



## Buz Erimesi ve Büyüklük Mertebesi

### **Katılımcılar:**

12 yaş ve üstü.

### **Genel Bakış:**

Bu IDM etkinliğinin iki bağımsız bölümü vardır. Her ikisi de gezegenimizin başına gelebilecek şeyler hakkında büyük sorularla alakalı. İlk aktivitede sorular küresel ısınma nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesi sorununa odaklanıyor. İkinci aktivite, gezegenimizle ilgili tahmin problemlerinin matematiksel ve stratejik bir bakış açısıyla nasıl ele alınabileceğiyle ilgili bir tartışma.

İki aktiviteye de bakın. Tartışma sürenize karar verin, her bir aktivite için bir saat civarı uygun olur. İster üstüste deneyin, ister farklı günlerde.

Hazırlık olarak, aşağıdaki konu ve kaynaklara aşina olmanız ve öğrencilerle paylaşmak için bazı ilginç ilginç veriler hazırlamanız yeterli.

## 1. Etkinlik - Buz erimesi

Gezegeenin buzulları tamamen erirse ne olur? Öğrencilerinize bu etkinliğin matematik, fizik ve Dünya bilgisini uygulamak için tasarlanmış varsayımsal bir senaryo olduğunu hatırlatın. Yine de araştırmalar, geçen yüzyılda ortalama deniz seviyesinin yaklaşık 16-21 cm yükseldiğini ve bu yüzyılda da yaklaşık 30 cm daha yükselmesinin beklendiğini gösteriyor. Gerçek veriler yeterli endişe verici ve ele alınması şart olsa da, biz burada daha da aşırı felaketleri ele alacağız.

### 1. Aklınıza ilk ne geliyor?

Önce şu soruyu soralım: “Okyanusun seviyesi 2 metre yükselirse, sizce bu şehre ne olur?” Yaratıcı cevaplar bulalım. Kıyı şeridi değişir mi? Kıyı şehirlerinden göç ve iltica olur mu? Gıda üretimi yok olur mu? Ekonomik ne gibi etkileri olur? Nehirler yönlerini değiştirir mi? Fauna üzerinde herhangi bir etkisi olur mu? Amaç, illa doğru cevaplar vermek değil, düşünmek (ancak, bilgi kırıntıları sunabilirsiniz, örneğin referans [4]). Sorudaki değeri değiştirin. Ya 5 cm yükselirse? Ya 10 m yükselirse?

### 2. Kuzey Kutbu erirse

Kuzey Kutbundaki buzlar erirse ne olur? Katılımcılara cevap için süre tanıyın. Sonra Kuzey Kutbu buz örtüsünün okyanusta yüzen bir buz kütlesi olduğunu hatırlatın (Grönland'ı buz örtüsünün bir parçası olarak görmeyeceğiz). Bir deney düşünelim: Diyelim ki ağzına kadar dolu bir bardak su var. Suda yüzen bir de buz küpü var. Buzun çoğu su altındadır, ama buz küpünün su yüzeyinin üzerinde kalan bir köşesi vardır. Diyelim ki bardağı suyla ve buzla birlikte oda sıcaklığında buz eriyene kadar bıraktık. Ne olur? Su taşar mı? Seviye düşer mi?

**Soru:** Kuzey Kutbunda yüzen buz örtüsü erirse deniz seviyesine ne olur?

**Cevap:** Deniz seviyesi aynı kalır. Bardakta yüzen buz küpü örneğinde, seviye aynı kalır ve su taşmaz.

Cevap, kaldırma kuvveti fiziği (Arşimet prensibi) kullanır. Bardaktaki suyun belirli bir bölgesini seçelim, mesela yüzeyle temas halinde olan bir bölge. Şimdi o bölgenin içindeki suyun buza dönüştüğünü hayal edin. Yukarı doğru genişler ve yukarıdaki havanın bir kısmını işgal ederdi. Ancak su moleküllerinin sayısı aynı olduğu için, bu buzun kütlesi önceki suyla tamamen aynıdır ve bu nedenle suyun geri kalanının uyguladığı yukarı doğru kaldırma kuvveti öncekiyle aynıdır ve buzun ağırlığı gücünü tam olarak dengeler. Buz, yüzme dengesinde kalacaktır.

Demek ki, Kuzey Kutbu buz örtüsü erirse okyanusların seviyesi aynı kalıyor. Elbette çevre, iklim ve bir bütün olarak gezegen için başka birçok önemli sonuçlar doğuracağını unutmayalım..

### 3. Güney Kutbu erirse

Şimdi Güney Kutbundaki buz örtüsünün Antarktika kara kütlelerinin üzerinde olduğunu hatırlayalım. Bu nedenle, Antarktika buzunun erimesi durumunda, okyanuslara büyük miktarda su eklenecektir. Deniz seviyesinin ne kadar yükseleceğini hesaplamaya çalışın. Bunun için bazı verilere ihtiyaç olacak, internetten arayabilir veya aşağıdaki rakamları kullanabilirsiniz. İsterseniz önce hangi verilere (ve formüllere) ihtiyaç olacağını tartışın . Birinin çevrimiçi olarak nihai bir sonuç bulması durumunda, kendisinden bu sonucu daha temel verilerle gerekçelendirmesini veya yeniden yapılandırmasını isteyebilirsiniz.

**Soru:** Antarktika'daki buz, 14 milyon kilometrekarelik bir kara alanını kaplar ve ortalama 2 km kalınlığındadır. Dünya'nın 6371 km yarıçaplı bir küre olduğu varsayılabilir ve % 70'i su ile doludur. Su, buzdan daha yoğundur, 1 metreküp buz 0,9 metreküp suya eşdeğerdir. Antarktika kara kütlelerinin üzerindeki tüm buz erirse, deniz seviyesi ne kadar yükselir?

**Cevap:** 70 m. kadar

Antarktika kara kütlelerindeki buz hacmi

$$24 \text{ M km}^2 \times 2 \text{ km} = 28 \text{ M km}^3 \text{ buz.}$$

Buz erirse,

$$28 \text{ M km}^3 \text{ buz} \times (0.9 \text{ m}^3 \text{ su} / 1 \text{ m}^3 \text{ buz}) = 25.2 \text{ M km}^3 \text{ suya dönüşür.}$$

Öte yandan, Dünyanın yüzeyi

$$4 \times \pi \times \text{yarıçap}^2 = 4 \times 3.1416 \times (6371 \text{ km})^2 = 510 \text{ M km}^2 \text{ dir.}$$

Bu yüzeyin %70'i su ise, okyanusların yüzeyi

$$510 \text{ M km}^2 \times 0.7 = 357 \text{ M km}^2 \text{ olur.}$$

Eriyen buzun okyanusların yüzeyinde yayılacağını varsayalım. Hacim formülü

$$\text{Hacim} = \text{Alan} \times \text{yükseklik}$$

Olduğuna göre, deniz seviyesinin yükselmesini eklenen su hacmini okyanus yüzeyine bölerek hesaplayabiliriz:

$$h = 25.2 \text{ M km}^3 / 357 \text{ M km}^2 = 0.0705 \text{ km} = 70 \text{ m.}$$

Bu hesaba göre, Antarktika'daki buz erirse, deniz seviyesi 70 m. civarında yükseliyor.

Bu modeli geliştirebilir miyiz? Bir seçenek, suyun tamamının sadece okyanus üzerine yayılmayıp, bir kısmının alçak irtifalı arazilerde su baskınlarına yol açacağını hesaba katmak olabilir.

**Soru:** İki tahminde bulunalım: Karaların yüzde 10'unun su altında kalacağını ve su basmış bölgelerin ortalama yüksekliğinin 10 m. olduğunu varsayalım. Bu durumda okyanus ne kadar yükselir? Bu tahminlerin, sonucu önemli ölçüde değiştirip değiştirmediğini görmek için, başka tahminler yapın.

**Cevap:**

Dünya yüzeyinin yüzde 30'u kara :

$$510 \text{ M km}^2 \times 0.3 = 153 \text{ M km}^2$$

Karaların yüzde 10'unu su bastığına göre,

$$153 \text{ M km}^2 \times 0.1 = 15.3 \text{ M km}^2$$

Su basmış arazinin ortalama yüksekliği 10 m. olduğuna göre, üzerindeki ortalama su yüksekliği  $h - 0,01$  km olacaktır. Ortalama rakımın 10 m. olduğunu bildiğimiz sürece su altında kalan arazinin şekli önemli değildir.

Bu durumda yeni suyun hacmini hesaplayalım:

$$\text{hacim} = \text{Alan}_{\text{okyanus}} \times h + \text{Alan}_{\text{su basmış}} \times (h - 0.01 \text{ km})$$

Yeni suyun hacmi ve okyanusların alanı deminkiyle aynı. Denklemi  $h$  için çözdüğümüzde

$$h = 68 \text{ m. buluruz.}$$

Yani fark çok az. Karanın yüzde 10'u Dünya yüzeyinin sadece yüzde 3'ü olduğundan bu sonuç şaşırtıcı değil. Tahmin ikilisiyle oynayabiliriz. En uç nokta olarak, tüm kara yüksekliği sıfır olsa, su yükselmesi hala 49, 4 metre oluyor ki, bu da hala çok yüksek.

Kaynak [2], muhtemelen bizim tahminimizden daha doğru veriler kullanarak, 73.32 m'lik bir deniz seviyesi yükselişi elde ediyor. Grönland'ı ve dünyadaki diğer tüm buzulları da dahil edersek, bu çalışmanın son rakamı deniz seviyesinde 80.32 metrelik bir yükseliş.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, bizimki beklenmedik bir felaket senaryosu. Öte yandan, yüzyılın sonuna kadar 30 cm'lik bir artış öngörülüyor. Ayrıca, deniz seviyesini önemli ölçüde etkileyen bir diğer faktör, suyun artan sıcaklıktan dolayı termal olarak genleşmesi. Bu sadece deniz seviyesini yükseltmekle kalmıyor, aynı zamanda buzulların erime ritmini de hızlandırıyor.

**Kaynaklar:**

Tartışmayı gerçek dünya verileri ve etkileşimli görsellerle zenginleştirmek için aşağıdaki kaynakları kullanabilirsiniz:

1. Buzulların erimesi üzerine güncel araştırmalara genel bir bakış:  
<https://imaginary.org/program/simulating-the-melting-of-ice-caps>
2. Eğitim hedefli uzman verileri:  
<https://serc.carleton.edu/eslabs/cryosphere/6b.html>

3. Deniz seviyesi yükseldikten sonra dünyanın hangi bölgelerinin su ile kaplanacağını gözlemlemek için harita uygulaması  
<https://www.floodmap.net/>
4. Dünya nüfusunun % 10'u deniz seviyesine (ortalama 10 m.'den az) yakın kıyı bölgelerinde yaşıyor.  
McGranahan, G., Balk, D. ve Anderson, B. : Yükselen dalga: Düşük rakımlı kıyı bölgelerindeki iklim değişikliği ve insan yerleşimlerinin risklerinin değerlendirilmesi, Environ. Urban., 19, 17–37,  
<https://doi.org/10.1177/0956247807076960> , 2007.

## 2. Etkinlik - Dünya sorunlarında büyüklük mertebeleri

Veri az, sorun büyük olduğunda ne yapmalıyız? ? Bazen belirli bir fenomenle ilgili istatistikler mevcut olmayabilir: kapsam çok büyük olduğundan (örneğin tüm gezegen) ya da fazla küçük olduğundan (şehriniz, okulunuz) hiçbir kurum veri toplamamış olabilir. Bazen kesin bir sayı verememekten (dünyada kaç ağaç var?) bazen varsayımsal olduğundan (mevcut CO2 emisyonlarını absorbe etmek için kaç ağaca ihtiyaç duyulacak?) veri üretmek imkansızdır. Buna benzer sorunlarda, sadece büyüklük mertebesini kabaca tahmin etmeye çalışıyoruz. Bu tür tahminlere genellikle Fermi tahminleri deniyor.

Böyle sorulara cevap vermek için birtakım çarelerimiz var. Bu etkinlikte bu teknikleri keşfedeceğiz ve Dünyamızla ilgili çevresel sorunlara uyarlayacağız.

### 1. Isınma soruları.

Şu sorulara cevap bulmaya çalışalım:

- a. Bir günde dünyada ne kadar yiyecek tüketiliyor?
- b. Bir günde dünyada ne kadar çöp üretiliyor?
- c. Sanayi ve tarım dışında, kişisel tüketim için tüm dünyaya günde kaç litre su gerekiyor?

Bu sorulara cevap vermek için önce kendi tecrübemizi düşünelim: ben bir günde ne kadar yemek yiyorum? Ne kadar çöp tüketiyorum? Sonra bilinen genel verileri paylaşalım: dünyada 7 milyar insan var. Sorulara cevap ararken kişiye göre ne kadar değişiklik olabileceğini, sanayi çöplerinin miktarını düşünelim. İnternette “resmi” cevaplar bulabiliyor muyuz? Tartışalım.

### 2. Eksik bilgi soruları.

Yeni tipte sorular soralım, bunlar için dolaylı kaynaklardan veri elde etmek gerekebilir.

- a. İçinde bulunduğunuz bina, veya okul günde kaç litre su kullanıyor?
- b. Atatürk Kent Ormanında kaç çam ağacı var?
- c. Katılımcılar bir günde ne kadar CO<sub>2</sub> veriyorlar?

### 3. Daha derin sorular.

Bir soru: Hergün okyanusa giden plastik şişenin hacmi nedir?

Problemi çözmek için başka sorular üretebiliriz:

- Doğru büyüklük mertebesi nedir? Kg? Ton? Milyon ton? Milyar ton?
- İnsan ne kadar plastik üretiyor?
- Ne kadarı okyanusta son buluyor?

- Gereksiz plastik kullanımının sadece kişisel tüketimde yapıldığını varsayıp, kişi başına plastik tüketimi tahmininizi insan sayısıyla çarpabilirsiniz.
- Kıyılarda ne kadar insan yaşıyor? Bir tek deniz kıyısı olan ülkeler mi deniz kirliliğine sebep oluyor?

Fikir teatisi ardından bir konsensus bulmaya çalışalım. Kaynak[4] bir uzamn cevabı veriyor: 2010 yılında 4.8 ile 12.7 milyon ton plastik pislik okyanusa atıldı, ve önlem alınmazsa 2025 yılında bir büyüklük mertebesi (10 ile çarpın) artmış olacak.

#### 4. Bonus proje

Son bir Fermi sorusu, internette de cevabı olmasın, mesela bu şehrin CO2 dengesi nasıl? Yani, atmosfere yayılan miktar ve ağaçların emdiği miktar nasıl bir dengede?

#### Kaynakça

1. Fermi tahmini hakkında bir çizgi film:

<https://what-if.xkcd.com/84/>

2. İyi Fermi tahminleri için ipuçları veren bir makale:

<https://www.lesswrong.com/posts/PsEppdvgRisZ5xAHG/fermi-estimates>

Örnek olarak, biraz daha matematik içerikli olan yaklaşık geometrik ortalama (AGM) konusuna bakabilirsiniz.

3. Okulda kullanılacak Fermi soruları:

<https://www.teachertoolkit.co.uk/2017/04/28/fermi-questions/>

4. Okyanustaki plastik miktarı hakkında makale:

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L. (2015). *Plastic waste inputs from land into the ocean*. *Science*, 347(6223), 768–771. doi:10.1126/science.1260352

#### Yarat ve paylaş!

#idm314earth ve #idm314 hashtag'lerini kullanarak sorularınızı, düşünce biçiminizi, tartışma ve sonuçlarınızı paylaşın.

## Diğer kaynaklar:

1. Climate Science eğitim kaynakları (TROP-ICSU projesi):  
<https://climatescienceteaching.org>
2. Etkileşimli iklim simülatörü:  
<https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html>
3. “Mathematics of Planet Earth” blogu:  
<http://mpe.dimacs.rutgers.edu/blog/> (en)
4. Yine Fermi okul için Fermi problemleri:  
<https://www.teachertoolkit.co.uk/2017/04/28/fermi-questions/>
5. Okulda soru sorarak tartışma yaratmak için kaynaklar:
  - a. [The right question at the right time](#)
  - b. [Inquiry based maths education](#) (AB projesi FIBONACCI)

© 2020 IMAGINARY gGmbH

Bu çalışma [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#) altında lisanslıdır.