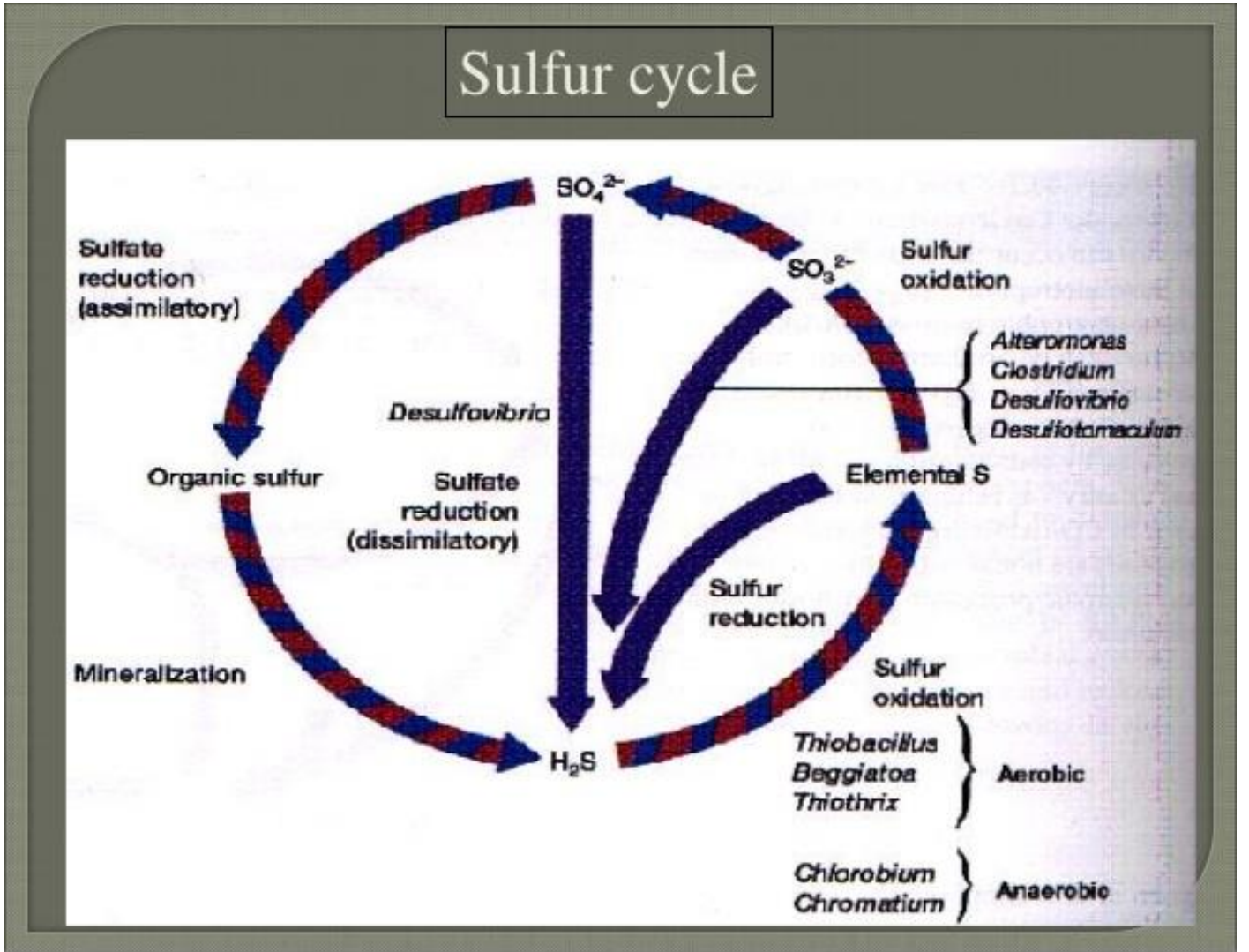
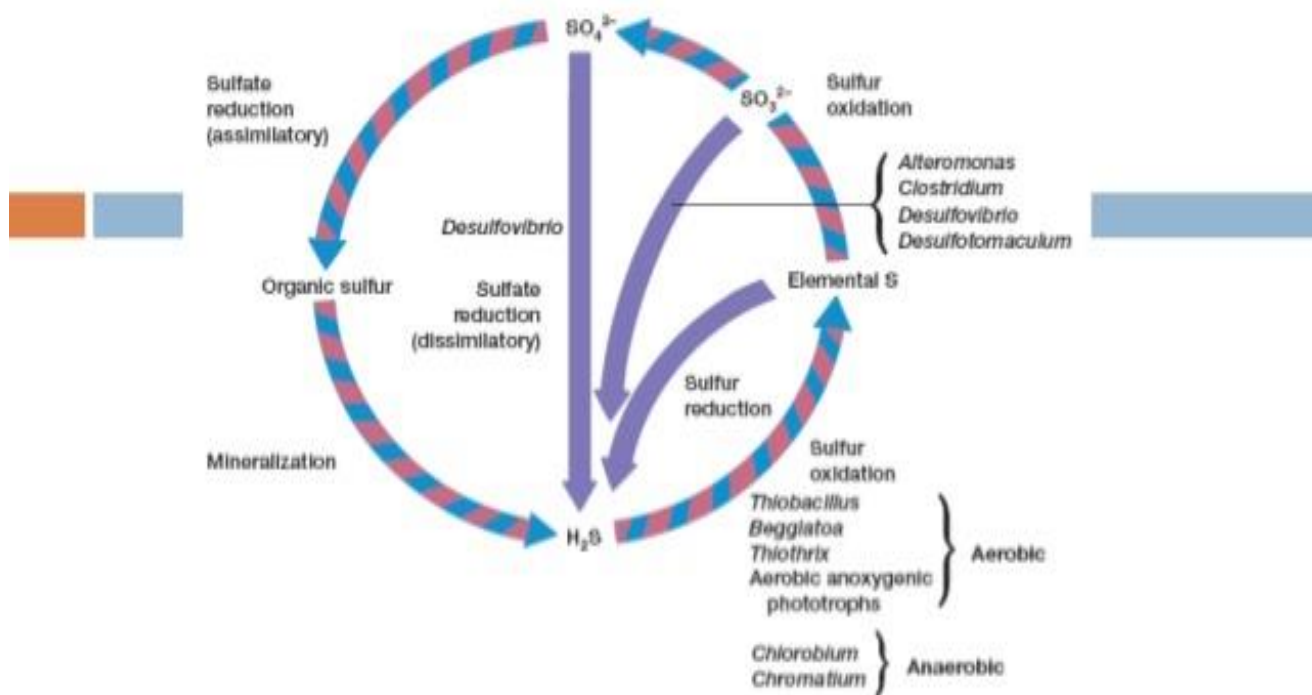


# ÇEVRE KİMYASI LABORATUVARI II DERSİ İÇİN KAYNAK

NOT: BU NOTTAKİ HER BİLGİDEN  
SORUMLUSUNUZ.



KAYNAK : <https://www.slideshare.net/tamilsilambarasan/ecology-45668344>



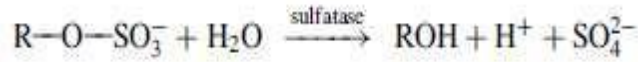
**Figure 28.21 The Basic Sulfur Cycle.** Photosynthetic and chemosynthetic microorganisms contribute to the environmental sulfur cycle. Sulfate and sulfite reductions carried out by *Desulfovibrio* and related microorganisms, noted with purple arrows, are dissimilatory processes. Sulfate reduction also can occur in assimilatory reactions, resulting in organic sulfur forms. Elemental sulfur reduction to sulfide is carried out by *Desulfuromonas*, thermophilic archaea, or cyanobacteria in hypersaline sediments. Sulfur oxidation can be carried out by a wide range of aerobic chemotrophs and by aerobic and anaerobic phototrophs.

KAYNAK : <https://www.slideshare.net/tamilsilambarasan/sulphur-cycle>

## Kükürt Döngüsü

- Kükürt doğada çok yaygın olarak bulunan bir elementtir. En büyük kaynağı ise denizlerde bulunan sülfattır. Diğer önemli kaynakları ise, kükürt içeren mineraller (pirit  $\text{FeS}_2$ , çalkopirit  $\text{CuFeS}_2$ ), fosil yakıtlar ve organik maddelerdir.
- Mikroorganizmalar için önemli bir element olup, aminoasitlerin ve enzimlerin bünyesinde bulunur.
- Doğadaki kükürt döngüsü Şekil 5’de gösterilmiştir. Kükürt döngüsünde dört önemli basamak vardır;
  1. Organik kükürtün mineralizasyonu
  2. Assimilasyon (hücre üretimi için kullanma)
  3. Kükürt ve sülfür oksidasyonu
  4. Sülfat indirgeme

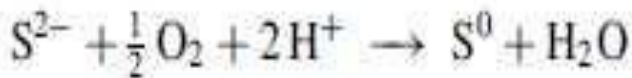
*Organik kükürtün mineralizasyonu:* Birçok mikroorganizma organik kükürtün mineralizasyonundan sorumludur. Aerobik koşullarda organik kükürt oksitlenerek sülfat üretilir.



*Assimilasyon:* Mikroorganizmalar hücre ve enzim sentezi için kükürdü kullanır. Anaerobik bakteriler indirgenmiş kükürt bileşiklerini kullanırken, aerobik bakteriler daha çok oksitlenmiş haldeki kükürt formlarını (örneğin sülfat) kullanırlar.

*Oksidasyon:* Kükürt oksidasyonunda birçok bakteri görev alır.

- *H<sub>2</sub>S oksidasyonu:* Aerobik ve anaerobik şartlarda H<sub>2</sub>S oksitlenebilir. Aerobik şartlar altında *Thiobacillus thioparus* S<sup>-2</sup> yi S<sup>0</sup>’a oksitler. Ayrıca, ipliksi kükürt bakterileri (örneğin, *Beggiatoa*, *Thiotrix*) H<sub>2</sub>S’i oksitleyerek S<sup>0</sup> üretir ve üretilen S<sup>0</sup> granül olarak depolanır.

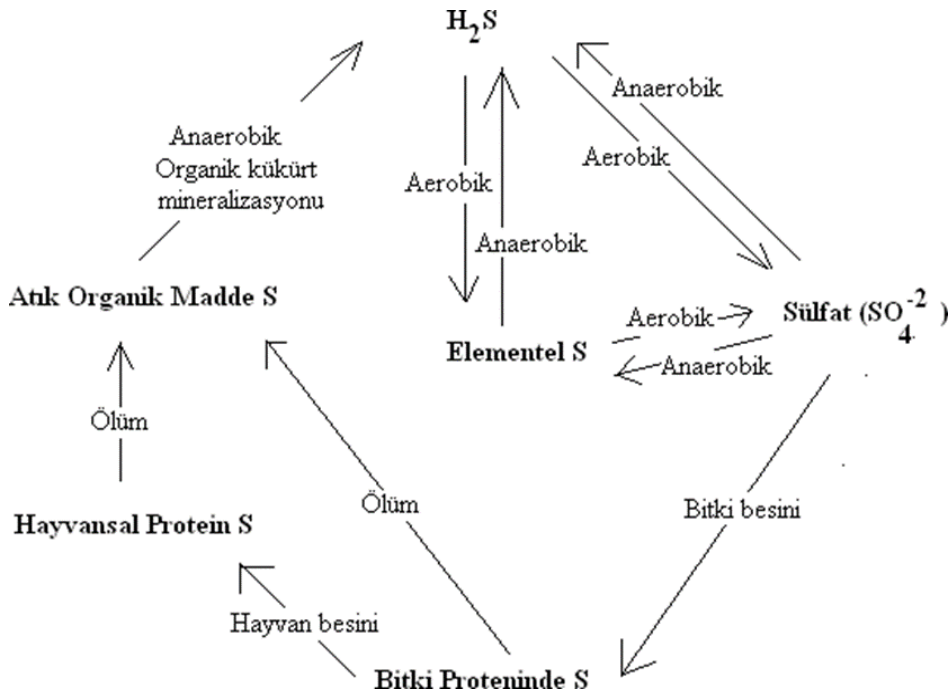


- Anaerobik şartlarda ise; fotoototrofik bakteriler (pembe kükürt bakterileri) ve kemootroflar (*Thiobacillus denitrificans*) sülfür oksidasyonundan sorumludurlar. Pembe kükürt bakterileri fotosentetik bakteriler olup, ışığı enerji kaynağı olarak

kullanılır ve fotosentez yaparlar. Ancak tepkime sonucu oksijen çıkmaz. Bunlar genel olarak anaerobdur. Göl ve su birikintilerinin dibindeki sedimenlerde bulunur. Fotosentezde su yerine H<sub>2</sub>S gibi indirgenmiş S bileşikleri kullanılır ve hücrede granül S oluştururlar.

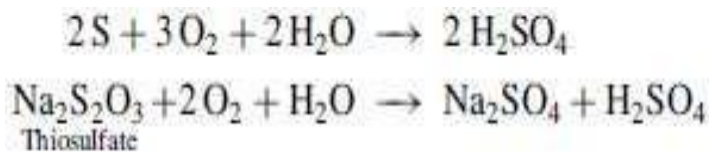


- Kemoototrofik bakteriler ise nitrata elektron alıcı olarak kullanarak H<sub>2</sub>S'i S<sup>0</sup>'a oksitler.



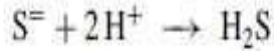
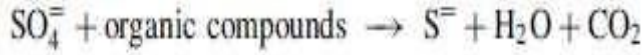
Şekil 1. Kükürt Döngüsü

**Elementel Kükürtün Oksidasyonu:** Bu oksidasyon daha çok ve düşük pH değerlerinde yaşayan bakteriler tarafından gerçekleştirilir. En önemli türlerden biri *Acidithiobacillus thiooxidans* (eski adı *Thiobacillus thiooxidans*) dır.

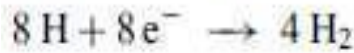
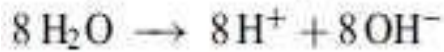
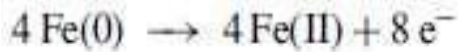


- Diğer kükürt oksitleyen önemli bakteri türü ise *Sulfolobus* türleri olup termofilik ve düşük pH larda yaşar. Bu bakteriler ototrofik olup sıcak asidik kaynak sularında bulunur. (pH 2-3, sıcaklık 55-85°C). Bu bakteri türü indirgenmiş demir ve kükürdü oksitleyerek yaşarlar.

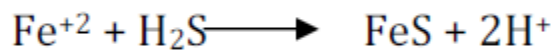
Sülfat İndirgeme: Sülfat anaerobik şartlarda sülfat indirgeyen bakteriler tarafından indirgenerek H<sub>2</sub>S'e dönüştürülür. En önemli türleri *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Desulfobulbus*, *Desulfomonas*, *Desulfobacter*, *Desulfococcus*, *Desulfonema*, *Desulfosarcina*, *Desulfobacterium*'dur.



- Burada sülfat elektron alıcısı, organik madde ise elektron vericisi olarak davranır. H<sub>2</sub>S bitki, hayvan ve insanlara zararlıdır.
- Oksijen ve nitrat yokluğunda, sülfat indirgeyen bakteriler organik maddeyi oksitlerler ve sülfatı da elektron alıcı olarak kullanırlar. Sülfat indirgeyen bakteriler, genellikle düşük molekül ağırlıklı organik maddeleri karbon (asetat, laktat, piruvat, etanol, metanol) kaynağı olarak kullanırlar. Ayrıca, ototrofik türler H<sub>2</sub>'yi de elektron alıcı olarak kullanabilirler.
- Sülfat indirgeyen bakteriler, bazı aerobik arıtma sistemlerinde gözlenmiş olup, bu bakterilerin mikroaerofilik yada oksijene tolere edebilen bakteriler olduğu düşünülmektedir.
- Sülfat indirgeyen bakterilerin direk aktiviteleri yada ürettikleri H<sub>2</sub>S nedeniyle metallerin korozyona uğraması en önemli problemdir.



- Ayrıca oluşan S<sup>-2</sup> (yada H<sub>2</sub>S) oluşan Fe<sup>+2</sup> ile birleşerek metal üzerinde siyah çökeleşe neden olur.



- Anaerobik çürütücülerde sülfatın bulunması, metanojenik aktiviteyi düşürerek, metan üretimini azaltır. Ayrıca gazda H<sub>2</sub>S artarak oluşan gazın kalitesini düşürür. Bunun yanı sıra oluşan sülfür anaerobik bakterilere zarar verir ve çürütücünün korozyona uğramasına neden olur. Metan bakterileri ve sülfat indirgeyen bakteriler aynı organik maddeleri tükettikleri için birbirleriyle yarışır. Bu yarıştan genellikle sülfat indirgeyen bakteriler galip çıkar çünkü daha yüksek büyüme hızına sahiptir.

**KAYNAK: Yrd. Doç. Dr. Erkan Şahinkaya; Çevre Mikrobiyolojisi 2, ders notları**