

# Ters Yüz Edilmiş Sınıf Modeliyle Bütünleştirilmiş Mühendislik Tasarım Temelli Uygulamalar: Özel Yetenekli Öğrencilerin Kompozit Malzemelere İlişkin Kavramsal Öğrenmelerinin Değerlendirilmesi

Gülsüm KASA GÜNEY<sup>1</sup>\* Sedef CANBAZOĞLU BİLİCİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Türkiye

## Makale Bilgisi

## ÖZET

### Makale Geçmişi

**Geliş Tarihi:** 01.07.2025

**Kabul Tarihi:** 30.11.2025

**Yayın Tarihi:** 31.12.2025

### Anahtar Kelimeler:

Özel yetenekli öğrenciler,  
Ters yüz edilmiş sınıf modeli,  
Mühendislik tasarım süreci,  
Kompozit malzemeler.

Bu araştırmanın temel amacı, ters yüz edilmiş sınıf modeliyle bütünleştirilmiş mühendislik tasarım temelli uygulamalar süresince özel yetenekli öğrencilerin kompozit malzemelere ilişkin kavramsal öğrenmelerini değerlendirmektir. Nitel araştırma yöntemlerinden bütüncül tekli durum çalışması deseninin takip edildiği araştırma, Marmara Bölgesi'nde bir Bilim ve Sanat Merkezinde öğrenim gören 21 yedinci sınıf öğrencisiyle yürütülmüştür. Araştırma kapsamında ters yüz edilmiş sınıf modellerinden Üç Aşamalı İş Birlikli Öğretim Modeli (3-İÖ) mühendislik tasarım süreci basamakları ile bütünleştirilerek hem sınıf dışında hem de sınıf içinde uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Sınıf dışı uygulamalar sürecinde öğrenciler, dijital içerikleri "İzle-Özetle-Sor" formu aracılığıyla inceleyerek kompozit malzemelere ilişkin ön bilgilerini paylaşmış; sınıf içi uygulamalarda ise edindikleri bilgileri kullanarak grup tartışmalarına ve değerlendirme etkinliklerine katılmışlardır. Araştırmadan elde edilen veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, öğrencilerin kompozit malzeme kavramlarını mühendislik tasarım süreci, kompozit malzemenin tanımı, yapısal özellikler, kullanım alanları, sınıflandırma ve deney-test süreci olmak üzere altı ana tema altında yapılandırdıklarını göstermektedir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu, kompozit kavramını doğru biçimde tanımlamış, malzemelerin hafiflik, mukavemet, korozyon direnci ve ısıya dayanıklılık gibi yapısal özelliklerini ifade ederek bu özellikleri günlük yaşam örnekleriyle ilişkilendirmiştir. Sonuç olarak, ters yüz edilmiş sınıf modeliyle bütünleştirilen mühendislik tasarım temelli uygulamaların, özel yetenekli öğrencilerin kompozit malzemelere ilişkin kavramsal öğrenmelerini derinleştirdiği, kavramlar arası ilişkileri kurmalarını kolaylaştırdığı ve kavramsal bilgiyi çok boyutlu biçimde yapılandırmalarına olanak sağladığı ortaya çıkmıştır.



## Evaluating Gifted Students' Conceptual Learning on Composite Materials through Engineering Design-based Practices Integrated with the Flipped Classroom Model

### Article Info

#### Article History

**Received:** 01.07.2025

**Accepted:** 30.11.2025

**Published:** 31.12.2025

#### Keywords:

Gifted students,  
Flipped classroom model,  
Engineering design process,  
Composite materials.

### ABSTRACT

The primary aim of this study is to evaluate gifted students' conceptual learning on composite materials during engineering design-based practices integrated with the flipped classroom model. The research employed a single case (holistic) study design, one of the qualitative research methods, and was conducted with 21 seventh-grade students attending a Science and Art Center in the Marmara Region of Türkiye. Within the scope of the study, the Three-Stage Collaborative Instructional Model (3-CIM), a flipped classroom framework, was integrated with the stages of the engineering design process and implemented through both out-of-class and in-class activities. During the out-of-class sessions, students explored digital content using the "Watch-Summarize-Ask" form to share their prior knowledge about composite materials. During the in-class sessions, they engaged in group discussions and evaluation activities using the knowledge they had acquired. The collected data were analyzed using content analysis. The findings revealed that students structured their understanding of composite materials under six main themes: engineering design process, definition of composites, structural properties, areas of use, classification, and experiment-testing process. Most students accurately defined the concept of composites, articulated structural features such as lightness, strength, corrosion resistance, and heat resistance, and related these characteristics to real-life examples. In conclusion, engineering design-based practices integrated with the flipped classroom model were found to deepen gifted students' conceptual understanding of composite materials, facilitate the establishment of relationships among concepts, and enable the construction of conceptual learning in a multidimensional way.

### To cite this article:

Kasa Güney, G. & Canbazoglu Bilici, S. (2025). Ters yüz edilmiş sınıf modeliyle bütünleştirilmiş mühendislik tasarım temelli uygulamalar: özel yetenekli öğrencilerin kompozit malzemelere ilişkin kavramsal öğrenmelerinin değerlendirilmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 680-708. <https://doi.org/10.51119/eregef.2025.165>

**\*Sorumlu Yazar:** Gülsüm KASA GÜNEY, [gulsumkasa@gmail.com](mailto:gulsumkasa@gmail.com)

## GİRİŞ

Son yıllarda dünya genelinde yaşanan doğal afetlerin sayısı ve şiddeti giderek artmakta, bu durum hem insan yaşamını hem de altyapı sistemlerini ciddi şekilde tehdit etmektedir (Birleşmiş Milletler Afet Riskinin Azaltılması Ofisi [United Nations Office for Disaster Risk Reduction], 2023). Özellikle depremler, ani ve öngörülemez yapılarıyla, büyük can ve mal kayıplarına neden olan en yıkıcı afetlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Sadece son birkaç yılda Türkiye, Myanmar, Japonya, Afganistan ve Vanuatu'da meydana gelen büyük depremler, afet yönetimi ve yapı güvenliği konularının yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu tür afetlerin küresel ölçekte etkiler yaratması, onları yalnızca bölgesel değil, aynı zamanda uluslararası iş birliği ve bilimsel çözüm gerektiren bir sorun hâline getirmiştir.

Deprem gibi doğal afetlerin sık yaşandığı coğrafyalarda yapı güvenliği, yalnızca mühendislik açısından değil, insanların güven içinde uzun yıllar yaşayabilecekleri kentlerin kurulması bakımından da önemlidir. Yapıların sismik dayanıklılığı, büyük ölçüde kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik

özelliklerine bağlıdır. Tekil olarak değerlendirildiğinde bazı geleneksel yapı malzemeleri rijit ve kırılğan özellikler gösterebilir. Ancak uygun detaylandırma ve süneklik kriterlerine göre tasarlanmayan yapılar, deprem sırasında yüksek gerilmeler altında yetersiz kalabilmekte; bu da can ve mal kaybı riskini artırmaktadır. Bu sorunlara çözüm arayan mühendislik disiplinleri, dayanıklılığı yüksek, hafif ve enerji emici özelliklere sahip yeni nesil malzemelere yönelmektedir. İnşaat teknolojilerinde öne çıkan kompozit malzemeler ise farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip iki veya daha fazla bileşenin mikro yapıda birleştirilmesiyle elde edilen çok fazlı malzemelerdir (Gharehbaghi vd., 2018). Bu yapı, kompozitleri geleneksel malzemelere göre çok daha üstün mekanik özelliklerle donatmaktadır. Uygun lif-matris kombinasyonu ve katmanlama stratejileri kullanıldığında kompozit malzemeler, yüksek enerji yutma kapasitesi ve sünek davranışlarıyla deprem gibi dinamik yükler altında avantaj sağlayabilmektedir (Ye vd., 2022). Ayrıca kompozit sistemler, malzeme mühendisliği alanında hâlen gelişime açık çok sayıda parametre içermektedir. Lif tipi, matris seçimi, katman düzeni ve bağlanma mekanizmaları gibi değişkenler, yapı güvenliği kapsamında özelleşmektedir (Callister ve Rethwisch, 2021; Mallick, 2007).

Yapı malzemesi tercihlerinde mühendislik bilgisinin ve güncel bilimsel araştırmaların sahaya yansıtılması, yapı güvenliğini artırmanın temel koşullarındandır. Ancak, teknik bilgilerin hayata geçirilebilmesi, yalnızca mühendislik ürünlerinin geliştirilmesiyle değil, aynı zamanda eğitilmiş ve nitelikli insan kaynağı ile mümkündür. Bu bağlamda, yapı malzemelerinin afet dayanıklılığına etkisini kavramada fen eğitimi önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle ortaokul ve lise düzeyindeki özel yetenekli öğrencilerin malzeme bilimi, mühendislik tasarım süreci ve yapıların stres altında gösterdiği davranışlara ilişkin kavramsal öğrenmelerinin artırılması, eleştirel düşünen ve çözüm odaklı bireylerin yetişmesini destekleyecektir. Bu noktada, disiplinler arası temalar ve bilimsel uygulamalar boyutlarını içeren mühendislik tasarım temelli uygulamalar fen öğretiminin sadece bilgi aktarımı değil, toplumsal sorunlara duyarlılık kazandıran bir öğrenme sürecine dönüşmesine katkı sağlamaktadır (Canbazoglu Bilici vd., 2024). Öğrencilerin mühendislik tasarımı sürecine dair derinlemesine bir anlayış geliştirmeleri, onları sadece teorik bilgilerle değil, aynı zamanda gerçek yaşam problemlerine yönelik çözümler geliştirecekleri uygulamalara katılmalarını fırsat sunmaktadır (Cross, 2008; Pahl ve Beitz, 2013; Ulrich ve Eppinger, 2015).

### **Özel Yetenekli Ortaokul Öğrencilerinin Eğitiminde Mühendislik Tasarım Temelli Uygulamalar**

Ülkemizde 2018 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında “Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları” ile açık bir şekilde mühendislik tasarım temelli uygulamalara yer verilmiştir (MEB, 2018). Programda öğrencilerin ihtiyaç belirleme, çözüm üretme, prototip geliştirme, test etme ve yeniden tasarlama adımlarını içeren uygulamalar aracılığıyla, günlük yaşam deneyimleri kazanmaları ve yaratıcı düşünme, karar verme, iş birliği gibi becerilerini geliştirmeleri hedeflenmektedir (Avcu, 2019; Uzel, 2019). 2024 yılında güncellenen öğretim programlarında da benzer şekilde mühendislik eğitimine vurgu yapılmaktadır. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Ortak Metninde; öğrencilerin, karşılaştıkları gerçek yaşam durumlarıyla ilişkili problemleri fark ederek çözüm yolları üretmeye yönlendirilmeleri vurgulanmakta, disiplinler arası çalışma ile öğrencilerin üretim ve değerlendirme süreçlerine katılımı teşvik edilmektedir. Tasarım alan becerileri kapsamında öğrencilerin yalnızca problem çözme değil, problemleri kavramsal olarak belirleyebilme ve tanımlayabilme gibi üst düzey becerilerini geliştirmeleri hedeflenmektedir (MEB, 2025). 2024 yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı incelendiğinde; mühendislik eğitimine ilişkin vurguların 2018 yılı programıyla tutarlılık gösterdiği ve bu boyutun daha işlevsel bir yapıya kavuşturulduğu görülmektedir. Ayrıca 2024 yılı programında bireysel farklılıkların dikkate alınmasına yönelik genel ilkeler ve üst düzey düşünme

<sup>1</sup> Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

becerilerini destekleyen öğrenme ortamlarına vurgu yapılmaktadır. Öğretim sürecine yön veren temel ilkeler arasında “öğrencilerin gelişimsel düzeylerine, ilgi ve ihtiyaçlarına göre öğretimin farklılaştırılmasına açık bir şekilde yer verilmekte, tüm öğrencilerin potansiyellerini ortaya koyabileceği esnek ve kapsayıcı öğrenme ortamlarının oluşturulması önerilmektedir (MEB, 2024). Bu öğrenme ortamlarının hayata geçirilmesi, özellikle akranlarından farklı öğrenme hızına ve ilgi alanlarına sahip özel yetenekli öğrenciler açısından oldukça önem taşımakta; onların eğitimine yönelik farklılaştırılmış uygulamaların temelini oluşturmaktadır. Ülkemizde özel yetenekli öğrencilere örgün eğitimlerine ek olarak ilgi ve yetenek alanlarında gelişim fırsatları sunmak amacıyla 1995 yılında MEB tarafından Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM) kurulmuştur (Özer, 2021). BİLSEM’lerde yürütülen öğretim süreçleri öğrencilerin bireysel kapasitelerini en verimli şekilde kullanmaları amacıyla, farklılaştırılmış ve zenginleştirilmiş programlar doğrultusunda yapılandırılmaktadır (Sak ve Ayas, 2020; MEB 2022). Zenginleştirme programları ileri düzey içerikler sunarken; farklılaştırılmış öğretim programları, problem çözme becerilerini geliştiren proje tabanlı öğrenme, sorgulama odaklı görevler ve iş birlikli stratejiler sunmaktadır (Ayık, Gül ve Karacabey, 2023; Aljughaiman ve Ayoub, 2012).

BİLSEM’lerde mühendislik tasarım süreçlerinin takip edildiği uygulamaların gerçekleştirilmesi, kavramsal öğrenme sürecini derinleştirmekte ve öğrencilerin disiplinler arası kavramlar arasındaki ilişkileri fark etmelerine olanak tanımaktadır. Mann ve arkadaşları (2011), mühendisliğin A–12 eğitimine entegrasyonunun özel yetenekli öğrencilerin STEM alanlarındaki gelişimine katkı sağladığını ve bu süreçle toplum için nitelikli iş gücü yetiştirilebileceğini vurgulamaktadır. Benzer şekilde, alan yazınında tematik konular odağında gerçekleştirilen etkinliklerin özel yetenekli öğrencilerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinleri konusunda yeteneklerini geliştirmeleri için ideal bir öğrenme fırsatı sunduğu belirtilmektedir (Bahar vd., 2018; Özkan ve Sarıkaya, 2023). Örneğin Schroth ve Helfer (2017) sürdürülebilirlik konusundaki etkinliklerin öğrencilerin gerçek dünya problemlerine yönelik çözüm üretme becerilerini geliştirdiğini ifade etmiştir. Ancak öğrencilerin okul sonrası sınırlı zaman dilimlerinde BİLSEM’e devam edebilmeleri, uygulamalı etkinliklerin yürütülmesini zorlaştırmakta ve bu durum, hedeflenen bilgi ve becerilerin kazanılmasını sınırlandırmaktadır (Bozan ve Çakar, 2020; Kaya İci vd., 2024). Dolayısıyla, özel yetenekli öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini destekleyen, karmaşık fikirleri keşfetmelerine ve anlamlı bağlantılar kurmalarına olanak tanıyan öğretim yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, konu ile ilgili kavramların sınıf dışında öğrenilmesini, uygulamaya yönelik etkinliklerin ise sınıf ortamında gerçekleştirilmesini sağlayan Ters Yüz Edilmiş Sınıf (TYS) modeli, kavramsal öğrenmeyi destekleyen etkili bir öğretim yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır (Bergmann ve Sams, 2012). Bu çalışmada öğrencilerin BİLSEM ortamında geçirdikleri sınırlı zaman dikkate alınarak mühendislik tasarım temelli etkinliklerin gerçekleştirilmesinde uygulanan ters yüz edilmiş sınıf modeli, Chiang ve Chen (2017) tarafından geliştirilen Üç Aşamalı İş birlikli Öğretim Modeli (3-İÖ) doğrultusunda sürdürülmüştür. Sorumluluk alma, derin öğrenme, farklılaştırılmış öğretim ve ders süresinin verimli kullanımı gibi unsurları öne çıkaran bu model öğrencilerin kendi hızlarında öğrenmelerine imkân tanımaktadır. Büyük ölçüde öğrenci-öğretmen etkileşiminin yaşandığı süreçte, sınıf içinde yapılan iş birliğine dayalı etkinlikler ve problem çözme çalışmalarına daha fazla zaman kalmaktadır (Afrilyasanti vd., 2017; Chiang ve Wu, 2021; Zhao, 2015). Bu model, öğrenme etkinliklerinin ders öncesi, ders süresince ve ders sonrası olarak üç aşamada düzenlendiği, ders planının hazırlanmasından uygulanmasına kadar yoğun bir öğrenci- öğretmen etkileşiminin söz konusu olduğu bir ters yüz edilmiş sınıf modelidir. Uygulama sürecinde öğrenciler öğretim ve öğrenme grubu şeklinde çalışma gruplarına ayrılmakta ve grup üyeleri ortak bir amaca ulaşmak için çalışmaktadır (Chiang ve Chen, 2017; Chiang ve Wu, 2021). Öğretim grubu üyeleri öğretmenle birlikte planlama ve dersin öğretiminde görev alırken, öğrenme grubu kendilerine sunulan çalışmalarda yer alarak kavramsal öğrenmelerini tamamlamaktadır. Öğrenciler, teorik bilgilerle sınıf dışında tanışmakta ve genellikle video dersler ya da dijital materyaller aracılığıyla öğrenmektedirler

(Herreid ve Schiller, 2013). Bu şekilde öğrenciler, sınıf içindeki etkinliklere daha hazırlıklı bir şekilde katılabilmektedirler. Öğrenciler sınıf içinde ders süresince küçük gruplar halinde uygulamalara katılır ve ders sonrasında değerlendirme etkinlikleriyle süreci tamamlayarak ters yüz edilmiş sınıf uygulamasını üç aşamalı biçimde uygularlar. Öğretim etkinliklerinde, öğrenciler tasarımın tüm aşamalarında geri bildirim ve iş birliğine dayalı ilerlerler. Böylece sınıf içindeki zamanlarını daha karmaşık problem çözme etkinliklerine ayırmaktadırlar (Hwang vd., 2015). Araştırmalar, modelin mühendislik tasarım sürecine yönelik üst düzey düşünme ve problem çözme becerilerinin gelişimini desteklediğini; aynı zamanda öğrenci merkezli ve bireyselleştirilmiş öğrenme ortamları sağlayarak katılımı ve motivasyonu artırdığını göstermektedir (Nouri, 2016). Bu araştırma kapsamında ters yüz edilmiş üç aşamalı iş birlikli öğretim modelinin, BİLSEM’lerde yürütülen mühendislik tasarım temelli etkinliklerde kullanımının incelenerek, ters yüz edilmiş sınıf modeliyle bütünleştirilmiş mühendislik tasarım temelli uygulamalar süresince özel yetenekli öğrencilerin kompozit malzemelere ilişkin kavramsal öğrenmelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## **YÖNTEM**

Bu çalışmada nitel araştırma desenlerinden biri olan durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Yin’e (1984) göre durum çalışması, güncel bir durumu kendi gerçek yaşam çerçevesi içinde inceleyen, durum ile bağlam arasındaki sınırların kesin biçimde belirgin olmadığı ve birden fazla veri kaynağının kullanıldığı araştırmalarda tercih edilen bir yaklaşımdır (akt. Yıldırım ve Şimşek, 2005, s. 277). Durum çalışması yöntemi, araştırma konusunun bütüncül biçimde anlaşılmasını, derinlemesine incelenmesini ve ‘nasıl’ ile ‘neden’ sorularına yanıt aranmasını sağlamaktadır (Merriam, 1998; Merriam ve Tisdell, 2016). Bu çalışmada durum çalışması desenlerinden bütüncül tekli durum kapsamında özel yetenekli öğrencilerin ters yüz edilmiş sınıf modeliyle bütünleştirilmiş mühendislik tasarım temelli etkinliklerde kompozit malzeme kavramlarını nasıl öğrendikleri incelenmiştir.

### **Katılımcılar**

Bu çalışmanın katılımcılarını özel yetenekli öğrencilere yönelik uygulanan tanılama süreçleri doğrultusunda başarılı olmuş ve Marmara Bölgesinde bir BİLSEM ’de 7.sınıfta öğrenim gören 21 öğrenci (16 kız, 5 erkek) oluşturmaktadır.

### **Veri Toplama Araçları**

Ters yüz edilmiş sınıf modeli kapsamında, öğrencilerin dijital materyaller (videolar, görseller, kitap bölümleri) aracılığıyla edindikleri bilgileri yapılandırma durumlarını belirlemek amacıyla Kirch (2012) tarafından geliştirilen “İzle-Özetle-Sor Formu” (EK-1) veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Bu form, öğrencilerin videoları izlerken bilgiyi aktif biçimde yapılandırmalarını, önemli noktaları özetlemelerini ve sorgulamaya dayalı sorular geliştirmelerini destekleyen bir araçtır (Duke ve Pearson, 2009).

Öğrenciler, Google Classroom üzerinden haftalık olarak sunulan dijital içerikleri izledikten sonra “izle” bölümüne dikkatlerini çeken önemli bilgileri not etmiş; edindikleri bilgileri kendi ifadeleriyle özetleyerek ve araştırmacılar tarafından hazırlanan yönlendirici sorulara yanıt vererek “özetle” bölümünü doldurmuşlardır. Sürecin son aşamasında ise merak ettikleri veya araştırmaya değer gördükleri konulara ilişkin yeni sorular geliştirerek “sor” bölümünü tamamlamışlardır.

### **Verilerin Analizi**

Bu çalışmada “İzle-Özetle-Sor” formlarından elde edilen veriler, içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. İçerik analizi, nitel verilerden anlamlı örüntüler çıkarmak ve bu örüntüleri sistematik biçimde kodlayarak temalar hâlinde düzenlemek için kullanılan bir veri analizi yöntemidir (Braun ve Clarke, 2020). Bu doğrultuda, öğrencilerinin doğal afetlere dayanıklı kompozit malzeme üretimi etkinliği kapsamında doldurdukları “İzle-Özetle-Sor” formları incelenmiştir. Formlara yazılan metinler

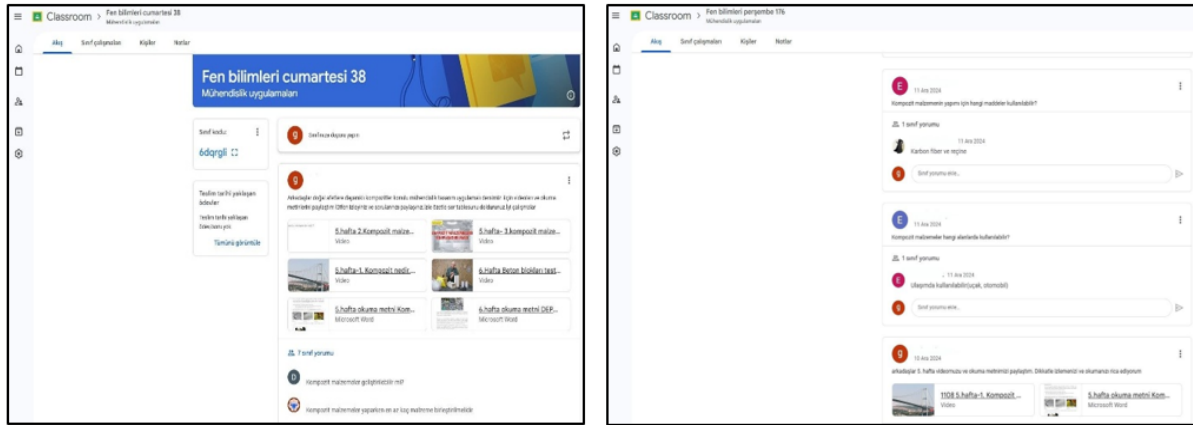
okunmuş, tekrar eden ifadeler ve içerik açısından benzer görülen kavramlar dikkate alınarak veriler kodlara dönüştürülmüştür. Benzer kodlar bir araya getirilerek temalar oluşturulmuş; temalar, araştırmanın amacıyla tutarlı biçimde kavramsal öğrenmenin boyutlarını yansıtacak şekilde yapılandırılmıştır. Bu süreç sonucunda, “İzle–Özetle” bölümünde altı, “Sor” bölümünde ise sekiz tematik başlık ortaya çıkmıştır. İçerik analizinde geçerlik, uzman görüşleri ve öğrenci ifadelerinden yapılan doğrudan alıntılarla sağlanmış; güvenilirlik ise iki araştırmacı tarafından yapılan bağımsız kodlamalar arasındaki uyum oranı Miles ve Huberman’ın (1994) güvenilirlik formülü ile %82 olarak hesaplanmıştır.

### **Uygulama Süreci**

Bu çalışmada farklılaştırılmış öğretimi ve sınıf içi zamanın daha etkili kullanımını hedefleyen, öğrenci merkezli öğrenmeyi destekleyen, ters yüz edilmiş sınıf modelinin bir uzantısı olan Üç Aşamalı İş Birlikli Öğretim Modeli (3-İÖ), Hynes vd. (2011) tarafından yapılandırılan mühendislik tasarım süreci basamakları ile bütünleştirilerek “Doğal afetlere dayanıklı kompozitler” öğretim modülü hazırlanmıştır. Doğal afetlere dayanıklı kompozitler öğretim modülü; Öğretmen etkinlik programı, video içerikleri ve öğrenci çalışma sayfalarından oluşmaktadır. 3-İÖ modeli ile mühendislik tasarım sürecinin bütünleştirilmesi hem bireysel hem de grup temelli öğrenmeyi teşvik edecek şekilde yapılandırılmıştır. Uygulama, toplamda üç hafta boyunca, haftada dört ders saati olmak üzere toplam 12 ders saatinde gerçekleştirilmiştir. Haftalık ders saatinin iki saati sınıf dışı, iki saati ise sınıf içi uygulamalara ayrılmıştır. Tasarım görevine ilişkin problemin belirlenmesi, araştırılması ve ortak çözümler geliştirilerek en iyi çözümün seçilmesi aşamaları sınıf dışı uygulamalarda gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler problemin çözümü için gerekli bilgileri araştırmış ve en uygun çözüm için öneriler geliştirmişlerdir. Sınıf dışı uygulamalar, Google Classroom ortamında yürütülmüş; bu kapsamda öğrencilere doğal afetler konusunda video içerikleri, görseller, kitap bölümleri ve eğitim materyalleri sunulmuştur (Şekil 1).

### **Şekil 1**

#### *Mühendislik Tasarımı Sürecinde Kullanılan Çevrim İçi Öğrenme Ortamına İlişkin Ekran Görüntüsü Örnekleri*



Sınıf içindeki uygulamalarda ise iş birlikli bir ortamda prototipin oluşturulması, çözümlerin test edilmesi, değerlendirilmesi, ürünün sunulması ve gerektiğinde yeniden tasarlanması gibi daha teknik ve uygulamalı aşamalara odaklanılmıştır. Öğrenciler 3-İÖ modeli kapsamında “öğretim grubu” ve “öğrenme grubu” olmak üzere 2-3 kişilik gruplara ayrılmıştır. Öğretim grubu kompozit malzemelerin sınıflandırılması, kullanım alanları gibi konu içeriklerinin hazırlanmasında öğretmen ile iş birliği içinde çalışarak, öğrenme gruplarına sunumlar yapmıştır. Aynı zamanda, diğer gruplar öğrenme grubu olduğunda, öğretmen rolü üstlenmiş ve gruba rehberlik etmiştir. Öğrenme grubu ise, öğretim grubunun sunduğu içeriklerden yararlanmış. Grupların iş birliği ile geliştirdiği çözümler üzerinde ortak

çalışmalar yürütmüştür. Ayrıca, doğal afetlere dayanıklı kompozitlerin tasarımı ve test edilmesi aşamalarında elde edilen bulguları değerlendirerek, tasarıma yönelik iyileştirmeler önermiştir. Öğretmen tarafından, her bir videoya yönelik olarak öğretim grubundaki öğrencilere görevler verilmiş ve bu görevler doğrultusunda çalışmalarını gerçekleştirmeleri istenmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1**

*Kompozit Malzemeler Konulu Mühendislik Uygulamalarına Yönelik Haftalık Dijital Öğrenme Süreci*

Hafta	Video	Öğrenme çıktıları (MEB, 2024)	Öğretim Grubu Öğrencilerinin Görevleri
1.hafta	Mühendislik uygulamaları  Kompozit nedir?	Doğa kaynaklı olayların afet riskine dönüşmesinde insanın rolü hakkında çıkarımlarda bulunur.	Kompozit malzeme örneklerini sınıfa getirerek özelliklerini tanıtırız.
2.hafta	Kompozit malzemeler nelerdir?  Kompozit malzemelerin sınıflandırılması ve kullanım alanları	Afet öncesinde alınması gereken önlemlere yönelik proje tasarlar.	Yapı malzemeleri satan bir firmanın reklam tasarım bölümünde çalışmaktasınız. Firmanızın tanıtımını yapmak ve satışları artırmak için bir tanıtım broşürü hazırlayınız.
3.hafta	Beton blokları test edelim.	Çözüm odaklı prototipler geliştirir ve sunar.	Doğal afetlere dayanıklı yapı malzemeleri ile ilgili sunum hazırlayınız.

Sınıf dışı uygulamalarla ilgili hazırlıkların yanı sıra, sınıf içi etkinliklerde öğrencilerin mühendislik tasarım temelli görevlerinin yer aldığı çalışma yaprakları da hazırlanmıştır. Öğrencilerin öğrenme sürecinin bütüncül ilerlemesi için öncelikle sınıf dışı uygulamalara yer verilmiş, ardından bu süreçte edinilen bilgi ve deneyimlerin sınıf içi etkinliklerde uygulanmasına geçilmiştir.

#### **Sınıf Dışı Uygulamalar**

Sınıf dışı uygulama süreci öğretmen tarafından Google Classroom’da paylaşılan kompozit malzemelerin yapısı, doğal afetlerde malzeme dayanıklılığı, mühendislik tasarım basamakları gibi temel kavramların öğrenilmesini içermektedir. Öğrenciler, dijital içerikleri izledikten sonra soruları yanıtlayarak düşüncelerini paylaşmış, özet çıkararak temel bilgileri yapılandırmış ve merak ettikleri soruları oluşturmuşlardır. Google Classroom ortamında yürütülen soru-cevap etkinlikleri, fikir alışverişi ve bilgi edinmelerini desteklemiş; bu bilgiler mühendislik tasarım sürecine katılımlarını sağlamıştır.

Mühendislik tasarım sürecinin ilk basamağı olan *problem durumunun belirlenmesi* aşamasında, öğrencilere Türkiye’de meydana gelen depremlerde binalarda oluşan yapısal hasarları konu alan bilgilendirici bir metin sunulmuştur. Bu metin aracılığıyla, öğrencilere “Bir binanın doğal afetlere karşı dayanıklı olması nasıl sağlanabilir?” sorusu yöneltilmiş; kendi düşüncelerini paylaşmaları ve problem durumu hakkında çıkarımlarda bulunmaları konusunda teşvik edilmiştir. Gerçekleştirilen tartışmalar doğrultusunda öğrenciler, “Doğal afetlerin yapılar üzerindeki etkilerini azaltmak için, yapılarda dayanıklılık ve esneklik gibi performans özelliklerini artırabilecek çimento bazlı hangi organik

kompozit malzemeler kullanılabilir? Bu malzemelerin sahip olması gereken özellikler nelerdir?” şeklinde bir problem durumu belirlemişlerdir.

**Tasarım görevi:** *İhtiyaç ve problemin araştırılması* aşamasında ise, öğrencilere doğal afetlere, iklimsel değişimlere ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı çimento bazlı kompozit yapı malzemeleri tasarlamaları görevi verilmiştir. Öğrencilerin bu göreve yönelik yaratıcı ve bilimsel çözümler geliştirebilmeleri için, “Günümüzde yapılan binalarda en çok hangi yapı malzemeleri kullanılıyor? Organik yapıli kompozit malzemeler nelerdir ve hangi özelliklere sahiptirler?, Günlük yaşamda kompozit malzemeleri nerelerde kullanıyoruz? Örnek veriniz.” Soruları yöneltilmiştir. Öğrenciler, sorulara yönelik yaptıkları araştırmalarda tasarlayacakları kompozitler için gerekli organik atıklar (ceviz, fıstık ve fındikkabukları, çınar tohumları, odun talaşı vb.) ile geri dönüşüm malzemelerini (cam ve plastik şişeler, metal parçaları) belirlemişlerdir. Ardından, tasarım görevine yönelik *olası çözüm önerilerini sunmuş*; malzemelerin uygunluğu, dayanıklılığı ve esnekliği gibi özelliklerine bakarak kullanacakları malzemelere karar vermişlerdir. Öğrencilerin ders öncesi ve ders sonrası çalışmalarını sınıf dışı ortamlarda yürüttükleri detaylı etkinlik süreci Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2**

*Sınıf Dışı Uygulamalarda Öğretmen, Öğretim ve Öğrenme Gruplarının Görevleri*

<b>Sınıf dışı uygulamalar</b>		
	<b>Ders öncesi</b>	<b>Ders sonrası</b>
<b>Öğretmen</b>	<b>1.Hafta</b> Öğrencilere ve velilere ters yüz edilmiş sınıf modeli ve Google Classroom hakkında bilgi verildi. Mühendislik uygulamaları ve kompozit malzemeler konulu videolar hazırlandı. Mühendislik nedir? Günlük yaşamda kompozitler, aramid elyaf kullanımı gibi bilgi notları oluşturuldu. Öğrenciler 2-3 kişilik öğretim ve öğrenme gruplarına ayrıldı ve etkinlik ders planı yapıldı. Öğretim grubuna kompozit malzeme örnekleri konulu görev verildi.	Öğrendiklerini pekiştirebilmeleri için Google Classroom ortamında öğrencilerle iletişim kuruldu. Tasarımın kriterlere uygunluğu Google Classroom’da öğrencilerle değerlendirildi.
	<b>2.Hafta</b> Beton blok yapımı ve testler için gerekli malzemeler temin edildi. <b>Öğretim grubu öğrencileri ile problemin kriter ve sınırlılıkları;</b> En az 1 tane çevre dostu malzeme kullanılmalı, Kompozit bloklarınız 4cm(en)x4cm(boy)x3cm(derinlik) boyutunda olmalı, En fazla 2 çeşit kimyasal maddeden etkilenmeli, Fiziksel dayanıklılık testinde basınç vidası 3 vida adımı ilerlediğinde parçalanma olmamalı, En fazla 150TL maliyetinde olmalı, Fiziksel ve kimyasal dayanıklılığı olan bloklar kullanılabilir kabul edilmeli. Malzemenin basınç dayanımını ölçmek için bir test aracı tasarımları görevi yapılandırıldı.	
	<b>3.Hafta</b> Öğretim grubundan, yapı malzeme firması tanıtım broşürü hazırlaması istenildi	

<b>Öğretim Grubu</b>	<p><b>1.Hafta</b> Konunun problemini keşfedebilmek amacıyla videolar izlendi. Etkinlik planlarında gerekli iyileştirmeler öğretmenle birlikte <b>yapıldı.</b> Çevreden kompozit malzeme örnekleri toplandı ve bu malzemelerin kullanım alanları araştırıldı. Mühendislik tasarım sürecinin ilk dört aşaması gerçekleştirildi. <b>1. Problemin belirlenmesi:</b> Doğal afetlere, iklimsel bozulmalara ve kimyasallara dayanıklı kompozit yapı malzemeleri hazırlamakla görevlendirildi. Probleme ilişkin kısıtlama ve kriterler öğretmenle iş birliği yapılarak belirlendi. <b>2. Problemi araştırma:</b> Probleme dair bilgilerin öğrenme grubuna aktarılması amacıyla sunumlar hazırlandı. <b>3. Olası çözümlerin geliştirilmesi:</b> Kompozit malzeme yapmak için gerekli malzemeler ve yöntemler hakkında araştırmalar yapıldı. <b>4. En iyi çözümün seçilmesi:</b> En uygun malzeme ve tasarım seçildi. Her grup tarafından bir atık türü belirlendi. Odun talaşı, cam şişe kırıkları, fıstık ve ceviz kabukları gibi malzemeler ezme, eleme ve karıştırma işlemlerinden geçirildi. Son olarak, malzemelerin oranlarına karar verildi.</p>	Haftalık etkinlik tasarımı üzerinde çalışıldı. Öğrenme grubu için kompozit malzemelerin kullanımı ve özelliklerine yönelik araştırma soruları hazırlandı.  Araştırma ödevleri bireysel olarak yapıldı.
	<p><b>2.Hafta</b> Kompozit malzemelerin sınıflandırılmasına ilişkin videodan kavramsal öğrenmeler gerçekleştirildi. Malzemelerin fiziksel ve kimyasal dayanımını ölçmeye yönelik testler araştırıldı. Basınç dayanımını test edebilecek bir araç tasarımı yapıldı.</p> <p><b>3.Hafta</b> Beton blokların testleriyle ilgili videolar izlendi. Depreme dayanıklı beton üretimiyle ilgili bir haber sayfası okundu. Bir yapı malzeme firmasına ait tanıtım broşürü hazırlandı.</p>	
<b>Öğrenme Grubu</b>	<p><b>1.Hafta</b> Problemi keşfedebilmek için videolar izlendi. <b>1-Problemin veya ihtiyacın belirlenmesi:</b> Öğretim grupları tarafından verilen dersler dinlendi. Problemi keşfedebilmek amacıyla iş birliği içinde araştırmalar yapıldı. <b>2. İhtiyaç ve problemleri araştırma:</b> Araştırma soruları grup içinde tartışıldı. <b>3. Olası çözümlerin geliştirilmesi:</b> Beyin fırtınası yapılarak kullanılacak malzemelere ve tasarıma karar verildi. <b>4. En iyi çözümün seçilmesi:</b> Belirlenen kriter ve sınırlılıklara uygun malzeme ve tasarım seçildi.</p> <p><b>2.Hafta</b> Doğal afetlere dayanıklı yapı malzemeleriyle ilgili bir sunum hazırlandı. Malzemelerin fiziksel ve kimyasal dayanım testleri araştırıldı. Doğal afetlere dayanıklı yapı malzemelerine ilişkin çalışmalar incelendi.</p>	Öğretim grubu tarafından hazırlanan sorular araştırıldı ve cevaplandı.

### **3.Hafta**

Sorular Google Classroom ortamında paylaşıldı.  
Akranları tarafından gönderilen sorulara yanıtlar verildi.  
Malzeme bilimi ve dayanıklılık analizlerine ilişkin kavramlar öğrenildi.

## **Sınıf İçi Uygulamalar**

Sınıf dışı uygulamalarla ters yüz edilmiş sınıf modeli doğrultusunda mühendislik tasarım sürecinin problemin araştırılması aşamasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilen öğrenciler, sınıf içi uygulamalarda prototip üretim aşamasına geçmiş ve tasarımlarını ders süresince sınıf ortamında gerçekleştirmişlerdir. Bu aşamada, öğrencilerin önceden sınıf dışında izledikleri videolar ve inceledikleri dijital içeriklere yönelik kısa bir hatırlatma yapılmıştır. Öğretim grubundaki öğrenciler fiber optik kablo, kask, telefon kılıfı gibi kompozit malzemeleri sınıfa getirmiş ve özelliklerini anlatmışlardır. Sunumların ardından, öğretmen rehberliğinde “Organik atıklardan yapacağınız kompozit malzemenin dayanıklılığını nasıl test edersiniz? Malzeme bilimi nedir ve malzeme mühendisleri nasıl çalışır?” gibi sorularla 10 dakikalık bir soru-cevap etkinliği gerçekleştirilmiştir. Prototip yapımında kullanılacak malzemeler öğrencilere dağıtılmış, kriterler ve sınırlılıklar açıklanmıştır. Öğrenciler kompozit beton bloklarını tasarlamış ve test etmişlerdir. Sınıfta yapılan sunum ve değerlendirmeler sonucunda ise tasarımlar üzerinde gerekli değişiklikleri yaparak ürünlerine son hâlini vermişlerdir. Etkinlik sürecinin basamaklarına Tablo 3’te ayrıntılı şekilde yer verilmiştir.

**Tablo 3**

*Sınıf İçi Uygulamalarda Öğretmen, Öğretim ve Öğrenme Gruplarının Görevleri*

<b>Sınıf içi uygulamalar</b>	
<b>Ders süresince</b>	
<b>Öğretmen</b>	<b>1. Hafta</b> Doğal afetlerin etkileri konulu örnek olaya dair sorular soruldu. Problemin çözüm yollarını bulmalarına rehberlik edildi. Prototiplerini yapmalarına yol gösterecek çalışma yaprakları dağıtıldı. Etkinlik sırasında kullanılacak malzemeler verildi.
	<b>2. Hafta</b> Fiziksel ve kimyasal test basamaklarının yer aldığı çalışma yaprağı verildi. Tasarladıkları basınç dayanım test aracı için gerekli parçalar getirildi ve birleştirildi. Kimyasal malzemelerin kullanımı konusunda güvenlik tedbirleri anlatıldı.
	<b>3. Hafta</b> Sunumlar için gerekli fiziki ortam hazırlandı. Fiziksel ve kimyasal testlerin sonuçları ve sunumların içeriği değerlendirildi. Prototiplerin tasarımı ile ilgili sorular soruldu.
<b>Öğretim- Öğrenme Grubu</b>	<b>1. Hafta</b> <b>Öğretim grubu</b> öğrencileri tarafından kompozit malzeme örnekleri(fiber optik kablo, kask, telefon kılıfı vs.) sınıfa getirildi. Bu malzemelerin özellikleri öğrenme grubuna açıklandı.
	<b>Öğrenme grubu</b> öğrencileri tarafından ise sınıfa getirilen kompozit malzeme örnekleri ile ilgili sorular yöneltildi. <b>5-Prototipi yapılandırma</b> Bu aşamada 4 cm (en) x 4 cm (boy) x 3 cm (derinlik) boyutlarında plastik bir kalıp temin edildi. Organik atıklar havanda toz haline getirildi. Kompozit bloklar

için sırasıyla; 1 yk çimento / 3 yk atık malzeme, 2 yk çimento / 2 yk atık malzeme ve 3 yk çimento / 1 yk atık malzemeyi suyla karıştırıldı. Kontrol grubu için sadece çimento kullanıldı. Çamur kıvamındaki karışım kalıplara döküldü ve kuruması beklendi. Üç kompozit ve bir kontrol grubu olacak şekilde dört adet beton blok hazırlandı.

---

## 2. Hafta

### 6-Çözümleri test etme

Kuruyan beton bloklar kalıptan çıkarıldı.

Farklı çevresel koşullara (ısı, nem, kimyasal etkileşim) maruz bırakılarak dayanıklılıkları test edildi.

Asit-baz dayanımı, tuz ve sülfat dayanımı, donma-çözülme dayanımı, basınç dayanımı, su emme gibi fiziksel ve kimyasal testlerden geçirildi.

---

## 3. Hafta

### 7-Çözümleri sunma

**Öğretim grubu** öğrencileri tarafından tasarımın hazırlanma basamakları raporlaştırıldı.

Öğrenme grubuna rapor yazımında örneklik edildi.

Yapı malzeme firmaları için tasarlanan tanıtım broşürleri sunuldu.

Geliştirilen yapı malzemeleri ve özellikleri sınıfta tanıtıldı.

**Öğrenme grubu** tarafından, tasarım süreci görseller ve açıklamalarla zenginleştirilerek sınıfta sunuldu. Tasarımların kriterlere uygunluğu birlikte tartışıldı.

### 8-Yeniden tasarlama

Sınıfta yapılan sunum ve değerlendirmeler sonucunda tasarımlar üzerinde değişiklikler yapıldı ve ürüne son hali verildi.

---

**Prototipin Yapılandırılması:** Doğal afetlere karşı dayanıklı yapılar geliştirilmesine yönelik yürütülen bu etkinlikte, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine dayalı olarak prototip üretmeleri hedeflenmiştir. Bu doğrultuda prototipin oluşturulma süreci, kompozit blokların hazırlanması ile bu bloklara yönelik fiziksel ve kimyasal testlerin uygulanması aşamalarından oluşacak biçimde tasarlanmıştır. Öğrenciler ilk olarak Şekil 2’de gösterildiği üzere, çimento ile karıştırılmak üzere kullanılacak organik atıkları toz haline getirebilmek amacıyla; kesme, ezme, parçalama ve eleme gibi çeşitli fiziksel ön işlemleri gerçekleştirmişlerdir.

## Şekil 2

### Kompozit Blokların Üretimi Öncesinde Organik Atıkların Hazırlanma Süreci



Gerçekleştirilen ön işlemler sonucunda elde edilen malzemeler, sonraki aşamada çimento ile farklı oranlarda karıştırılarak kalıplara dökülmüş ve yaklaşık bir hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Bu süreci görsel olarak yansıtan Şekil 3'te, çimento ve atık karışımlarının hazırlanarak kalıplara dökülme aşaması detaylı şekilde sunulmuştur. Uygulama basamaklarında, öğrencilerin belirlenen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde grup içi kararlar alarak tasarım sürecine çeşitli farklılıklar katabilecekleri özellikle vurgulanmıştır. Kuruyan beton bloklar kalıplardan çıkarılarak test etme sürecine geçilmiştir.

## Şekil 3

### Çimento-Atık Karışımının Hazırlanması ve Kalıplara Aktarılması



**Çözümleri Test etme ve Değerlendirme:** Kuruma sürecini tamamlayan beton bloklar kalıplardan çıkarılmış ve test etmek amacıyla gruplandırılmıştır. Kompozit blokların doğal afetlere karşı dayanıklılıklarını değerlendiren öğrenciler bu aşamada iki tür test gerçekleştirmişlerdir. Öncelikle

kimyasal testler aracılığıyla blokların farklı çözeltiler karşısındaki dayanıklılıklarını çalışma yapıklarına not etmişlerdir. Ardından, blokların mekanik özelliklerini ölçmek amacıyla bir test aracı prototipi tasarlamış ve bu prototip aracılığıyla gerekli ölçümleri yapmışlardır. Bu kapsamda ilk olarak kimyasal testler gerçekleştirilmiştir.

### Kimyasal Testler

Öğrenciler, beton blokların kimyasal dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla her birinden çekiç yardımıyla yaklaşık beş gramlık parçalar kırmışlardır. Kıyrılan parçalar, deney tüplerine yerleştirilmiş ve her tüpe kimyasal maddelerden belli oranlarda eklenmiştir. Bu kimyasallar arasında asidik ve bazik çözeltiler, tuz ve sülfat içeren maddeler yer almaktadır. Bir süre bekletildikten sonra deney tüplerindeki beton blok parçalarının kimyasal maddelerle etkileşimleri gözlemlenmiş ve meydana gelen fiziksel-kimyasal değişiklikler (Renk değişimi, çözünme, yüzey bozulması, gaz çıkışı, koku çıkışı vb.) detaylı bir şekilde kayıt altına alınmıştır. Şekil 4'deki gibi bu bloklara, asit ve baz dayanıklılığı testi, kimyasal korozyon testi, tuz ve sülfat dayanım testi ve su emme testleri uygulanarak dayanıklılık, bütünlük ve fiziksel özellikler açısından performansları değerlendirilmiştir.

### Şekil 4

Kompozit Bloklara Uygulanan Fiziksel ve Kimyasal Dayanıklılık Testleri



Kimyasal malzemeler	Değişimler			
	1.kompozit 1/4 çimento / 3/4 kum	2.kompozit 1/2 çimento / 1/2 kum	3.kompozit 3/4 çimento / 1/4 kum	4.kompozit çimento
• Çamaşır suyu	YOK	YOK	YOK	YOK
• Sıvı yağ	YOK	YOK	YOK	YOK
• Tuzlu su	YOK	YOK	YOK	YOK
• HCl	Geçici renk değişimi	YOK	YOK	YOK
• NaOH	YOK	YOK	YOK	YOK
• Aseton	Az parçalanma	YOK	YOK	YOK
• Kireç çözücü	Renk değişimi parçalanma	YOK	YOK	YOK
• Bulaşık deterjanı	YOK	YOK	YOK	YOK
• Çamaşır deterjanı	YOK	YOK	YOK	YOK
Dayanıklılık	3/6	3/6	Dayanıklı	Dayanıklı

Blok parçalarının kimyasal ortamlara karşı dayanıklılığını belirlemek için asidik ve bazik çözeltilerle deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, asidik ortamlar için Sülfürik Asit ( $H_2SO_4$ ) ve Hidroklorik Asit (HCl); bazik ortamlar için ise Sodyum Hidroksit (NaOH) ve Kalsiyum Hidroksit  $Ca(OH)_2$  çözeltileri tercih edilmiştir. Blok örnekleri, çözeltilerin içerisinde belirli sürelerde bekletilmiş ve kimyasal korozyon etkileri değerlendirilmiştir. Kimyasal korozyon testinde, beton blok parçalarının yüzeyinde meydana gelen değişimler gözlemlenmiştir. Bu gözlemlerde yüzeyde oluşan bozulmalar, çatlakların sayısı ve derinliği gibi kriterler dikkate alınarak dayanıklılık analizi yapılmıştır. Ayrıca, parçaların test öncesi ve sonrası kütle kaybı tartılarak hesaplanmış, bu veri dayanıklılığın nicel olarak değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Beton blokların sülfat içeren ortamlardaki (Örneğin deniz suyu veya endüstriyel alanlar) dayanıklılığını belirlemek amacıyla, bloklar bulaşık ve çamaşır deterjanı çözeltilerinde 1 hafta süresince bekletilmiştir. Deterjanların içerdiği kimyasalların beton üzerindeki uzun süreli etkileri gözlemlenmiş ve benzer şekilde kütle kaybı ile yüzey bozulmaları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Beton blokların içinde kullanılan organik atıkların, blokların su emme kapasitesi üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla, blok örnekleri kurutulmuş ve kuru ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüştür. Ardından, her bir örnek 24 saat boyunca su içerisinde bekletilmiş ve sonrasında yüzeydeki fazla su alınarak tekrar tartılmıştır. Bu işlem sonucunda, organik katkı içeren beton blokların su emme oranlarındaki değişimler, katkısız beton bloklarla karşılaştırılmıştır. Kimyasal

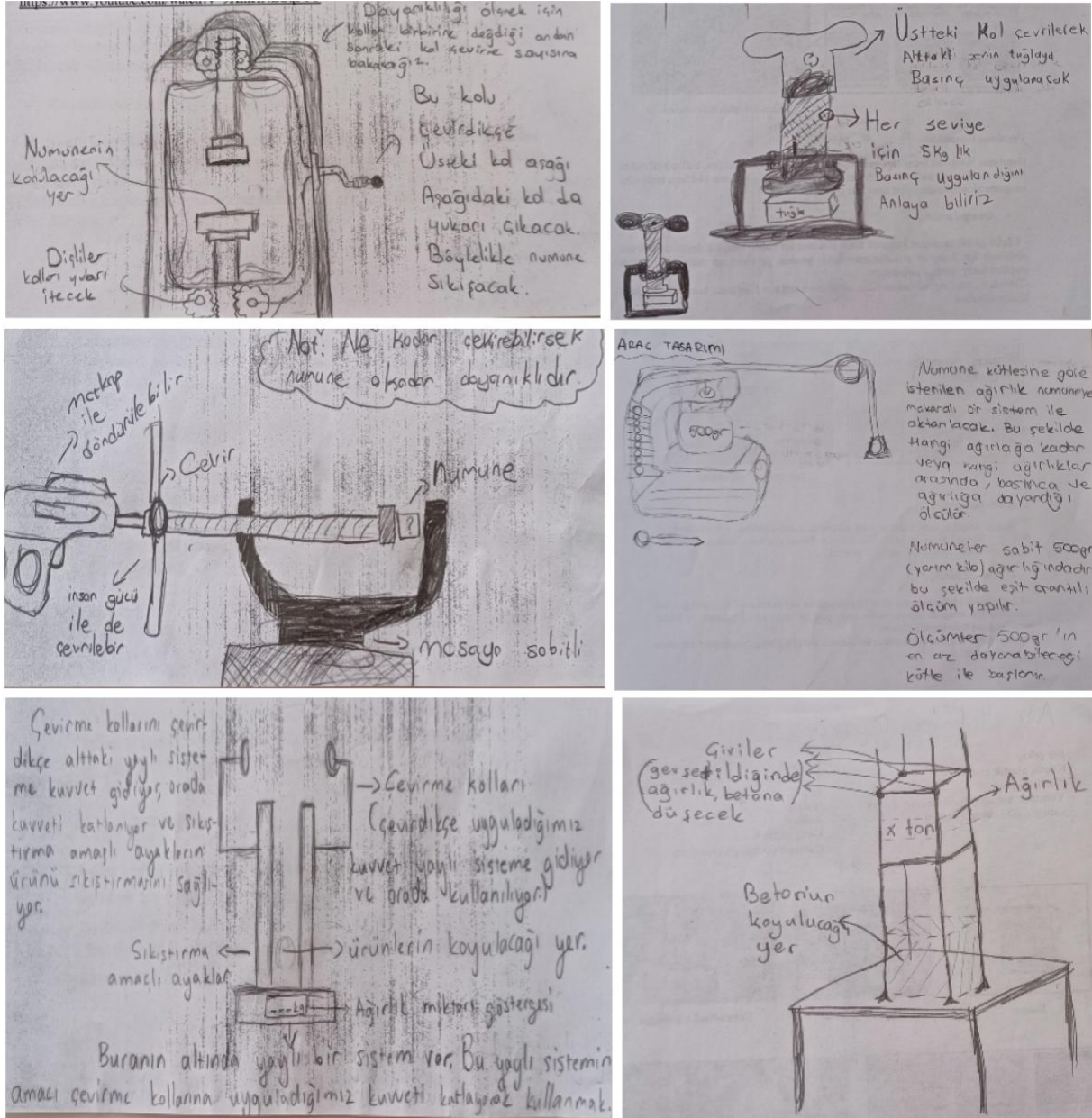
testlerin tamamlanmasından sonra beton blokların fiziksel dayanıklılığını belirlemek amacıyla fiziksel test aşamasına geçilmiştir.

### Fiziksel Testler

Bu aşamada öğrencilere, kompozit beton blokların fiziksel dayanıklılığını ölçmek amacıyla Şekil 5'te örneği sunulduğu gibi nasıl bir test aracı tasarlayabilecekleri sorulmuştur. Tasarımlarının prototipini çalışma kağıtlarına çizmeleri istenmiştir.

### Şekil 5

#### Test Aracına Yönelik Prototip Örnekleri

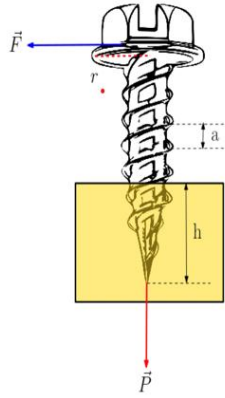


Öğrenciler Şekil 5'te gösterilen test aracına yönelik hazırladıkları prototip örneklerini sınıf ortamında sunarak değerlendirmişlerdir. Değerlendirmeler sonucunda, beton blokların fiziksel basınç dayanımını en iyi şekilde belirleyebileceği düşünülen tasarım üzerinde uzlaşmıştır. Bu tasarımı oluşturmak için gerekli malzemeler temin edilmiş ve bir test aracı prototipi geliştirilmiştir. Test aracında, beton blokların fiziksel basınca karşı dayanımını ölçmek amacıyla bir basınç vidası mekanizması

kullanılmıştır. Bloklar, aracın alt platformuna yerleştirilmiş ve üst kısımdan bir basınç vidası ile sıkıştırılmıştır. Uygulama sürecinde, vida çevrilerek basınç kontrollü bir şekilde artırılmıştır. Her bir kompozit blokta, vidanın indiği derinlik; vida adımı ve dönme sayısı esas alınarak hesaplanmıştır. Fıstık kabukları ve talaş oranı yüksek olan kompozitlerde çatlak oluşumu ve parçalanma oranı daha düşük gözlemlenirken, cam parçaları içeren kompozitlerin ise basınca karşı daha az dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir.

### Şekil 6

Öğrencilerin Fiziksel Dayanıklılık Testine İlişkin Kayıt Örnekleri



$$F(2\pi r) = Pa$$

$$\frac{P}{F} = \frac{2\pi r}{a}$$

**F:** Döndürmek için uygulanan kuvvet  
**r:** Vidanın tepesinin yarıçapı  
**a:** Ardışık iki diş arasındaki uzaklık Vida adımı: Vidanın bir tam tur döndüğünde zemindeki yer değiştirme miktarı  
**h:** Vidanın zemine girdiği derinlik  
**n** tur döndürülürse zeminde ilerleme miktarı (Derinliği)  
**h = na** olur.



Fiziksel Dayanıklılık			
	Vida adımı	Parça Sayısı	Değişim
1/4 çimento - 3/4 fıstık Kompozit 1	4	5	Çatlama Parçalanma Uçalanma
1/2 çimento - 1/2 fıstık Kompozit 2	3	3	Çatlama
3/4 çimento - 1/4 fıstık Kompozit 3	2	2	Çatlama
100% Çimento	3	2	Uçalanma Parçalanma

1. Kompozit Fiziksel Dayanıklılık			
	Vida adımı	Parça sayısı	Değişim
1. Kompozit	2,25	3	Dirsek Parçalandı
2. Kompozit	2,5	2	Çatlak Parça
3. Kompozit	3,5	3	Çatlak + Parça + toz

Testin ardından öğrenciler, Şekil 6'daki formülden yararlanarak, kompozit bloklarda vida adımı ile ilk oluşan çatlak sayısı, bütünlüğün korunduğu seviye ve kırılan parça sayısı arasındaki ilişkiyi kaydetmişlerdir. Elde edilen veriler doğrultusunda neden-sonuç ilişkileri kurarak en dayanıklı malzeme karışımını belirlemeye çalışmışlardır. Özellikle depremler gibi basınca dayalı kuvvetlerin etkili olduğu doğal afetler karşısında malzemenin güvenilirliği test edilmiştir.

**Çözümleri Sunma:** Çalışmanın son aşamasında her grup, geliştirdikleri kompozit blokların özelliklerini ve bu blokların doğal afetlere karşı nasıl bir koruma sağlayabileceğini içeren çözüm önerilerini poster kullanarak sözlü sunum yaparak paylaşmıştır.

**Yeniden Tasarlama:** Sınıfta yapılan sunum ve değerlendirmeler mühendislik tasarım sürecinin son aşamalarından biri olan "iyileştirme" adımı zemin hazırlamıştır. Öğrenciler, beton blokların

dayanıklılık ve çevresel etki yönünden analizini yaparak en uygun malzeme bileşimini belirlemiştir. Bu aşamada mevcut tasarımlarında hangi değişiklikleri yapacaklarını çalışma kâğıtlarına not etmişlerdir.

## BULGULAR

Araştırma kapsamındaki tasarım problemini çözebilmek için öğrenciler, ders öncesinde video içerikleri izlemiş ve ilgili metinleri okuyarak konu hakkında ön bilgi edinmişlerdir. Edindikleri bu bilgileri, ders süresince gerçekleştirdikleri tasarım uygulamalarında kullanmışlardır. Bu bölümde, öğrencilerin videolara yönelik olarak doldurdukları *İzle-Özetle-Sor* formlarından elde edilen veriler analiz edilmiş ve bu analizlere ait tematik bulgular Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4’te gösterildiği üzere öğrencilerin izle-özetle sürecindeki öğrenmeleri incelenmiş “Mühendislik becerileri”, “Kompozit malzemenin tanımı”, “Kompozitlerin Yapısal Özellikleri”, “Kompozitlerin kullanım alanları”, “Kompozit malzemelerin sınıflandırılması”, “Deney ve test süreci” olmak üzere altı ana tema belirlenmiştir.

**Tablo 4**

*Öğrencilerin İzle-Özetle Sürecindeki Öğrenmelerinin Tematik Dağılımı*

Tema	Kod	Kod tanımı	Frekans (n=21)	Yüzde (%)
T1: Mühendislik becerileri	Mühendislik tasarım süreci basamakları	Eksiksiz ifade eden öğrenciler	17	81.0
		Kısmen ifade eden öğrenciler	4	19.0
T2: Kompozit malzemenin tanımı	Kompozit kavramı	İçerik bilgisi	15	71.4
	Kompozit bileşenleri	Takviye ve matris gibi bileşenlerin farkında olma	16	76.2
T3: Kompozitlerin yapısal özellikleri	Hafiflik	Malzemenin hafifliğinin önemi	14	66.7
	Isıya dayanıklılık	Kompozitin ısıya karşı direnci	14	66.7
	Paslanmama	Korozyon direnci	11	52.4
	Mukavemet	Dayanıklılık ve sağlamlık	19	90.5
T4: Kompozitlerin kullanım alanları	Kompozit malzeme örnekleri	Gerçek hayattan kullanım örnekleri	18	85.7
T5: Kompozit malzemelerin sınıflandırılması	Takviye elemanına göre sınıflandırma	Cam, Elyaf vb. malzemeler	15	71.4
	Matris elemanına göre sınıflandırma	Polimer, seramik vb. malzemeleri	17	81.0
T6: Deney ve Test süreci	Karbon fiberin kullanımı	Malzeme olarak karbon fiberin özelliği	9	42.9
	Beton blok yapım aşamaları	Prototip üretim süreci	20	95.2
	Basınç dayanım testi	Deneysel testin gerçekleştirilmesi	20	95.2

Öğrenciler, mühendislik becerileri temasında, mühendislik tasarım basamaklarını ifade etme düzeylerine göre “yeterli” ve “kısmen yeterli” olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Öğrencilerin %81.0’ı

(n=17) mühendislik tasarım sürecini yeterli biçimde ifade ederken, %19.0'ı (n=4) bu süreci kısmen yeterli düzeyde ifade etmiştir. "Mühendislik tasarım süreci basamakları" kodu altında yapılan analiz, 17 öğrencinin süreci doğru ve tam bir şekilde ifade ettiğini, 4 öğrencinin ise bazı adımları eksik bıraktığını göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin büyük çoğunluğunun mühendislik tasarım döngüsünü işlevsel düzeyde kavradığını göstermektedir. Süreci kısmen ifade eden öğrenciler ise, "Bir bina inşa etmek için belirli adımlar vardır. Bu adımları ise bir grup mühendis yapar. Bir döngü sonrasında bina tamamlanır." gibi genel açıklamalarda bulunmuştur.

Kompozit malzemenin tanımı teması ise, "kompozit kavramı" ve "kompozit bileşenleri" olmak üzere iki kod altında ele alınmıştır. Bu tema altında kodlanan veriler, öğrencilerin hem kavramsal hem de uygulamalı bilgi düzeylerini yansıtmaktadır. Aynı zamanda öğrencilerin %71.4'ünün (n=15) kompozit kavramının içeriğini ifade edebildiğini, %76.2'sinin (n=16) ise kompozit malzemelerin takviye ve matris gibi bileşenlerinin farkında olduğunu göstermiştir. Örneğin, Ö12, kompozit kavramını "Bir amaca yönelik olarak en az iki maddenin bir araya getirilmesiyle kompozit malzeme oluşur. "şeklinde tanımlamıştır.

Kompozitlerin yapısal özellikleri temasında hafiflik, ısıya dayanıklılık, korozyon direnci ve mukavemet öne çıkmıştır. %66.7 (n=14) hafifliği, %66.7 (n=14) ısı dayanıklılığını, %52.4 (n=11) korozyon direncini, %90.5 (n=19) ise mukavemeti belirtmiştir. Bu durum, öğrencilerin malzeme seçimini yalnızca tanımsal düzeyde değil, performans ölçütleri üzerinden de düşündüklerini göstermektedir. Bir öğrenci "Bizim yaptığımız beton blok hafifti ve oldukça dayanıklıydı. Isıya karşı dayanıklılığını artırmak için takviye olarak huntit kullanabiliriz." diyerek mevcut gözleme dayalı bir iyileştirme önerisi sunmuştur (Ö11).

Kompozitlerin kullanım alanları teması "Kompozit malzeme örnekleri" kodu altında toplanmıştır. Öğrencilerin %85.7'sinin (n=18) kompozit malzemelerin gerçek hayattaki kullanım alanlarına ilişkin örnekler verebildiği görülmüştür. Örneğin, Ö5 "Kompozit malzemeler sağlık, ulaşım ve dışçilik gibi alanlarda kullanılır. Aynı zamanda uçaklarda ve çelik zırhlarda da kullanılır." şeklinde ifade ederek kavramı doğru şekilde kullanmıştır. Ancak, bazı öğrencilerin (n=3) kompozit malzemeler yerine karışımlara ya da yüzeysel birleştirmelere dair örnekler verdiği gözlemlenmiştir. Ö9, "Sınıfta mısır koçanlarını ezip tutkalla yapıştırdıktan sonra şekil vermiştik ve bu bir kompozit olarak kullanılabilir." şeklinde yanlış bir açıklama yapmıştır. Öğrencinin malzemeleri fiziksel olarak birleştirmeyi kompozit üretimi olarak düşündüğü ve kompozitin temel yapısal özelliklerini tam olarak ayırt edemediği görülmüştür.

Kompozit malzemelerin sınıflandırılması teması, "Takviye Elemanına Göre Sınıflandırma" ve "Matris Elemanına Göre Sınıflandırma" olmak üzere iki koda ayrılmıştır. Öğrencilerin %71.4'ünün (n=15) kompozitleri takviye elemanına göre (cam, elyaf vb. malzemelerle), %81.0'ının (n=17) ise matris elemanına göre (polimer, seramik vb. malzemelerle) doğru şekilde sınıflandırabildiği belirlenmiştir.

Deney ve Test süreci teması, "Karbon Fiberin Kullanımı", "Beton Blok Yapım Aşamaları" ve "Basınç Dayanım Testi" olmak üzere üç kod altında sınıflandırılmıştır. Öğrenciler %42.9'u (n=9) karbon fiberin özelliklerini ve kullanım amacını doğru bir şekilde ifade edebilmiştir. Örneğin, Ö15 "Karbon fiberle kaplanmış beton, normal betona göre daha dayanıklıdır." şeklinde açıklama yapmıştır. Benzer şekilde, Ö7, "Binalarda karbon fiber kullanımı, betonun dağılmasını engeller ve bina depremde yıkılmaz." diyerek karbon fiberin yapı güvenliği açısından önemine dikkat çekmiştir. Öğrencilerin %95.2'si (n=20) basınç dayanım testinin nasıl gerçekleştirildiğini ve %95.2'si (n=20) beton blok yapım aşamalarını doğru bir şekilde açıklayabilmiştir.

Uygulama öncesinde öğrenciler dijital içeriklerden edindikleri bilgileri 'İzle-Özetle-Sor' formunun ilgili bölümüne yazarak özetlemiş, ardından sorular oluşturmuşlardır. Bu soruları Google Classroom ortamında arkadaşları ve öğretmenleriyle paylaşarak etkileşimli bir bilgi alışverişi gerçekleştirmişlerdir. Öğrenci soruları, tema ve kodlara göre sınıflandırılarak Tablo 5' te gösterildiği şekilde analiz edilmiştir.

**Tablo 5**  
*İzle-Özetle-Sor Sürecinde Üretilen Öğrenci Sorularının Tematik Dağılımı*

Hafta	Video	Yazılı içerik	Tema	Kod	Frekans	%
1.hafta	Mühendislik uygulamaları Kompozit nedir?	Mühendislik tasarım süreci sunusu	Mühendislik ve Tasarım	Mühendislerin özellikleri	3	14.3
				Mühendislerin görevleri	7	33.3
				Mühendislik tasarım süreci ve önemi	6	28.6
				Mühendislik yaklaşımı	2	9.5
				Kompozitleri tanıma	1	4.8
				Akıllı malzemeler	1	4.8
				Geri Dönüşümlü Kompozitler	1	4.8
2.hafta		“Kompozit malzeme nedir ve nerelerde kullanılır?” başlıklı bilgi notu	Kompozitin tanımı ve özellikleri	Kompozit tanımı	1	4,8
				Yapısal özellikleri	5	23.8
				Fonksiyonel özellikleri	4	19.0
				Kompozit malzeme üretimi	1	4.8
				Kompozit malzemelerin kullanım alanları ve uygulamaları	4	19.0
				Uygulama alanları	3	14.3
				İcadı	1	4.8
3.hafta	Beton blokları test edelim.	Aramid elyaf konulu bilgi notu	Karbon Fiber malzeme	Kompozit tanımı	1	4.8
				Kompozit üretimi	4	19.0
				Karbon fiberin uygulama alanları	5	23.8
				Karbon fiberin özellikleri	8	38.1
				Tasarım süreci	1	4.8
				Üretim yaklaşımı	2	9.5
				Mühendislik Süreci		

Tablo 5’te öğrencilerin 1. haftada konu ile ilgili sordukları sorular incelendiğinde; “Mühendislik ve Tasarım” ve “Kompozit malzemeler ve yenilikçi uygulamalar” olmak üzere iki ana tema belirlenmiştir. Buna göre; öğrencilerin %85.7’si (n=18) mühendislik ve tasarım ile ilgili soru sormuş iken %14.3’ü (n=3) ise kompozit malzemeler ve yenilikçi uygulamalar ile ilgili soru sormuştur. Öğrencilerin %14.3’ü mühendislerin özellikleri, %33.3’ü mühendislerin görevleri, %28.6’sı mühendislik tasarım süreci ve önemi, %9.5’i mühendislik yaklaşımı, %4.8’i kompozitleri tanıma, %4.8’i akıllı malzemeler, %4.8’i geri dönüşümlü kompozitler ile ilgili soru sormuştur.

Öğrencilerin büyük çoğunluğunun “Mühendislik ve Tasarım” temasına odaklanması, bu konunun onlar için daha ilgi çekici ve anlaşılır olduğunu, problem çözme ve üretim süreçlerine yönelik farkındalık geliştirdiklerini göstermektedir. “Kompozit Malzemeler ve Yenilikçi Uygulamalar” temasında hazırlanan soruların sınırlı kalması, ilk hafta itibarıyla konuya yeterince hâkim olmadıklarını ve soru üretmekte zorlandıklarını düşündürmektedir.

Öğrencilerin 2. haftada sordukları sorular incelendiğinde; “Kompozitin tanımı ve özellikleri”, “Kompozit malzemelerin kullanım alanları ve uygulamaları” ve “Kompozit malzemelerin tarihsel süreci” olmak üzere üç ana tema belirlenmiştir. Buna göre; öğrencilerin %47.6’sı (n=10) kompozitin tanımı ve özellikleri ile ilgili soru sormuş iken %38.1’i (n=8) kompozit malzemelerin kullanım alanları ve uygulamaları ile ilgili soru sormuş, %14.3’ü (n=3) ise kompozit malzemelerin tarihsel süreci ile ilgili soru sormuştur. Öğrencilerin %4.8’i kompozit tanımı, %23.8’i yapısal özellikleri, %19.0’ı fonksiyonel özellikleri, %4.8’i kompozit malzeme üretimi, %19.0’ı kompozit malzemelerin kullanım alanları, %14.3’ü uygulama alanları, %4.8’i icadı, %4.8’i çevreye etkisi, %4.8’i ise maliyeti ile ilgili soru sormuştur.

Bu veriler öğrencilerin öncelikli ilgi alanlarının kompozit malzemelerin tanımı ve özellikleri olduğunu, yaklaşık yarısının (%47.6) bu tema altında sorular sormasının konunun günlük yaşamla ilişkili yönlerinin merak uyandırdığını ve bilgiyi somut örneklerle anlamlandırmak istediklerini ortaya koymaktadır. Kullanım ve uygulama alanlarına yönelik sorularla (%38.1) öğrenciler bilgiyi gerçek yaşamla ilişkilendirmeye çalışmıştır. Tarihsel sürece yönelik ilginin (%14.3) daha düşük olması ise, öğrencilerin çoğunlukla güncel ve işlevsel bilgilere odaklandığını düşündürmektedir. Alt temalarda yapısal ve fonksiyonel özelliklerin öne çıkması, öğrencilerin sadece kavramsal düzeyde kalmayıp, kompozit malzemelerin teknik yönlerine ve işlevselliğine yönelik daha derinlemesine bilgi edinmek istediklerini göstermektedir. Ayrıca kullanım ve uygulama alanlarına yönelik soruların toplamda %33.3 oranında olması, mühendislik tasarım süreçlerine dair gerçek yaşam becerilerinin öğrenciler açısından ne denli dikkat çekici olduğunu ortaya koymaktadır. Kompozit malzemelerin icadı, çevresel etkileri ve maliyeti gibi konularda az sayıda soru sorulması ise kavramsal bilgi düzeylerinin sınırlılığından kaynaklanabilmektedir.

Öğrencilerin 3. haftada sordukları sorular “Kompozit tanımı ve özellikleri”, “Karbon Fiber malzeme” ve “Mühendislik Süreci” olmak üzere üç ana temada toplanmıştır. Buna göre; öğrencilerin %23.8’i (n=5) kompozitin tanımı ve özellikleri ile ilgili soru sormuş iken %61.9’u (n=13) karbon fiber malzeme ile ilgili soru sormuş, %14.3’ü (n=3) ise mühendislik süreci ile ilgili soru sormuştur. Öğrencilerin %4.8’i Kompozit tanımı, %19.0’ı kompozit üretimi, %23.8’i karbon fiberin uygulama alanları, %38.1’i karbon fiberin özellikleri, %4.8’i tasarım süreci, %9.5’i ise üretim yaklaşımı ile ilgili soru sormuştur.

3. haftada sorulan soruların büyük ölçüde (%61.9) karbon fiber malzemeyle ilgili olması öğrencilerin gerçek yaşamla ilişkili bilgilere ilgi duyduğunu, karbon fiberi daha dikkat çekici bulduklarını ve bu özel malzeme hakkında daha derinlemesine bilgi edinmek istediklerini göstermektedir. Kompozitin tanımı ve özelliklerine ilişkin soruların oranında (%23.8) azalma olması, öğrencilerin temel kavramları büyük ölçüde kavradığını ve ilgilerinin daha teknik konulara yöneldiğini düşündürmektedir. Mühendislik süreci ile ilgili soruların sınırlı (%14.3) kalması ise bu süreci doğrudan deneyimlemeleri sayesinde öğrenme düzeylerinin artmış dolayısıyla soru sorma ihtiyaçlarının azalmış olabileceğini göstermektedir.

Sınıf dışı uygulamalarda "İzle-Özetle-Sor" formunu kullanarak bilgi edinen öğrenciler, sınıf içi uygulamalarda değerlendirme soruları ile bu bilgilerini pekiştirme fırsatı bulmuştur. Etkinlik öncesinde yöneltilen hazırbulunuşluk soruları, öğrencilerin yapı malzemelerinin afetlere karşı dayanıklılığı üzerine düşüncelerini sağlamış; özellikle Kahramanmaraş depremi gibi güncel olayları değerlendirerek, yapılarda doğru malzeme seçiminin önemini kavramalarına katkı sunmuştur.

Öğrenciler ayrıca Kompozit Malzemelerin Dayanıklılık Testleri’ ne yönelik çalışma kâğıtlarındaki adımları takip ederek kendi seçtikleri organik atık ve geri dönüşüm malzemeleriyle beton

blok prototipleri oluşturmuş ve tasarımlarını çevresel duyarlılık temelinde geliştirmişlerdir. Yapılan kompozit bloklarda fıstık kabuğu, ceviz kabuğu, odun talaşı gibi organik malzemelerin kullanımı, betonun yoğunluğunu azaltarak daha hafif yapı elemanlarının elde edilmesini sağlamıştır. Bu malzemelerin yüksek oranlarda kullanılması durumunda basınç dayanımı gibi mekanik özelliklerde düşüşlerin yaşandığı tespit edilmiştir.

Organik atıklar doğal lifli yapıları ve gözenekli dokuları nedeniyle suyu emme eğiliminde olduğu için betonun su emme kapasitesini arttırmıştır. Özellikle odun talaşı ve ceviz kabuğu katkılı kompozitlerin su ile temas halinde daha fazla nem çektiği gözlenmiştir. Buna karşılık cam katkılı kompozitlerin su emme kapasitesinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Camın suyu emme özelliği ve toz halindeyken betonun mikro yapısındaki boşlukları doldurması, suya karşı daha geçirimsiz bir yapı oluşturmuştur.

## **SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER**

Bu araştırmada, özel yetenekli öğrencilerin kompozit malzemelere ilişkin kavramsal öğrenmelerini değerlendirmek amacıyla ters yüz edilmiş sınıf modeliyle bütünleştirilmiş mühendislik tasarım temelli uygulamalar yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan "İzle-Özetle-Sor" formundan elde edilen bulgular incelendiğinde; formun "İzle-Özetle" bölümünden öğrencilerin mühendislik tasarım sürecini doğru ifade edebildiklerini, kompozit kavramı ve bileşenlerine ilişkin kavramsal bilgileri edindiklerini, kompozit malzemelerin yapısal özellikleri ve kullanım alanlarına dair örnekler verebildiklerini, sınıflandırma becerisi kazandıklarını ve deneysel süreçleri gerçekleştirebildikleri ortaya çıkmıştır. Bu bulgular, ters yüz edilmiş sınıf modeline entegre edilen mühendislik tasarım temelli öğretim uygulamalarının öğrencilerin kavramsal öğrenmelerine katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, formun "Sor" bölümünden elde edilen bulgular doğrultusunda; öğrencilerin kavramsal bilgi düzeylerinin haftalar ilerledikçe arttığı, öğrenciler tarafından sorulan soruların giderek daha bilimsel, teknik ve gerçek yaşamla ilişkili olarak sorulduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, alan yazınında ters yüz edilmiş sınıf modelinin öğrencilerin merak ve sorgulama yönelimlerini artırdığına vurgulayan çalışmalarla paraleldir (Baytiyeh ve Naja, 2016; Nasir vd., 2020; Rachmawati vd., 2023). İlk haftada mühendislik mesleği ve tasarım süreci üzerine yoğunlaşan öğrenciler, ikinci haftada kompozit kavramını yapısal ve fonksiyonel özellikleriyle birlikte sorgulamaya başlamış; üçüncü haftada ise karbon fiber gibi özgün malzemelere ilişkin daha derinlikli sorular yöneltmişlerdir. Sonuçlar, öğrencilerin büyük çoğunluğunun kompozitlerin hem tanımını hem de temel bileşenlerini öğrendiğini göstermektedir. Özellikle huntit gibi bir katkı maddesinin ısı dayanımını artırmak amacıyla önerilmesi, öğrencilerin yapısal özelliklerle mühendislik çözümleri arasında anlamlı bağlantılar kurabildiklerini göstermektedir. Winarno vd. (2020), mühendislik tasarım sürecinin fen eğitimindeki rolünü ortaya koyarak, bu sürecin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini dengelemek için farklı öğrenme yolları sunduğunu ifade etmektedir (Sopakitiboon vd., 2023).

Araştırmada "İzle-Özetle-Sor" formu ile desteklenen sınıf dışı öğrenme etkinliklerinin, özel yetenekli öğrencilerin sınıf dışı ve sınıf içi etkinliklere aktif katılımını artırdığı ve öğrenme sürecini zenginleştirdiği görülmektedir. Alan yazınında da benzer biçimde, mühendislik tasarım temelli öğretim uygulamalarının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği ve kavramsal anlayışlarını derinleştirdiği belirtilmektedir (Ülger ve Çepni, 2020; Winarno vd., 2020). Mühendislik uygulamaları ile bilim, teknoloji ve matematik disiplinlerinin bütünleştirildiği STEM eğitimi etkinliklerinin öğrencilerin disiplinler arası düşünme becerilerini ve kavramsal gelişimlerini arttırdığı, anlamlı öğrenmelerini desteklediği birçok çalışmada ortaya konmaktadır (Ahsan, 2023; Uyar, Canpolat ve Şan, 2021; Dedetürk vd., 2021; Hidayah ve Mustadi, 2021; Macale vd., 2021; Özcan vd., 2022; Yiğit Özüdoğru ve Yalçın, 2023; Uzun ve Şen, 2023). Araştırmalarda ters yüz edilmiş sınıflardaki öğrencilerin

farklı STEM konularında, geleneksel sınıflardaki akranlarına göre daha yüksek performans gösterdikleri ve bu durumun aktif öğrenme stratejileriyle ilişkili olduğu belirtilmektedir (Gong vd., 2023; Jensen vd., 2015; Lo ve Hew, 2021). Sınıfta uygulamalar yapabilecekleri aktif öğrenme ortamlarının oluşturulması, öğrencilerin kavramsal becerilerinin gelişimine katkı sağlarken (Aidoo vd., 2022), TYS modeli bu süreci destekleyerek öğrencilerin sınıf dışı öğrenmelerini sınıf içi etkinliklerle bütünleştirip kavramsal öğrenmelerini derinleştirmektedir (Güngenci, 2023; Serin ve Yalman, 2024). Benzer biçimde, bu modelin öğrencilerin etkileşim ve katılım düzeylerini artırarak anlamlı öğrenmeyi desteklediği çeşitli araştırmalarda da belirtilmektedir (Irwanto vd., 2024; Fatacharmita vd., 2024).

Mevcut araştırmada uygulanan ters yüz edilmiş üç aşamalı iş birlikli öğretim modeli, özellikle özel yetenekli öğrencilerin kavramsal bilgi düzeylerini artırmalarına katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bu yaklaşım derslere katılımı ve iş birliğini teşvik etmekle kalmayıp, aynı zamanda bilişsel becerilerinin gelişimini de desteklemektedir. İşbirlikli tartışmalar ve uygulama odaklı etkinlikler, özel yetenekli öğrencilerde daha güçlü bir etki yaratarak derse yönelik ilgiyi artırmaktadır (Bundotich, 2024). Öğrencilerin öğrenme ihtiyacına uygun öğretim etkinliklerinin geliştirilmesi, modelin STEM disiplinleri gibi çok yönlü uygulamalara entegre edilmesi açısından önem taşımaktadır. Puspitasari vd. (2020) çalışmalarında, STEM temelli tersine öğrenme modüllerinin öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirecek biçimde tasarlanması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin iş birlikli projeler aracılığıyla keşfetme, deney yapma ve bilimsel araştırmalara aktif katılım sağlama fırsatlarını artıran öğrenme ortamlarının gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır (Erkan ve Duran, 2023).

Chong vd. (2019), TYS ortamında öğrenim gören öğrencilerin kavramsal bilgi kazanımlarının geleneksel öğretim ortamlarına göre anlamlı biçimde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Benzer biçimde, Karyadi vd. (2020), iş birliğine dayalı problem çözme yaklaşımlarının TYS tasarımıyla birleştirilmesinin, hem iş birlikli becerilerin hem de kimyasal denge gibi karmaşık konularda kavramsal anlayışın gelişimini desteklediğini göstermiştir. Kumar ve Prakash'ta (2023) iş birlikli öğrenmenin, TYS modelinde uygulandığında daha fazla öğrenci katılımına, eleştirel düşünme becerilerine ve akademik başarıya yol açtığını vurgulamaktadır. Çevik ve Kaya (2025) ise fen öğretiminde iş birliğine dayalı TYS uygulamalarının, kavramların tartışma ve tekrar yoluyla kalıcı biçimde öğrenilmesini sağladığını belirtmiştir. Benzer şekilde Küleğel ve Topsakal'da (2021), STEM eğitiminin özel yetenekli öğrencilerin fen bilimleri derslerinde öğrendikleri ile gerçek mühendislik problemlerini çözebilmelerini sağladığını, matematik becerilerini ve disiplinlerarası öğrenmelerini geliştirdiğini ve STEM kariyerlerine yönelimlerini kolaylaştırdığını göstermektedir.

Bu bulgular, TYS modelinin mühendislik ve STEM uygulamalarıyla bütünleştiğinde, özel yetenekli öğrenciler için güçlü bir öğrenme ortamı sunduğunu göstermektedir. Bu bütüncül öğrenme ortamı BİLSEM gibi zenginleştirilmiş eğitim ortamlarında özel yetenekli öğrencilerin kendi düzeylerindeki akranlarıyla birlikte çalışabilecekleri bir öğrenme atmosferi yaratarak, bilgiyi uygulamalarını ve kavramsal becerilerini geliştirmelerini desteklemektedir. Siegle'a (2015) göre, TYS modelinin esnek yapısı, özel yetenekli öğrencilerin kendi öğrenme tarzlarında gelişmelerine fırsat tanıyan çok yönlü bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Jang ve Kim (2020) ise yaptıkları meta analiz çalışmasında, özellikle TYS modelinin bilişsel çıktılara kıyasla duygusal ve sosyal çıktılar üzerinde daha önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir.

Bu bağlamda, özel yetenekli öğrenciler için tasarlanan zenginleştirilmiş eğitim programlarının yalnızca bilişsel olarak zorlayıcı değil, aynı zamanda sosyal ve duygusal gelişimi de destekleyen iş birlikli öğrenme ortamlarını içermesi önem taşımaktadır. Böyle bir yaklaşım, özel yetenekli öğrencilerin potansiyellerini tam anlamıyla ortaya çıkarmalarına, eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini derinlemesine kullanmalarına olanak sağlamaktadır (Kettler, 2014; Treffinger ve Isaksen, 2005). Dolayısıyla, TYS modeliyle desteklenen mühendislik tasarım temelli etkinlikler, bu öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini geliştirmede etkili bir öğretim yöntemi olarak değerlendirilebilir.

## **ÖNERİLER**

BİLSEM'lere devam eden özel yetenekli öğrencilerle yürütülen bu araştırmanın bulgularından yola çıkarak çeşitli öneriler sunulabilir. BİLSEM'lerde öğrencilerin sınırlı gün ve saatlerde eğitim alması, uygulama temelli etkinliklerin yoğunluğu nedeniyle kavramsal öğrenmelere yeterli zaman ayrılamamasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, TYS modelinin BİLSEM programlarına entegre edilmesi, öğrencilerin sınıf dışı öğrenme süreçlerini etkin biçimde kullanmalarına ve zenginleştirme programlarının verimliliğine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, ortaokul ve lise düzeyinde yer alan öğrenciler, TÜBİTAK Bilim Fuarları ve proje yarışmalarına hazırlanırken farklı okullarda öğrenim görmeleri ve yalnızca BİLSEM ortamında bir araya gelmelerinden dolayı iş birliği ve iletişim becerilerini destekleyecek yapılandırılmış öğrenme ortamlarına ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, TYS modeli kapsamında geliştirilen Üç Aşamalı İş Birlikli Öğretim (3-İÖ) Modeli, proje hazırlık süreçlerinde öğrencilerin iletişimini güçlendirebilir, grup içi görev paylaşımını kolaylaştırabilir ve çalışmaların sürekliliğini sağlayarak proje hazırlama sürecini hızlandırabilir. Modelin disiplinler arası çalışmalarla yürütülmesi, öğrencilerin farklı alanlardan akranlarıyla birlikte öğrenme süreçlerine katılımını kolaylaştırabilir; akran öğrenmesi yoluyla projelerinin kavramsal temelini güçlendirebilir. BİLSEM'lerde uygulanan esnek ve bireyselleştirilmiş öğretim yaklaşımı fen, teknoloji, matematik ve tasarım tabanlı derslere modelin uyarlanmasıyla kolaylık sağlayarak hem öğrenme süreçlerinin derinliğini artırabilir hem de özel yetenekli öğrencilerin bireysel potansiyellerini ortaya koymalarına katkı sağlayabilir.

### **Etik Onay**

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Etik Komisyonu tarafından 10.09.2024 tarih ve 14 sayılı etik komisyonu kararı ile onaylanmıştır.

### **Çıkar Çatışması**

Çalışmada yazarlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

## **REFERANSLAR**

- Afrilyasanti, R., Cahyono, B. Y., & Astuti, U. P. (2017). Indonesian EFL students' perceptions on the implementation of flipped classroom model. *Journal of Language Teaching and Research*, 8(3), 476–484. <https://doi.org/10.17507/jltr.0803.05>
- Ahsan, N., & Khurram, A. F. A. (2023). Empowering tomorrow: A systematic approach to STEM education pedagogy for achieving sustainable development goals and students' conceptual

- understanding. *International Journal of Trends and Innovations in Business & Social Sciences*, 1(4), 146–155. <https://doi.org/10.48112/tibss.v1i4.676>
- Aidoo, B., Vesterinen, V. M., Macdonald, M. A., Gísladóttir, B., & Pétursdóttir, S. (2022). Perceptions of Ghanaian student teachers on benefits and challenges of the flipped classroom: A case study. *Contemporary Educational Technology*, 14(4), Article ep379. <https://doi.org/10.30935/cedtech/12163>
- Aljughaiman, A., Nofal, M., & Hein, S. (2015). Gifted education in Saudi Arabia. In D. Y. Dai & C. C. Kuo (Eds.), *Gifted education in Asia: Problems and prospects* (pp. 191-213). Information Age Publishing.
- Avcu, Y. E. (2019). *Özel yetenekli öğrenciler için bilişim teknolojileri ve yazılım alanına yönelik bir öğretim tasarımının geliştirilmesi* [Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=601155>
- Ayık, Z., Gül, M. D., & Karacabey, M. F. (2023). Adaptation of teachers' competency for meeting the instructional needs of gifted students scale and investigation of some variables. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(1), 187-220. <https://doi.org/10.46778/goputeb.1268279>
- Bahar, M., Yener, D., Yılmaz, M., Emen, H., & Gürer, F. (2018). 2018 Fen bilimleri öğretim programı kazanımlarındaki değişimler ve fen teknoloji matematik mühendislik (STEM) entegrasyonu. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 702-735. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2018..-412111>
- Baytiyeh, H., & Naja, M. K. (2017). Students' perceptions of the flipped classroom model in an engineering course: A case study. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1048-1061. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1252905>
- Bozan, İ., & Çakar, F. S. (2020). Bilim ve Sanat Merkezi öğretmenlerinin yaşadıkları sorunlar ve bu sorunlara ilişkin çözüm önerilerinin belirlenmesi. *Turkish Studies – Educational Sciences*, 15(3), 1689-1709. <https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.39986>
- Braun, V., & Clarke, V. (2021). Can I use TA? Should I use TA? Should I not use TA? Comparing reflexive thematic analysis and other pattern-based qualitative analytic approaches. *Counselling and Psychotherapy Research*, 21(1), 37-47. <https://doi.org/10.1002/capr.12360>
- Bundotich, D. S. (2024). Perception of the gifted students on the influence of mentorship and counselling services on academic performance: A case of Uasin Gishu County, Kenya. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(7), 1055-1062. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRIS.2024.807085>
- Callister, W. D., Jr., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials science and engineering: An introduction* (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Canbazoğlu Bilici, S., Karataş, F. Ö., & Özdemir Yılmaz, Y. (Eds.). (2024). *Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi uygulamaları*. Pegem Akademi Yayıncılık
- Chiang, F. K., & Chen, C. (2017). Modified flipped classroom instructional model in “learning sciences” course for graduate students. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 26(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40299-016-0321-2>
- Chiang, F. K., & Wu, Z. (2021). Flipping a classroom with a three-stage collaborative instructional model (3-CI) for graduate students. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(4), 51-67. <https://doi.org/10.14742/ajet.6330>
- Chong, K. E., Wong, K. L., Leung, C. W., & Ting, F. S. (2019). Flipped-classroom with interactive videos in first year undergraduate physics course in Hong Kong. In *Education and Training in Optics and Photonics* (pp. 11143–11146). Optica Publishing Group. <https://doi.org/10.1117/12.2523439>
- Cross, N. (2008). *Engineering design methods: Strategies for product design* (4th ed.). Wiley.

- Çevik, A., & Kaya, H. (2025). Fen eğitiminde iş birlikli öğrenmeye dayalı ters-yüz sınıf ve karınca kolonisi modellerinin kavramsal öğrenmeye etkisi. *Eğitimde Yeni Yaklaşımlar Dergisi*, 8(1), 64-82. <https://doi.org/10.70325/eyyad.1672314>
- Dedetürk, A., Kirmizigül, A. S., & Kaya, H. (2021). The effects of STEM activities on 6th grade students' conceptual development of sound. *Journal of Baltic Science Education*, 20(1), 21-37. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.21>
- Duke, N. K., & Pearson, P. D. (2009). Effective practices for developing reading comprehension. *Journal of Education*, 189(1-2), 107-122. <https://doi.org/10.1177/0022057409189001-208>
- Erkan, H., & Duran, M. (2023). The effects of STEM activities conducted with the flipped learning model on primary school students' scientific creativity, attitudes, and perceptions towards STEM. *Science Insights Education Frontiers*, 15(1), 2175-2225. <https://doi.org/10.15354/sief.23.or115>
- Fatacharmita, T., Hadinugrahaningsih, T., & Irwanto, I. (2024). Analysis of students' conceptual understanding on colloidal materials through the flipped classroom learning model integrated peer-instruction. *Journal of Computers for Science and Mathematics Learning*, 1(2), 79-92. <https://doi.org/10.70232/thnvb502>
- Gharehbaghi, K., Georgy, M., & Rahmani, F. (2019). Composite high-rise structures: Structural health monitoring (SHM) and case studies. In *Materials Science Forum* (Vol. 940, pp. 146-152). Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.940.146>
- Gong, J., Cai, S., & Cheng, M. (2024). Exploring the effectiveness of flipped classroom on STEM student achievement: A meta-analysis. *Technology, Knowledge and Learning*, 29(2), 1129-1150. <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09700-7>
- Güngenci, M. M. (2023). Ters yüz öğrenme modeline yönelik ders planı önerisi: Kitle iletişiminde Arapça dersi örneği. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 21(3), 1562-1579. <https://doi.org/10.37217/tebd.1353267>
- Herreid, C. F., & Schiller, N. A. (2013). Case study: Case studies and the flipped classroom. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 62-66. [https://doi.org/10.2505/4/jcst13\\_042\\_05\\_62](https://doi.org/10.2505/4/jcst13_042_05_62)
- Hidayah, L. R., & Mustadi, A. (2021). The implementation of the flipped classroom for early grade students in elementary school. *International Journal of Elementary Education*, 5(1), 98-106. <https://doi.org/10.23887/ijee.v5i1.33151>
- Hwang, G. J., Lai, C. L., & Wang, S. Y. (2015). Seamless flipped learning: A mobile technology-enhanced flipped classroom with effective learning strategies. *Journal of Computers in Education*, 2(4), 449-473. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0043-0>
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. National Center for Engineering and Technology Education. [https://ceeo.tufts.edu/documents/file/infusing\\_engineering\\_design.pdf](https://ceeo.tufts.edu/documents/file/infusing_engineering_design.pdf)
- Irwanto, I., Rahmah, S. N., & Nanda, E. V. (2024). Flipped classrooms with peer instruction: The impact on students' conceptual understanding. *TEM Journal*, 13(2), 1363-1370. <https://doi.org/10.18421/tem132-42>
- Jang, H. Y., & Kim, H. J. (2020). A meta-analysis of the cognitive, affective, and interpersonal outcomes of flipped classrooms in higher education. *Education Sciences*, 10(4), Article 115. <https://doi.org/10.3390/educsci10040115>
- Jensen, J. L., Kummer, T. A., & Godoy, P. D. D. M. (2015). Improvements from a flipped classroom may simply be the fruits of active learning. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), Article ar5. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0129>
- Karyadi, P. A., Paristiowati, M., & Afrizal, A. (2020). Analysis the 21st century skills of students in chemical equilibrium learning with flipped classroom-collaborative problem solving model. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 5(1), 48-60. <https://doi.org/10.15575/jtk.v5i1.7971>

- Kaya İci, N., Kandemir, C., & Albayrak, H. (2024). Bilim ve Sanat Merkezine devam eden öğrencilerin devamsızlıklarına ilişkin öğrenci görüşleri. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal (Smart Journal)*, 9(77), 5174–5181. <http://dx.doi.org/10.29228/smryj.73581>
- Kettler, T. (2014). Critical thinking skills among elementary school students. *Gifted Child Quarterly*, 58(2), 127-136. <https://doi.org/10.1177/0016986214522508>
- Kirch, C. (2012, January 23). My favorite WSQ. *Flipping with Kirch*. <https://flippingwithkirch.blogspot.com/2012/01/my-favorite-wsq.html>
- Kumar, S. R., & Prakash, S. (2023). Tools and techniques for promoting collaborative learning in a virtual model-flipped classroom. *Thiagarajar College of Preceptors Edu Spectra*, 5(2), 18-25. <https://doi.org/10.34293/eduspectra.v5i2.04>
- Külegel, S., & Umdu Topsakal, Ü. (2020). Özel yetenekli öğrencilerin E-STEM etkinliği ile ilgili görüşleri: “Yelkenbüs tasarlayalım”. *USVES Uluslararası Sosyal Bilimler ve Eğitim Bilimleri Sempozyumu* (ss. 758-774).
- Lo, C. K., & Hew, K. F. (2021). Student engagement in mathematics flipped classrooms: Implications of journal publications from 2011 to 2020. *Frontiers in Psychology*, 12, 672610. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.672610>
- Macale, A., Lacsamana, M., Quimbo, M. A., & Centeno, E. (2021). Enhancing the performance of students in chemistry through flipped classroom with peer instruction teaching strategy. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(1), 717-747. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.1.1598>
- Mallick, P. K. (2007). *Fiber-reinforced composites: Materials, manufacturing, and design* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420005981>
- Mann, E. L., Mann, R. L., Strutz, M. L., Duncan, D., & Yoon, S. Y. (2011). Integrating engineering into K-6 curriculum: Developing talent in the STEM disciplines. *Journal of Advanced Academics*, 22(4), 639-658. <https://doi.org/10.1177/1932202x11415007>
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Sage Publications.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. <https://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx>
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2022). Milli Eğitim Bakanlığı bilim ve sanat merkezleri yönergesi. *Tebliğler Dergisi*, 85(2771).
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli fen bilimleri dersi öğretim programı (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. <https://tymm.meb.gov.tr/upload/program/2024programfen345678Onayli.pdf>
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2025). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli öğretim programları ortak metni*. [https://tymm.meb.gov.tr/upload/brosur/ortak\\_metin.pdf](https://tymm.meb.gov.tr/upload/brosur/ortak_metin.pdf)
- Mohd Nasir, M. A., Alaudin, R. I., Ismail, S., Mat Ali, N., Mohd Faudzi, F. N., Yusuff, N., & Mohd Pozi, M. S. (2020). The effectiveness of flipped classroom strategy on self-directed learning among undergraduate mathematics students. *Practitioner Research*, 2(2), 61-81. <https://doi.org/10.32890/pr2020.2.4>
- Nouri, J. (2016). The flipped classroom: For active, effective and increased learning – especially for low achievers. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13, Article 33. <https://doi.org/10.1186/s41239-016-0032-z>
- Özcan, Ş., Demir, M., Aksu, N., Urhan, S., & Zengin, Y. (2022). Ortaokul öğrencilerinin çember konusundaki kavramsal anlamalarının incelenmesi: 5E öğrenme modeli ile ters yüz edilmiş sınıf

- yaklaşımı. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(1), 110-133. <https://doi.org/10.21666/muefd.988366>
- Özer, M. (2021). Türkiye’de özel yeteneklilere yetenek geliştirme desteğinde bilim ve sanat merkezleri: Mevcut durum ve iyileştirme alanları. *OPUS International Journal of Society Researches*, 17(33), 727-749. <https://doi.org/10.26466/opus.810856>
- Özkan, R. A., & Sarıkaya, R. (2023). Mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin dördüncü sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme becerilerine etkisi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 12(2), 318-327. <https://doi.org/10.30703/cije.1183659>
- Pahl, G., & Beitz, W. (2013). *Engineering design: A systematic approach* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2>
- Puspitasari, R. D., Herlina, K., & Suyatna, A. (2020). A need analysis of STEM-integrated flipped classroom e-module to improve critical thinking skills. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 3(2), 178-184. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v3i2.6121>
- Rachmawati, Y., Mariono, A., & Arianto, F. (2023). The effect of the flipped classroom model on students’ Al-Quran reading ability in Islamic religious education at “Excellent Children’s Elementary School”. *International Journal of Social Science and Human Research*, 6(8), 4733-4737. <https://doi.org/10.47191/ijsshr/v6-i8-15>
- Sak, U., & Ayas, B. (2020). EPTS curriculum model: Optimum curriculum differentiator for the education of gifted students. *Gifted Education International*, 36(2), 154-169. <https://doi.org/10.1177/0261429420917879>
- Schroth, S. T., & Helfer, J. A. (2017). Gifted & green: Sustainability/environmental science investigations that promote gifted children’s learning. *Gifted Child Today*, 40(1), 14-28. <https://doi.org/10.1177/1076217516675903>
- Serin, G., & Yalman, F. E. (2024). İlkokul öğrencilerinin ‘İnsan ve Çevre Ünitesi’ndeki kavramsal değişimlerinin incelenmesi: Ters yüz edilmiş öğrenme ortamlarının etkisi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(3), 602–625. <https://doi.org/10.17860/mersinefd.1554156>
- Siegle, D. (2015). Technology: Learning can be fun and games. *Gifted Child Today*, 38(3), 192-197. <https://doi.org/10.1177/1076217515583744>
- Sopakitiboon, T., Tuampoemsab, S., Howimanporn, S., & Chookaew, S. (2023). Implementation of new-product creativity through an engineering design process to foster engineering students’ higher-order thinking skills. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 13(5), 61-81. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i5.38863>
- Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: The history, development, and implications for gifted education and talent development. *Gifted Child Quarterly*, 49(4), 342–353. <https://doi.org/10.1177/001698620504900407>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2015). *Product design and development* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). *Global assessment report on disaster risk reduction 2023*. United Nations. <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2023>
- Uyar, A., Canpolat, M., & Şan, İ. (2021). STEM merkezindeki öğretmenlerin ve öğrencilerin STEM eğitimi hakkındaki görüşleri: PayaSTEM merkezi örneği. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(1), 151-170. <https://doi.org/10.33206/mjss.799488>
- Uzel, L. (2019). 6. sınıf madde ve ısı ünitesinde gerçekleştirilen mühendislik tasarım temelli uygulamaların öğrencilerin problem çözme ve tasarım becerilerine etkisinin değerlendirilmesi (Yayın No. 598369) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

- Uzun, S., & Şen, N. (2023). The effects of a STEM-based intervention on middle school students' science achievement and learning motivation. *Journal of Pedagogical Research*, 7(1), 16-28. <https://doi.org/10.33902/jpr.202319315>
- Ülger, B. B., & Çepni, S. (2020). Evaluating the effect of differentiated inquiry-based science lesson modules on gifted students' scientific process skills. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 10(4), 1289-1324. <https://doi.org/10.14527/pegegog.2020.039>
- Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N., & Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1345-1360. <https://doi.org/10.17478/jegys.766201>
- Ye, Y. Y., Zeng, J. J., & Li, P. L. (2022). A state-of-the-art review of FRP-confined steel-reinforced concrete (FCSRC) structural members. *Polymers*, 14(4), 677. <https://doi.org/10.3390/polym14040677>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. bs.). Seçkin Yayıncılık.
- Yiğit Özüdoğru, H., & Yalçın, A. (2023). Sorgulama temelli öğrenme etkinliklerinin Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM) öğrencilerinin coğrafi sorgulama becerilerine etkisi. *Millî Eğitim Dergisi*, 52(239), 1829-1858. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.1288722>
- Zhao, H. (2015). The practice and thinking of the flipped classroom model in the e-commerce course. In *International Conference on Education, Management and Computing Technology (ICEMCT-15)* (pp. 1484–1487). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/icemct-15.2015.312>

## EXTENDED ABSTRACT

**Introduction:** In recent years, the integration of engineering design practices into science education has gained importance as a means to enhance students' conceptual understanding of scientific phenomena and promote meaningful learning. Engineering design-based learning environments, when combined with the flipped classroom model, create opportunities for students to take greater responsibility for their own learning, actively engage in inquiry, and connect theoretical knowledge with real-world applications. This integration is particularly valuable for gifted students, whose advanced cognitive capacities require learning environments that challenge their analytical, creative, and reflective thinking. Composite materials, which are formed by combining two or more components with distinct physical and mechanical properties, provide a rich context for understanding complex scientific concepts such as material structure, strength, and function. In this study, the instructional process was designed to foster gifted students' conceptual understanding of composite materials through engineering design-based practices integrated with the flipped classroom model.

**Method:** This qualitative study employed a case study design to explore gifted students' conceptual learning processes related to composite materials. The study was conducted with 21 seventh-grade students attending a Science and Art Center (BILSEM) in the Marmara Region of Türkiye. The instructional intervention lasted for three weeks and was structured according to the Three-Stage Collaborative Instructional Model (3-CI), which integrates pre-class, in-class, and post-class learning stages. During the out-of-class phase, students engaged with digital learning materials through the "Watch-Summarize-Ask" form, which guided them to process video content, summarize key concepts, and generate questions. In-class sessions involved group discussions, collaborative reflection, and the design of composite block prototypes using various reinforcing materials.

**Findings:** The findings revealed that students developed a coherent and in-depth conceptual understanding of composite materials across six main themes: engineering skills, definition of composites, structural properties, applications, classification, and testing processes. Students were able to identify key properties such as lightness, strength, and thermal resistance, and relate these to real-world applications. The analysis of students' forms indicated that their questions evolved from general inquiries about engineering and design toward more specific and technical questions related to material performance and testing. This progression demonstrated a shift from surface-level curiosity to deeper conceptual reasoning. Additionally, students effectively expressed the stages of the engineering design process and established meaningful links between the structural characteristics of materials and their functional purposes.

**Discussion:** The results suggest that the flipped classroom model integrated with engineering design-based instruction can effectively enhance gifted students' conceptual learning by encouraging active engagement, inquiry-driven thinking, and reflective discussion. The structured progression of the Three-Stage Collaborative Instructional Model enabled students to construct knowledge independently before class and apply it collaboratively during in-class design tasks. The iterative nature of the design process—problem definition, prototyping, testing, and evaluation—helped students to internalize scientific concepts while simultaneously developing reasoning and decision-making skills. These outcomes align with prior research indicating that engineering design processes improve students' conceptual understanding, promote higher-order thinking, and provide meaningful contexts for science learning.

**Conclusion:** This study highlights the pedagogical potential of integrating flipped classroom strategies with engineering design-based learning in gifted education. Such integration supports not only the acquisition of conceptual and procedural knowledge but also the development of reasoning, creativity, and scientific communication skills. The results demonstrate that when gifted students are provided with opportunities to explore scientific concepts through design-oriented inquiry, they construct knowledge more deeply and meaningfully.

**Recommendations:** It is recommended that future science curricula for gifted learners include more opportunities for engineering design-based learning integrated with technology-enhanced, flipped classroom models. Teacher professional development should focus on equipping educators with the skills needed to design and implement such models effectively. Further research could investigate the long-term effects of flipped and design-based learning environments on gifted students' conceptual development, problem-solving strategies, and engagement in science-related fields.

### EK 1. İzle-Özetle-Sor Formu

Sevgili öğrencilerim

Videoyu izledikten sonra bu formu lütfen doldurunuz.

Etkinlik adı:

<b>İZLE</b> (Videodan öğrendiğiniz önemli bilgileri yazınız. )	<b>ÖZETLE</b> (Videonun ana fikrini ve en önemli noktalarını kendi cümlelerinizle özetleyiniz. Ayrıca içerikte yer alan soruları cevaplamayı unutmayınız.)	<b>SOR</b> (Konu ile ilgili merak ettiğiniz veya arkadaşlarınızla tartışmak istediğiniz en az bir soruyu yazınız.)