

# **Analysis of Models for Technological Products Prepared by Students in Design-Based Biomimicry Activities**

**Dilara VELİOĞLU, Ondokuz Mayıs University, ORCID ID: 0000-0001-9583-0100**

**Mehmet YAKIŞAN, Ondokuz Mayıs University, ORCID ID: 0000-0002-5359-2826**

## **Abstract**

*The aim of the study is to analyze the technological product models prepared by 7th grade students in design-based biomimicry activities. A total of 30 students, 18 girls and 12 boys, participated in the research. Students were asked to indicate which problems they thought would solve in daily life with models of technological products inspired by animals. The "Let's get inspired by animals and design technological products" worksheet and the "Student Design Evaluation Scale" were used as data collection tools. Students in each group individually evaluated the models of their fellow group members according to the variables of design, applicability, similarity to the structure and characteristics of the animal, durability, visuality, usefulness, originality, and convertibility into products. The study is a case study, and descriptive analysis was used. When the models made by the students were examined, products belonging to military technology for protection and defense purposes, products that can be used in mining and civil engineering, technological materials, and various tools that can be used in the field of cleaning were identified. With this study, it is thought that students' theoretical knowledge and the development of models inspired by animals to solve some problems in daily life contribute to the development of 21st century skills such as creativity and innovation. Biomimicry activities with STEM content can be increased at all school levels. In this way, productive students can be raised to improve their perspective on living organisms and to develop and advance science and technology.*

*Keywords: Biomimicry, Design, Model*



Inonu University  
Journal of the Faculty of  
Education  
Vol 25, No 2, 2024  
pp. 621-646  
[DOI](#)  
10.17679/inuefd.1425397

Article Type  
Research Article

Received  
24.01.2024

Accepted  
20.08.2024

## **Suggested Citation**

Velioğlu, D., & Yakişan, M. (2024). Analysis of models for technological products prepared by students in design-based biomimicry activities. *Inonu University Journal of the Faculty of Education*, 25(2), 621-646. DOI: 10.17679/inuefd.1425397

*This article was produced from the master's thesis accepted by Ondokuz Mayıs University, Institute of Graduate Studies on June, 2020.*

## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

It aims to develop scientific knowledge by students conducting research to understand the world and participating directly in the scientific process. MEB (2018-a), Science Course Curriculum is based on a research-inquiry-based learning approach with an interdisciplinary perspective. One of the interdisciplinary approaches that is effective in gaining 21st century skills and producing solutions to encountered problems is STEM education. STEM; It is the teaching of science, technology, engineering, and mathematics in an integrated manner by bringing them together (Bybee, 2010). Approaches that address engineering design problems in science teaching are included in the literature as "Design-Based Science Education". Design-Based Science Education is a teaching approach that aims to produce solutions to engineering design problems in daily life and provides the integration of STEM disciplines (Wendell, 2008). Savran Gencer, Doğan, and Bilen (2020) used the integrated biomimicry STEM approach regarding the living world unit of the science course with fifth grade students. In the study, students aimed to provide solutions to human problems with the designs they made using biomimicry. One of the goals of the MEB (2018-b) secondary school biology course curriculum is to ensure that students can make original designs and inventions, become aware of technologies developed inspired by living things, and make similar innovations. In their study, Veliöğlu and Yakışan (2022) conducted activities aimed at students' perceptions of biomimicry. As a result of the study, it was determined that students drew the designs of the technological products they needed, influenced by their social environment. Students participating in Çoban and Coştu's (2021) research designed models inspired by organisms. The study concluded that students were able to produce creative ideas. It can be said that our study is original in terms of both the combination of STEM and design-based science teaching and the ability of students to design models using the biomimicry discipline and to provide the needed 21st century skills.

### Purpose

The aim of the study is to determine the models for technological products that 7th grade secondary school students intend to design inspired by the characteristics of animals. It is aimed that students learn to solve some problems they encounter in daily life by integrating them with engineering and technology. In this way, it is aimed to contribute to the development of students' 21st century skills.

### Method

The study is a case study conducted to determine the models for technological products that the students participating in the application intend to design inspired by the characteristics of animals. Case study, one of the qualitative research methods, was used in the study. Accordingly, the models made by the students were examined. It was carried out in a public secondary school in Samsun Province. The study group of the research consists of a total of 30 students, 18 (54%) of whom are girls and 12 of whom (36%) are boys, studying in the 7th grade of the same secondary school. The "Let's get inspired by animals and design technological products" worksheet and the "Student Design Evaluation Scale" were used as data collection tools. Students in each group individually evaluated the models of their fellow group members according to the variables of design, applicability, similarity to the structure and characteristics of the animal, durability, visuality, usefulness, originality, and convertibility into products. Descriptive analysis method was used.

### Findings

Findings about the models prepared by the students and the problems they thought of solving in their daily lives were determined according to the models. Students who made ant agents stated that they would use their models in problems such as drug and human smuggling,

underground investigations, police operations, finding caves and treasures, fighting terrorism, using them as cameras in roads and tunnels, and finding lost items. Students who made Octopus Cleaner stated that they would use their models for problems such as cleaning the aquarium, collecting garbage in the sea, catching illegal ships, taking underwater photographs, and distributing feed to animals. Students who made Giraffe Cameras wrote that they would use their models in documentary shootings. Students who made Mole Saw stated that they would use their models to cut hard tools and wood. The students who built Kelebek Drone wrote that they would use their models in police operations and documentary shootings. Students who made the Worm Drill model stated that they made it to prevent the deaths of miners and to use it in construction. The students who made the Worm Underground Vehicle model stated that they would use it for problems such as protecting from underground accidents, fighting against terrorists, and doing underground research. Videos and visuals of relevant animals were used on the smart board to help students identify the similarities and differences between the models they designed and the animals they were inspired by. Students evaluated the animals and models according to their physical characteristics such as body, color, head, nose, antenna, and legs. They also evaluated them according to their physiological characteristics, such as tooth sharpness, swimming, and speed. Students evaluated the models they made in terms of eight different features: "Design, applicability, similarity to animal characteristics, durability, visibility, usefulness, originality, and convertibility into products". While making this evaluation, students were asked to give the highest score of 5 and the lowest score of 1. Butterfly Drone received the highest score in terms of design, applicability, durability, and visibility. While the ant agent received the highest score in terms of similarity to animal characteristics, the worm underground agent received the highest score in terms of usefulness, originality, and convertibility into products.

### **Discussion & Conclusion**

In the research, students in groups, inspired by the characteristics of animals, made an ant agent, an octopus cleaner, a giraffe camera, a mole saw, a worm drill, a butterfly drone, and a worm underground vehicle. When these models were examined, it was determined that the students designed military technology products for protection and defense purposes, products that can be used in mining and civil engineering, technological materials that can be used in the field of cleaning, and a wide variety of tools. It is understood that the models developed by the students and the problems they want to solve are mostly for protection and defense purposes. It can be said that especially in recent years, young people have been affected by the games they play and war activities in digital environments. Aktaş and Bostancı (2021) determined in their study that war and strategy games are one of the most preferred games. It is thought that students will contribute to the development of their creativity and innovation skills by learning the characteristics of animals in detail and interpreting them together with their theoretical knowledge. Alawad and Mahgoub (2014) stated in their study that biomimicry has a long-term impact on the development of students' skills such as self-reflection and creative thinking. According to Rogers and Porstmore (2004), STEM education supports students in producing creative solutions to problems by integrating different disciplines in engineering design activities. We can say that integrating the discipline of biomimicry into STEM education in our study shows that we have achieved the same results as these studies in terms of students becoming creative thinkers and productive individuals. It is thought that practices that can develop 21st century skills should be applied to individuals of all ages and at different grade levels through various activities.

## Öğrencilerin Tasarım Temelli Biyomimikri Etkinliklerinde Hazırladıkları Teknolojik Ürünlere Yönelik Modellerin Analizi

**Dilara VELİOĞLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, ORCID ID: 0000-0001-9583-0100**

**Mehmet YAKIŞAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, ORCID ID: 0000-0002-5359-2826**

### Öz

Çalışmanın amacı ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin tasarım temelli biyomimikri etkinliklerinde hazırladıkları teknolojik ürünlere yönelik modellerin analiz edilmesidir. Araştırmanın örneklemini 18 kız, 12 erkek olmak üzere toplam 30 öğrenci oluşturmaktadır. Öğrencilerden hayvanlardan esinlenerek yaptıkları teknolojik ürünlere yönelik modeller ile günlük hayatta hangi problemlere çözüm getirmeyi düşündüklerini belirtmeleri istenmiştir. Veri toplama aracı olarak "Hayvanlardan ilham alalım teknolojik ürün tasarlayalım" çalışma kâğıdı ve "Öğrenci Tasarım Değerlendirme Ölçeği" kullanılmıştır. Aynı zamanda her gruptaki öğrenciler bireysel olarak, diğer grup arkadaşlarının modellerini tasarım, uygulanabilirlik, hayvanın yapı ve özelliğine benzerlik, dayanıklılık, görsellik, faydalılık, orijinallik ve ürüne dönüştürülebilirlik değişkenlerine göre değerlendirmiştir. Çalışma nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışmasıdır. Verilerin analizinde betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Öğrencilerin yaptıkları modeller incelendiğinde, koruma ve savunma amaçlı askerî teknolojiye ait ürünler, maden ve inşaat mühendisliğinde kullanılacak ürünler, temizlik alanında kullanılacak teknolojik malzemeler ve günlük hayatımızda kullanabileceğimiz çok çeşitli araç gereçler ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin bu çalışma ile sahip oldukları teorik bilgiler ile hayvanlarda gözlemledikleri yapı ve özelliklerden esinlenerek günlük hayattaki bazı problemlerin çözümüne yönelik modeller geliştirmeye yönelmeleri yaratıcılık ve inovasyon gibi 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine katkı sağladığı düşünülmektedir. FeTeMM içerikli biyomimikri etkinlikleri tüm okul seviyelerinde artırılabilir. Bu sayede canlı organizmalara olan bakış açısını geliştiren, bilim ve teknolojinin gelişip ilerlemesi için üretken öğrenciler yetiştirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomimikri, Tasarım, Model



Inönü Üniversitesi  
Eğitim Fakültesi Dergisi  
Cilt 25, Sayı 2, 2024  
ss. 621-646  
[DOI](#)  
10.17679/inuefd.1425397

**Makale Türü**  
Araştırma Makalesi

**Gönderim Tarihi**  
24.01.2024

**Kabul Tarihi**  
20.08.2024

### Önerilen Atıf

Velioğlu, D., & Yakışan, M. (2024). Öğrencilerin tasarım temelli biyomimikri etkinliklerinde hazırladıkları teknolojik ürünlere yönelik modellerin analizi. *Inönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(2), 621-646. DOI: 10.17679/inuefd.1425397

Bu makale Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından Haziran, 2020 tarihinde kabul edilen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## **Öğrencilerin Tasarım Temelli Biyomimikri Etkinliklerinde Hazırladıkları Teknolojik Ürünlere Yönelik Modellerin Analizi**

### **1. Giriş**

Yirmi birinci yüzyıl becerilerini kazanmada ve karşılaşılan problemlere karşı çözüm üretmede etkili olan disiplinler arası yaklaşımlardan biri FeTeMM eğitimidir. FeTeMM; fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin alanlarının bir araya getirilerek entegre bir şekilde öğretilmesidir (Bybee, 2010). FeTeMM eğitimi, öğrencilerin etkili öğrenmelerini sağlayan, öğrenilen bilgilerin günlük yaşamla ilişkisini kurmasına yardımcı olarak anlamlı öğrenmesini gerçekleştiren bir yaklaşımdır. Bununla birlikte bu eğitim yaklaşımı bireylerin yaratıcı düşünme, hayal gücü ve empati gibi becerilerinin de gelişmesine imkan vermektedir (Yıldırım ve Altun, 2015). FeTeMM eğitimi yaklaşımı özellikle ilkökul ve ortaokul öğrencilerinin gerçek dünya problemlerini içeren konulara karşı ilgi, başarı ve motivasyonlarını artırmakta ve fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarıyla ilgili kariyer yapmalarını yardımcı olmaktadır (Honey, Pearson ve Schweingruber, 2014). Problem çözme becerilerini özellikle mühendislik tasarım uygulamaları temsil eder (Park, Park ve Bates, 2016). Fen öğretiminde mühendisliğin tasarım sorunları ile ilgilenen eğitim modeli "Tasarım Temelli Fen Eğitimi"dir. Bu eğitim modeli günlük hayattaki mühendislik tasarım problemlerine çözüm üretmeyi hedefleyen ve FeTeMM disiplinlerinin entegrasyonunu sağlayan öğretim yaklaşımıdır. Ayrıca bilimsel araştırma ile tasarımların bütünleşmesiyle öğrencilerin bilişsel ve sosyal becerileri gibi hedefledikleri davranışları kazanmalarını sağlayan bir süreçtir (Wendell, 2008). Retna (2016) tasarım odaklı düşünmeye dayanan bir öğrenim yaklaşımı olan tasarım temelli FeTeMM uygulamalarının, bireylerin yaratıcılığını, problem çözmesini ve etkili iletişim kurma becerilerini geliştirmelerini önemli ölçüde desteklediğini belirtmiştir. Tasarım temelli uygulamalar, öğretmen adaylarının kalıcı ve sorgulayıcı öğrenmesini sağladığı tespit edilmiştir (Bozkurt Altan, Yamak ve Buluş Kırıkkaya, 2016). Yıldırım (2019), fen bilgisi öğretmen adaylarının FeTeMM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına ilişkin görüşlerini incelemiştir. Çalışmada FeTeMM eğitiminde biyomimikri uygulamalarının, bireylerin yaratıcılık, bilişsel ve psiko-motor becerilerinin gelişmesine katkı sağladığı gözlemlenmiştir. FeTeMM konularını içeren fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarının birlikte koordineli olarak kullanılacağı alanlardan biri de biyomimikridir.

Biyomimikri terimi Eski Yunancadaki bios (yaşam), mimesis (taklit etmek) kelimelerinden türetilerek oluşturulan ve doğayı taklit etme anlamına gelen bir kavramdır (Benyus, 1997). İnsanlar, yaşamları boyunca problemlerine çözüm bulmak için doğaya bakma ihtiyacı hissetmişlerdir. Bu bakımdan doğa, insanların gelişimi için ilham kaynağı olmuştur. Doğanın kendini geliştirme becerileri de pek çok alan için çözüm önerileri sunmuştur. Biyomimikri, yaşamın nasıl işlediğine ve canlıların doğaya nasıl uyum sağladığına dair bakış açısı ortaya koymaktadır (Cabestany, Prieto ve Sandoval 2005). Biyomimikri, inovasyonu teşvik etmek ve mevcut ürün tasarımı, üretimi ve yaşam döngüsü yöntemlerimizi geliştirmek için doğadan ilham alan bir tasarım sürecidir (Eagle-Malone, 2021).

Biyomimikri disiplinini kullanan birçok alan bulunmaktadır. Özellikle mimarlık, mühendislik ve tasarım alanları bu disiplinden etkilenmektedir. Bu alanlar için insan fizyolojisinden ve deniz kabuğunun yapısal özelliklerinden esinlenerek yapılan strüktürler, kelebeğin parlak ve yanardöner kanatlarından esinlenerek üretilen sensör ve led ekranlar

örnek olarak verilebilir (İleritürk, 2016). Diğer alanlardan örnek verilecek olursa, hayvanların hareket sisteminden ilham alınarak çeşitli ulaşım araçları icat edilmiştir. Aynı zamanda engerek yılanlarının sinir sistemlerinden esinlenerek füze detektörleri ve köpek balığı derisinden ilham alarak bakteri tutmayan hijyenik yüzey kaplama malzemeleri yapılmıştır (Inner, 2019). MEB (2018-b), Ortaöğretim Biyoloji Dersi Öğretim Programı'nda yer alan hedeflerden biri, öğrencilerin özgün tasarımlar ve buluşlar yapabilmelerini ve canlılardan ilham alarak geliştirilen teknolojilerin farkına varmalarını ve benzer yenilikler yapabilmelerini sağlamaktır. Doğadan ve canlılardan ilham alma temeline dayanan biyomimikri disiplini eğitim alanında da oldukça önem taşımaktadır. Biyomimikri ilham verici bir yöntem olarak, öğrencilerin kendi çevrelerini daha iyi görmelerini ve doğal yaşam alanlarından yaratıcı fikirler bulmalarına dair bakış açısı geliştirmelerini sağlayabilmektedir (Benyus, 2014). Velioğlu ve Yakışan (2022) çalışmalarında, öğrencilerin biyomimikri algılarına yönelik yapılan etkinlikler sonucunda, buldukları sosyal çevrelerinden etkilenerek ihtiyaç duydukları teknolojik ürünlerin tasarımlarını çizdiklerini tespit etmişlerdir. Canbazoğlu Bilici, Küpeli ve Guzey (2021) ortaokul 8. sınıf öğrencileri ile biyomimikri etkinlikleri yapmışlardır. Öğrenciler çekirge, karınca, örümcek ve kırmızı Japon böceklerinin vücut ve hareket sistemlerinden esinlenerek tasarımlarına çevre dostu unsurlar (güneş panelleri, egzoz filtreleme sistemleri, hibrit piller, elektrik motorları) eklemiştir. Biyomimikri etkinliklerinin, öğrencilerin hava kirliliği ve farklı canlı organizmaların yapısal özellikleri gibi bilim kavramlarını keşfetmelerine yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir. Sürgü ve Güneş (2022) biyomimikrinin Teknoloji ve Tasarım dersinde işlenmesinin öğrenciler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada biyomimikrinin, öğrencilerin problem çözme becerilerini ve hayal güçlerini geliştirdiğini, yaşadıkları çevreye daha bilinçli bakmalarını sağladığını belirlemiştir. Kandemir, Değirmenci ve Coşgun (2022) fen bilgisi öğretmen adaylarının biyomimikri örneklerini günlük yaşam ve fizik kavramlarıyla ilişkilendirme becerilerini incelemiştir. Öğretmen adaylarının biyomimikri örneklerinden esinlenerek yeni bir ürün tasarlama durumları ile biyomimikri örneklerini fizik kavramlarıyla ilişkilendirme becerilerinin yeterli seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Savran Gencer, Doğan ve Bilen (2020) ise çalışmasında öğrencilerin tasarladıkları biyomimikri modellerinin canlıların adaptasyonlarını, yapı ve fonksiyon ilişkisini daha iyi kavramsallaştırmalarını sağladığını tespit etmişlerdir.

Modeller, karmaşık olan olayları ya da soyut şeyleri somut hale getirmeye yardımcı olan ve zihinde daha kolay canlandırılmasını sağlayan araçlardır (Gilbert, 1995). Var olan verilerden hareketle bilinmeyen bir durumu açık ve anlaşılır hâle getirmek için yapılan işlemler bütününe ise modelleme denir. Modelleme sonucunda modeller ortaya çıkmaktadır (Harrison, 2001; Treagust, 2002). Modeller sanat ve mühendislik gibi birçok bilim dallarında kullanılmaktadır. Bilim insanları bilimsel teorilerin açıklanmasında modeller oldukça sık kullanılmakla birlikte yeni teoriler üretirken fikirlerini somut olarak aktarmalarına ve bunları insanlara paylaşırken gösterebilmelerine olanak sağlamaktadır (Oh ve Oh, 2011). Ayrıca modeller, fen eğitiminde öğrenmeye yardımcı olan önemli araçlardan biridir. İnsanların yaratıcılığını kullanabilmesi ve hayal etme becerilerini geliştirmesi hususunda modeller önem taşımaktadır (Minaslı, 2009). Gödek (2004), fen bilimleri derslerinde öğrencilerin anlamalarını kolaylaştırmalarını, hayal güçlerini ve yaratıcılıklarını geliştirmelerini sağlayan modellerin uygun bir şekilde kullanılması gerektiğini yapmış olduğu çalışmasında vurgulamıştır. Çoban ve Coştu'nun (2021) araştırmasına katılan öğrenciler organizmalardan esinlenerek modeller tasarlamışlardır. Araştırmada öğrencilerin yaratıcı fikirler üretebildikleri sonucuna varmışlardır. Çalışmamızın hem FeTeMM ve tasarım temelli fen öğretiminin birlikte uygulanması hem de biyomimikri disiplininin kullanılarak

öğrencilerin modeller tasarlayabilmesi, ihtiyaç duyulan yirmi birinci yüzyılın becerilerinin kazandırabilmesi açısından özgün olduğu söylenebilir.

Çalışmada ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin hayvanların özelliklerinden ilham alarak tasarlamayı düşündükleri teknolojik ürünlere yönelik modellerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Öğrencilerin fen bilimleri dersinde öğrendikleri bilgileri, mühendislik ve teknoloji ile bütünleştirerek günlük hayatta karşılaştıkları bazı problemlerin çözümünde kullanabilme becerilerini kazanmaları ve bu sayede bazı 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla aşağıda belirtilen araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

1- Öğrenciler tasarım temelli biyomimikri etkinliklerinde hazırladıkları teknolojik ürünlere yönelik modeller ile günlük hayatlarında çözüm getirmeyi düşündükleri problemler nelerdir?

2-Öğrencilerin tasarladıkları modeller ile esinlendikleri hayvanların benzerlik ve farklılıklarına yönelik düşünceleri nelerdir?

3-Öğrenciler geliştirilen modelleri farklı değişkenler açısından nasıl değerlendirmektedir?

## 2. Yöntem

Bu bölümde araştırmanın modeli, çalışma grubu, veri toplama süreci ve veri analizi ile ilgili bilgi verilmiştir.

### 2.1. Araştırmanın Modeli

Çalışmada, uygulamaya katılan öğrencilerin hayvanların özelliklerinden esinlenerek tasarlamayı düşündükleri teknolojik ürünlere yönelik modelleri belirlemek amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Buna bağlı olarak öğrencilerin yapmış oldukları modeller incelenmiştir.

### 2.2. Çalışma Grubu

Araştırma, Samsun iline bağlı bir devlet ortaokulunda gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu aynı ortaokulun 7. sınıfında öğrenim gören 18 (%54) kız, 12 (%36) erkek olmak üzere toplam 30 öğrenciden oluşmaktadır. Hayal gücünü en iyi şekilde kullanıp yaratıcılığını ortaya çıkarabilecek yaş aralığında olması sebebiyle çalışma için 7. sınıf öğrencileri tercih edilmiştir.

### 2.3. Veri Toplama Süreci

Araştırmada öğrencilere ilk olarak farklı biyomimikri örneklerinin olduğu bir video izletilmiştir. Daha sonra bireysel olarak öğrencilerden istedikleri bir hayvanı seçerek o hayvanın özelliklerinden yararlanarak hangi günlük probleme karşı ne tür teknolojik araçlar tasarlamayı düşündükleri sorulmuş ve tasarlamayı düşündükleri bu teknolojik ürünleri çizerek açıklamaları istenmiştir. Bireysel çizimlerden sonra uygulamaya katılan 30 öğrenci toplam 9 gruba ayrılmıştır. Gruplara dâhil olan öğrenci sayıları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1***Çalışma Grubundaki Öğrencilerin Sayıları*

Tasarlanan Teknolojik Model	Gruplar	Öğrenciler	f
Karıncı Ajanı	1. grup	Ö.2, Ö.4, Ö.17	3
	2. grup	Ö.19, Ö.21, Ö.24, Ö.29	4
Ahtapot Temizleyici	3. grup	Ö.10, Ö.13, Ö.16	3
	4. grup	Ö.22, Ö.25, Ö.26, Ö.28	4
Zürafa Kamera	5. grup	Ö.3, Ö.5, Ö.18	3
Köstebek Testere	6. grup	Ö.7, Ö.8, Ö.12	3
Kelebek Drone	7. grup	Ö.1, Ö.6, Ö.9	3
Solucan Matkap	8. grup	Ö.11, Ö.14, Ö.15	3
Solucan Yeraltı Aracı	9. grup	Ö.20, Ö.23, Ö.27, Ö.30	4

Bireysel çizimlerden sonra uygulamaya katılan öğrenci grupları üçerli (6 grup) ve dörderli (3 grup) olmak üzere toplam 9 gruptan oluşmaktadır.

Grup içerisinde öğrencilerin bireysel olarak çizdikleri teknolojik ürün çizimlerini incelemeleri ve çizmiş oldukları bu teknolojik ürün tasarımlarından birini grupça seçmeleri ve grupça üç boyutlu bir modele dönüştürmeleri istenmiştir. Seçilen teknolojik ürün tasarımlarının üç boyutlu model hâline getirebilmeleri için gerekli materyaller öğrencilere verilmiştir. Yapmış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modeller için “Hayvanlardan ilham alalım teknolojik ürün tasarlayalım” çalışma kâğıdı verilerek öğrencilerin hayvanlardan esinlenerek yaptıkları teknolojik ürünler ile günlük hayatta hangi problemlere çözüm getirmeyi düşündüklerini bu kâğıtlara yazarak ifade etmeleri istenmiştir. Aynı zamanda bu çalışma kâğıtlarına hazırlamış oldukları modellere hangi teknolojik materyalleri eklemek istediklerini de yazmışlardır. Teknolojik ürünlere yönelik modellerin yapımından sonra grupça her bir model sınıfta sunularak, hem kendi hem de diğer grupların esinlendikleri hayvanların yapı ve özellikleri ile modeller arasındaki benzerlik ve farklılıklarını değerlendirmeleri istenmiştir. Esinlendikleri hayvanlar ile hazırladıkları modellerin benzerlik ve farklılıklarını tespit edebilmeleri için akıllı tahtadan hayvanların video ve görsellerinden yararlanılmıştır. Bir sonraki derste ise her bir grup, diğer grupların tasarlamış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modelleri değerlendirmiştir. Bu değerlendirme için veri toplama aracı olarak kullanılan “Öğrenci Tasarım Değerlendirme Ölçeği” kullanılmıştır. Öğrenciler arkadaşlarının tasarlamış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modellerini tasarım, uygulanabilirlik, hayvanın özelliğine benzerlik, dayanıklılık, görsellik, faydalılık, orijinallik, ürüne dönüştürülebilirlik olmak üzere 8 değişken açısından en yüksek 5 ve en düşük 1 olmak üzere puanlar vererek değerlendirmişlerdir.

#### 2.4. Veri Analizi

Araştırmada öğrenciler hayvanların özelliklerinden esinlenerek tasarladıkları teknolojik ürünler ile günlük hayatta çözüm getirmeyi düşündüklerini problemlere dair düşüncelerini “Hayvanlardan ilham alalım teknolojik ürün tasarlayalım” çalışma kâğıdına yazmıştır. Öğrenci grupları bu çalışma kâğıdına yazmış oldukları ifadeler detaylı bir şekilde incelenmiştir. İncelenen ifadeler gruplara göre analiz edilerek tasarlanan teknolojik ürün ile tasarladıkları ürünler ile günlük hayatlarında çözüm getirmeyi düşündükleri problemler kategorileştirilmiş ve frekansları



belirlenerek tablolaştırılmıştır. Benzer şekilde öğrenciler, hem kendi gruplarının hem de diğer gruplardaki arkadaşlarının yapmış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modeller ile seçmiş oldukları hayvanlar arasındaki benzerlik ve farklılıklara dair görüşlerini belirtmişlerdir. Bu görüşler analiz edilip teknolojik ürünlere yönelik model, benzerlik ve farklılık olarak kodlanarak tablo haline getirilmiştir. Bununla birlikte öğrencilerin hem günlük hayatta çözüm getirmeyi düşündüklerini problemlere dair düşüncelerini hem de benzerlik ve farklılıklara dair görüşlerini daha iyi analiz edilebilmesi için öğrencilerin kimlikleri gizli tutularak Ö1, Ö2, Ö3,... şeklinde kodlanmış, çalışmanın veri analizlerinde kullanılmıştır. Öğrenciler grupların hazırlamış oldukları bu modellere; tasarım, uygulanabilirlik, hayvanın özelliğine benzerlik, dayanıklılık, görsellik, faydalılık orijinallik ve ürüne dönüştürülebilirlik değişkenlerine göre 1 ile 5 arası puanlar verilmiştir. Her modele verilen puanların ortalaması alınarak verilerin tablosu yapılmıştır ve Tablo 4'te verilmiştir. Çalışmanın uygulamasında yer alan veri toplama araçları ve çalışma yapılarının hazırlanması sürecinde uzman görüşü alınmıştır. Kodlamanın ve oluşturulan kategorilerin uygunluğu ile ilgili kontroller araştırmacılar tarafından birlikte yapılmış olup Miles ve Huberman (1994) güvenilirlik formülü ( $\text{Güvenirlik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}}$ ) kullanılmıştır. Buna göre kodlayıcılar arasındaki uyum oranı % 94 olarak belirlenmiştir. Her iki araştırmacının üzerinde uyuşmayan kodlamaları yeniden düzenlenmiş ve kodlar üzerinde anlaşmaya varılmıştır. Bu şekilde çalışmanın verilerinin analizinde araştırmacılar arasında tutarlık sağlanmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Öğrencilerin Tasarım Temelli Biyomimikri Etkinliklerinde Hazırladıkları Teknolojik Ürünlere Yönelik Modeller ile Günlük Hayatlarında Çözüm Getirmeyi Düşündükleri Problemlere İlişkin Bulgular

Çalışmada öğrencilerin tasarladıkları ürünler ve bu ürünler ile günlük hayatlarında çözüm getirmeyi düşündükleri problemlere dair veriler analiz edilmiştir. Veriler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2**

*Öğrencilerin Tasarladıkları Modeller ile Günlük Hayatlarında Çözüm Getirmeyi Düşündükleri Problemlere Dair Bulgular*

Tasarlanan Teknolojik Model	Gruplar	Tasarlanan Teknolojik Ürün ile Çözüm Getirileceği Düşünülen Problem	f	$\Sigma f$
Karınca Ajanı	1.grup	Uyuşturucu ve insan kaçakçılığında kullanma	1	5
		Yeraltındaki araştırmalarında kullanma	1	
		Polis operasyonlarında kullanma	1	
		Mağara ve hazine bulma	1	
		Terörle mücadele	1	
	2.grup	Suçluları gözetleme	1	4
		Hayvanları korkutmadan fotoğraf çekme	1	
		Yol ve tünellerde kamera olarak kullanma	1	
		Kaybedilen eşyaları bulma	1	
		3.grup	Akvaryumu temizleme	

Ahtapot		Denizdeki çöpleri toplama	1	
Temizleyici		Kaçak gemileri yakalama	1	
		Denizaltı fotoğraf çekme	1	
	4. grup	Sualtı çöplerini toplama	1	3
		Hayvanlara yem dağıtma	1	
Zürafa Kamera	5. grup	Belgesel çekimlerinde kullanma	1	1
		Sert aletleri kesme	1	
Köstebek Testere	6. grup	Bir şeyleri parçalama	1	3
		Ağaç ve odun kesme	1	
		Polis operasyonlarında kullanma	1	
Kelebek Drone	7. grup	Belgesel çekimlerinde kullanma	1	4
		Düşmanların nerede olduğunu tespit etme	1	
		Teröristleri yakalama	1	
		Maden çıkarmada kullanarak madencilerin ölümünü engelleme	1	
Solucan Matkap	8. grup	İnşaatta kullanma	1	3
		Evdeki işlerde kullanma	1	
		Yeraltındaki kazalardan koruma	1	
		Maden toplama	1	
Solucan Aracı	9. grup	Yeraltı çöplerini toplama	1	5
		Teröristlerle mücadelede kullanma	1	
		Yeraltında araştırma yapma	1	

Araştırmada ilk olarak öğrencilere bir biyomimikri videosu izletilmiştir. Daha sonra öğrencilerden izledikleri videodaki canlılar ve biyomimikrisel ürünler haricinde “Hayvanların özelliklerinden esinlenerek biyomimikri alanına özgü ne tür teknolojik ürünler tasarlayabilirsiniz?” sorusunu cevaplamaları ve bir hayvan seçerek o hayvanın özelliklerinden tasarlamayı düşündükleri teknolojik ürünleri çizmeleri, çizimlerini kısaca açıklamaları istenmiştir. Yapılan çizimlere bağlı olarak öğrencilerin tasarlamış oldukları teknolojik ürünler “Askerî Araçlar”, “Kara Araçları”, “Günlük Yaşamda Kullanılan Araçlar”, “Canlı Duyularına Özgü Araçlar”, “Sualtı Araçları” ve “Hava Araçları” olmak üzere altı kategoride toplanmıştır. Velioglu ve Yakışan’ın (2022) çalışmalarında öğrencilerin hayvanların özelliklerinden esinlenerek tasarlamayı düşündükleri bu teknolojik ürünlere yönelik çizimler yer almaktadır.

Bu çalışmada öğrenciler 9 gruba ayrılmıştır. Öğrencilerden “Askerî Araçlar”, “Kara Araçları”, “Günlük Yaşamda Kullanılan Araçlar”, “Canlı Duyularına Özgü Araçlar”, “Sualtı Araçları” ve “Hava Araçları” kategorilerinde yer alan teknolojik ürünlerin çizimlerinden birini grupça seçmeleri ve seçmiş oldukları teknolojik ürüne ilişkin üç boyutlu model geliştirmeleri istenmiştir. Çizimleri yapılan teknolojik ürünleri model haline getirmek için 1. ve 2. grup öğrencileri Karınca Ajani’ni seçerken 3. ve 4. grup öğrencileri ise Ahtapot Temizleyici’yi seçmiştir. 5. grup öğrencileri Zürafa Kamera, 6. grup öğrencileri ise Köstebek Testere’yi seçmiştir. 7. Grupta bulunan

öğrenciler Kelebek Drone teknolojik ürününü, 8. Grup öğrencileri de Solucan Matkap modelini yapmaya karar vermişlerdir. 9. Grup öğrencileri Solucan Yeraltı Aracı'nı seçmiştir. Daha sonra her grup, grupça seçmiş olduğu teknolojik ürünü grupça model haline getirmiştir. Öğrencilerden ayrıca canlılardan esinlenerek modellerini yaptıkları teknolojik ürünlerin günlük hayattaki hangi probleme çözüm olacağını ifade etmeleri istenmiştir. Grupların tasarladıkları teknolojik ürünlere yönelik modeller ile çözüm getirmeyi düşündükleri problemler Tablo 2'de verilmiştir. Gruplar tasarladıkları teknolojik ürünlere yönelik modelleri ile günlük hayatta çözüm getirmeyi düşündükleri problemleri ve bu ürünleri nerede kullanılabileceklerini "Hayvanlardan ilham alalım teknolojik ürün tasarlayalım" çalışma kâğıdına yazmıştır. Ayrıca gruplar bu çalışma kâğıdına, kendi yapmış oldukları modeller gerçek bir model olsaydı teknolojik materyallerden neleri eklemek isterlerdi sorusunun cevaplarını yazmıştır. Öğrencilerin grup halinde tasarlamak istedikleri modeller sırasıyla aşağıda sunulmuştur. Ayrıca grupların tasarımı yaptıkları modellerin görselleri ve bu modeller ile günlük hayattan hangi problemlerin çözmeyi düşündüklerine ilişkin ifadelerine de yer verilmektedir.

### 3.1.1. Karınca Ajanı Modeli

Öğrenciler arasında en çok beğenilen teknolojik ürünlerden biri Karınca Ajanı olduğu için iki grup kendi modelini tasarlamak istemiştir. Karıncadan esinlenerek ajan tasarlayan birinci grup öğrencilerinin yapmış oldukları teknolojik ürüne yönelik model Şekil 1'de gösterilmiştir.

#### Şekil 1

##### 1. Grup Öğrencilerinin Karınca Ajanı Modeli



1. grupta yer alan "Ö.2, Ö.4, Ö.17" numaralı üç öğrenci yapmış oldukları Karınca Ajanı modeli hakkındaki düşünceleri şöyledir: "Yaptığımız tasarım uyuşturucu kaçakçılığı, insan kaçakçılığı ve yeraltındaki araştırmalar için kullanılmaktadır. Ayrıca polis operasyonlarında mağara ve hazine bulmada ve teröristleri yakalamak içinde kullanılır." Ayrıca öğrenciler tasarımlarına pervane, motor, yedek güneş enerjisi, ışık ve kamera takmak istediklerini de ifade etmiştir.

Karıncadan esinlenerek ajan tasarlayan ikinci grup öğrencilerinin yapmış oldukları teknolojik ürünlere yönelik model Şekil 2'de gösterilmiştir.

## Şekil 2

### 2. Grup Öğrencilerinin Karınca Ajanı Modeli



İkinci grupta yer alan “Ö.19, Ö.21, Ö.24, Ö.29” numaralı dört öğrenci tasarladıkları model için düşüncelerini şu şekilde ifade etmiştir: *“Karınca Ajanı tasarımıımız suçluları gözetlemek, yol ve tünellerde kamera olarak kullanmak ve kayıp eşyaları bulmak için kullanılmaktadır. Karınca Ajanı’nın bir özelliği hayvanları korkutmadan fotoğraf çekmeye yarar. Ayrıca eğer önemli bir eşyamız kaybolduysa onları bulmakta da işe yarar.”* Öğrenciler eklemek istedikleri malzemeleri *“Yaptığımız karıncanın antenlerine kameralar takıp kötü insanların yaptıklarını öğrenebiliriz. Uzaktan kumandalı olursa işimizi kolaylaştırır ve karıncaya bastığımız zaman yeniden kendini toplama özelliği de olabilirdi.”* şeklinde belirtmiştir.

### 3.1.2. Ahtapot Temizleyici Modeli

Karınca Ajanı gibi Ahtapot Temizleyici teknolojik ürünü de iki grup tarafından yapılmak istenmiştir. Ahtapottan esinlenerek temizleyici tasarlayan 3. grup ve 4. grup öğrencilerinin yapmış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modelleri Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir.

## Şekil 3

### 3. Grup Öğrencilerinin Ahtapot Temizleyici Modeli



Şekil 3’te görüldüğü üzere “Ö.10, Ö.13, Ö.16” numaralı 3. grup öğrencileri teknolojik ürünlere yönelik Ahtapot Temizleyici modeli için *“Temizleyici tasarımıımız akvaryumu*

temizlemek ya da denizdeki çöpleri toplamaya yarar, tasarımı ayrıca kaçak gemileri de yakalar. Ahtapotun 8 koluyla temizleme işini hızlıca bitirir. Böylece akvaryumlar ve denizler tertemiz olacak” ifadelerini kullanmışlardır. Ayrıca “Eğer ahtapot temizleyiciye verici takarsak kaçak gemileri yakalayabiliriz” şeklinde farklı teknolojik malzemeler kullanmayı da düşüncelerinde belirtmişlerdir.

Ahtaptan esinlenerek temizleyici tasarlayan 4. grup öğrencilerin yapmış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modeli Şekil 4’teki gibidir.

#### Şekil 4

##### 4. Grup Öğrencilerinin Ahtapot Temizleyici Modeli



“Ö.22, Ö.25, Ö.26, Ö.28” numaralı 4. grup öğrencileri modellerini “Ahtapot temizleyicimiz sualtındaki çöpleri toplamaya ve oradaki hayvanlara yem vermeye yarar. Deniz canlılarını korkutmadan fotoğraflarını ve videolarını çeker. Denizdeki çöpleri temizlerken en derindeki kâğıt parçacıklarını toplar.” şeklinde belirtmiştir. Bununla birlikte öğrenciler “Tasarımımızda 360° dönen kamera kullanılabilir ve uzaktan kumanda ile çalışabilir. Ayrıca motor ve yem kafesi gibi şeyler takılabilir.” ifadesiyle tasarımlarına eklemek istedikleri malzemelerden de bahsetmişlerdir. Öğrenciler modellerinde balon ile yaptıkları ahtapot kafasını çöp kutusu olarak düşünmüşler ve içine deniz içinde çöp olarak topladıkları kâğıt parçacıklarını yerleştirmişlerdir.

#### 3.1.3. Zürafa Kamera Modeli

Zürafadan ilham alarak kamera tasarlayan 5. grup öğrencilerin yapmış oldukları teknolojik ürünlere yönelik model Şekil 5’te gösterilmiştir.

## Şekil 5

5. Grup Öğrencilerinin Zürafa Kamera Modeli



Beşinci grupta yer alan “Ö.3, Ö.5, Ö.18” numaralı öğrenciler modellerine dair “Afrika’daki hayvanları çekmek için kullanılır. Araç gibidir üzerine binilerek de çekimler yapılır.” ifadelerini kullanmıştır. Öğrenciler yapmış oldukları zürafa kamera modelini geliştirmeye yönelik bir ifadeye bulunmamışlardır.

### 3.1.4. Köstebek Testere Modeli

Köstebegin dişlerinden esinlenen 6. grup öğrencileri Şekil 6’da gösterilen Köstebek Testere modelini tasarlamışlardır.

## Şekil 6

6. Grup Öğrencilerinin Köstebek Testere Modeli



“Ö.7, Ö.8, Ö.12” numaralı 6. grup öğrencileri tasarlamış oldukları köstebek testere modeli hakkındaki düşüncelerini *“Köstebek Testere ile ağaçları, odunları ya da sert aletleri kesmek için kullanmayı düşünüyoruz. Ayrıca büyük şeyleri parçalamak için de kullanır. Böylece benzin daha az kullanılacak.”* şeklinde ifade etmiştir. Ayrıca öğrenciler modellerine güneş paneli takmak istediklerini böylece tasarladıkları teknolojik ürünün daha tasarruflu olacağını belirtmişlerdir.

### 3.1.5. Kelebek Drone Modeli

Kelebeğin uçabilmesinden esinlenerek drone tasarlayan 7. grup öğrencilerinin teknolojik ürününe yönelik modeli Şekil 7’deki gibi tasarlamışlardır.

#### Şekil 7

7. Grup Öğrencilerinin Kelebek Drone Modeli



Şekil 7’de görüldüğü üzere “Ö.1, Ö.6, Ö.9” numaraları 7. grup öğrencilerin tasarımları hakkındaki düşüncelerini şu şekilde belirtmiştir: *“Kelebek Drone teknolojik ürünü polis operasyonlarında ve dağlarda teröristleri yakalamak için kullanılır. Askerler düşmanların nerede olduğunu tespit edip bulur. Mesela siz bir yeri görmek için veya bir yerde olduğunu bulmak için de kullanılır.”* Ayrıca öğrenciler *“Uçabilmesi için pervane taktık. Farklı teknolojik malzemeler olsaydı motor ve kamera takardık. Belgesel çekimlerinde de kullanılır.”* şeklinde ifade etmişlerdir.

### 3.1.6. Solucan Matkap Modeli

Solucanın esinlenerek matkap tasarlayan 8. grup öğrencilerinin teknolojik ürünlere yönelik modeli Şekil 8’de gösterilmektedir.

## Şekil 8

### 8. Grup Öğrencilerinin Solucan Matkap Modeli



8. grup üyeleri "Ö.11, Ö.14, Ö.15" tasarladıkları teknolojik ürünlere yönelik Solucan Matkap modeli hakkında "Solucan Matkap tasarımı maden çıkarmada, inşaat ve evdeki işlerde kullanılmaktadır. Solucan Matkap bir insanın yaptığı madenin on katını çıkarıyor. Bu sayede insanlar daha az yoruluyor ve insanların madende ölmesini engelliyor. Her yıl birçok madenci ölüyor bu araç madenleri deliyor bu yüzden insanların ölmesi son bulacak. Solucan Matkap ayrıca evin temeli atılırken de kullanılır." ifadelerini belirtmişlerdir. Öğrenciler tasarımlarına eklemek istediklerini "Eğer maden bulucu olsaydı tasarımıma bir maden bulucu takardım." şeklinde not etmiştir.

### 3.1.7. Solucan Yeraltı Aracı Modeli

Solucandan esinlenen 9. grup öğrencileri Şekil 9'da gösterilen Solucan Yeraltı Aracı modelini tasarlamışlardır.

## Şekil 9

### 9. Grup Öğrencilerinin Solucan Yeraltı Aracı Modeli





Şekil 9'da görüldüğü üzere "Ö.20, Ö.23, Ö.27, Ö.30" numaralı 9. grup öğrencilerinin tasarlamış oldukları Solucan Yeraltı Aracı modeli hakkındaki düşüncelerini "Yeraltı aracımız yeraltındaki madenleri ve çöpleri toplamaya yarar. Eğer yeraltına bir şey götürmek istersek oraya sinyal alıp götürebilir. Yeraltında araştırmalar yapılırken insanlar kullanabilir ve yeraltındaki kazalardan korur." şeklinde ifade etmişlerdir. Aynı zamanda öğrenciler "Solucan Yeraltı Aracı'na kamera ve bomba takılıp teröristleri öldürebilir. Ayrıca aracın bizimle konuşması ve bizi dinlemesi için gerekli eklemeler yapabiliriz." diye eklemişlerdir.

### 3.2. Öğrencilerin Tasarladıkları Modeller ile Esinlendikleri Hayvanların Benzerlik ve Farklılıklarına Yönelik Düşüncelerine İlişkin Bulgular

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamada öğrencilerin tasarlamış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modeller ile esinlendikleri hayvanlar arasındaki benzerlik ve farklılıklarının olduğu sorulmuştur. Öğrencilerin verdikleri cevaplar analiz edilerek Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3**

*Öğrencilerin Tasarladıkları Teknolojik Ürünlere Yönelik Modeller İle Esinlendikleri Hayvanlar Arasındaki Benzerlik ve Farklılıklara Dair Görüşleri*

Teknolojik Ürünlere Yönelik Model	Benzerlik	Farklılık
Karınca Ajanı	Gövdesi, rengi, sahip olduğu kafası, 2 anteni ve 6 bacağı vardır.	Hayvandan daha büyük olmuştur. Gözlerine ve antenlerine kamera takılmıştır. Gövdesinde telsiz bulunmaktadır. Kamerası vardır. Yemek yemiyor.
Ahtapot Temizleyici	8 kola ve 2 göze sahiptir. Vantuzları vardır ve yapışkandır. Çok renklidir. Suda yüzer. Diğer hayvanlara yem dağıtır.	Sualtını temizler. Şarj edilebilir. Hayvandan daha büyüktür ve daha hızlı hareket eder. Modelin gözleri vardır. Topladığı çöpleri kafasının içinde saklar. Boynunda kamerası vardır.
Zürafa Kamera	Benekleri, kulakları ve ayakları vardır. Boynu çok uzundur.	Araba gibi hızlıdır. Fotoğraf çeker. Kendisi sarı, benekleri siyahtır.
Köstebek Testere	Dişleri çok iyi keser. Tüyleri vardır.	Dişlerinde testere vardır. Burnu ve kuyruğu yoktur.

Kelebek Drone	2 kanadı ve anteni, gövdesi, vardır. Uçabilir. Çok renklidir.	Pervanesi vardır Kameralıdır. Kelebekten daha büyüktür. Kelebekten daha hızlıdır. Pili bitebilir. Kıvrımları yoktur.
Solucan Matkap	Yeraltına girer ve deler. Sürünerek ilerler. Rengi kırmızı kahverengidir.	Kafası matkaba benzer sivridir. Maden bulucusu vardır. Solucandan daha büyüktür. Nitro ve turbosu vardır. Solucandan daha az kıvrımlıdır.
Solucan Yeraltı Aracı	Yeraltında yaşar. Derisi ve kuyruğu benzemektedir.	Daha koyu renklidir. Solucana göre gövde kısmı daha geniş ve büyüktür. Solucanın derisinden daha az dayanıklıdır.

Gruplar tarafından hazırlanan her bir model sırayla sınıfta sunulmuştur. Grup üyeleri ilk olarak birlikte hazırladıkları modellerin esinlendikleri hayvanlar ile benzerlik ve farklılıklarını tespit ederek çalışma kâğıdına yazmıştır. Daha sonra her bir öğrenci, diğer grupların yapmış oldukları modellerin esinlendikleri hayvanlar ile benzerlik ve farklılıklarını belirleyerek düşüncelerini yazmıştır. Öğrencilerin esinlendikleri hayvanlar ile hazırladıkları modellerin benzerlik ve farklılıklarını tespit edebilmeleri için akıllı tahtadan ilgili hayvanların video ve görsellerinden yararlanılmıştır. Öğrencilerin hem grupça kendi yapmış oldukları modellerin hem de bireysel olarak diğer grupların yapmış oldukları modellerin esinlendikleri hayvanlara benzer ve farklı yönlerine yönelik düşünceleri ile ilgili ifadeleri şöyledir;

“Ö.2, Ö.4, Ö.17” numaralı öğrenciler tasarlamış oldukları Karınca Ajanı modeli için “*Karınca Ajanı ürünümüzün gövdesi, rengi, kafası karıncaya benziyor. Bizde karınca gibi 2 anten ve 6 bacak yaptık. Karınca daha küçüktür ama bizimki büyük oldu. Biz Karınca Ajanı’nın gözlerine ve antenlerine kamera taktık. Ayrıca gövdesinde bir de telsiz var.*” ifadelerini kullanmışlardır. Diğer gruptaki Ö.13 numaralı öğrenci model için “*Karınca Ajanı renkli oldu biraz ama normal karınca renkli değildir.*” ve Ö.12 numaralı öğrenci ise “*Bazı karıncaların kanatları vardır.*” ifadelerini kullanmıştır.

Ahtapot Temizleyici tasarlayan “Ö.22, Ö.25, Ö.26, Ö.28” numaralı öğrenciler modellerini “*Ahtapotun 8 kolu vardır. Ahtapotta vantuz vardır ve yapışkandır. Bizimki de suda yüzer. Ahtapot Temizleyici ürünümüz ahtapot gibi çok renklidir. Ahtapot Temizleyici sualtını temizlemeye yarar. Bizimki robot olduğu için yemek yemiyor ama ahtapot yemek yer. Bizim ürünümüz diğer hayvanlara yem dağıtır. Şarjla çalışır.*” şeklinde belirtmişlerdir. Diğer gruptaki Ö.29 numaralı öğrenci “*Ahtapotun gözleri yok ama tasarımın gözleri var ve çok büyük olmuş.*” ve Ö.20 numaralı öğrenci “*Ahtapotun kafası böyle olmaz arkadaşlar kafasına çöp kutusu yapmışlar.*” şeklinde belirtmişlerdir.

“Ö.2, Ö.4, Ö.17” numaralı öğrencilerin tasarladıkları Zürafa Kamera modeli için *“Zürafanın boynu uzundur. Bizde boynunu uzun yaptık. Yaptığımız zürafa kameranın benekleri, kulakları ve ayaklarını zürafaya benzettik. Zürafa Kamera'nın boynuna kamera taktık. Zürafa fotoğraf çekmez bizim teknolojik ürün fotoğraf çeker.”* şeklinde görüşlerini belirtmişlerdir. Diğer grupta yer alan Ö.11 numaralı öğrenci modeli *“Zürafanın rengi kahverengidir. Arkadaşlar sarı ve siyah yaptı. Benekleri benzemiş.”* ve Ö.13 numaralı öğrenci *“Zürafanın kulakları ve antenleri vardır”* şeklinde görüşlerini belirtmişlerdir.

Köstebek Testere yapan “Ö.7, Ö.8, Ö.12” numaralı öğrenciler *“Köstebeğin dişleri çok iyi keser. Tüyleri vardır. Dişlerinden ilham aldık ve maketimize tüyler yaptık. Köstebeğin burnu ve kuyruğu var ama teknolojik ürüne biz yapmadık. Ağzına testere koyduk.”* şeklinde köstebek ile modellerini karşılaştırmıştır. Diğer gruptaki Ö.1 numaralı öğrenci bu modelle ilgili *“Arkadaşların yaptığı testere köstebekten küçük olmuş.”* şeklinde açıklama yapmıştır.

Kelebek Drone modeli tasarlayan “Ö.1, Ö.6, Ö.9” numaralı öğrenciler modellerini *“Kelebek drone teknolojik ürünüme kelebekteki gibi 2 kanat, 2 anten ve gövde yaptık. Bizim drone da kelebek gibi uçar. Kelebekten farklı olarak pervane taktık. Normalde bir kelebeğe göre çok büyük. Normal bir kelebekten daha hızlıdır.”* şeklinde kelebekler ile karşılaştırmışlardır. Diğer grup arkadaşlarından Ö.5 ise bu model ile ilgili düşüncesini *“Kelebekte kamere yoktur, drone de var. Kelebekler küçük olur drone çok büyük oldu.”* şeklinde ifade etmiştir.

Solucandan matkap modeli yapan “Ö.11, Ö.14, Ö.15” numaralı öğrenciler fikirlerini *“Solucan yeraltına girer matkabımız da girer. Solucan sürünür matkabımız da sürünerek ilerler. Solucan yeraltını deler yaptığımız matkap da yeraltını deler.” “Solucanda matkap yoktur. Yaptığımız matkabin nitrosu ve turbosu vardır. Ayrıca solucan matkaba maden bulucusu taktık.”* şeklinde ifade ederek modelleri ile ahtapotu karşılaştırmışlardır. Diğer grup arkadaşlarından Ö.9 numaralı öğrenci *“Matkap solucandan çok büyük olmuş.”* şeklinde, Ö.17 numaralı öğrenci *“Solucan matkaba maden radarı takmışlar.”* şeklinde ve Ö.2 numaralı öğrenci ise *“Solucan matkabin kafası solucandan daha sivri.”* şeklinde karşılaştırmalar yapmışlardır.

“Ö.20, Ö.23, Ö.27, Ö.30” numaralı öğrenciler tasarlamış oldukları Solucan Yeraltı Aracı modeli için *“Solucan yeraltı aracı solucan gibi yeraltında yaşar. Derisi ve kuyruğu benzemektedir. Bizim aracımız koyu renkli, çok geniş ve çok büyüktür.”* ifadelerini kullanmışlardır. Diğer grup arkadaşlarından Ö.19 numaralı öğrenci *“Solucan kıvrımlıdır. Solucan Yeraltı Aracı kıvrımlı olmamış.”* ve “Ö.26 numaralı öğrenci ise *“Solucan derisi dayanıklı, teknolojik ürün dayanıklı görünmüyor.”* şeklinde fikirlerini belirtmişlerdir.

### **3.3. Öğrencilerin Geliştirilen Modelleri Farklı Değişkenler Açısından Değerlendirmelerine İlişkin Bulgular**

Öğrenciler, yapmış oldukları modelleri *“tasarım, uygulanabilirlik, hayvan özelliğine benzerlik, dayanıklılık, görsellik, faydalılık, orijinallik ve ürüne dönüştürülebilirlik”* olmak üzere sekiz farklı özellik bakımından değerlendirmişlerdir. Öğrenciler bu değerlendirmeyi yaparken en yüksek 5 ve en düşük 1 olmak üzere puanlar vermeleri istenmiştir. Öğrencilerin verdikleri puanların ortalamaları hesaplanarak tabloda sunulmuştur. Ayrıca modellerin 8 değişken açısından aldıkları toplam ortalama puanları tablodaki en alt satırda verilmiştir.

Öğrencilerin vermiş oldukları puanların ortalamaları Tablo 4'teki gibidir;

**Tablo 4***Öğrencilerin Geliştirilen Modelleri Değerlendirme Puanları*

Model Değerlendirme Kriterleri	Karınca Ajani	Ahtapot Temizleyici	Zürafa Kamera	Köstebek Testere	Kelebek Drone	Solucan Matkap	Solucan Yeraltı Aracı
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$
Tasarım	3,52	3,13	2,60	3,40	3,80	3,47	3,14
Uygulanabilirlik	3,13	3,09	2,27	2,87	3,27	3,20	2,86
Hayvan Özelliğine Benzerlik	3,48	3,39	2,53	2,73	2,93	2,87	2,29
Dayanıklılık	2,57	2,78	2,67	2,80	3,47	3,00	3,14
Görsellik	3,70	3,39	2,93	3,07	3,87	3,13	3,14
Faydalılık	3,30	3,35	2,47	3,07	3,47	3,27	4,14
Orijinallik	3,09	3,26	3,00	2,87	3,13	2,87	3,29
Ürüne Dönüştürülebilirlik	3,09	3,04	2,33	2,47	2,93	3,20	3,86
Modellerin Aldıkları Toplam Ortalama Puanları	3,2	3,2	2,6	2,9	3,4	3,1	3,2

Tablo 4 incelendiğinde, tasarım açısından en yüksek puanı Kelebek Drone alırken bunu Karınca Ajani ve Solucan Matkap modelleri takip etmiştir. Tasarım açısından en düşük puanı ise Zürafa Kamera almıştır. Uygulanabilirlik açısından en fazla puanı sırasıyla Kelebek Drone ve Solucan Matkap alırken en düşük puanı yine Zürafa Kamera almıştır. Hayvan özelliğine benzerlik açısından Karınca Ajani en yüksek puanı alırken, Solucan Yeraltı Aracı en düşük puanı almıştır. Diğer kriter olan dayanıklılık için en yüksek puanı Kelebek Drone alırken en düşük puanı Karınca Ajani almıştır. Görsellik açısından incelendiğinde en yüksek puanı Kelebek Drone alırken bunu Karınca Ajani ve Ahtapot Temizleyici takip etmiştir. Görsellik açısından en düşük puanı ise Zürafa Kamera almıştır. Faydalılık açısından Solucan Yeraltı Aracı en yüksek puanı alırken Zürafa Kamera en düşük puanı almıştır. Orijinallik açısından incelendiğinde en yüksek puanı Solucan Yeraltı Aracı alırken onu Ahtapot Temizleyici takip etmiştir. En düşük puanı ise aynı puanı alan Köstebek Testere ve Solucan Matkap modelleridir. Ürüne dönüştürülebilirlik özelliğine bakıldığında ise Solucan Yeraltı Aracı en yüksek puanı alırken, Zürafa Kamera en düşük puanı almıştır.

#### 4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Araştırmada 7. sınıf öğrencilerin hayvanların özelliklerinden yararlanarak tasarladıkları teknolojik ürünlere yönelik modellerine, bu modellere ilişkin görüşlerine ve farklı kriterler açısından modellere yönelik değerlendirmelerine yer verilmiştir. Öğrenciler gruplar halinde hayvanların özelliklerinden esinlenerek karıncadan ajan, ahtapottan temizleyici, zürafadan kamera, köstebekten testere, solucandan matkap, kelebekten drone ve solucandan yeraltı aracı modelleri yapmışlardır.

Öğrenciler tasarladıkları teknolojik ürünlere yönelik modelleri ile günlük hayatta çözüm getirmeyi düşündükleri problemler hakkında birçok sonuca ulaşmıştır. Bu modeller

incelendiğinde öğrencilerin koruma ve savunma amaçlı askerî teknoloji ürünleri, maden ve inşaat mühendisliğinde kullanılacak ürünleri, temizlik alanında kullanılacak teknolojik malzemeleri ve günlük hayatımızda kullanabileceğimiz çok çeşitli araç gereçleri tasarladıkları tespit edilmiştir. Öğrenciler tasarladıkları farklı modeller ile uyuşturucu kaçakçılığı, suçluları gözetleme, terörle mücadele, kaçak gemileri yakalama, maden kazalarını önleme, madenlerin daha güvenli şekilde çıkarılması, denizdeki çöpleri toplama ve akvaryum temizleme gibi birçok probleme çözüm getirmeyi düşünmüşlerdir. Öğrencilerin geliştirdikleri modeller ve çözüm üretmek istedikleri problemlerin çoğunlukla koruma ve savunma amaçlı olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle son yıllarda gençlerin oynadıkları oyunlar, dijital ortamlardaki savaş vb. faaliyetlerden etkilendikleri söylenebilir. Aktaş ve Bostancı (2021) yapmış oldukları çalışmalarında savaş ve strateji oyunlarının en çok tercih edilen oyunlardan biri olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte Türkiye'nin bulunduğu konum, başta Orta Doğu olmak üzere dünyada devam eden savaşlardan etkilenen çocuklarda güvenlik kaygılarının ortaya çıktığı düşünülmektedir. Savaş ve şiddetin gerek yaşanan toplumda gerekse dünyanın herhangi bir yerinde olsun bu durumdan fiziksel, psikolojik ya da sosyal olarak etkilenen grupların başında çocuklar gelmektedir (Özdemir, 2017). Öğrencileri etkileyen bu savaş ve güvenliksiz ortam psikolojisi ile savaş oyunlarına meyilli olmalarından ötürü ilk sıraya koruma ve savunma gibi problemleri koydukları ve bu problemlerin çözümüne yönelik teknolojik araç gereç geliştirdikleri söylenebilir. Bu verilere bakıldığında öğrencilerin yaşamımızdaki bazı sorunların çözümünü kolaylaştırabilecek teknolojik ürünler ile ilgili modeller geliştirmeleri onların problem çözme becerilerinin gelişimine katkı sağlayacağı ifade edilebilir. Kim ve Choi (2012) yapmış oldukları çalışmada, FeTeMM programına uygun olarak gerçekleştirilen uygulamaların ilköğretim özel yetenekli öğrencilerin yaratıcı problem çözme becerilerini olumlu yönde etkilediği sonucuna varmışlardır. Özkızılık ve Betül Cebesoy (2020), fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yapmış oldukları araştırmada tasarım temelli FeTeMM etkinliklerinin problem çözme becerilerini geliştirdiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde Acar, Tertemiz ve Taşdemir (2019), FeTeMM eğitimi ile öğrenim görmüş ilkököl 4. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerinin geliştiğini belirlemişlerdir.

Öğrenciler ilham aldıkları hayvanlarla tasarladıkları teknolojik ürünlere yönelik modelleri arasında benzetim yaparken çeşitli benzer ve farklı yönlerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin hayvanların özelliklerini detaylı öğrenerek ve teorik bilgileriyle birlikte yorumlayarak yaratıcılık ve inovasyon becerilerinin gelişimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Alawad ve Mahgoub (2014) çalışmasında biyomimikrinin öğrencilerin kendilerini yansıtmaya ve yaratıcı düşünme gibi becerilerin gelişimini uzun süreli etkilediğini belirtmiştir. Biyomimikri, tasarım destekli etkinliklerle öğrencilerin problem çözme, karar verme, yaratıcılık, analitik ve eleştirel düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. (Benyus, 2014). Avcı (2019) araştırmasında biyomimikrinin öğrencilerde 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine yönelik etkisini ve FeTeMM eğitimi ile bağlantısını incelemiştir. Çalışmada biyomimikri tasarım çalışmalarının uygulamalı olarak okullarda kullanılması doğayı seven bireylerin yetişmesini, yaratıcı düşünme ve üretkenlik gibi birçok beceriyi geliştirmeyi sağladığını belirtmiştir. Çalışmamızda da öğrencilerin özellikle deniz temizliği ve çöplerin toplanmasına yönelik modelleri ve bu modellerin çözmeyi düşündükleri problemlere yönelik düşüncelerinin doğayı seven bireyler yetişmesine katkısı olabileceği söylenebilir. FeTeMM eğitimi öğrencilerin sahip oldukları bilgileri günlük yaşamla ilişkilendirmeleri ve 21. yüzyıl becerilerinin gelişmesini sağlamaktadır (Beswick ve Fraser, 2019). Rogers ve Porstmore'a (2004) göre FeTeMM eğitimi, öğrencilerin mühendislik tasarım etkinliklerinin farklı disiplinler ile birlikte bu disiplinlerin birbirine bütünleştirerek

sorunlara yaratıcı çözümler üretmesini destekler. Yapılan bu çalışmada biyomimikri disiplininin FeTeMM eğitimine entegre edilmesi, öğrencilerin yaratıcı düşünen ve üreten bireyler olma husunda bu çalışmalarla aynı sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Öğrenciler yapmış oldukları teknolojik ürünlere yönelik modelleri tasarım, uygulanabilirlik, hayvan özelliğine benzerlik, dayanıklılık, görsellik, faydalılık, orijinallik ve ürüne dönüştürülebilirlik” olmak üzere sekiz farklı özellik açısından değerlendirmişlerdir. Bununla birlikte tasarladıkları teknolojik ürünlere yönelik modelleri incelendiğinde yapmayı düşündükleri ürünlere kamera, maden bulucu, telsiz ve pil gibi çeşitli teknolojik materyaller yerleştirmek istedikleri görülmektedir. Fen ve matematik alanlarına teknolojinin eklenmesi sadece problemleri çözmek amacıyla değil aynı zamanda teknoloji ile birlikte toplumun her alanda ihtiyacını da karşılamayı sağlamaktır (Foster, 1994). Çalışmamızda öğrencilerin kendilerinde var olan teorik fen bilgisi bilgileri ve ihtiyaç duydukları teknolojik tasarımları ile modeller oluşturma uygulaması aynı zamanda mühendislik becerilerini de ortaya çıkarmaya yardımcı olduğu düşünülmektedir. Öğrencilerin problemlere çözüm bulmaları teknolojiyi kullanmaları için fırsat oluştururken aynı zamanda bilimsel bilgi ve mühendislik çözüm becerilerini de sağlamaktadır (NRC, 2012). English, King ve Smeed (2017) yapmış oldukları çalışmada altıncı sınıf öğrencilerinden mühendislik temelli FeTeMM eğitimi ile depreme dayanıklı bina modelleri hazırlamalarını istemiştir. Öğrencilerin deprem ile ilgili problemleri ele alırken düşünme becerilerinin de geliştiğini belirlemişlerdir. FeTeMM eğitiminin faydalarından bir de öğrencilerin üst düzey düşünmelerine imkân sağlayarak mühendislik alanında bireylere dizayn etme, prototip geliştirme olanağı verir (Morrison, 2006). Tozlu, Gülseven ve Tüysüz (2019) ortaokul 7. sınıf öğrencileriyle gerçekleştirdikleri çalışmalarında Yüzen Aracım etkinliği ile mühendislik tasarım sürecinin öğrencilere yeni ürünler oluşturarak bu ürünleri test etmeleri amaçlamıştır. Bu çalışmalar da araştırmamızda olduğu gibi bireylerin 21. yüzyıl becerilerinin bazılarının gelişimine katkı sunacağı düşünülmektedir.

Günümüz problemlerine çözümler getirebilmek için doğanın çalışma mekanizmasını detaylı inceleyip onlardan yararlanarak sorunlara cevaplar bulmak için biyomimikriyi en iyi şekilde öğrenmemiz gerekmektedir. Çünkü geleceğimiz için doğayı bir ölçüt olarak kullanabilecek, sürdürülebilir ve ekolojik çözümler bulabilecek nesillere ihtiyaç vardır. Benyus'un (2014) da belirttiği üzere konuların biyomimikri merceğiyle öğretilmesi, öğrencilerin doğal dünyaya yeni bir bakış açısıyla öğrenmelerini, mühendislik ve tasarım becerilerini geliştirmelerini sağlayacaktır. Biyomimikri disiplininin fen, matematik, teknoloji ve mühendislik gibi farklı disiplinlerin birleştirilmesiyle girişimcilik, yaratıcılık ve inovasyon vb. gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirebilecek uygulamaların her yaşta farklı sınıf düzeylerinde öğrenim görmekte olan bireylere çeşitli etkinliklerle uygulanması gerektiği düşünülmektedir.

#### **Çıkar Çatışması Bildirimi**

Yazar(lar), bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

#### **Destek/Finansman Bilgileri**

Yazar(lar), bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve / veya yayınlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır.

**Etik Kurul Kararı**

Bu araştırma için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu tarafından, 18.04.2019 kayıt tarihi ve 2019-132 karar numarası ile Etik Kurul Onay Belgesi alınmıştır.

### Kaynakça/References

- Acar, D., Tertemiz, N. ve Taşdemir, A. (2019). STEM eğitimi ile öğrenim gören öğrencilerin matematik ve fen bilimleri problem çözme becerileri ve başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3 (2) , 12-23.
- Aktaş B. ve Bostancı N. (2021). Covid-19 pandemisinde üniversite öğrencilerindeki oyun bağımlılığı düzeyleri ve pandeminin dijital oyun oynama durumlarına etkisi. *Bağımlılık Dergisi*. 22(2): 129-138. <https://doi.org/10.51982/bagimli.827756>
- Alawad, A. A. & Mahgoub, Y. M. (2014). *The Impact of teaching biomimicry to enhance thinking skills for students of art education in higher education*. International Teacher Education Conference 2014, 263-268, Dubai, UAE.
- Avcı, F. (2019). Doğa ve inovasyon: Okullarda biyomimikri. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 3(2), 214-233. Doi:10.35346/aod.604872
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. New York: William Morrow and Comp, Inc.
- Benyus, J. M. (2014). *A biomimicry primer*. In Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J., Ritter, S. and Benyus, J. (Eds), *Biomimicry resource handbook: a seed bank of knowledge and best practices*. Missoula, Montana: Biomimicry 3.8.
- Beswick, K., Fraser, S. (2019). Developing mathematics teachers' 21st century competence for teaching in STEM contexts. *ZDM Mathematics Education* 51, 955–965. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01084-2>
- Bozkurt Altan, E., Yamak, H. ve Buluş Kırıkkaya, E. (2016). FeTeMM eğitim yaklaşımının öğretmen eğitiminde uygulanmasına yönelik bir öneri: Tasarım temelli fen eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 212-232.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Cabestany, J., Prieto, A., Sandoval, F. (Eds.). 2005. *Computational Intelligence and Bioinspired Systems: 8th International Work-Conference on Artificial Neural Networks, IWANN 2005*, Vilanova i la Geltrú, Barcelona, Spain, June 8-10, 2005, Proceedings (Vol. 3512). Springer.
- Canbazoğlu Bilici, S., Küpeli, M. A., & Guzey, S. S. (2021). Inspired by nature: An engineering design-based biomimicry activity. *Science Activities*, 58(2), 77-88. <https://doi.org/10.1080/00368121.2021.1918049>
- Çoban M. & Coştu, B (2021): Integration of biomimicry into science education: biomimicry teaching approach, *Journal of Biological Education*, 57(1), 145-169. Doi: 10.1080/00219266.2021.1877783
- English, L. D., King, D. & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255-271. <http://doi.org/10.1080/00220671.2016.1264053>
- Foster, P. (1994). Must we MST? *Journal of Technology Education*, 6(1), 76-84. <https://doi.org/10.21061/jte.v6i1.a.6>
- Gilbert, C. L. (1995). Modelling market fundamentals: a model of the aluminium market. *Journal of Applied Econometrics*, 10(4), 385-410.



- Gödek Y. (2004). The importance of modelling in science education and in teacher education. *Journal of Hacettepe Universty Education Faculty*, No.26, 54-61. <https://dergipark.org.tr/en/pub/hunefd/issue/7810/102474>
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (Eds). National Academy of Engineering and National Research Council (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and anagenda for research*. Washington D.C. : The National Academies Press.
- İleritürk, İ. (2016). *Mimarlık eğitiminde doğa ile ilişki bağlamında biyomimikri* (Yüksek Lisans Tezi) Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İnner, S. (2019). Biyomimikri ve parametrik tasarım ilişkisinin mimari alanında kullanımı ve gelişimi. *Tasarım Enformatiği*, 1(1), 15-29.
- Kandemir, N., Değirmenci, S., & Coşgun, M. A. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyomimikri örneklerini fizik kavramları ve günlük yaşamla ilişkilendirme becerilerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Primary Education*, 7(1), 25-43. <https://doi.org/10.52797/tujped.1093614>
- Kim, G.S. and Choi, S.Y., (2012). The effect of creative problem solving ability and scientific attitude through the science based STEAM program in the elementary gifted students. *Elementary Science Education*, 31(2), 216-226. <https://doi.org/10.15267/keses.2012.31.2.216>
- MEB (2018-a). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- MEB (2018-b). *Ortaöğretim biyoloji dersi öğretim (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. Ankara. Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Miles, M. B, Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: an expended sourcebook*. (2nd Edition). California: SAGE Publications.
- Minaslı, E. (2009). *Fen ve teknoloji dersi maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinin öğretilmesinde simülasyon ve model kullanılmasının başarıya, kavram öğrenmeye ve hatırlamaya etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*, 20, 2-7.
- National Research Council (2012). *A framawork for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: The National Academic.
- Oh, P. S. ve Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Özdemir, S. (2017). Savaşın Çocuklar Üzerindeki Etkileri, Sağlık ve Umut. *Turkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*, 9(4). Doi: 10.5336/nurses.2017-54929
- Özkızılcık, M. ve Betül Cebesoy, Ü. (2020). Tasarım temelli FeTeMM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının problem çözme becerilerine ve FeTeMM öğretimi yönelimlerine etkisinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33 (1) , 177-204. Doi:10.19171/uefad.588222
- Park, D. Y., Park, M. H., & Bates, A. B. (2016). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 275-294. Doi: [10.1007/s10763-016-9776-0](https://doi.org/10.1007/s10763-016-9776-0)
- Retna, K. S. (2016). Thinking about 'Design Thinking': A study of teacher experiences. *Asia Pacific Journal of Education*, 36(1), 5-19. Doi:[10.1080/02188791.2015.1005049](https://doi.org/10.1080/02188791.2015.1005049)

- Rogers, C., & Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5(3), 17-28.
- Savran Gencer, A., Doğan, H. ve Bilen, K. (2020). Developing biomimicry STEM activity by querying the relationship between structure and function in organisms. *Turkish Journal of Education*, 9(1), 64-105. doi:10.19128/turje.643785
- Sürgü, B., & Güneş, N. (2022). Biyotaklit konusunun 8. sınıf teknoloji ve tasarım dersinde işlenmesinin öğrenciler üzerindeki etkileri. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(2), 38-55.
- Tozlu, İ., Gülseven, E. ve Tüysüz, M. (2019). FeTeMM eğitimine yönelik etkinlik uygulaması: Kuvvet ve enerji örneği. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(1), 869-896. <http://dx.doi.org/10.23891/efdyyu.2019.145>
- Velioğlu, D. & Yakışan, M. (2022), Determination of the biomimicry perceptions of middle school 7th grade students through drawings, *Kastamonu Education Journal*, 30(1), 120-129. Doi: 10.24106/kefdergi.788413.
- Wendell, K. B. (2008). The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children. Unpublished Qualifying Paper, Tufts University.
- Yakışan, M. ve Velioğlu, D. (2019). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin biyomimikri algılarına yönelik yaptıkları çizimlerin analizi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(2), 727- 753. <https://doi.org/10.17152/gefad.547807>
- Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(1), 63-90.
- Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, 2(2), 28-40. Doi: 10.31202/ecjse.67132.

**İletişim/Correspondence**

Dilara VELİOĞLU  
dilara.velioglu61@gmail.com

Doç. Dr. Mehmet YAKIŞAN  
yakisan@omu.edu.tr