

Doğanın Mühendislik Harikası Kemikler ve Geleceğin Mimari Yapıları

Zeynep KOYUNCU

$2b \neq 2b?$



$E=mc^2$



SCIENTIX STEM ÖĞRENME SENARYOSU

Başlık

Doğanın Mühendislik Harikası Kemikler ve Geleceğin Mimari Yapıları

Yazar(lar)

Zeynep Koyuncu

Özet

Bu senaryoda öğrenciler, kemik dokusunun (trabeküler yapı) mikroskobik düzenini inceleyerek "minimum malzeme ile maksimum dayanıklılık" ilkesini keşfederler. Bu biyomimetik yaklaşımı kullanarak kendi dayanıklı ve hafif köprü/bina modellerini tasarlarlar.

Anahtar Kelimeler

Biyomimikri, Fraktal Benzeri Yapılar, Topoloji Optimizasyonu, Mukavemet, Kemik Dokusu.

Lisans

Attribution ShareAlike CC BY-SA.

Genel Bakış

<i>Ders(er)</i>	Fen Bilimleri, Matematik, Teknoloji ve Tasarım.
<i>Konu(lar)</i>	Destek ve Hareket Sistemi, Geometrik Cisimler, Oran-Orantı, Sürdürülebilir Tasarım.
<i>Öğrencilerin Yaşı</i>	12-14 Yaş (7. ve 8. Sınıf).
<i>Hazırlık Süresi</i>	2 Saat (Materyal toplama ve 3D görsellerin hazırlanması).
<i>Öğretim Süresi</i>	40 + 40 Dakika (2 Ders Saati).
<i>Çevrim İçi Öğretim Materyali</i>	Tinkercad (3D modelleme ve yapısal analiz için), Mentimeter (Ön bilgilerin tespiti ve etkileşimli beyin fırtınası için).
<i>Çevrim Dışı Öğretim Materyali</i>	Makarnalar veya pipetler (kemik liflerini temsil eder), yapıştırıcı, kağıt bardaklar (yük testi için).
<i>Kullanılan Kaynaklar</i>	mentimeter.com https://www.tinkercad.com/ <ul style="list-style-type: none">• TÜBİTAK Bilim Genç - Biyomimikri: bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/doqadan-ilham-alan-tasarimlar-biyomimikri• National Geographic - Biyomimikri Örnekleri: www.nationalgeographic.org/article/biomimicry-design-inspired-nature/• NASA - Living on the Edge (Uzayda Yapılar): www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/LSIC-Structures.html• Zaha Hadid Mimarlık (Biyomorfik Tasarım İncelemesi): www.zaha-hadid.com/architecture/

- **TÜBİTAK Bilim Genç - Kemiklerin Mühendisliği:**
bilimgenc.tubitak.gov.tr - [Vücudumuzun Mimarları: Kemikler](#)
- **AskNature - Bone (İngilizce ama Görsel Odaklı):**
asknature.org - [Bone Structure and Resilience](#)
- **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Arşivi - Biyomimikri Özel Sayısı:**
[TÜBİTAK Arşiv - Doğadan Teknolojiye](#)

Dersin Amacı

Genel Amaç: Bu öğrenme senaryosunun temel amacı; öğrencilerin doğadaki biyolojik yapıları (özellikle insan kemiğinin trabeküler/süngerimsi dokusunu) birer mühendislik harikası olarak incelemelerini sağlamak ve doğanın "minimum malzeme ile maksimum dayanıklılık" stratejisini (Biyomimikri) kullanarak kendi sürdürülebilir mimari modellerini tasarlamalarını sağlamaktır.

Alt Hedefler (Disiplinler Arası Beklentiler):

- **Bilimsel Okuryazarlık (Fen Bilimleri):** Kemiğin iç yapısındaki boşluklu ağ sisteminin, canlının toplam ağırlığını azaltırken dışarıdan gelen basınca karşı nasıl bir esneme ve güç dağılımı sağladığını kavramak.
- **Matematiksel Modelleme (Matematik):** Bir silindirin (kolonun) hacmini hesaplayarak, içi dolu bir yapı ile içi boşluklu (biyomimetik) bir yapının malzeme kullanımı arasındaki "yüzdeler tasarruf" oranını matematiksel olarak ispatlamak.
- **Mühendislik ve Tasarım Becerisi (Teknoloji Tasarım):** Sınırlı malzeme (kürdan, pipet vb.) kısıtı altında, kendi ağırlığının katbekat fazlasını taşıyabilen (yüksek güç/ağırlık oranına sahip) biyomimetik bir taşıyıcı kolon prototipi inşa etmek ve bunu test etmek.

Güncel Gelişmeler (Eğitim Yöntem Teknikleri)

Güncel Gelişmelerle İlişkisi (Gerçek Dünya Bağlantısı):

Bu senaryo, sadece teorik bir fen veya matematik dersi değil, günümüz endüstrisinin en ileri mühendislik trendlerini sınıfa taşıyan bir vizyona sahiptir. Derste işlenen "kemiğin boşluklu yapısının taklit edilmesi" mantığı, bugün havacılık, otomotiv ve mimari sektörlerinde "**Topoloji Optimizasyonu (Topology Optimization)**" ve "**Üretken Tasarım (Generative Design)**" adıyla kullanılan yapay zeka destekli tasarım süreçlerinin ta kendisidir. Öğrenciler bu dersle, geleceğin 3D baskı (3D printing) inşaat teknolojilerinde ve uzay kolonilerinde kullanılacak olan "hafif ama yıkılmaz" yapıların temel felsefesini deneyimlemektedir. Sürdürülebilirliğin ve malzeme tasarrufunun kritik olduğu günümüzde, biyomimikri temelli bu yaklaşım, yeşil mimarinin (green architecture) kalbini oluşturmaktadır.

Kullanılan Eğitim Yöntem ve Teknikleri:

- **Proje Tabanlı Öğrenme (PBL - Project Based Learning):** Öğrenciler, gerçek dünya problemi (rüzgara veya depreme dayanıklı, az maliyetli bina yapımı) üzerinden yola çıkarak somut bir ürün (prototip) ortaya koyarlar.
- **Sorgulamaya Dayalı Öğrenme (Inquiry-Based Learning):** Öğrenciye "Kemik nasıldır?" bilgisi doğrudan verilmez; "Eyfel Kulesi fırtınada neden yıkılmaz?" ve "Doğa neden kemiklerimizi tamamen dolu betondan yapmadı?" gibi merak uyandırıcı açık uçlu sorularla kendi keşiflerini yapmaları sağlanır.
- **Mühendislik Tasarım Döngüsü (Engineering Design Process):** *Sorunu Tanımla → Araştır → Hayal Et → Planla → Üret → Test Et → Geliştir* adımları birebir uygulanarak öğrencilerin analitik düşünme kasları çalıştırılır.

- **İşbirlikli Öğrenme ve Beyin Fırtınası:** Gruplar halinde çalışan öğrenciler, hangi geometrik şeklin (X, V veya petek dokusu) sesi veya yükü daha iyi dağıtacağını tartışarak karar alırlar.

21. Yüzyıl Becerileri

Deneme-yanılma (iterasyon) yoluyla başarısızlıklardan ders çıkarmak, grup içinde takım çalışması yapmak ve elde edilen verileri (taşıma kapasitesi grafikleri) bilimsel bir dille sunmak.

STEM Strateji Kriterleri

Unsurlar ve Kriterler	Bu Kriter Öğrenme Senaryosunda Nasıl Ele Alınmaktadır?
Talimatlar	
Öğrenmenin Kişiselleştirilmesi	Öğrencilere tek tip bir "doğru cevap" sunulmaz. Biyomimetik kolon tasarlarken (X, V, Z çapraz bağları, malzeme yoğunluğu vb.) öğrenciler kendi kararlarını alır ve prototiplerini tamamen kişisel/grup tercihlerine göre inşa ederler.
Probleme Dayalı Öğrenme ve Proje Tabanlı Öğrenme	Öğrenciler derse doğrudan bir problemle başlar: <i>"Minimum malzemeyle maksimum yükü taşıyacak dayanıklı bir yapıyı nasıl inşa ederiz?"</i> Bu probleme yanıt bulmak için kendi kolon prototiplerini (ürün) ortaya koyarak proje tabanlı öğrenme sürecini tamamlarlar.
Sorgulamaya Dayalı Bilim Eğitimi	Bilgi doğrudan verilmez. <i>"Eyfel Kulesi fırtınada neden devrilmez?"</i> ve <i>"İnsan kemiği neden tamamen içi dolu beton gibi tasarlanmamıştır?"</i> gibi açık uçlu sorularla öğrencilerin doğayı analiz edip sorgulamaları sağlanır.
Müfredat Uygulaması	
STEM Konularına ve Yetkinliklerine Vurgu	Biyoloji (kemik anatomisi), Matematik (hacim hesabı), Mühendislik (yapısal dayanıklılık) ve Tasarım (optimizasyon) becerileri doğrudan işe koşulur. Elde edilen veriler kaydedilerek veri okuryazarlığı yetkinliği geliştirilir.
Disiplinler Arası Eğitim	Fen Bilimleri (Destek ve Hareket Sistemi/Basınç) ile Matematik (Silindirin Hacmi/Oran-Orantı) derslerinin kazanımları ayrı ayrı değil, tek bir etkinlik kağıdı üzerinde harmanlanarak verilir. Fen Bilimleri (8. Sınıf): • F.8.3.1.1. Katı basıncını etkileyen değişkenleri deneyerek keşfeder. (<i>Kemiğin yüzey alanı ve yapısal tasarımının basıncı nasıl dağıttığı üzerinden ele alınır.</i>) • F.8.5.1.1. Destek ve hareket sistemi ile ilgili yapıları açıklar ve sağlığını korumak için yapılması gerekenleri tartışır. (<i>Kemiklerin süngerimsi dokusu ve mikroskobik yapısı üzerinden incelenir.</i>)

Unsurlar ve Kriterler	Bu Kriter Öğrenme Senaryosunda Nasıl Ele Alınmaktadır?
	<p>Matematik (8. Sınıf):</p> <ul style="list-style-type: none"> • M.8.3.4.1. Dik dairesel silindirin temel elemanlarını tanıır, inşa eder ve açılımını çizer. • M.8.3.4.2. Dik dairesel silindirin yüzey alanı bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. • M.8.3.4.3. Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer. <i>(Bu kazanımlar, biyomimetik kolon tasarımlarının malzeme hacmi ve verimlilik hesaplamalarında kullanılır.)</i>
STEM Öğretiminin Bağlamsallaştırılması	Konu teorik kalmaktan çıkarılıp "Biyomimikri" (Doğadan ilham alma) kavramı ile günlük yaşam/mimari bağlamına oturtulur. Gustave Eiffel'in uyluk kemiğinden (femur) ilham alarak kuleyi tasarlaması gerçek dünya bağlantısıdır.
Değerlendirme	
Sürekli Değerlendirme	Süreç, sadece sonuç odaklı değil; "Öğrenci Çalışma Kağıdı" üzerinden 4 bölümlük adım adım ilerleyen formatif (biçimlendirici) bir değerlendirme ile takip edilir.
Kişiselleştirilmiş Değerlendirme	Geleneksel sınav yerine Verimlilik Skoru (Taşıdığı Yük / Kendi Ağırlığı) metrik sistemi kullanılır. Her grup kendi tasarımının başarısını kendi rakamlarıyla ve mühendislik raporuyla kanıtlar.
Personelin Profesyoneleşmesi	
Yüksek Nitelikli Profesyoneller	Öğretmen; Biyomimikri ve Topoloji Optimizasyonu gibi güncel endüstri ve bilimsel gelişim trendlerini sentezleyerek üst düzey bir rehber (fasilitatör) rolü üstlenir.
Destekleyici (Pedagojik) Personelin Varlığı	Laboratuvar test sürecinde teknoloji-tasarım veya fen bilgisi zümrelerinden öğretmenler veya okul laboratuvar sorumlusu sürece entegre edilebilir.
Profesyonel Gelişim	Bu senaryo, uygulayan öğretmenin 21. yy mühendislik tasarımları ve yeni nesil 3D yapılar hakkında mesleki dağarcığını geliştirmesine katkı sunar.
Okul Liderliği ve Kültürü	
Okul Liderliği	Etkinliğin sınırlı ders saatine sığması için blok ders planlaması yapılması ve malzeme temini konularında okul yönetiminin teşvik ve vizyonuna ihtiyaç duyar.
Personel Arasında Yüksek Düzeyde İş Birliği	Matematik ve Fen Bilimleri öğretmenlerinin ders planlarını senkronize etmelerini ve "Co-teaching" (birlikte öğretim) yapmalarını teşvik eden bir altyapıya sahiptir.
Kapsayıcı Kültür	Deneyin tasarım kısmı dokunsal/kinestetik öğrencilere, hesaplama kısmı analitik öğrencilere, sunum kısmı sözel öğrencilere hitap ederek sınıf içindeki her yetenek grubunu sürece katar.

Unsurlar ve Kriterler	Bu Kriter Öğrenme Senaryosunda Nasıl Ele Alınmaktadır?
Bağlantılar	
Endüstri ile	Dersin giriş veya sunum aşamasında çevrimiçi veya yüz yüze yerel bir mimar veya inşaat mühendisi derse konuk edilerek binaların yük taşıma prensipleri dinlenebilir.
Ebeveynler/Veliler ile	Öğrenciler prototiplerini hazırlarken ihtiyaç duydukları atık veya geri dönüştürülebilir malzemeleri (karton, plastik boru vb.) ebeveynleriyle birlikte evden seçip getirerek aileyi de sürece dahil eder.
Diğer Okullar ve/veya Eğitim Platformları ile	Çıkan başarılı prototipler ve verimlilik skorları eTwinning projelerinde, Scientix topluluğunda veya okulun dijital portalında diğer okullarla kıyaslanmak üzere paylaşılabilir.
Üniversiteler ve/veya Araştırma Merkezleri ile	Yakın çevredeki üniversitelerin Biyomühendislik veya Mimarlık fakültelerine, doğadan ilham alan tasarımları görmek üzere sanal veya fiziksel inceleme gezileri düzenlenebilir.
Yerel Topluluklar ile	En iyi ağırlık taşıyan kolon modelleri, okulun bulunduğu ilçedeki bilim şenliklerinde, sergilerde veya maker atölyelerinde sergilenebilir.
Okul Altyapısı	
Teknoloji ve Ekipmana Erişim	İnternet erişimli akıllı tahtalar, kemik dokusunun ve Eyfel Kulesi'nin mikro ve makro 3D incelenmesi için kullanılır (varsa Tinkercad vb. araçlara erişim sağlanır).
Yüksek Kaliteli Eğitim Sınıf Materyalleri	Basit kırtasiye/atık malzemeler ile hassas ölçüm yapabilen dijital teraziler ve standart ağırlık setleri birleştirilerek nitelikli bir laboratuvar deneyi ortamı yaratılır.

Ders Planı

Faaliyetin Adı	Prosedür	Süre
Giriş ve Odaklanma	Sınıf 4'erli gruplara ayrılır. Öğretmen, dersin girişinde öğrencilerin "Biyomimikri" hakkındaki ön algılarını ölçmek için bir Mentimeter anketi açar. Tahtaya yansıyan " Doğadaki hangi yapılar binalara ilham verebilir? " sorusuna öğrenciler anonim olarak cevap verir. Oluşan "Kelime Bulutu" üzerinden dersin hikayesine (Eyfel Kulesi ve Kemik bağına) geçiş yapılır.	10 dk



- **Hazır Şablon Linki:** [mentimeter.com](https://www.mentimeter.com)

"Paris Rüzgarlarına Kafa Tutan Kemik" hikayesi anlatılır. Akıllı tahtada femur kemiği ve Eyfel Kulesi'nin görsel karşılaştırması yapılır.

Keşif ve Araştırma

Öğrencilere TÜBİTAK ve NASA kaynaklı "Biyomimikri" makaleleri sunulur. Çalışma kağıdındaki "Bölüm 1" doldurularak kemiğin boşluklu yapısının avantajları sorgulanır.


15
dk



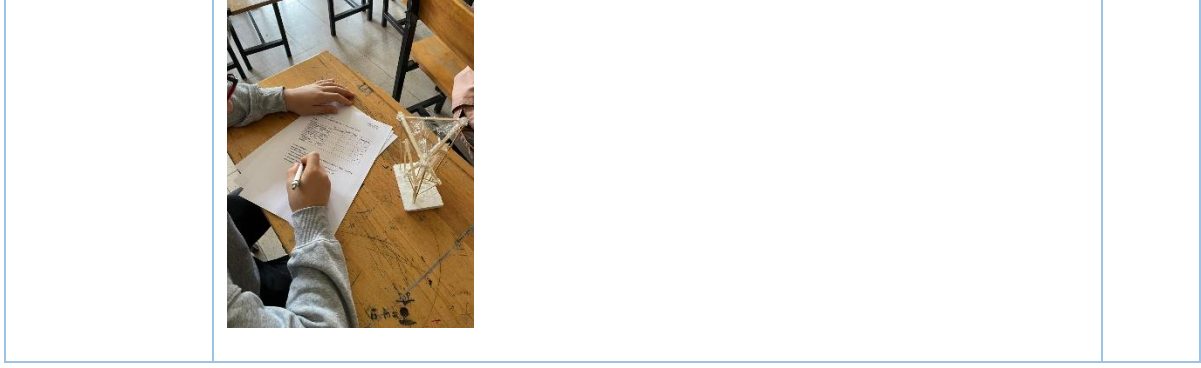
1. Bilimsel Makale ve Kaynak Önerileri

Öğrencilerin gruplarıyla inceleyebileceği, seviyelerine uygun (veya görsel ağırlıklı) kaynaklar:

- **TÜBİTAK Bilim Genç - Biyomimikri:** bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/dogadan-ilham-alan-tasarimlar-biyomimikri
- **National Geographic - Biyomimikri Örnekleri:** www.nationalgeographic.org/article/biomimicry-design-inspired-nature/

	<ul style="list-style-type: none"> • NASA - Living on the Edge (Uzayda Yapılar): www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/LSIC-Structures.html • Zaha Hadid Mimarlık (Biyomorfik Tasarım İncelemesi): www.zaha-hadid.com/architecture/ (Görseller üzerinden mimari ve biyoloji bağı kurulabilir). <p>2. Kemik Yapısı ve Biyomimikri Hakkında Kaynaklar</p> <ul style="list-style-type: none"> • TÜBİTAK Bilim Genç - Kemiklerin Mühendisliği: Bu makale, kemiklerin neden hem hafif hem de dayanıklı olduğunu, içindeki "trabeküler" yapının önemini harika bir dille anlatıyor. <ul style="list-style-type: none"> ◦ Link: bilimgenc.tubitak.gov.tr - Vücudumuzun Mimarları: Kemikler • AskNature - Bone (İngilizce ama Görsel Odaklı): Biyomimikri alanında dünyanın en prestijli kütüphanesidir. Kemiklerin basıncı nasıl dağıttığını grafiklerle gösterir. (Öğrencilere görselleri yansıtmak için idealdir). <ul style="list-style-type: none"> ◦ Link: asknature.org - Bone Structure and Resilience • TÜBİTAK Bilim ve Teknik Arşivi - Biyomimikri Özel Sayısı: Eyfel Kulesi ve kemik arasındaki tarihsel bağı merak eden öğrenciler için mükemmel bir kaynak. <ul style="list-style-type: none"> ◦ Link: TÜBİTAK Arşiv - Doğadan Teknolojiye 	
<p>Matematiksel Modelleme</p>	<p>Silindir hacmi formülü üzerinden "İçi Dolu vs. Biyometrik Kolon" malzeme tasarruf hesabı yapılır (Çalışma Kağıdı Bölüm 2).</p> 	<p>10 dk</p>
<p>Tasarım ve Teknoloji</p>	<p>Tinkercad üzerinden 3D kafes sistemleri incelenir. Ardından pipet ve atık malzemelerle biyomimetik kolon prototipleri inşa edilir.</p>	<p>30 dk</p>

<p>Test ve Veri Analizi</p>	<p>Prototiplerin taşıma kapasiteleri ölçülür. Verimlilik skoru (Taşındığı Yük / Kendi Ağırlığı) hesaplanarak raporlanır (Çalışma Kağıdı Bölüm 3).</p>	<p>10 dk</p>
<p>Değerlendirme ve Kapanış</p>	<p>Öz değerlendirme testi uygulanır. "Geleceğin şehirlerinde bu yapılar nerede kullanılabilir?" tartışmasıyla ders sonlandırılır.</p>	<p>5 dk</p>



Değerlendirme

- **Yöntem:** Süreç odaklı değerlendirme ve "Tasarım Günlüğü".
- **Kriterler:**
 1. Tasarımda kemik dokusundaki boşluklu yapının mantığı kullanıldı mı?
 2. Malzeme minimum düzeyde tutularak maksimum yük taşınabildi mi?
 3. Matematiksel oranlar doğru hesaplandı mı?

Öğrenci Geri Bildirimi

Öz değerlendirme formunda ve tasarım günlüğündeki soruları mükemmel ve evet olarak cevaplandırdı. Derse katılım sağlandı. Malzeme temini konusunda çok istekli davrandılar. Diğer sınıflardan eksik malzemeleri temin etmek istediler. Genel olarak olumlu görüş bildirdiler. Hem ürün tasarlarken hem de öğrenci çalışma kağıtlarını tamamlarken konu ile ilgili soruları doğru cevaplandırdılar.

Öğretmenlerin Açıklamaları

Bu dersin uygulanması sürecinde öğrencilerin, soyut matematiksel kavramların (hacim hesaplama ve oran-orantı) biyoloji ve mimari gibi somut alanlarda nasıl hayati bir karşılığı olduğunu fark ettikleri gözlemlenmiştir. Dersin girişinde kullanılan **Mentimeter** etkinliği, öğrencilerin ön bilgilerini (biyomimikri farkındalığı) ölçmekte ve derse karşı merak uyandırmakta oldukça etkili olmuştur.

Uygulama Sürecine Dair Notlar:

- **Keşif Aşaması:** Öğrenciler, insan kemiğinin süngerimsi (trabeküler) yapısını mikroskopik görsellerle incelediklerinde, doğadaki 'boşluklu yapının' bir zayıflık değil, stratejik bir güç dağılımı olduğunu hızla kavradılar. Eyfel Kulesi örneği, bu biyolojik bilginin mühendisliğe aktarımını zihinlerinde kalıcı hale getirdi.
- **Matematiksel Modelleme:** İçi dolu bir silindir ile kendi tasarladıkları 'boşluklu' kolon arasındaki malzeme tasarrufu hesabını yaparken, matematiğin bir 'karar verme aracı' olarak kullanılması öğrencilerin analitik düşünme becerilerini geliştirdi.
- **Prototip Geliştirme:** Maket yapımı aşamasında grupların farklı geometrik desenler (triangülasyon/üçgenleme) denemesi, deneme-yanılma yoluyla öğrenmeyi (iterasyon) teşvik etti. Bazı grupların tasarımlarının test sırasında beklenenden daha fazla yük taşıması, sınıfta büyük bir heyecan ve başarı duygusu yarattı.

Sonuç ve Öneriler: Dersin sonunda uygulanan **Öz Değerlendirme Testleri**, öğrencilerin sadece teknik bilgi değil, aynı zamanda iş birliği ve kaynak yönetimi gibi sosyal becerilerinde de gelişim olduğunu göstermiştir. Gelecek uygulamalarda, okul imkanları dahilinde öğrencilerin tasarımlarını **Tinkercad** üzerinden modelleyip 3D yazıcıdan çıktı almaları, somutlaştırma düzeyini bir üst seviyeye taşıyabilir. Bu senaryo, disiplinler arası geçişlerin ne kadar verimli olabileceğini kanıtlayan bir uygulama olmuştur.

Scientix Hakkında

[Scientix](#), Avrupa'da fen eğitimi için bir numaralı topluluktur. STEM öğretmenleri, eğitim araştırmacıları, politika yapıcılar ve diğer eğitim paydaşları arasında Avrupa çapında bir iş birliğini teşvik etmeyi ve desteklemeyi amaçlayan topluluk, öğrencilere bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) alanında kariyer yapmaları için ilham vermeyi hedeflemektedir.

Ek(ler)

Ek-1

Dersin Giriş Hikayesi: Paris Rüzgarlarına Kafa Tutan Kemik

(Öğretmen bu hikayeyi derse başlarken sınıfın ortasında dolaşarak, merak uyandırıcı bir ses tonuyla anlatabilir.)

"Yıl 1889... Fransa'nın başkenti Paris'te büyük bir telaş var. Fransız Devrimi'nin 100. yılı şerefine öyle bir anıt yapılmalı ki, tüm dünya hayran kalmalı. Mühendis Gustave Eiffel'e bu görev verildiğinde aklında çılgınca bir fikir vardı: **Tam 300 metre yüksekliğinde demirden bir kule inşa etmek!** O güne kadar kimse bu kadar yüksek bir yapıyı demirden yapmayı denememişti. Diğer mühendisler Eiffel'e güldüler ve şöyle dediler: *'O kadar demiri üst üste koyarsan, kule kendi ağırlığından çöker. Çökmese bile Paris'in sert rüzgarları o devasa metal yığınının bir kibrit çöpü gibi kırıp atar!'*

Eiffel'in bir çözüme ihtiyacı vardı. Hem inanılmaz derecede hafif olmalıydı hem de fırtınalara direnecek kadar güçlü... Çözümü nerede buldu biliyor musunuz? Başka bir mühendislik kitabında değil, **kendi bacağında!**

Eiffel, bir insanın uyluk kemiğinin (femur) üst kısmını inceledi. Uyluk kemiğimiz, tüm vücudumuzun ağırlığını taşır ve her zıpladığımızda, her koştuğumuzda devasa bir basınca maruz kalır. Ama kemiğimiz tamamen dolu ve ağır bir beton bloğu gibi değildir. İçine mikroskopla baktığınızda gözenekli, örümcek ağına benzeyen çapraz bağlar (trabeküler yapı) görürsünüz. Bu boşluklu yapı, kemiğin esnemesini, rüzgara direnen bir ağaç gibi kuvveti dağıtmasını ve kuş kadar hafif olmasını sağlar.

Eiffel, kemiğin içindeki bu matematiksel çapraz ağ sistemini birebir kopyaladı ve kuleye uyguladı. Kuleye bugün yakından baktığınızda, o devasa X şeklindeki demir çaprazların aslında bir insanın kemik dokusundan ilham alındığını görürsünüz.

İşte bugün biz de sizinle birer Gustave Eiffel olacağız. Doğanın laboratuvarına girip kemiklerin sırrını çözecek ve kendi yıkılmaz yapılarımızı tasarlayacağız!"

Ek-2

Öğrenci Çalışma Kağıdı

(Bu bölümü doğrudan yazdırıp öğrencilere dağıtabilirsiniz.)

Adı Soyadı:

Grup Adı:

Tarih: .../.../.....

GÖREV: DOĞANIN MİMARİSİ (KEMİK VE BİNA TASARIMI)

Amacımız: Doğadaki "Minimum Malzeme, Maksimum Güç" ilkesini (Topoloji Optimizasyonu) kullanarak, en hafif malzemelerle en çok ağırlığı taşıyabilen biyomimetik bir kolon tasarlamak.

BÖLÜM 1: Biyolojik Gözlem ve Keşif

1. Tamamen içi dolu bir kolon ve içi süngerimsi kemik yapısına (trabeküler) sahip bir kolonun özellikleri verilmiştir. Sence bir deprem anında veya şiddetli rüzgarda hangisi daha çabuk kırılır? Nedenini yazınız.

Cevabım:

.....
.....
.....

2. **Mühendislik Kuralı:** İçi dolu yapılar ağır oldukları için taşıdıkları dış yükün yanı sıra kendi ağırlıklarını da taşımak zorundadırlar (Ölü Yük). Sence doğa neden kuşların ve insanların kemiklerini tamamen "dolu ve ağır" yapmak yerine "boşluklu ve ağ şeklinde" tasarlamıştır?

Cevabım:

.....

BÖLÜM 2: Matematiksel Modelleme

Bir inşaat mühendisi olarak maliyetleri ve ağırlığı hesaplaman gerekiyor. Yarıçapı (r) 5 cm ve yüksekliği (h) 20 cm olan silindir şeklinde bir taşıyıcı kolon düşünelim.

Hacim formülü: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ (Pi sayısını 3 alınız).

1. **Tamamen Dolu Kolonun Hacmi:** Eğer bu kolonu tamamen betonla doldurursak hacmi ne olur?

İşlem:

Sonuç: cm³

2. **Kemik Dokulu (Boşluklu) Kolonun Hacmi:** Aynı kolonu Gustave Eiffel gibi tasarladınız ve içinin %60'ını boşluklu çapraz bağlardan (havadan) oluşturduunuz. Geriye kalan %40'lık kısmı malzeme. Yeni kolonunuzda kullandığınız beton hacmi ne kadar oldu?

İşlem:

Sonuç: cm³

BÖLÜM 3: Tasarım ve Mukavemet Testi (Grup Çalışması)

Şimdi elinizdeki sınırlı malzemelerle (pipet, kürdan, yapıştırıcı veya makarna) kendi kemik dokulu kolonunuzu inşa etme zamanı!

Tasarım Kuralları:

- Kolonunuz en az 15 cm yüksekliğinde olmalıdır.
- İçi tamamen dolu olmamalıdır. İskeletinizde "X", "V" veya "Z" şeklinde çapraz destekler (trabekül bağları) kullanmalısınız.
- 3d modellemelerini yapınız. Tinkercad programını kullanabilirsiniz.

Test Aşaması (Sonuçları Tabloya Kaydedin):

Kolonunuz bittikten sonra ağırlığını tartın. Daha sonra üzerine kitap (veya standart ağırlıklar) koyarak yıkılana kadar test edin.

Grubun Adı	Kendi Ağırlığı (gram)	Taşıdığı Yük (gram)	Verimlilik Skoru
.....

Verimlilik Skoru Nasıl Hesaplanır?

En iyi mühendis, en ağır binayı yapan değil; en hafif malzemeyle en çok yükü taşıyandır!

Verimlilik Skoru = Taşıdığı Yük/Kendi Ağırlığı

BÖLÜM 4: Sonuç Değerlendirmesi

Tasarımınızda hangi çapraz bağ modeli (X, Y, Z şekilleri) ağırlığı daha iyi dağıttı? Eğer bu tasarımı gerçek bir gökdelene uygulaysaydınız ne gibi avantajlar elde ederdiniz?

Mühendislik Raporum:

.....

.....

.....

Ek-3

Öz Değerlendirme Testi

(Öğrencilerin kendi süreçlerini analiz etmesi için ders sonunda dağıtılır.)

Kriter	1 (Geliştirilmeli)	2 (Orta)	3 (İyi)	4 (Mükemmel)
Kemiğin iç yapısı ile mimari arasındaki bağı kurabildim.				
Matematiksel hesaplamalarda (hacim/oran) gruba katkı sağladım.				
Tasarım sırasında karşılaştığımız bir soruna (kırılma, denge vb.) mantıklı bir çözüm ürettim.				
Malzemeleri israf etmeden, verimli kullanmaya özen gösterdim.				
Arkadaşarımla fikirlerimi paylaşırken saygılı ve ikna ediciydim.				

Tasarım Günlüğüm

Açık Uçlu Soru: Doğanın Mühendislik Harikası Kemikler ve Geleceğin Mimari Yapıları” adlı stem dersi ile ilgili düşüncelerini

1. Tasarımda kemik dokusundaki boşluklu yapının mantığı kullanıldı mı?
2. Malzeme minimum düzeyde tutularak maksimum yük taşınabildi mi?
3. Matematiksel oranlar doğru hesaplandı mı?

Sorularını cevaplandırarak aktarabilir misin?

Ek-4:

Öğretmen İçin Proje Değerlendirme Rubriği

(Siz grupları puanlarken bu profesyonel tabloyu kullanabilirsiniz.)

Ölçüt	Başlangıç (1-5 Puan)	Gelişmekte (6-10 Puan)	Yetkin (11-15 Puan)	Uzman (16-20 Puan)
Araştırma ve Sorgulama	Bilimsel kaynakları yüzeysel inceledi, bağı kuramadı.	Makalelerden birkaç örnek verdi ancak tasarımıyla tam ilişkilendirmedi.	Bilimsel verileri tasarım planına dahil etti.	Biyolojik yapıyı derinlemesine analiz edip tasarıma özgün şekilde aktardı.
Matematiksel Verimlilik	Hacim hesaplamalarında hatalar var, verimlilik skoru düşük.	Hesaplamaları yaptı ancak malzeme tasarrufu hedefinden uzak kaldı.	Hesaplamalar doğru; makul bir malzeme tasarrufu sağladı.	Matematiksel olarak ispatlanmış, en düşük malzemeyle en yüksek yükü taşıyan tasarım.
Mühendislik Tasarımı	Tasarım dengesiz ve dayanıksız. Biyomimetik iz yok.	Geleneksel yapıda (içi dolu), doğadan ilham almayan bir model.	Kemiğin kafes yapısını andıran, dayanıklı bir prototip üretti.	Doğadaki trabeküler yapıyı tam taklit eden, özgün ve estetik bir mühendislik harikası.
3D Modelleme ve Teknoloji	Teknolojik araçları kullanmakta zorlandı.	3D araçla basit bir şekil çizdi ancak detaylandırmadı.	Tasarımın 3D prototipini gerçeğe yakın şekilde modelledi.	3D yazılımı tüm detaylarıyla (iç destekler vb.) kullanarak profesyonel bir model sundu.
Sunum ve Raporlama	Bulgularını ifade etmekte zorlandı.	Sadece ne yaptığını anlattı, verileri kullanmadı.	Verimlilik skorunu ve tasarım sürecini net bir dille aktardı.	Tüm süreci verilerle, karşılaşılan sorunlarla ve çözüm yollarıyla bir mühendis gibi sundu.
Araştırma ve Sorgulama	Bilimsel kaynakları yüzeysel inceledi, bağı kuramadı.	Makalelerden birkaç örnek verdi ancak tasarımıyla tam ilişkilendirmedi.	Bilimsel verileri tasarım planına dahil etti.	Biyolojik yapıyı derinlemesine analiz edip tasarıma özgün şekilde aktardı.