

Alglerin Karbon Yakalamadaki Büyük Katkısı

Yüksel Atakan. Dr.Radyasyon Fizikçisi, ybatakan4@gmail.com, 17.04.2025

ÖZET

21.yüzyılın ilk çeyreğinin sonunda, iklim değişikliğinin gerçek ve şu anda yaşanmakta olduğunu kabul ettik. Sanayi sonrası dönemdeki yüksek sera gazı emisyonları, iklim krizini derinleştirdi. Bilim insanları ve araştırmacılar, sera gazı emisyonlarını azaltmak için birçok çözüm önerdi. Bu çözümlerden biri de alglerin büyük miktarlarda yetiştirilmesidir /1/.

Karbondioksit (CO₂), sera gazı emisyonlarının %76'sını oluşturur. Algler (Not 1) büyürken atmosferden CO₂'yi emer ve fotosentez yoluyla bunu biyokütle ve oksijene dönüştürür. Ortalama olarak, 1 kilogram alg günde yaklaşık 1,87 kilogram CO₂ emebilir. Bu da, bir dönümlük alg alanının günde 2,7 ton CO₂'yi atmosferden uzaklaştırabileceği anlamına gelir.



Why Algae: Sustainability

Lowest Carbon, Water, & Arable Land Footprints of Any Crop

	Water Footprint (Liters)	Emissions (kg CO ₂ e)	Land Use (m ²)	Grain for Feed (kg)
1kg				
BEEF	15,500	16	7.9	6
PORK	3,900	4.6	6.4	1.8
EGGS	3,333	5.5	6.7	
MILK	1,000	10.6	9.8	
WHEAT	1,300	0.8	1.5	
RICE	3,400			
ALGAE	<500	Negative	<0.25	

Sources: Water www.waterfootprint.org/?page=files/productgallery; emissions and land use UK DEFRA (2006), <http://goo.gl/T12.ho>; grain National Geographic, <http://goo.gl/4CgFB>; Algae, Cellana estimates

Şekil açıklaması: Baştaki sırada 1 kg sığır eti için 15 500 litre su kullanılması sonucu 16 kg CO₂ havaya salınırken, En alt sıradaki algler 500 kg'dan daha az su kullanıp, CO₂ salmıyorlar.

Alglerin Karbon Azaltımındaki Farklı Roller

1. Karbon Soğurum Deposu Olarak Algler

Algler, atmosferdeki karbon konsantrasyonunu azaltmada hayati bir rol oynar. Biyoreaktörlerle (Not 2) birlikte kullanıldığında, algler atmosferden CO₂ emme konusunda ağaçlardan 400 kat daha verimlidir. Alglerin etkili kullanımıyla, üretim ve tüketim kalıplarını değiştirmeden şehirleri karbon negatif hale getirebiliriz.



2. Gıda Olarak Algler

Algler, yüksek protein ve besin içeriği sayesinde sürdürülebilir bir gıda kaynağıdır. Spirulina ve Chlorella gibi türler, gıda takviyesi olarak kullanılır ve dünya çapında gıda güvenliğine katkı sağlar.

3. Biyoyakıt Olarak Algler

Alglerden elde edilen biyoyakıtlar, fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılabilir. Alg biyoyakıtları, çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alır.

4. Atık Su Arıtımında Algler

Algler, atık su arıtımında da kullanılır. Besin maddelerini emer ve suyu temizler. Bu süreçte, algler büyürken CO₂'yi de emer, böylece karbon yakalama sürecine katkıda bulunur.

Sonuç

Algler, karbon yakalama ve iklim değişikliğiyle mücadelede umut verici bir biyolojik çözümdür. Hızlı büyüme yetenekleri, çeşitli ortamlarda yaşayabilmeleri ve biyoyakıt, gıda ve atık su arıtımı gibi çeşitli alanlarda kullanılabilmesi, algleri sürdürülebilir bir gelecek için değerli kılar.

AYRINTILAR

Alglerin Karbon Yakalama Sürecindeki Rolü

Dr. Emily Greenfield | 28 Ağustos 2022 | İklim Değişikliği, Trendler

Giriş

21.yüzyılın ilk çeyreğinin sonunda, iklim değişikliğinin gerçek ve şu anda yaşanmakta olduğunu kabul ettik. Sanayi sonrası dönemdeki yüksek sera gazı emisyonları, iklim krizini derinleştirdi. Bilim insanları ve araştırmacılar, sera gazı emisyonlarını azaltmak için birçok çözüm önerdi. Bu çözümlerden biri de alglerin büyük miktarlarda yetiştirilmesidir /1/.

Sera gazı emisyonlarının %76'sını karbondioksit (CO₂) oluşturuyor. Algler büyürken atmosferdeki karbondioksiti emer ve fotosentez yoluyla biyokütle ve oksijene dönüştürür. Algler, CO₂'yi nispeten hızlı bir şekilde biyokütleye çevirir. Ortalama olarak, 1 kg alg günde 1.87 kg CO₂ emer. Dolayısıyla, bir dönüm (acre) alg günde 2.7 ton CO₂'yi atmosferden uzaklaştırabilir. Algler bu şekilde fotosentez yoluyla karbonu bağlar. Fotosentetik işlevleri sona erdiğinde, algleri hasat ederek çevre dostu biyoyakıt üretebiliriz.

Bu noktada şu soruyu sorabilirsiniz: *"Ağaç dikmek ve ormanlaştırma çabaları da aynı miktarda karbonu tutmaz mı?"* Ne yazık ki, cevap hayır. Mevcut iklim krizini aşmak için ağaç dikmenin en uygun zamanı onlarca yıl öncesiydi. Bugün diktiğimiz ağaçların, iklim değişikliğini ve küresel ısınmayı yavaşlatacak düzeyde CO₂ emmesi yüzlerce yıl alabilir. Bu yazıda, alglerin karbon tutmadaki önemini inceleyeceğiz.

Alglerin Karbon Azaltmadaki Çeşitli Roller

1. Alglerin Karbon Depolama Aracı Olarak Kullanılması

Alglerin karbon tutmadaki rolü, atmosferdeki karbon konsantrasyonunu azaltmada kritik öneme sahiptir. Algler, biyoreaktörlerle birlikte kullanıldığında, CO₂'yi ağaçlardan **400 kat daha verimli** emer. Algleri etkili bir şekilde kullanarak, üretim ve tüketim alışkanlıklarını değiştirmeden şehirleri karbon negatif hale getirebiliriz. Bu, karbon ayak izimizi azaltmayı ve tüketim alışkanlıklarımızı gözden geçirmeyi öğrenirken, aynı zamanda atmosferdeki karbon seviyesini önemli ölçüde düşürebileceğimiz anlamına geliyor.

Algler, ağaçlardan daha fazla CO₂ tüketir çünkü:

- Daha hızlı büyürler,
- Daha geniş bir yüzey alanını kaplarlar,
- Biyoreaktörler sayesinde kolayca kontrol edilebilirler.

2. Alglerin Gıda Kaynağı Olarak Kullanılması

Birleşmiş Milletler raporuna göre, 2050 yılına kadar dünya nüfusunu besleyebilmek için **gıda arzını %70 artırmamız** gerekecek. Dünya genelinde 820 milyondan fazla insan yeterli gıdaya ulaşamıyor. Aynı zamanda, mevcut tarım yöntemlerimiz gezegenimize ağır bir yük bindiriyor.

Son zamanlarda birçok kişi, algleri potansiyel bir alternatif gıda kaynağı olarak görmeye başladı. İnsanlar binlerce yıldır alg tüketiyor, ancak besin değeri ve çevresel potansiyeli ancak yakın zamanda keşfedildi.

Algler ve mikroalgler, protein açısından zengindir. Ayrıca temel amino asitler, yağ asitleri, Omega-3, -6 ve -7 ile A, D ve E vitaminleri içerir. İsrail merkezli **Algaenovation** şirketi, İzlanda'da küçük bir çiftlikte mikroalg yetiştiriyor. Jeotermal enerjiyle çalışan LED'ler, fotobiyoreaktörleri aydınlatıyor ve enerji üretiminden çıkan atık su ile CO₂, mikroalglerin büyümesini destekliyor.

Çevresel açıdan alg yetiştiriciliği son derece verimlidir:

- Atmosferden karbon çeker,
- Gübre, pestisit veya herbisit gerektirmez (sıfır tarımsal emisyon),
- Geleneksel tarımın aksine atık su üretmez, böylece çevre kirliliğini önler.

Algler sadece karbon tutmakla kalmaz, aynı zamanda et ve balıktan çok daha verimli bir protein kaynağıdır. Daha küçük bir alanda çok daha fazla protein üretilir. Bu sayede:

- Yabani balık popülasyonları aşırı avlanmadan korunabilir,
- Daha az et tüketimiyle karbon emisyonları azaltılabilir,
- Tarım arazisi açmak için ormanların yakılması önlenir.

3. Alglerin Biyoyakıt Üretiminde Kullanılması

Algler, biyoyakıt üretmek için de kullanılabilir. Biyoyakıtlar, doğrudan canlı organizmalardan elde edilen yakıtlardır ve petrol gibi fosil yakıtlara daha sürdürülebilir bir alternatif olabilir. Araştırmalara göre, sadece bir hektar alg yılda **5.000 galon biyoyakıt** üretebilir.

Alglerden yakıt üretme fikri ilk olarak 1970'lerdeki enerji krizi sırasında gündeme geldi. Ancak 1990'larda petrol fiyatlarıyla rekabet edemediği için birçok proje rafa kaldırıldı. Günümüzde petrol fiyatlarının artmasıyla birlikte, **Exxon** gibi şirketler ve bazı yatırımcılar alg yakıtı araştırmalarına fon ayırıyor.

Alglerin hızlı büyümesi eskiden kontrol edilmesini zorlaştırıyordu. Ancak günümüzde **yapay zeka ve makine öğrenimi** sayesinde büyüme süreci daha verimli yönetilebiliyor.

Biyoyakıt endüstrisi, alg yakıtlarının petrolle rekabet edebilmesi için uzun vadeli araştırma ve geliştirme gerektiğinin farkında. İnsanları daha ucuza alabilecekleri bir ürün yerine çevre dostu alternatiflere yönlendirmek zor olsa da, "ucuz" seçeneklerin zamanı geçti. Artık **sadece maliyet değil, sürdürülebilirlik de önemli**.

Alglerin Geleceği

Algler, iklim değişikliğinin birçok sorununa pratik çözümler sunuyor. Geleceğe yönelik şirketler bu fırsatı görerek yatırım yapıyor. Ancak sıradan insanlar olarak bizler de gezegenimiz üzerindeki etkimizi azaltmak için alglerin faydalarını göz önünde bulundurmalıyız.

Küçük adımlar bile fark yaratır:

- Ağaç dikmek,
- Okyanus temizleme çalışmalarına katılmak,
- Alg bazlı gıda ve ürünleri tercih etmek,
- Yerel ve ulusal düzeyde alg projelerini desteklemek.

Dünya, iki şey sayesinde değişebilir: **teknoloji ve kolektif eylem**. Siz de bu değişimin bir parçası olabilirsiniz, alg tabanlı çözümlere destek verebilirsiniz.

İRDELEME

1. “1 kg alg = 1.87 kg CO₂ emer” hesabı nasıl yapılmış?

Bu tür veriler genellikle bilimsel çalışmalardan alınan ortalama tahminlerdir. Hesaplama kabaca şöyle işler:

- **Fotosentez** sırasında algler, karbonu (C) CO₂ formunda havadan alır ve biyokütleyle dönüştürür.
- **CO₂'nin moleküler ağırlığı:** 44 g/mol (C:12 + O₂: 32)
- **Karbonun moleküler ağırlığı:** 12 g/mol

Bu şu demektir: 12 g karbon, 44 g CO₂'den gelir. Yani:

Her 1 g karbon, 3.67 g CO₂ demektir. ($44 \div 12 = 3.67$)

Bir algin kütlesinin %50'si karbon kabul edilirse:

- 1 kg alg $\approx$ 0.5 kg karbon içerir
- 0.5 kg karbon $\times$ 3.67 = **1.835 kg CO₂**

Bu da neredeyse verilen değerle aynı: **~1.87 kg CO₂**

✅ **Sonuç: Bu değer doğruya çok yakın.** Küçük farklar, alg türüne ve yetiştirme koşullarına bağlıdır.

“1 dönümde 2,7 ton CO₂” ifadesinin matematiksel olarak nasıl hesaplanmış olabileceğine bakalım:

Verilen Bilgi:

- 1 kg alg, 1.87 kg CO₂ emiyor.
 - 1 dönüm alanda, günde kaç kg alg üretildiği belirtilmemiş. Ama biz bu sonucu bulmak için tersinden gidelim.
-

Cümledeki çıkarıma göre:

“Bir dönümde günde 2.7 ton CO₂ emiliyorsa”

Bu da: **2.7 ton = 2700 kg CO₂**

Peki bu kadar CO₂’yi emmek için kaç kg alg gerekir?

$2700 \text{ kg CO}_2 \div 1.87 \text{ kg CO}_2/\text{kg alg} \approx 1444.91 \text{ kg alg}$
 $2700 \text{ kg CO}_2 \div 1.87 \text{ kg CO}_2/\text{kg alg} \approx 1444.91 \text{ kg alg}$

Yani bu hesaba göre:

1 dönüm alanda, günde yaklaşık 1445 kg alg üretiliyor kabul edilmiş.

Bu gerçekçi mi?

Bu üretim miktarı **çok yüksek**. Çünkü:

- Ortalama açık sistem (örneğin: açık havuz) alg üretimi:
 - Günde: **20–40 g/m²** (yani 0.02–0.04 kg/m²)
 - 1 dönüm = 1000 m² → Günlük: **20–40 kg alg**
- Yani gerçekçi üretim: **20–40 kg/gün/dönüm → 37–75 kg CO₂/gün/dönüm**

!! 2.7 ton/gün ifadesi ancak **çok gelişmiş kapalı biyoreaktörler** için veya **teorik maksimum** değerler için geçerli olabilir.

Sonuç:

- Hesap matematiksel olarak tutarlı**, ama
- Uygulamada gerçekçi değil**: Bu kadar alg üretimi, sadece laboratuvar ortamında veya çok verimli kapalı sistemlerde olabilir.

Not 1: Alg (Algae) nedir?

- Çok geniş bir canlı grubudur.
 - Genellikle **fotosentez** yapan, su ortamlarında yaşayan **mikroskobik ya da makroskobik** organizmalardır.
 - Tek hücreli (örneğin: **Chlorella, Spirulina**) veya çok hücreli olabilirler.
 - Bitki değildirler**, ama klorofil içerirler ve ışıkla besin üretirler.
 - Tatlı su ve denizlerde yaşarlar.
-

✓ Su yosunu ne demektir?

- Halk arasında alglerin büyük, gözle görülür olan türleri için kullanılır (özellikle deniz yosunları gibi).
 - Bilimsel olarak su yosunları da alglerin bir alt kümesi sayılır.
 - Ama bazı **yosunlar** (örneğin deniz yosunu olarak bilinen **kahverengi yosunlar**) botanikte farklı sınıflamalara da girebilir.
-

Not 2. Biyoreaktörler nedir?

Biyoreaktör, canlı hücrelerin (bu örnekte alglerin) kontrollü koşullar altında yetiştirildiği kapalı sistemdir.

Alg biyoreaktörlerinin temel özellikleri:

- Güneş ışığı (veya yapay ışık) sağlar
- CO₂ verilir (bacalardan veya tanklardan)
- Sıcaklık, pH, besin seviyesi gibi koşullar kontrol edilir
- Algler maksimum hızla büyür

Biyoreaktör türleri:

- **Açık havuz sistemleri:** Doğaya daha yakın, düşük maliyetli ama enfeksiyon riski yüksek
- **Kapalı fotobiyoreaktörler:** Tüp şeklinde sistemler, verimli ve kontrollü ama maliyetlidir

Ne işe yararlar?

- Karbon yakalama
- Biyoyakıt üretimi
- Atık su arıtma
- Gıda takviyesi üretim

Kaynak

- <https://sigmaearth.com/role-of-algae-in-carbon-capture/>