilerin %90'ının bu konuda herhangi bir olumsuz değerlendirme yapmaması olumlu bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Diğer taraftan araştırmada bir öğrenci bazı materyalleri karışık bulmuştur. Aslında öğrencinin bu düşüncesi yine glukoz gibi maddelerin moleküler yapısı ile ilgilidir. Öğretim programında bu yapılara ders kitabında 2 boyutlu olarak yer verilmiştir. Araştırmada bu yapıların üç boyutlu yapısı tasarlanmış olup her bir atomun renklendirilerek ve farklı atomların olması gereken farklı büyüklükteki tasarımlarına yer verilerek kavramı somutlaştırmak oldukça önemlidir. Nitekim çoğu öğrenci

de bu modelleri oldukça yararlı bulmuş, renk vb. fiziksel özellikleri sayesinde kalıcı öğrenmelerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak, 3B baskı modellerinin öğrencilerin biyoloji derslerinde soyut ve karmaşık kavram ve süreçlere ilişkin anlayışlarını geliştirmede etkili bir öğretim aracı olduğu söylenebilir. Zira ulaşılan bulgular 3B baskı modellerin öğrenme düzeyi açısından öğretim programında öngörülen etkinliklere göre avantajlı olduğu fikrini desteklemektedir. Öğrenme ortamlarında 3B modellerin kullanımı muhtemelen öğrencilerin öğrenme performansını, bilişsel yüklenme düzeylerini, öğrenmenin kalıcılığını ve motivasyonunu geliştirecektir.

Öneriler

Araştırmada ulaşılan sonuçlara dayalı olarak gelecekte yapılacak araştırmalarda araştırmacılara yardımcı olabileceği düşünülen öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

1. Araştırmanın bulguları, 3B modellerin öğrencilerin başarı düzeyleri ile öğrenmenin kalıcılığı üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla biyolojinin farklı konuları için de 3B baskı modeller geliştirilerek öğrenci başarısı üzerindeki etkisi incelenebilir.
2. Araştırmada 3B baskı modellerle öğretimin öğrencilerin başarı düzeyleri üzerinde anlamlı etkisi olmakla birlikte bu etkinin çok yüksek düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum ilgili konunun öğretim programında dokuz hafta gibi uzun bir sürede anlatıldığı dikkate alındığında, geçen süreçte öğrencilerin başlangıçtaki kavramları kısmen unutmaları ile ilişkili olabilir. Dolayısıyla gelecekte yapılacak araştırmalarda daha kısa sürede yapılan uygulamalarla öğrencilerin başarı düzeylerini karşılaştırmanın yöntemin etkisini daha net ortaya koymada daha etkili olabileceği öngörülmektedir.
3. Araştırma kapsamında geliştirilen bu teknolojiler aynı zamanda farklı biyoloji konularının öğretilmesi için de uygundur. Çünkü ilgili konu, biyolojinin diğer birçok konusundaki kavramları (örn. proteinler) içermektedir. Ayrıca biyokimya gibi farklı alanlarla da yakından ilişkili olduğundan, bu tasarımlar farklı branşlardan araştırmacılara ve eğitimcilere model teşkil edebilir.
4. Daha önce de ifade edildiği gibi yapılan araştırmalar 3B baskı modellerin öğrencilerin kavram yanlışlarını gidermede etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu noktada gelecek araştırmalarda, 3B modellerin öğrenci biyoloji derslerindeki kavram yanlışlarını gidermeye etkisi incelenebilir.
5. Araştırmada maliyeti düşürme adına materyaller sınırlı sayıda çoğaltarak öğrencilerin sırayla incelemesine sunulmuştur. Dolayısıyla bir öğrenci daha fazla sayıda materyal üretilmesi gerektiği noktasında eleştirisini beyan etmiştir (özellikle inceleme için zaman yetersizliği

yüzünden). Dolayısıyla bu modellerin ya fazla maliyetin göze alınarak her öğrenci için üretilmesi ya da daha az sayıda öğrencinin bulunduğu sınıflarda kullanılması önerilebilir.

6. Birçok araştırmanın aksine bu araştırmanın bulguları 3B baskı modellerin öğrencilerin motivasyon düzeyleri üzerinde anlamlı etkiye neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu durumun nedeni yöntemin dokuz hafta gibi uzun süreli uygulaması ve öğrencilerin bu modellerle uzun süreli meşguliyetinden kaynaklanabilir. Bununla birlikte uzun soluklu araştırmalar artırılarak yöntemin motivasyon üzerine etkisi daha net ortaya konulabilir.
7. Bu araştırmada duyuşsal özellikler olarak motivasyon değişkeni ele alınmıştır. Gelecek araştırmalarda tutum gibi farklı değişkenler üzerine 3B modellerin etkisi araştırılabilir.
8. Araştırmada bazı öğrenciler 3B baskı teknolojilerini tasarlayabilme konusunda yeteneklerinin olduğunu düşünmektedirler. Gelecekte öğrencilere bizzat 3B baskı yaptırılarak ve bizzat öğrencilerin kendi materyallerini yazdıracakları araştırmalar yapılarak bu yetenekleri test edilebilir.
9. 3B baskı modeller her seviyede öğrenci için uygun materyallerdir. Dolayısıyla Braille yazı ekleyerek görme yetersizliği olan öğrencilere de uygulanabilir, bu öğrencilerin öğrenme performansına etkisi incelenebilir.

KAYNAKÇA

- American Association for the Advancement of Science [AAAS], (1990). *Science for all Americans*. Oxford University Press.
- Akgül, M. K. (2014). Sanayi üretiminde çığır açan teknolojiler üç boyutlu [3D] yazıcılar. *Anahtar Dergisi*, 308, 1-45.
- Akıllı, M., & Seven, S. (2014). 3D bilgisayar modellerinin akademik başarıya ve uzamsal canlandırmaya etkisi: Atom modelleri. *Turkish Journal of Education*, 3(1), 11-23.
- Aksakal, M., Karataş, A., & Laçın-Şimşek, C. (2015). Mayoz bölünme konusunun öğretiminde modellerle zenginleştirilmiş laboratuvar ortamının akademik başarıya etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(1), 49-60.
- Aktan, M.B. (2016). Pre-service science teachers' perceptions and attitudes about the use of models. *Journal of Baltic Science Education*, 15(1), 7-17.
- Aktan, M.B., Kaynak, S., Abdüsselam, Z., & Ardoğan, E. (2019). Güncel fen öğretim programları ve ders kitaplarında model ve modelleme kavramlarının analizi. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 8(1), 44-69.
- Allwright, R. L. (1981). What do we want teaching materials for? *ELT journal*, 36(1), 5-18.
- Anđić, B., Lavicza, Z., Ulbrich, E., Cvjetićanin, S., Petrović, F., & Maričić, M. (2022). Contribution of 3D modelling and printing to learning in primary schools: A case study with visually impaired students from an inclusive Biology classroom. *Journal of Biological Education*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2118352>
- Assimi, E., Idrissi, R.J., Zerhane, R., & Boubih, S. (2022). The use of a three-tier diagnostic test to investigate conceptions related to cell biology concepts among pre-service teachers of life and earth sciences. *Journal of Biological Education*, <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2134175>
- Avcı, F. (2020). An achievement test matter and heat based on renewed Bloom taxonomy: Validity reliability study. *Iğdır University Journal of Social Sciences*, 21, 263-292.
- Avinal, M. (2019). *Üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle tasarlanan etkinliklerin vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretimine etkisinin incelenmesi* (Tez No. 561609) [Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi-Kastamonu]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Aydoğdu, M., Erşen, A.N., & Tutak, T. (2014). Materyal destekli matematik öğretiminin ortaokul 6. sınıf öğrenci başarısına ve tutumuna etkisi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(3), 166-185.
- Bagley, J. R., & Galpin, A. J. (2015). Three-dimensional printing of human skeletal muscle cells: An interdisciplinary approach for studying biological systems. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 43(6), 403-407.
- Balcıoğlu, Y.S. (2014). *3 boyutlu yazıcı ve sinemada kullanımı* (Tez No. 378690) [Yüksek lisans tezi, Yaşar Üniversitesi-İzmir]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Best, J.W., & Khan, J.V. (2017). *Eğitimde araştırma yöntemleri*, Köksal, O. (Ed.). Eğitim yayınevi.
- Bowyer, A. (2014). 3D printing and humanity's first imperfect replicator. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 1(1), 4-5.

- Bozpolat, E. & Arslan, A. (2018). Öğretmen adaylarının öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı dersine ilişkin görüşleri. *e-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 9(3), 60-84.
- Bradford, G. (2011). A relationship study of student satisfaction with learning online and cognitive load: Initial results. *Internet and Higher Education*, 14, 217-226.
- Burkaz, S. (2012). *Fen ve teknoloji öğretiminde üç boyutlu modellerin yapılandırmacı öğrenme ortamında kullanımı* (Tez No. 317806) [Yüksek lisans tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi-Rize). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Bümen, N. T. (2006). A Revision of the Bloom's taxonomy: A turning point in curriculum development. *Education and Science*, 31(142), 3-14.
- Büyüköztürk, Ş. (2011). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2017). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). *Could 3D printing change the world? Technologies, potential, and implications of additive manufacturing*. Strategic Foresight Report, 1-15. Washintgon, DC: Atlantic Council.
- Castro, K.M.S.A., Amado, T.F., Bidaud, C.J., & Martinez, P.A. (2022). Studying natural history far from the museum: The impact of 3D models on teaching, learning, and motivation. *Journal of Biological Education*, 56(5), 598-608.
- Cheng, L., Antonenko, P. D., Ritzhaupt, A. D., Dawson, K., Miller, D., MacFadden, B. J., ... & Ziegler, M. (2020). Exploring the influence of teachers' beliefs and 3D printing integrated STEM instruction on students' STEM motivation. *Computers & Education*, 158, 103983.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd edt.). Erlbaum.
- Çalık, M., & Ayas, A. (2003). Çözümlerde kavram başarı testi hazırlama ve uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(14), 1-17.
- Çavumirza, E. (2018). *Model ile fen öğretiminin 8. sınıf öğrencilerinin başarılarına, eleştirel düşünme eğilimlerine, tutumlarına ve kavram öğrenmelerine etkisi* (Tez No. 516233) [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi- Sakarya). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Çekirdekçi, S. & Toptaş, V. (2011). Sınıf öğretmenlerinin matematik (4. ve 5.sınıf) dersinde öğretim materyalleri kullanımını engelleyen unsurlarla ilgili görüşleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(1), 137-149.
- Çekirge, E. (2019). *3B yazıcı kullanımının akademik başarı, tutum, motivasyon ve eleştirel düşünme eğilimlerine etkisi* (Tez No. 561749) [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi-Konya). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Çoklar, A. N., & Çekirge, E. (2020). 3B tasarımların fiziksel materyallerle desteklenmesinin akademik başarı, ders tutum ve motivasyonuna etkisi. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(2), 181-193.
- Davenport, J., Pique, M., Getzoff, E., Huntoon, J., Gardner, A., & Olson, A. (2017). A self-assisting protein folding model for teaching structural molecular biology. *Structure*, 25(4), 671-678. <https://doi.org/10.1016/j.str.2017.03.001>
- Demiralp, N. (2007). Coğrafya eğitiminde materyaller ve 2005 coğrafya dersi öğretim programı. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 373-384.

- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Düşkün, İ., & Ünal, İ. (2015). Modelle öğretim yönteminin fen eğitimindeki yeri ve önemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(6), 1-18.
- Ekici, G. (2009). Biyoloji dersi motivasyon anketinin Türkçeye uyarlanması. *Çağdaş Eğitim Dergisi*, 365, 6-15.
- Ekiz, D. (2015). *Bilimsel araştırma yöntemleri yaklaşım, yöntem ve teknikler* (4.baskı). Anı Yayıncılık.
- Emre, Ş., Yolcu, M. B., & Celayir, S. (2018). Çocuk cerrahisi öğrenci eğitiminde üç boyutlu modellerin kullanılması: Süreç ve ilk izlenimler. *Çocuk Cerrahisi Dergisi*, 32(2), 55-60.
- Erbaş, Ç., & Demirel, V. (2014). Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları: Google Glass örneği. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 3(2), 8-16.
- Erol, D. I. (2020). *Doğadaki mikro ve nano yapıların 3B baskılı modellerinin oluşturulması ve argüman temelli nanobilim öğretiminde kullanılması* (Tez No. 616795) [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi- Balıkesir]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Garcia, M., O'Leary, F. A., & O'Leary, D. J. (2023). Do-it-yourself 5-color 3D printing of molecular orbitals and electron density surfaces. *Journal of Chemical Education*, 100, 1648-1658.
- Gilbert, J.K. & Boulter, C.B. (1998). *Learning science through models and modeling*. In B. Fraser and K. Tobin. (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, pp. 53-66.
- Glynn, M. S., & Koballa, T.R. (2006). *Motivation to learn college science*. In J. J. Mintzes & W. H. Leonard (Eds.), *Handbook of college science teaching*. National Science Teachers Association Press, pp. 25-32.
- Gobert, J.D. (2000). A topology of casual models for plate tectonics: inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937-977.
- Goodsell, D. S., Dutta, S., Zardecki, C., Voigt, M., Berman, H. M., & Burley, S. K. (2015). The RCSB PDB "Molecule of the month": Inspiring a molecular view of biology. *PLoS Biology*, 13(5): e1002140. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002140>
- Graham, A. D., Olof, S. N., Burke, M.J., Armstrong, J. P. K., Mikhailova, E. A., Nicholson, J. G.,...& Bayley, H. (2017). High-resolution patterned cellular constructs by droplet-based 3D printing. *Scientific Reports*, 7(1): 7004. doi:10.1038/s41598-017-06358-x.
- Güleryüz, H., Dilber, R., & Erdoğan, İ. (2019). Stem uygulamalarında öğretmen adaylarının 3D yazıcı kullanımı hakkındaki görüşleri. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 1-8.
- Gümüş, İ., Demir, Y., Koçak, E., Kaya, Y., & Kırıcı, M. (2008). Modelle öğretimin öğrenci başarısına etkisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(1), 65-90.
- Gündüz, Y. (2009). İlköğretim 6, 7 ve 8. sınıf fen ve teknoloji sorularının ölçme araçlarına ve Bloom'un Bilişsel Alan Taksonomisine göre analizi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 150-165.
- Gürel, A., & Emre F. B. (2017). Fen bilimleri dersinde teknoloji ve 3D yazıcıların kullanımı. *1. Uluslararası Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Sempozyumu*, Malatya.
- Haladyna, T. M. (1997). *Writing test items to evaluate higher order thinking*. Allyn & Bacon.

- Harrison, G.A., & Treagust, F.D. (2000). A typology of science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Harrison, A.G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 31, 401-435.
- Haworth, N. L., & Martin, L. L. (2018). Biomolecules come alive: a computer-based laboratory experiment for chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 95(12), 2256-2262.
- He, R., & Tidrick, M. (2023). Incorporating materials chemistry and CAD into the high school chemistry curriculum via 3D printing and TiO₂ nanotube fabrication. *Journal of Chemical Education*, 100(5), 2015-2020.
- Helge Lim, K. H. A., Loo, Z. Y., Goldie, S. J., Adams, J. W., & McMenamin, P. G. (2016). Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 9(3), 213-221.
- Ho, L.H., Sun, H., & Tsai, T.H. (2019). Research on 3D painting in virtual reality to improve students' motivation of 3D animation learning. *Sustainability*, 11(6), 1-17.
- Horowitz, S. S., & 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.
- Howell, M. E., Booth, C. S., Sikich, S. M., Helikar, T., Roston, R. L., Couch, B. A., & van Dijk, K. (2019). Student understanding of DNA structure–function relationships improves from using 3D learning modules with dynamic 3D printed models. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(3), 303-317.
- Huang, T. C., & Lin, C. Y. (2017). From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, 34(2), 604-613.
- Ishutov, S., Hodder, K., Chalaturnyk, R., & Zambrano-Narvaez, G. (2021). A 3D printing short course: a case study for applications in the geoscience teaching and communication for specialists and non-experts. *Frontiers in Earth Science*, 9, 601530.
- Justi, R., & van Driel, J.H. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: Promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549-573.
- Kahraman, S. (2010). *Atomun yapısı ve orbitaller konusunda geliştirilen üç boyutlu bilgisayar destekli öğretim materyallerinin öğretmen adaylarının başarıları ve tutumlarına etkisi* (Tez No. 270725) [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi-Erzurum]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kaptan, F. (1999). *Fen bilgisi öğretimi* (1. Baskı). Milli Eğitim Basımevi.
- 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.
- Kargın, P. D. & Gül, Ş. (2021). Altıncı sınıf vücudumuzdaki sistemler ve sağlığı ünitesine yönelik bir başarı testi geliştirilmesi. *İhlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 1–26.
- Katsioloudis, P., Jovanovic, V., & Jones, M. (2014). A comparative analysis of spatial visualization ability and drafting models for industrial and technology education students. *Journal of Technology Education*, 26(1), 88-101.

- Kaya, S. (2020). *11. sınıf öğrencilerine 'sindirim sistemi' konusunun REACT Stratejisi ile öğretimi* (Tez No. 653385) [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi-Erzurum]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kılıç, E., & Karadeniz, Ş. (2004). Hiper ortamlarda öğrencilerin bilişsel yüklenme ve kaybolma düzeylerinin belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi*, 40, 562-579.
- Kızılkapan, O., & Bektaş, O. (2018). Fen eğitiminde başarı testi geliştirilmesi: Hücre bölünmesi ve kalıtım örneği. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-18.
- Korkmaz, İ. (2006). Yeni ilköğretim programının öğretmenler tarafından değerlendirilmesi. *Ulusal Sınıf Öğretmenliği Kongresi*. 14-16 Nisan, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Kökhan, S., & Özcan, U. (2018). 3D yazıcıların eğitimde kullanımı. *Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 80-85.
- Köseoğlu, P., & Soran, H. (2006). Biyoloji öğretmenlerinin araç-gereç kullanımına yönelik tutumları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30, 159-165.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-264.
- Kutu, H., & Sözbilir, M. (2011). Yaşam temelli ARCS öğretim modeliyle 9. sınıf kimya dersi "Hayatımızda Kimya" ünitesinin öğretimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(1), 29-62.
- Kuzu Demir, E. B., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H., & Kuzu, A. (2016). Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 17(2), 481-503.
- Küçük, S. (2015). *Mobil artırılmış gerçeklikle anatomi öğreniminin tıp öğrencilerinin akademik başarıları ile bilişsel yüklerine etkisi ve öğrencilerin uygulamaya yönelik görüşleri* (Tez No. 389140) [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi-Erzurum]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kwon, H. (2017). Effects of 3D printing and design software on students' overall performance. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(4), 37-42.
- Kwon, S. H., Lee, Y. J., & Kwon, Y. J. (2020). An active learning approach to investigate the ecosystem of tide flats using 3D modeling and printing. *Journal of Biological Education*, 54(1), 88-97.
- Lacey, G. (2010). Get students excited-3D printing brings designs to life. *Technology Directions*, 70(2), 17-26.
- Lin, K.Y., Hsiao, H.S., Chang, Y.S., Chien, Y.H., & Wu, Y.T. (2018). The effectiveness of using 3D printing technology in STEM project-based learning activities. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12), 1-13.
- McMenamin, P. G., Quayle, M. R., McHenry, C. R., & Adams, J. W. (2014). The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anatomical Sciences Education*, 7(6), 479-486.
- Monkovic, J. M., Jones, S. M., Nicolas, M., Katyal, P., Punia, K., Noland, D., & Montclare, J. K. (2022). From concept to reality: the use and impact of 3D prints as academic tools for high school biology education. *Journal of Biological Education*, 56(5), 528-539.
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). *Research in education: Evidence-based inquiry* (7th Edition). Pearson.

- Merrett, F., (2006) Reflections on the Hawthorne effect. *Educational Psychology*, 26(1), 143-146.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (Second Edition). Sage.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], (2018). *Ortaöğretim biyoloji dersi öğretim programı (9, 10, 11 ve 12. sınıflar)*. MEB Yayınları.
- Novak, E., & 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, 412-432.
- Oh, P.S., & Oh, S.J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Özay Köse, E., & Gül, Ş. (2016). Biyoloji öğretmeni adaylarının bilimsel modeller ile ilgili anlayışları. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(3), 162-180.
- Özsoy, K. (2019). Üç boyutlu (3B) yazıcı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği: Senirkent MYO örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 111-123.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors*, 35, 737-743.
- Paukstelis, P. J. (2018). MolPrint3D: Enhanced 3D printing of ball-and-stick molecular models. *Journal of Chemical Education*, 95, 169-172.
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2006). Effect of bead and illustrations models on high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 500-529.
- Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.01.004>
- Sinan, O., Yıldırım, O., Kocakulah, M. S., & Aydın, H. (2006). Fen bilgisi öğretmen adaylarının proteinler, enzimler ve protein sentezi ile ilgili kavram yanılgıları. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(1), 1-16.
- Smith, C. F., Tollemache, N., Covill, D., & Johnston, M. (2018). Take away body parts! An investigation into the use of 3D-printed anatomical models in undergraduate anatomy education. *Anatomical sciences education*, 11(1), 44-53.
- Sözbilir, M., Gül, Ş., & Yazıcı, F. (2016). 6. sınıf görme engelli öğrenciler için eşeysiz üreme konusunun öğretimine yönelik materyal tasarımı. *12. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, Trabzon.
- Şahin, B., Açıkgöz, A., & Kamacı Özocak, G. (2022). 3B lazer tarayıcı ve yazıcı ile elde edilen tavşan iskeleti simülasyonunun öğrenci başarı puanı üzerine etkisinin araştırılması. *2. Uluslararası Bilimsel Gelişmeler Kongresi*, 21-24 Aralık.
- Şimşek, F., & Hamzaoglu, E. (2020). Modellerle zenginleştirilmiş fen öğretiminin akademik başarı, kalıcılık ve tutum üzerine etkisi. *Kastamonu Education Journal*, 28(3), 1333-1344.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Pearson.
- Teke, D., & Sozbilir, M. (2019). Teaching energy in living systems to a blind student in an inclusive classroom environment. *Chemistry Education Research and Practice*, 20, 890-901.

- Tekin, H. (2000). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (14. Baskı). Yargı yayınevi.
- Topuz, Y. (2018). *Anatomi eğitiminde sanal gerçeklik ve üç boyutlu masaüstü materyallerin akademik başarı ve bilişsel yük açısından karşılaştırılması* (Tez No. 517657) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi-İstanbul]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Treagust, D.F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.
- Tripodi, N., Kelly, K., Husaric, M., Wospil, R., Fleischmann, M., Johnston, S., & Harkin, K. (2020). The impact of three-dimensional printed anatomical models on first-year student engagement in a block mode delivery. *Anatomical Sciences Education*, 13(6), 769-777.
- Trust, T., & Maloy, R. W. (2017). Why 3D print? The 21st-century skills students develop while engaging in 3D printing projects. *Computers in the Schools*, 34(4), 253-266.
- Tuğtekin, U. (2019). *Çoklu ortamla öğrenmede konu dışı işlemleri azaltma ilkelerinin artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik ortamlarında bilişsel yük ve başarıya etkisi* (Tez No. 546937) [Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi-Eskişehir]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Tunç, T., & Kılınç Alpat (2015). Elektrokimyada geçerlik ve güvenilirliği sağlanmış kimya başarı testinin geliştirilmesi. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 5(3), 347-360.
- Ültay, E., Akyurt, H., & Ültay, N. (2021). Sosyal bilimlerde betimsel içerik analizi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 188-201.
- Valanides, N. & Angeli, C. (2008). Learning and teaching about scientific models with a computer modeling tool. *Computers in Human Behavior*, 24(2), 220-233.
- Wilk, R., Likus, W., Hudecki, A., Sygula, M., Rózycka-Nechoritis, A., & Nechoritis, K. (2020). What would you like to print? Students' opinions on the use of 3D printing technology in medicine. *PloS one*, 15(4), e0230851.
- Yazıcı, F., & Sözbilir, M. (2020). Teaching cell to 6th grade students with visual impairment. *Education and Science*, 45(204), 227-250.
- Yenilmez Turkoglu, A., & Oztekin, C. (2016). Science teacher candidates' perceptions about roles and nature of scientific models. *Research in Science and Technological Education*, 34(2), 219-236.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. Baskı). Seçkin yayınevi.
- Yıldırım, G., Yıldırım, S., & Çelik, E. (2018). Yeni bir bakış-3 boyutlu yazıcılar ve öğretimsel kullanımı: Bir içerik analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163-184.
- Yılmaz, A. (2018). *Fen bilgisi öğretmen yetiştirme programlarında kalite standartlarının belirlenmesi: Ölçek geliştirme ve uygulama çalışması* (Tez No. 496273) [Doktora tezi, Kastamonu Üniversitesi-Kastamonu]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Zhang, B., Liu, X., & Krajcik, J.S. (2006). Expert models and modeling processes associated with a computer- modeling tool. *Science Education*, 90(4), 579-604.

EKLER

EK-1. MEB Uygulama İzinleri

ARAŞTIRMA DEĞERLENDİRME FORMU		
ARAŞTIRMA SAHİBİNİN		
Adı Soyadı	Funda YALINKILIÇ	
Kurumu / Üniversitesi	Atatürk Üniv. Biyoloji Eğitimi	
Araştırma yapılacak il/il	Kocaeli	
Araştırma yapılacak eğitim kurumu ve kademesi	Gayirvan Şehit İlhan Kocat A.L. Erhanur Kurtoglu AL.	
Araştırmanın konusu	Dokuzuncu sınıf çocukların Yapıda Bulunan Temel Bilgiler Konusunun 3B modeller ile öğretilmesi	
Üniversite / Kurum onayı	Var / Yok	
Araştırma/proje/ödev/tez önerisi	Tez	
Veri toplama araçları	Beyin Testi, Yarı Yapılandırılmış Anket	
Görüş istenilecek Birim/Birimler		
KOMİSYON GÖRÜŞÜ		
Görüşünüz: Uygun		
Komisyon kararı	Oybirliği / Oyçokluğu ile alınmıştır.	
Muhalef üyenin Adı ve Soyadı:	Gerekçesi:	
KOMİSYON		
21.9/2023 Komisyon Başkanı	21.09/2023 Üye	21.09/2023 Üye
[Redacted Signature]	[Redacted Signature] Mehmet Deyoğlu	[Redacted Signature] Figen Kızı



T.C.
KOCAELİ VALİLİĞİ
İl Milli Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-99332089-605.01-85273291
Konu : Araştırma İzni
(Funda YALINKILIÇ)

27/09/2023

VALİLİK MAKAMINA

İlgi : Atatürk Üniversitesinin 18/09/2023 tarih ve E-88179374-302.08.01-2300287508 sayılı yazısı.

Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Eğitimi Yüksek Lisans öğrencisi Funda YALINKILIÇ'ın "*Dokuzuncu Sınıf Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler Konusunun 3B Modeller ile Öğretimi*" konulu çalışmasını İlimiz Çayyova İlçesi Ortaöğretim Kurumlarında uygulama talebi, Üniversitenin ilgi yazıları ile bildirilmektedir.

Adı geçen söz konusu çalışmasına esas olmak üzere, ekte sunulan çalışmayı İlimiz Çayyova İlçesi Ortaöğretim Kurumlarında uygulama talebi komisyonumuzca uygun görülmüş olup, Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, Milli Eğitim Temel Kanunu ile Türk Milli Eğitiminin genel amaçlarına uygun olarak, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanununa ve yürürlükteki diğer tüm düzenlemelerde belirtilen hüküm, esas ve amaçlara aykırılık teşkil etmeyecek şekilde, denetimleri ilgili okul, ilçe milli eğitim müdürlükleri tarafından gerçekleştirilmek üzere, gönüllülük esasına göre, anket çalışmasının İlçe Milli Eğitim Müdürlükleri ve Okul Müdürlüklerinin denetimi, gözetimi ve sorumluluğunda yapması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Ömer AKMANŞEN
Milli Eğitim Müdürü

OLUR
Mustafa AYHAN
Vali a.
Vali Yardımcısı

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Kozluk Mahallesi İnönü Caddesi No:32
41040 İzmit/KOCAELİ
Telefon No : 0 (262) 322 12 69
E-Posta: stratejigelistirme41@meh.gov.tr
Kep Adresi : meh@hs01.kep.tr

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meh-ebys>
İlgi için: İbrahim TURAN
Uzvan : Veri Hazırlama ve Kontrol İşlemcisi
İnternet Adresi: www.kocaelimem.meh.gov.tr Faks: _____

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evrakorgun.meh.gov.tr> adresinden 4ad4c-90b9-370e-ab74-95f4 koda ile teyit edilebilir.

EK-2. Etik Kurul Uygunluk Onay Belgesi

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ETİK KURULU
Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurul Başkanlığı
PROJE DEĞERLENDİRME FORMU

Projenin/Çalışmanın Adı: Danışmanlığını Doç.Dr. Şeyda GÜL'ün yürüttüğü yüksek lisans öğrencisi Funda YALINKILIÇ ile birlikte hazırladıkları "Dokuzuncu Sınıf Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler Konusunun 3B Modeller ile Öğretimi" isimli proje çalışması ile ilgili Etik kurul uygunluk-onay belgesi talep edilmesi

Gönderildiği Tarih: 25.03.2022

Teslim Tarihi: 25.03.2022

Değerlendirenin Adı Soyadı: Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu Başkanlığı Adına

Prof. Dr. Muhsine BÖREKÇİ
Etik Kurul Başkanı

İmza :

[Redacted Signature]

Bu Tez/ Proje uygundur: ☒

Gerekçe/Açıklama: Yapılacak çalışmada yaklaşım ve yöntemler dikkate alınarak, konu ile ilgili çalışmaların gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel açıdan herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

Bu Tez/ Proje uygun değildir: ☐

Gerekçe/Açıklama

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ETİK KURULU
Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurulu Karar Formu

KARAR BİLGİLERİ	Toplantı Sayısı: 04 Karar No: 08	Toplantı Tarihi: 25.03.2022
	Aşağıda bilgileri verilen proje ile ilgili çalışmanın, etik ilkeler açısından değerlendirilmesi isteği ile ilgili husus görüşüldü. Yapılan görüşmelerden sonra; söz konusu projeyle alakalı yapılacak çalışma için, araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak konuyla ilgili çalışmanın gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel yönden sakınca bulunmadığına, Etik Kurulu oy birliği ile karar vermiştir.	
ÇALIŞMA BİLGİLERİ	Proje Yürütücüsü: Doç.Dr. Şeyda GÜL, Funda YALINKILIÇ Çalışma Konusu: Dokuzuncu Sınıf Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler Konusunun 3B Modeller ile Öğretimi	

EĞİTİM BİLİMLERİ BİRİM ETİK KURULU		İMZA
Prof. Dr. Muhsine BÖREKÇİ	Etik Kurul Başkanı	
Prof. Dr. Yavuz TAŞKESEN LİGİL	Etik Kurul Başkan Yardımcısı	
Prof. Dr. Betül ASLAN	Etik Kurul Üyesi	
Prof. Dr. Mücahit DİLEKMEN	Etik Kurul Üyesi	
Prof. Dr. Barış DEMİRCİ	Etik Kurul Raportörü	

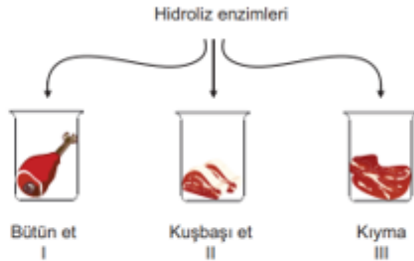
EK-3. Başarı Testi (BT)

Adı-Soyadı:

Sınıfı:

'CANLILARIN YAPISINDA BULUNAN TEMEL BİLEŞİKLER' BAŞARI TESTİ

S.1) Aşağıdaki deneyde aynı miktarda et; bütün, kuşbaşı ve kıyma haline getirilip kaplara konulduktan sonra üzerlerine hidroliz enzimleri ilave edilmiştir.



Deneyin sonunda kaplardaki ürün oluşum hızı ve nedeni hangisinde doğru olarak verilmiştir?

Ürün Oluşum Hızı	Nedeni
A) III > II > I	Substrat yüzeyi farkı
B) III > II > I	Substrat yoğunluğu farkı
C) I > II > III	Substrat yüzeyi farkı
D) I > II > III	Substrat yoğunluğu farkı
E) III > I > II	Substrat yüzeyi farkı

S.2) Asitlerle ilgili olarak aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?

- A) Tatları ekşidir.
- B) pH değerleri 7'nin altındadır.
- C) Sulu çözeltilerine OH^- iyonu verir.
- D) Mavi turnusol kâğıdını kırmızıya çevirir.
- E) Bazlarla birleştiğinde tuzları oluşturur.

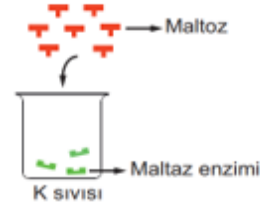
S.3)

- İnce bağırsak ve böbreklerden Ca^{2+} emilimini kolaylaştırır.
- Kemiklere Ca^{2+} geçişini sağlayarak kemiklerin güçlenmesini sağlar.
- Eksikliğinde çocuklarda raşitizm, yetişkinlerde osteomalazi hastalığı görülür.

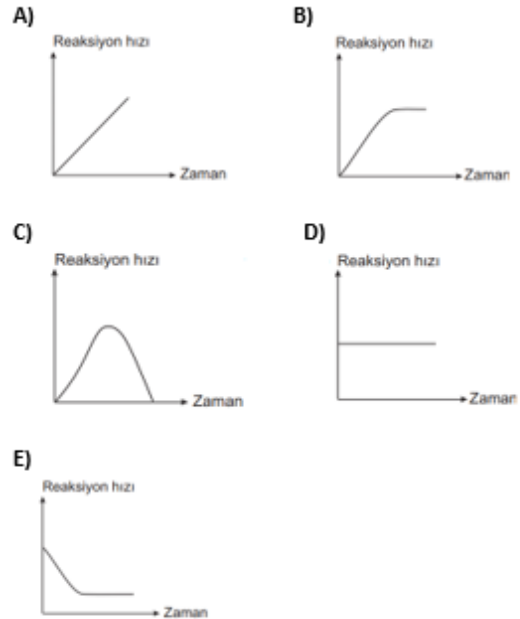
Bazı özellikleri yukarıda verilen vitamin çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) A vitamini
- B) B vitamini
- C) C vitamini
- D) D vitamini
- E) E vitamini

S.4) Aşağıda gösterildiği gibi sınırlı miktarda maltaz enzimi bulunan bir deney tüpüne, sürekli maltoz ilave edilmektedir.



Buna göre reaksiyon hızı-zaman grafiği aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?



S.5)

- I. B vitamini
- II. C vitamini
- III. K vitamini
- IV. A vitamini

Yukarıda verilen vitamin çeşitlerinin eksik alınması durumunda belirecek,

- a. kansızlık
- b. skorbüt
- c. kanın pıhtılaşmaması
- d. gece körlüğü

hastalıklarının doğru eşleştirilmesi aşağıdaki seçeneklerin hangisinde gösterilmiştir?

	I	II	III	IV
A)	a	b	c	d
B)	a	c	b	d
C)	b	d	a	c
D)	b	c	d	a
E)	c	a	d	b

S.6) Depresyon, diş çürüğü, egzama, saç dökülmesi gibi rahatsızlıkların nedeni vücudumuzdaki asit baz dengesinin bozulmasıdır.

Bu durum, asit ve bazların aşağıda verilen hangi özelliğinden kaynaklanır?

- A) Sindirim için ortam oluşturmaları
- B) Enerji vermeleri
- C) Homeostasiyi etkilemeleri
- D) İnorganik olmaları
- E) Hücre zarından geçebilmeleri

S.7) Böceklerin su üzerinde yürüyebilmeleri suyun;

- I. öz ısısının yüksek olması,
- II. sıvı hâlden gaz hâline geçebilmesi,
- III. besin maddeleri için iyi bir çözücü olması,
- IV. su molekülleri arasında oluşan hidrojen bağlarının neden olduğu yüzey gerilimi özelliklerinden hangileri ile açıklanabilir?

- A) II ve III
- B) Yalnız IV
- C) III ve IV
- D) Yalnız II
- E) Yalnız I

S.8) Aşırı tatlı yeme isteği sebebiyle doktor muayenesine giren hastaya tip II diyabet teşhisi konmuştur.

Yukarıda yer alan bilgi dikkate alındığında aşağıdakilerden hangisi söylenemez?

- A) Homeostazi zaman içinde birtakım faktörlere bağlı olarak bozulabilir.
- B) Bu hastalık genetik yolla sonraki nesillere aktarılır.
- C) Hastanın uygun olmayan beslenme tarzına sahip olduğu düşünülebilir.
- D) Tedavi için insülin hormonunun direnci ortadan kaldırılmalıdır.
- E) Hastalık obezite kaynaklı ortaya çıkmış olabilir.

S.9)

- I. Protein
- II. Protein ayırıcı
- III. Protein yıkan enzim
- IV. Aminoasit
- V. Aminoasit ayırıcı

"Aminoasitler proteinlerin yapı taşlarıdır." hipotezini kanıtlamak için düzenlenen bir deneyde, yukarıdakilerden hangilerinin birlikte kullanılması gerekmektedir?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) III ve IV
- D) III ve V
- E) I, III ve V

S.10) Aşağıdakilerden hangisi DNA ve RNA'nın ortak özelliklerinden biridir?

- A) Her birinin yapısında tüm pirimidin baz çeşitleri yer alır.
- B) Her iki molekül de nükleotit polimeridir.
- C) Her zaman zarfı organel içerisinde bulunurlar.
- D) Zincirlerindeki pürin ve pirimidin bazlarının sayısı her zaman birbirine eşittir.
- E) Hücre döngüsünde replikasyon geçirirler.

S.11)

- I. Klorofil pigmentinin yapısına katılır.
- II. Hemoglobin pigmentinin yapısına katılır.
- III. Tiroksin hormonunun yapısına katılır.

Yukarıda görevleri belirtilen mineral çeşitleri aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

	I	II	III
A)	Demir	Magnezyum	İyot
B)	Magnezyum	Bakır	Demir
C)	Demir	Bakır	İyot
D)	İyot	Magnezyum	Demir
E)	Magnezyum	Demir	İyot

S.12) Aşağıda verilen mineral çeşitleri ve görevleri ile ilgili eşleştirmelerden hangisi yanlıştır?

- A) Kalsiyum → Kemik ve diş yapısına katılma
- B) Fosfat → DNA, RNA ve ATP yapısına katılma
- C) Sodyum → pH ve su dengesini sağlama

- D) Klor → Mide özsuğu oluşumunda
E) Çinko → Çizgili kaslardaki miyoglobin yapısına katılma

S.13) Hücre zarının yapısında en fazla bulunan lipid çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Glikolipit B) Steroit C) Fosfolipit
D) Kolesterol E) Trigliserit

S.14)

- x – Riboz
y – Glikoz
z – Galaktoz
k – Deoksiriboz
m – Fruktos

Yukarıda bazı karbonhidrat çeşitleri verilmiştir.

Buna göre,

- I. x ve y
II. y ve z
III. z ve m
IV. y ve m
V. x ve k

İkililerinden hangilerinin birleşmesi bir disakkarit oluşumu ile sonuçlanabilir?

- A) I ve III B) II ve IV C) I, II ve V
D) II, III ve IV E) II, III, IV ve V

S.15) Aşağıdaki yiyecek gruplarından hangisinde dengeli beslenme için gerekli besinler, diğerlerine göre daha fazla bulunmaktadır?

- A) Nohut – pilav – yoğurt
B) Etli nohut – pilav – baklava
C) Etli nohut – pilav – yoğurt
D) Etli nohut – pilav – salata
E) Köfte – patates – pilav – baklava

S.16) Aşağıda verilen özelliklerden hangisi doymuş yağ asitlerinde görülürken doymamış yağ asitlerinde görülmez?

- A) Ortam pH'sını düşürme
B) Karbon atomları arasında çift bağ bulundurma
C) Oda sıcaklığında katı hâlde bulunma
D) Kimyasal sindirime uğramama
E) Nötral yağların yapısına katılabilme

S.17) Hormonlar;

- I. Hücrelerde kendilerine özgü reseptörlerin bulunabilmesi
II. Organik yapıda olma,
III. Düzenleyici olarak görev yapma,
IV. Bazı çeşitlerinin sindirilebilmesi
Özelliklerinin hangileri yönüyle vitaminlere benzerler?

- A) I ve IV B) II ve III C) I, II ve IV
D) I, III ve IV E) II, III ve IV

S.18) Bitkilerde bazı minerallerin bitki gelişimi üzerine etkisi ile ilgili bir tablo aşağıda verilmiştir. Tablodaki her bir "+" sembolü birim miktar gelişmeyi ifade etmektedir.

Mineral madde durumu	Bitki gelişimi
K + N + Cl + Fe + Ca	+++++
K yetersiz	++
Cl yetersiz	++++
Fe yetersiz	++
Ca yetersiz	+++
N yetersiz	+

Tablodaki bilgilere göre bitkinin gelişmesi üzerine **en etkili** olan mineral aşağıdakilerden hangisidir?

- A) K B) Cl C) Fe
D) Ca E) N

S.19)



Vitaminlerin sınıflandırılması yukarıda verilmiştir.

Buna göre;

Vitamin grupları ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?

Suda Çözünenler	Yağda Çözünenler
A) Depolanmazlar	Depo edilirler.
B) Fazlası idrarla atılır	Fazlası depolanabilir.
C) Eksikliği hemen anlaşılr.	Eksikliğin anlaşılmaması uzun sürer.
D) Emilimi sulu ortamda olur.	Emilimi yağlı ortamda olur.
E) Ototroflar üretmezler	Ototroflar üretirler.

S.20) Suda ve yağda çözünen vitaminlerin,

- I. Depolanabilmeleri
II. Düzenleyici olmaları
III. Organik yapıda olmaları
IV. Sindirilmemeleri

özelliklerinden hangileri ortak değildir?

- A) Yalnız I B) Yalnız IV C) I ve III
D) II ve IV E) II, III ve IV

S.21)



Tarhananın yapımı sırasında mayalanması protein, karbonhidrat ve yağların bakteri kültürleri tarafından ön sindirime uğraması tarhananın daha kolay sindirilmesi ve daha besleyici özellik kazanmasını sağlamaktadır. Tarhananın glisemik indeksinin 20 olduğu bilinmektedir. Glisemik indeks, besinlerin vücuda alındığında kan şekerini yükseltme hızını ifade eden indekstir. Glisemik indeksi düşük besinler, kan şekerini yavaş yükselterek özellikle şeker hastalığına karşı koruyucu etki sağlar. Ayrıca tarhananın probiyotik özellikte olduğu düşünülmektedir. Probiyotikler besinlerle belirli miktarlarda alındığında bağırsak florasını dengeleyip insan sağlığını olumlu yönde etkileyen canlı organizmalardır. Tarhana içerdiği lif ile kanın kolesterol seviyesinin dengede tutulmasına yardımcı olur ve kolon kanseri riskini azaltır.

Yukarıda tarhana ile ilgili verilenlerden hangisi çıkarılamaz?

- A) Sindiriminin daha kolay olması
- B) Glisemik indeksinin düşük olması
- C) Probiyotik bakımından zengin besin olduğu
- D) Kan kolesterol seviyesini dengede tuttuğu
- E) Bazı mikroorganizmalara karşı antibiyotik özellik gösterdiği

S.22)

İnsanlarda hormonlarla ilgili;

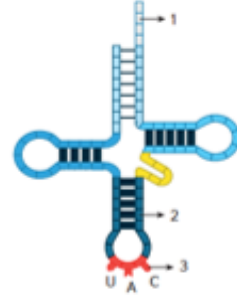
- I. Büyüme, farklılaşma ve metabolizma gibi fizyolojik olayların düzenlenmesinde görev alırlar.
- II. Endokrin bezlerden ve endokrin hücrelerden salgılanırlar.
- III. Tamamı protein yapılı olup DNA kontrolünde sentezlenirler.

yargılarından hangileri yanlıştır?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) II ve III

S.23)

Aşağıda şekli verilen bir tRNA'nın numaralandırılan kısımları ile ilgili;

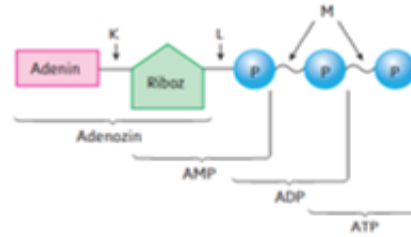


- I. 1 nolu kısım aminoasit bağlanan ucdur.
- II. 2 nolu kısım ribonükleotitler arasındaki zayıf hidrojen bağlarıdır
- III. 3 nolu kısım tRNA'nın çeşidini belirleyen 3'lü nükleotit olan antikodonudur.

Yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) II ve III
- E) I, II ve III

S.24)



Bir ATP molekülündeki K, L ve M ile gösterilen bağlar aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

	K	L	M
A)	Glikozit	Ester	Fosfat
B)	Peptit	Ester	Glikozit
C)	Ester	Glikozit	Fosfat
D)	Glikozit	Fosfat	Ester
E)	Fosfat	Peptit	Peptit

S.25) Aşağıda bir pH metre verilmiştir.



Buna göre I, II ve III bölgelere ait örnekler hangi seçenekte doğru verilmiştir?

I	II	III
A) Karbondioksit	Amonyak	Su
B) Elma	Maden suyu	Kahve
C) Amonyak	Su	Karbondioksit
D) Gazoz	Su	Brokoli
E) Gazoz	Amonyak	Elma

TEST BİTTİ



Cevaplar: S1) A, S2) C, S3) D, S4) B, S5) A, S6) C, S7) B, S8) B, S9) E, S10) B, S11) E, S12) E, S13) C, S14) B, S15) D, S16) C, S17) B, S18) E, S19) E, S20) A, S21) E, S22) C, S23) E, S24) A, S25) D

EK-4. Biyoloji Dersi Motivasyon Ölçeği (BDMÖ)

Değerli Katılımcı,

Aşağıda öğrencilerin biyoloji dersine yönelik motivasyon düzeylerini belirlemek amacıyla çeşitli ifadeler bulunmaktadır. Her bir ifadeyi dikkatlice okuyunuz ve sizin için en uygun ifadeyi **optik forma** işaretleyiniz. Sizden beklenen hiçbir ifadeyi cevapsız bırakmamanız ve içtenlikle cevap vermenizdir. Çalışmaya yapacağınız katkılardan dolayı şimdiden teşekkür ederiz.

① Kesinlikle katılmıyorum, ② Katılmıyorum, ③ Kısmen katılıyorum, ④ Katılıyorum, ⑤ Kesinlikle katılıyorum
İçsel Motivasyon Boyutu
1. Biyoloji dersini öğrenmekten hoşlanırım.
2. Benim için biyoloji dersini öğrenmek aldığım nottan daha önemlidir.
3. Biyoloji dersini öğrenmeyi ilginç bulurum.
4. Beni zorlayan biyoloji dersi hoşuma gider.
5. Biyoloji dersini anlamak bana başarı duygusu verir.
Dışsal Motivasyon Boyutu
6. Biyoloji dersi sınavlarında diğer öğrencilerden daha başarılı olmak isterim.
7. Biyoloji dersinden iyi bir not almak benim için önemlidir.
8. Biyoloji dersini öğrenmenin iyi bir iş bulmama nasıl yardımcı olacağını düşünürüm.
9. Biyoloji dersi notumun genel not ortalamamı nasıl etkileyeceğini düşünürüm.
10. Biyoloji dersini öğrenmenin kariyerime nasıl katkısı olacağını düşünürüm.
Biyoloji Öğrenmeye Yönelik İlgi Boyutu
11. Öğrendiğim biyoloji dersi kişisel amaçlarımla bağlantılıdır.
12. Öğrendiğim biyoloji dersinin bana nasıl yararlı olacağını düşünürüm.
13. Öğrendiğim biyoloji dersini nasıl kullanacağımı düşünürüm.
14. Öğrendiğim biyoloji dersi yaşantımla alakalıdır.
15. Öğrendiğim biyoloji dersi benim için pratik önem taşır.
Biyoloji Öğrenmede Sorumluluk Boyutu
16. Eğer biyoloji dersini öğrenmekte zorluk çekersem sebebini bulmaya çalışırım.
17. Biyoloji dersini öğrenebilmek için gerekli çabayı gösteririm.
18. Biyoloji dersini iyi öğrenmemi sağlayacak stratejiler kullanırım.
19. Biyoloji dersini anlamıyorsam bu benim hatamdır.
20. Biyoloji dersi sınavları ve laboratuvarları için iyi hazırlanırım.
Biyoloji Öğrenmede Güven Boyutu
21. Biyoloji dersinde başarımla diğer öğrencilerle aynı seviyede ya da onlardan daha iyi olacağımı düşünürüm.
22. Biyoloji dersi laboratuvarında ve projelerinde başarılı olacağım konusunda kendime güvenirim.
23. Biyoloji dersindeki bilgi ve becerileri tam anlamıyla öğrenebileceğime inanırım.
24. Biyoloji dersi sınavlarında başarılı olacağım konusunda kendime güvenirim.
25. Biyoloji dersinde en yüksek notu alabileceğime inanırım.
Biyoloji Sınavlarında Endişe Boyutu
26. Biyoloji dersi testlerinin nasıl geçeceğini düşünmek beni endişelendirir.*
27. Biyoloji dersi sınav zamanı geldiğinde endişelenirim.*
28. Biyoloji dersi sınavlarında başarısız olmaktan endişelenirim.*
29. Diğer öğrencilerin biyoloji dersinde daha başarılı olduğunu düşünmek beni endişelendirir.*
30. Biyoloji dersinin sınavlarına girmekten hoşlanmam.*

EK-5. Bilişsel Yük Ölçeği (BYÖ)

BİLİŞSEL YÜK ÖLÇEĞİ

Bu ölçek ile 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunu 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyaller kullanılarak yapılan etkinlikler esnasında zihninizde oluşan bilişsel yükün belirlenmesi amacıyla sizlere sunulmuştur.

İlgili konunun öğretim süreci boyunca yapılan etkinliklere katıldığınız için, deneyimleriniz dahilinde vereceğiniz cevaplar araştırma açısından oldukça önemli ve değerlidir. Vereceğiniz cevaplar sadece araştırma amaçlı kullanılacak olup çalışmanın raporlanmasında hazırlanacak dokümanda isminiz gizli tutulacaktır. Çalışmamıza yaptığınız katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

Yüksek Lisans Öğrencisi Funda YALINKILIÇ

Prof. Dr. Şeyda GÜL

1. Cinsiyetiniz: ☐ Kadın ☐ Erkek

DG Öğrencileri için: 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunun öğretimi için 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyaller kullanılarak yapılan etkinlikler esnasında zihinsel/bilişsel olarak ne kadar çaba sarf ettiniz? (1 ile 9 arasında derecelendirme yapınız.)

KG Öğrencileri için: 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunun öğretimi için ders kitabı kullanılarak yapılan etkinlikler esnasında zihinsel/bilişsel olarak ne kadar çaba sarf ettiniz? (1 ile 9 arasında derecelendirme yapınız.)

AZ								ÇOK
1	2	3	4	5	6	7	8	9

EK-6. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu (YYGF)

YARI YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME FORMU

Tarih & Saat:

Görüşmeci:

Görüşülen Kişi:

Görüşme Süresi:

Merhaba,

Atatürk Üniversitesi Biyoloji Eğitimi Lisansüstü Programı'nda yüksek lisans öğrenimimi sürdürüyorum. Öncelikle 'Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler' konusunun 3B modeller ile öğretimi' ne yönelik derste yapılan etkinliklerle ilgili görüşlerinizi benimle paylaşmayı kabul ettiğiniz için teşekkür ederim. İlgili konunun öğretim süreci boyunca yapılan etkinliklere katıldığınız için, deneyimleriniz dahilinde vereceğiniz cevaplar araştırma açısından oldukça önemli ve değerlidir.

Görüşmeye başlamadan önce önemli bazı hususlara değinmek istiyorum. Yapacağımız görüşme sadece araştırma amaçlı kullanılacak olup çalışmanın raporlanmasında hazırlanacak dokümanda isminiz gizli tutulacaktır. Araştırma tamamlandıktan sonra arzu ederseniz çalışmanın sonuçlarını sizinle paylaşmaktan mutluluk duyarım.

Görüşme esnasında herhangi bir veri kaybı yaşamamak adına görüşmeyi kayıt altına almak için izninizi istiyorum. Sizin için sakıncası var mı?

Görüşme yaklaşık 20-25 dk sürecektir. Belirtmek istediğiniz veya sormak istediğiniz bir soru yoksa görüşmeye başlamak istiyorum.

1. 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyaller kullanılarak ders işlemekten memnun kaldınız mı?

Cevabınız evet ise; hangi açılardan memnun kaldınız?

Cevabınız hayır ise; hangi açılardan memnun kalmadınız?

2. Derslerinizde 3B teknolojisi ile geliştirilen materyallerin kullanılması öğrenme sürecinizi nasıl etkiledi? Bu materyallerin faydalı olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?

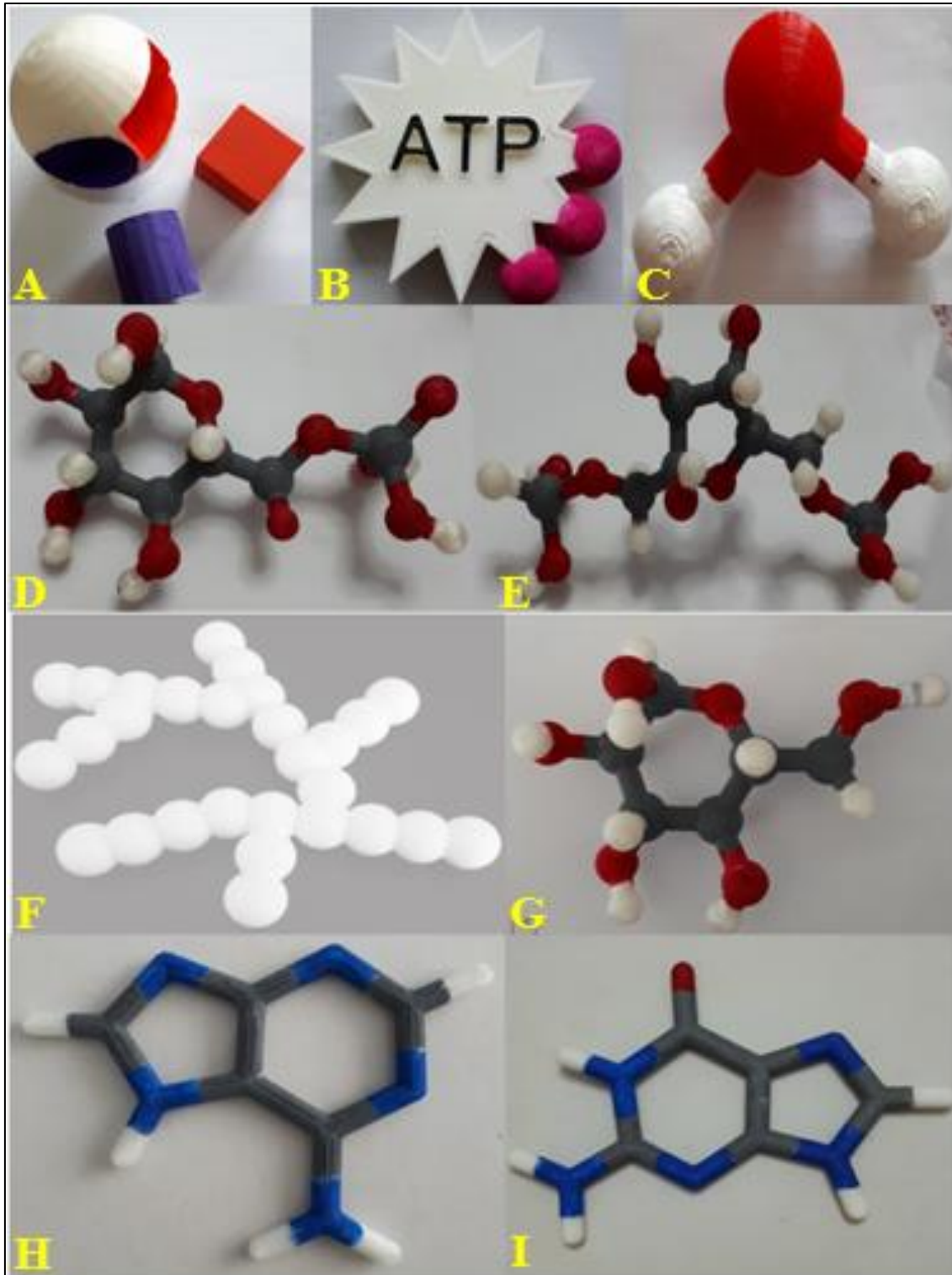
3. 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyallerin derslerinizde kullandığınız diğer materyallerden (yazı, slayt sunusu, 2 boyutlu görseller vb.) avantajlı veya dezavantajlı yönleri nelerdir? Neden?

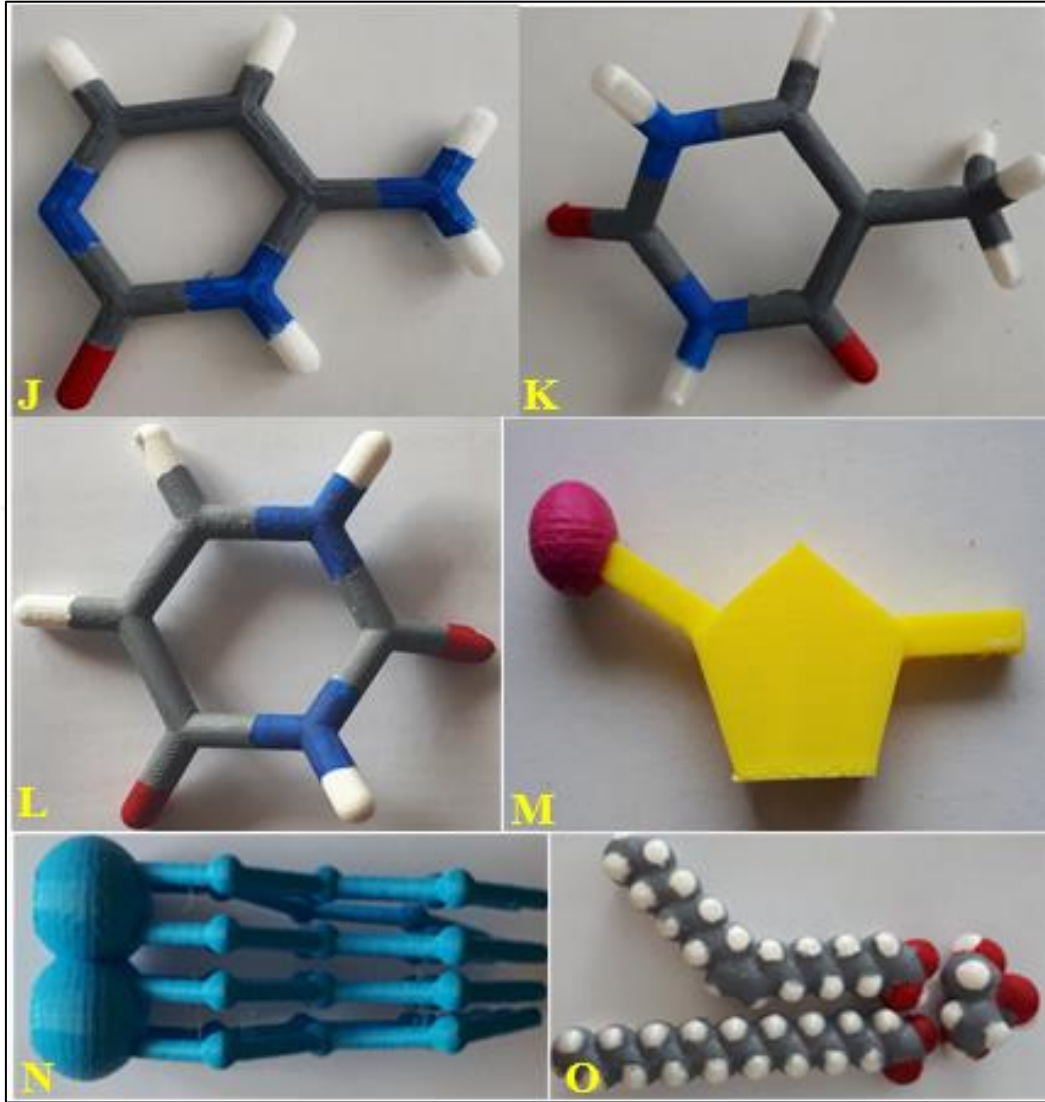
4. 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyalleri fiziksel özellikleri (renk, boyut, benzerlik, sunulan bilimsel içerik vb.) açısından nasıl değerlendiriyorsunuz? Olumlu ya da olumsuz görüşleriniz nelerdir?

5. 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyallerin kullanımı esnasında herhangi bir sorunla karşılaştınız mı? Sorun yaşıyorsanız ne tür sorunlarla karşılaştınız?
6. 3B yazıcı teknolojilerini kullanma veya 3B model geliştirme açısından kendinizi yeterli görüyor musunuz?
7. 3B modellerin derslerde daha etkili kullanımı noktasında sizce neler yapılabilir?
8. Biyoloji dersinde farklı konulara yönelik benzer uygulamaların yapılmasını ister misiniz? Neden? Cevabınızın nedenini örneklerle açıklayınız?
9. 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyallerin derslerinizde kullanılmasının başarınıza ve öğrendiğiniz bilgilerin kalıcılığının sağlanmasına bir etkisinin olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?
10. 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyallerin derslerinizde kullanılmasının biyoloji dersine yönelik motivasyon düzeyinize bir etkisinin olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?
11. 3B yazıcı teknolojisiyle geliştirilen materyaller kullanılarak yapılan etkinlikler esnasında zihinsel/bilişsel olarak ne kadar çaba sarf ettiniz? Bir başka deyişle bu etkinlikler öğrenmeye harcadığınız çabayı nasıl etkiledi?

Görüşme sona ermiştir. Zaman ayırdığınız için teşekkür ederim.

EK-7. Deney Grubunda Kullanılan 3B Modeller





A: Enzim-substrat, B: ATP, C: Su molekülü, D: Glukoz, E: Fruktoz, F: Selüloz, G: Aminoasit, H: Adenin, I: Guanin, J: Sitozin, K: Timin, L: Urasil, M: 5 C'lu şeker, N: Fosfolipit, O: Yağ asitleri (doymuş ve dıymamış)ve gliserol

EK-8. Örnek Ders Planı

Ders adı	Biyoloji
Sınıf	9
Ünite adı/ No	9.1. Yaşam Bilimi Biyoloji
Konu	Canlıların Yapısında Bulunan Temel Bileşikler
Önerilen süre	2 Ders saati (40'+40')
Kazanım ve Kazanım açıklamaları	9.1.2.1. Canlıların yapısını oluşturan organik ve inorganik bileşikleri a. Karbonhidratların, lipidlerin, proteinlerin, nükleik asitlerin, enzimlerin yapısı, görevi ve canlılar için önemi belirtilir.
Öğrenme- öğretme yöntem ve teknikleri	KG: Soru- cevap, Düz anlatım, Etkileşimli tahta DG: 3B Modeller, Soru- cevap, Düz anlatım, Etkileşimli tahta

→

Deney grubu ders planı 1. Ders saati	Kontrol grubu ders planı 1. Ders saati
GİRİŞ: Öğrencilerin dikkatlerini çekmek amacıyla soru sorularak derse başlanır. “Günlük yaşamda aldığınız ambalajlı gıdaların besin içeriklerine dikkat eder misiniz?” şeklinde soru sorulur. Öğrencilerin verdikleri cevaplar sonrasında sınıfa getirilen ambalajlı gıdanın besin içerikleri konu kavramlarını içerecek şekilde tahtaya yazılır ve derse giriş yapılır.	GİRİŞ: Öğrencilerin dikkatlerini çekmek amacıyla soru sorularak derse başlanır. “Günlük yaşamda aldığınız ambalajlı gıdaların besin içeriklerine dikkat eder misiniz?” şeklinde soru sorulur. Öğrencilerin verdikleri cevaplar sonrasında sınıfa getirilen ambalajlı gıdanın besin içerikleri konu kavramlarını içerecek şekilde tahtaya yazılır ve derse giriş yapılır.
GELİŞME: Tahtaya yazılan kavramların organik bileşikler içerisinde yer aldığına dikkat çekilerek organik bileşiklerin genel özellikleri anlatılır. Ders kitabında yer alan “Biliyor musunuz?” kısımları okutulup, karbonhidratların birinci dereceden enerji kaynağı olduğu vurgulanır. Karbonhidratların görevi ve özellikleri anlatılır. Monosakkaritler konusunda pentozları anlatılırken 3B modellerden 5C’lu şeker modeli öğrencilere verilip incelemeleri sağlanır. Model üzerinden pentozların yapısı, önemi vurgulanır. Öğrencilere sorular olup olmadığı sorulur. Sorusu olanların sorusuna cevap verilir. Sonrasında heksozlar konusuna giriş yapılır. Birbirinin izomeri olan glukoz ve fruktozu anlatılırken öğrencilere 3B modellerden glukoz ve fruktoz modelleri dağıtılıp incelemeleri sağlanır. Bu arada model üzerindeki renklendirilmiş atomların öğrenciler tarafından ayırt edebilmesi için tahtaya yazılır (Karbon gri renk, Hidrojen beyaz renk, Oksijen kırmızı renk ile renklendirilmiştir). Öğrencilere iki model arasında fark olup olmadığı sorulur. Öğrencilerden model üzerindeki renklendirilmiş C, H ve O atomlarını sayarak karşılaştırmaları istenir. Modellerin açık formüllerinin birbirinden farklı kapalı formüllerinin ise aynı olduğuna dikkat çekilir ve iki model karşılaştırılarak	GELİŞME: Tahtaya yazılan kavramların organik bileşikler içerisinde yer aldığına dikkat çekilerek organik bileşiklerin genel özellikleri anlatılır. Ders kitabında yer alan “Biliyor musunuz?” kısımları okutulup, karbonhidratların birinci dereceden enerji kaynağı olduğu vurgulanır. Karbonhidratların görevi ve özellikleri anlatılır. Monosakkaritler konusunda pentozlar anlatılırken ders kitabındaki şekli incelemelerini istenir ve tahtada şekil çizilerek pentozların yapısı, önemi anlatılır. Öğrencilere soruları olup olmadığı sorulur. Sorusu olanların sorusuna cevap verilir. Sonrasında heksozlar konusuna giriş yapılır. Birbirinin izomeri olan glukoz ve fruktoz etkileşimli tahta üzerinden öğrencilere anlatılır. Öğrencilerin soruları varsa cevaplandırılır. Daha sonra disakkaritler konusu anlatılır. Maltoz, süktroz ve laktöz oluşumu ders kitabındaki resimlerle ve tahtaya şekil çizilerek anlatılır. Polisakkaritlerin çok sayıda glikozun glikozit bağıyla birleşmesi sonucu oluştuğu ifade edilir. Daha sonra farklı şekillerdeki polisakkarit örnekleri kitap üzerindeki şekiller ve etkileşimli tahta üzerinden öğrencilere anlatılır. Etkileşimli tahta üzerinden konu ile ilgili videolar izlettilerilerek yeni öğrenilen bilgiler pekiştirilir.

öğrenciler tarafından incelenmesi sağlanır. Öğrencilerin soruları varsa cevaplandırılır. Daha sonra disakkaritler konusunu anlatılır. Konu anlatımı esnasında sükroz anlatılırken glukoz ve fruktoz modellerinden yararlanılır ve ikisinin birleşimiyle oluştuğu vurgulanır. Konu ile ilgili bilgiler (sükroz, maltoz ve laktoz oluşumu) ders kitabındaki resimler ve tahtaya çizilen şekillerle anlatılır. Öğretmen daha sonra polisakkaritler konusunu anlatır. Polisakkaritlerin çok sayıda glikozun glikozit bağıyla birleşmesi sonucu oluştuğu ifade edilir. Daha sonra öğrencilere polisakkarit örneklerinden biri olan 3B nişasta modelin öğrencilere verilerek incelemeleri sağlanır. Konu anlatımı esnasında 3B modellerden glukoz modelleri de öğrencilere tekrar gösterilir. Konu anlatımı sonrasında öğrencilerin konu ve modellere yönelik soruları varsa cevaplandırılır.	
SONUÇ: Karbonhidratlar konusunun anlatımı bittikten sonra etkileşimli tahtadan konuyla ilgili videolar açılıp öğrencilere izlettirilir. Videolarda öğretmen önemli gördüğü yerlere vurgu yaparak konuyu özetler. Özellikle 3B modellerin kullandığı konularla ilgili de öğrencilerin bilgilerini pekiştirmek amacıyla “Birbirlerinin izomeri olan moleküller nelerdir?, Disakkaritlerin yapısı nasıldı? Polisakkaritler nasıl oluşmuştu? Bitkilerde bulunan depo polisakkarit nedir? “ şeklinde sorular sorulur. Öğrencilerin verdikleri cevaplardan doğru cevapları teyit edilir yanlış cevaplar düzeltilir.	SONUÇ: Konu bitimi sonrasında öğrencilerin konuya yönelik soruları varsa cevaplandırılır. Karbonhidratlar konusunun anlatımı bittikten sonra etkileşimli tahtadan konuyla ilgili videoları açılıp öğrencilere izlettirilir ve konu özetlenir. Videolarda önemli görülen yerlere vurgu yapılır. Ayrıca öğrencilerin bilgilerini pekiştirmek amacıyla “Birbirlerinin izomeri olan moleküller nelerdir?, Disakkaritlerin yapısı nasıldı? Polisakkaritler nasıl oluşmuştu? Bitkilerde bulunan depo polisakkarit nedir? “ şeklinde sorular sorulur. Öğrencilerin verdikleri cevaplardan doğru cevapları teyit edilir yanlış cevaplar düzeltilir.
GİRİŞ: Lipitler konusuna giriş yapılırken öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak için ders kitabında yer alan “Biliyor musunuz?” kısmı okutulur ve öğrencilerin konu hakkında fikirleri alınır. Ön bilgilerini kontrol etmek için “Lipit kelimesini daha önce duydunuz mu?, Lipit nedir? Lipitlerin görevleri nelerdir? şeklinde sorular sorulur.	GİRİŞ: Lipitler konusuna giriş yapılırken öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak için ders kitabında yer alan “Biliyor musunuz?” kısmı okutulur ve öğrencilerin konu hakkında fikirleri alınır. Ön bilgilerini kontrol etmek için “Lipit kelimesini daha önce duydunuz mu?, Lipit nedir? Lipitlerin görevleri nelerdir? şeklinde sorular sorulur.
GELİŞME: Öğrencilerin cevaplarının ardından lipitlerin yapısı ve özellikleri anlatılır. Biyolojik açıdan en önemli lipitlerin trigliseritler, fosfolipitler ve steroitler olduğu ifade edilir. Daha sonra trigliseritler anlatılırken öncelikle 3B modellerden gliserol ve yağ asidi modellerini gösterilir ve öğrencilere incelemeleri için dağıtılır. Ders kitabında yer alan trigliserit sentezine ait görsel tahtaya çizilerek ve 3B modeller kullanarak anlatılır. Daha sonra trigliseritlerin yapısına katılan doymuş ve	GELİŞME: Öğrencilerin cevaplarının ardından lipitlerin yapısı ve özellikleri anlatılır. Biyolojik açıdan en önemli lipitlerin trigliseritler, fosfolipitler ve steroitler olduğu ifade edilir. Daha sonra trigliseritler anlatılırken ders kitabında yer alan trigliserit sentezine ait görsel tahtaya çizilerek ve sonrasında etkileşimli tahta üzerinden anlatılır. Trigliseritlerin yapısına katılan doymuş ve doymamış yağ asitleri de ders kitabındaki şekiller üzerinden öğrencilere anlatılır. Sorusu olan öğrenciler varsa soruları cevaplanır.

doymamış yağ asitlerinin 3B modelleri öğrencilere dağıtılır ve incelemeleri sağlanır. Modeller üzerinden konu anlatılır sorusu olan öğrencilerin soruları cevaplanır. Daha sonra fosfolipitler konusuna geçilir ve 3B modellerden fosfolipit modeli öğrencilere dağıtılarak incelemeleri sağlanır. Model üzerinden fosfolipitlerin fosfat uçlarının hidrofilik (suyu seven) yağ asitlerinden oluşan kuyruk kısımlarının ise hidrofobik (suyu sevmeyen) özellikte olduğu ifade edilir. Hidrofilik ve hidrofobik kısımlar tahtada şekil çizilerek ve model üzerinden anlatılır. Hücre zarında bulunan çift katlı fosfolipit tabakası 3B fosfolipit modeli üzerinden öğrencilere gösterilip incelemeleri sağlanır. Sorusu olan öğrencilerin soruları cevaplandırılır. Steroidler konusu öğrencilere düz anlatım yoluyla, ders kitabındaki resimlerden ve tahtaya çizdiği şekillerden faydalanarak anlatılır. Kalan zamanda ders kitabında konu sonunda yer alan “Biliyor musunuz?” metnini öğrencilere okutulur. Daha sonra yine kitapta yer alan “Düşünüp yorumlayın.” kısmı öğrencilere okutulur ve yorumlamaları istenir.	Daha sonra fosfolipitler konusuna geçilir. Etkileşimli tahta üzerinden fosfolipitlerin yapısı ve özellikleri anlatılır. Fosfolipitlerin fosfat uçlarının hidrofilik (suyu seven) yağ asitlerinden oluşan kuyruk kısımlarının ise hidrofobik (suyu sevmeyen) özellikte olduğuna dikkat çekilir ve tahtaya çizilerek anlatılır. Hücre zarında bulunan çift katlı fosfolipit tabakası etkileşimli tahta üzerinden öğrencilere anlatılır. Konuya yönelik sorusu olan öğrencilerin soruları cevaplandırılır. Steroidler konusu öğrencilere düz anlatım yoluyla, ders kitabındaki resimlerden ve tahtaya çizdiği şekillerden faydalanarak anlatılır. Kalan zamanda ders kitabında konu sonunda yer alan “Biliyor musunuz?” metnini öğrencilere okutulur. Daha sonra yine kitapta yer alan “Düşünüp yorumlayın.” kısmı öğrencilere okutulur ve yorumlamaları istenir.
SONUÇ: Öğrencilerin eksik bilgilerini tamamlamak, yeni öğrendikleri bilgileri pekiştirmek amacıyla etkileşimli tahtadan lipidler konusunda kısa videolar açılarak konu özetlenir. Konuyla ilgili sorusu olan öğrencilerin soruları cevaplanır ve konu toparlanır.	SONUÇ: Dersin bitiminde öğrencilerin öğrendikleri bilgileri pekiştirmek amacıyla etkileşimli tahtadan lipidler konusunda kısa videolar açılır ve konuyu özetlenir. Konuyla ilgili sorusu olan öğrencilerin soruları cevaplanarak konu toparlanır.

Deney grubu ders planı (2. Ders saati)	Kontrol grubu ders planı (2. Ders saati)
Giriş: Proteinler konusuna başlamadan önce öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak ve konuya dikkatlerini çekmek amacıyla “Canlıların yapısında en fazla bulunan organik molekül nedir?, Proteinlerin canlılar için önemi nedir? Şeklinde sorular sorulur. Öğrencilere dönütler verilir.	Giriş: Proteinler konusuna başlamadan önce öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak ve konuya dikkatlerini çekmek amacıyla “Canlıların yapısında en fazla bulunan organik molekül nedir?, Proteinlerin canlılar için önemi nedir? Şeklinde sorular sorulur. Öğrencilere dönütler verilir.
Gelişme: Konuya giriş yapılır ve proteinlerin yapısı anlatılır. Proteinlerin monomerleri aminoasitlerden bahsedilir 3B modellerden aminoasit modeli öğrencilere dağıtılır ve model üzerinden yapısı anlatılır. Aminoasitlerin özelliklerinden bahseden öğretmen ellerindeki modelin insan vücudunda üretilmeyen gıda ya da takviye yoluyla alınabilen aminoasit çeşitlerinden biri olduğunu ifade eder. Öğrencilerin modelleri incelemeleri sağlanır.	Gelişme: Konuya giriş yapılır ve proteinlerin yapısı anlatılır. Proteinlerin monomerleri aminoasitlerden bahsedilirken ders kitabındaki şekil öğrencilere inceltirilir. Aminoasitlerin yapısından, özelliklerinden ve çeşitlerinden bahsedilir. Etkileşimli tahta üzerinden aminoasitlere ait video öğrencilere izlettirilir ve konuya dikkatleri çekilir. Ders kitabında yer alan “Araştırmamız” kısmı ödev olarak araştırmaları için verilir.

Sorusu olan öğrencilerin sorularına cevap verilir. Ders kitabında yer alan “Araştırmamız” kısmındaki sorusu öğrencilere ödev olarak verilir. Dipeptit ve polipeptit oluşumu ders kitabındaki resimlerden ve tahtaya çizilen şekillerden faydalanılarak anlatılır. Denatürasyon ve Renatürasyon kavramlarına değinilir. Kitapta yer alan “Biliyor musunuz” kısımları öğrencilere okutulup konuya dikkatleri çekilir. “Düşünüp yorumlayınız” kısmını öğrencilere okutulup yorumları alınır ve uygun dönütler verilir. Proteinlerin yapış anlatıldıktan sonra proteinlerin görevi ve canlılar için önemine vurgu yapılır. Ders kitabında yer alan “Okuma parçası” öğrencilere okutularak konuya dikkatleri çekilir.	Dipeptit ve polipeptit oluşumu ders kitabındaki resimlerden ve tahtaya çizilen şekillerden faydalanılarak anlatılır. Denatürasyon ve Renatürasyon kavramlarına değinilir. Kitapta yer alan “Biliyor musunuz” kısımları öğrencilere okutulup konuya dikkatleri çekilir. “Düşünüp yorumlayınız” kısmını öğrencilere okutulup yorumları alınır ve uygun dönütler verilir. Proteinlerin yapış anlatıldıktan sonra proteinlerin görevi ve canlılar için önemine vurgu yapılır. Ders kitabında yer alan “Okuma parçası” öğrencilere okutularak konuya dikkatleri çekilir.
Sonuç: Konu bitiminde etkileşimli tahtadan videolar açılarak yeni öğrenilen bilgilerin pekiştirilmesi sağlanır ve konu özetlenir.	Sonuç: Konu bitiminde etkileşimli tahtadan videolar açılarak yeni öğrenilen bilgilerin pekiştirilmesi sağlanır ve konu özetlenir.

Giriş: Bir diğer konu olan enzimler konusuna giriş yapılırken öğrencilerin ön bilgilerini kontrol etmek için “Enzim nedir? Daha önce bu kavramı duyduunuz mu?” şeklinde bir soru sorulur. Öğrencilerin düşünceleri alınır.	Giriş: Bir diğer konu olan enzimler konusuna giriş yapılırken öğrencilerin ön bilgilerini kontrol etmek için “Enzim nedir? Daha önce bu kavramı duyduunuz mu?” şeklinde bir soru sorulur. Öğrencilerin düşünceleri alınır.
Gelişme: Enzimlerin ne olduğu, yapısı ve canlı sistemlerinde gerçekleşen tepkimelerde nasıl bir etkiye sahip olduğu ders kitabındaki görsellerden ve tahtaya çizilen şekillerden faydalanılarak anlatılır. Daha sonra enzim, substrat ve anahtar-kilit ilişkisini kavratmak için 3B modellerden enzim, substrat modellerini öğrencilere dağıtılır. Öğrenciler modelleri inceledikten sonra model üzerinden konu anlatılır. Daha sonra enzimlere dair konu devamı, ders kitabındaki resimler, düz anlatım ve tahtaya çizdiği şekillerle anlatılır.	Gelişme: Enzimlerin ne olduğu, yapısı ve canlı sistemlerinde gerçekleşen tepkimelerde nasıl bir etkiye sahip olduğu ders kitabındaki görsellerden ve tahtaya çizilen şekillerden faydalanılarak anlatılır. Daha sonra için öğrencilerin ders kitabındaki görselleri incelemeleri istenir. Daha sonra tahtaya çizilen şekil üzerinden anlatılır. Enzimlere dair konu devamı ders kitabındaki resimler, düz anlatım ve tahtaya çizdiği şekillerle anlatılır.
Sonuç: Dersin bitiminde etkileşimli tahta üzerinden önemli kavram ve kazanımlara vurgu yapmak için videolar izletir. Konu özetlenerek öğrencilerin eksik bilgileri giderilir. Sorusu olan öğrencilerin soruları cevaplandırılır.	Sonuç: Dersin bitiminde etkileşimli tahta üzerinden önemli kavram ve kazanımlara vurgu yapmak için videolar izletir. Konu özetlenerek öğrencilerin eksik bilgileri giderilir. Sorusu olan öğrencilerin soruları cevaplandırılır.