

6. BÖLÜM

GÖL SUYUNUN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Çözünmüş Maddeler

Doğada bulunan elementlerin hemen hepsi çeşitli bileşikler halinde tatlı su ve denizlerde bulunur. Ancak bunlardan bazıları eser miktarda bulunurken, bazıları daha fazladır.

Çözünmüş Maddeler

Katı elementlerden en çok görülenler;

anyonlar; karbonatlar, kloridler, sülfatlar,
fosfatlar ve nitratlar

katyonlar; kalsiyum, sodyum, potasyum,
magnezyum ve demir

İle bileşerek iyonlarına ayrılabilen tuzları
oluştururlar.

Çözünmüş Maddeler

Karbondioksitin çok yararlı ve kolay eriyebilir olması nedeniyle karbonatlar tatlı suların en bol bulunan tuzları arasındadır, iç suların kimyasal içeriği nicel ve nitel olarak toprağın jeokimyasına, göl tabanına ve göle giren ve çıkan akarsulara bağlıdır.

Çözünmüş Maddeler

Genellikle **açık göl** sularının anorganik içeriği göle giren **akarsuyunkine** çok benzer. Aksine kapalı göllerin anorganik içeriği buharlaşma ve çözünen maddelerin yoğunluğuna bağlıdır.

Çözünmüş Maddeler

Akarsular durgun sulara göre daha değişkendir.

Fakat büyük nehirlerin anorganik içeriği açık göllerinkine benzer. Bir akarsu, acı su sistemine (nehir ağzı) ulaştığı zaman deniz ve nehir su sistemlerinin karşılıklı etkisi sonucu içeriği oldukça değişir. Bu bakımdan çözünen katı madde bakımından acı sular çok kompleks ortamlardır.

Deniz suyunun kimyasal içeriği az çok sabittir.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Doğal sularda çözünen maddelerin veya minerallerin total miktarının bilinmesi, suyun kimyasal içeriğini tanımlamada yararlı bir parametredir. Aynı zamanda suyun verimliliğine katkısı olan dip yapısı hakkında genel bir bilgi verir.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Sudaki total çözünmüş maddeler veya total süzülebilir artıklar, filtre edilmiş belli bir miktar suyun düşük sıcaklıkta buharlaştırılmasıyla saptanır. Bu şekilde elde edilen kuru artık, anorganik ve organik maddeleri kapsar. Eğer bu artık madde yüksek sıcaklıkta yakılırsa, organik içerikli uçucu maddeler kaybolur.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Karbondioksitin uçması sonucu karbonatlar ayrılır. Yanmadan sonra elde kalan artık, total anorganik katı maddeleri kapsar.

Düşük sıcaklıkta buharlaşma sonucu meydana gelen artık madde ile yüksek sıcaklıkta yanma sonucu oluşan artık madde arasındaki farka yanmadan meydana gelen kayıp denir.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Her işlemde artık madde miktarı ve yanmadan dolayı meydana gelen kayıp, o su örneğinin ya bindesi (%0) veya milyonda bir kısım (ppm-part per milyon) veya litrede kütle (metrik sistem) olarak birimlendirilir.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Tatlı suyun tuzluluğu (salinite) iyonik içeriğinin total yoğunluğu olarak tanımlanır.
Bu terim deniz suyu için çok kullanılmakla beraber tatlı su araştırmalarında pek kullanılmaz. Çünkü total iyon oranları çok az miktarda bulunur.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Tatlı suda tuzluluk litrede miligram (mg/lt) olarak saptanır. Suda iyonlaşan maddelerin toplam miktarının ölçülmesi eriyiğin elektrik iletkenliğinin saptanması ile elde edilir. **Konduktivite (iletkenlik)** denen bu parametre, eriyikteki artık madde miktarını ve tuzlulukla ilişkisini yaklaşık olarak gösterir.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

- Genellikle doğal sularda iletkenlik yaklaşık olarak çözünmüş katı maddelerin toplamıdır.
- Dışarıya akıntısı olan göllerde total çözünmüş madde miktarı 100-200 ppm arasındadır. Akıntısı olmayan kapalı göllerde buharlaşma çözünmüş katı madde miktarını artırır, bazı hallerde 100.000 ppm'e kadar çıkarabilir.
- Böyle, oldukça yüksek yoğunluktaki göller ortalama 35.000 ppm yoğunluğa sahip olan denizlerden daha tuzludur.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Doğal sular organik fosfor ve azot bileşikleri yanında şekerler, asitler ve vitamin gibi organik bileşikleri de kapsar.

Sucul canlılara çevrelerindeki çözünmüş maddenin iki şekilde etkisi olabilir.

Total Çözünmüş Katı Maddeler

Bunlardan biri **çözünen maddenin yoğunluğu**, diğeri **besin olarak** değeridir.

Bir ortamda yaşayan bitki ve hayvanların su dengesi ve osmoregulasyonları osmoz ve difüzyon kurallarına göre çözünmüş maddelerin yoğunluğuna ve canlının fizyolojik durumuna bağlıdır.

Anorganik Maddeler

Ekosistemdeki önemleri dikkate alındığında tatlı su ortamında bulunan en önemli çözünmüş katı maddeler; kalsiyum ve magnezyum bileşikleri, sodyum, potasyum, azot, fosfor, demir, sülfür ve silistir.

Genellikle Ca, Mg, Na, K kationları ile karbonat, hidrokarbonat, sülfat ve klorür anyonları iç sularda tuzluluğu oluşturur. Bir litre suda bulunan iyonize maddelerin (anyon ve kation) miligram cinsinden değeri tuzluluk olarak değerlendirilir.

- **1. Kalsiyum ve Magnezyum:**

Bu iki alkali toprak minerali tatlı suda en bol bulunan iyonlardır. Her iki elementin kimyasal işlevleri, özellikle karbonat tuzlarının oluşumunda birbirine çok benzer. Bu iki iyondan Ca doğal sularda daha çok bulunur. Mg klorofil molekülünün önemli bir bileşeni olması bakımından ayrıca önem taşır.

1. Kalsiyum ve Magnezyum

Total katyonların % oranlarına göre sular 3 gruba ayrılır:

Yumuşak sular: Total katyonların aşağı yukarı %48'i Ca ve %14'ü Mg'dir.

Orta sert sular: Mg'un Ca'a oranı artar, yaklaşık olarak Ca %53 ve Mg %34'tür.

Sert sular: Total katyonların ortalama %63'ü Ca ve %17'si Mg'dur.

1. Kalsiyum ve Magnezyum

Sularda genellikle kalsiyum ve magnezyum iyonlarına bakarak, bazen de demir ve alüminyum iyonlarına bakarak sertlik tayini yapılır.

Bazı araştırıcılara göre; Kalsiyum 10 mg'dan azsa yumuşak su, 20-25 mg ise orta sert su ve 25 mg'dan fazlaysa sert su olarak tanımlanır. Sertlik değerleri çeşitli ülkelere göre farklı değerlendirilir. Ülkemizde daha çok fransız sertlik baremi kullanılır.

1. Kalsiyum ve Magnezyum

Su sertliği geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere iki grupta toplanır.

Geçici sertlik suyun karbonat ve bikarbonatını gösterir, suyun kaynatılması ile giderilebilir.

Kalıcı sertlik ise suyun içerdiği klorür ve sülfatlardan ($MgSO_4$) kaynaklanır.

1. Kalsiyum ve Magnezyum

Tabakalaşan göllerde kalsiyumun dağılması az çok karakteristik bir durum gösterir. Yaz durgunluğu sırasında kalsiyumda çok az bir tabakalaşma izlenir.

Orta sertlikteki ve orta derecede kalsiyum içeren göller tabakalaşma sırasında hipolimniyonda biraz daha fazla kalsiyum kapsar (21.2-22.4 mg/l).

1. Kalsiyum ve Magnezyum

Sert sulu göllerin hipolimniyonunda daha fazla kalsiyum bulunur. Bu göllerde kalsiyum eğrisi yüzeyden hipolimniyona doğru sabit bir artış gösterir. Hipolimniyonda yüzeydeki iki katı fazla kalsiyum bulunabilir. Diğer maddeler gibi kalsiyum da ilkbahar ve sonbahar karışımı sırasında göl içinde yeniden dağılır.

1. Kalsiyum ve Magnezyum

Yumuşak sulu göllerin birim alanında sert sulu göllere göre daha az canlı bulunur. **Orta kalsiyum içeren göllerde total bitki biyomasının fakir göllere göre 3-5 kat daha fazla olduğu saptanmıştır.** Balık hariç diğer hayvanların miktarı ise fakir göllerdekinden üç kat daha fazla bulunmuştur.

1. Kalsiyum ve Magnezyum

Zengin göllerde total organizma miktarı en fazla olmakla beraber orta göller bitki ve hayvan türü bakımından daha zengindir. Fakir göller organizma miktarı bakımından verimsiz oldukları gibi tür bakımından da fakirdirler.

Kalsiyum Karbonat

Eğer su içinde karbonat, karbonik asitin ayrışması ve kalsiyum (veya Mg) iyonlarıyla birleşmesi sonucu oluşursa, CaCO_3 meydana gelir.

Kalsiyum Karbonat

CaCO_3 veya kireç beyaz bir çökelti olarak oluşur. Bu oluşum karbondioksitin karbonat sisteminden ayrılmasına bağlıdır.

Ortamda CO_2 'in bulunması karbonik asidin oluşmasını sağlar. Karbonik asit çözünerek pH'ı düşürür. Böylece ortam asitleşir. Sistemden CO_2 'in çekilmesi HCO_3 'tan CO_2 'in ayrılmasına neden olur ve CaCO_3 çöker.

Kalsiyum Karbonat

Tatlı sularda çöken CaCO_3 'a marn denir.

Bunun içinde bazı hayvan kabukları da bulunur.

Daha teknik anlamda marn terimi sudan

doğrudan doğruya çöken CaCO_3 birikimi için

kullanılır. **Bu çökme CO_2 'in fotosentezde yeşil**

bitkiler tarafından kullanılması ve fiziksel olarak

sudan atmosfere geçmesi sonucu oluşur.

Kalsiyum Karbonat

Bazı alg türleri ve yüksek bitkilerin solunumla ortama CO_2 sağlaması sonucu kirecin oluştuğu saptanmıştır. Bu bitkilerden bazıları serbest CO_2 'i tükettikten sonra karbonatlardan doğrudan doğruya CO_2 'i alabilirler.

Yüksek bitkilerden *Elodea* ve *Potamogeton*'un yüzeyinde yoğun bir kireç birikimi vardır. 100 kg taze *Elodea* bitkisinin bir günde 10 saat güneş ışığı altında 2 kg CaCO_3 'ü çökertebileceği hesaplanmıştır.

Kalsiyum Karbonat

Sert sularda yeşil algler (Chlorophyta)'den *Chara* ve *Cladophora* önemli ölçüde **marn** oluşumuna neden olurlar. *Chara* ellendiği zaman fırça gibi batar ve kuru ağırlığının %30'u kireçtir. *Cladophora* göl tabanında kireç topakları halinde yığılır. Bazı mavi-yeşil alg (Cyanophyta) ve bakteriler de kireç oluşturma yeteneğindedir.

Kalsiyum Karbonat

Tatlı sularda kireç sadece işlevler sonucu oluşmaz, sıcaklığa bağlı olarak CO_2 'in tüketilmesi, pH ve partiküllerin kısmi basıncı da kireç oluşumunda etkilidir.

Fosfat eksikliği suda CO_2 azalmasına neden olduğundan, dolaylı olarak kireç oluşumu kolaylaşmış olur.

Kalsiyum Karbonat

Kalsiyum ve magnezyum, karbonattan başka, anyonlarla da bileşik yapabilirler. Bunlardan bazıları bazı göllerde yüksek yoğunluklarda bulunabilir. Örneğin İsviçre Alplerinde bazı küçük göller CaSO_4 veya **alçıtaşı** bakımından zengindir. Alçıtaşı lokal sedimanda bulunduğu için oradan suya geçer. Magnezyum da sülfatla birleşik yaparak **ingiliz tuzu** ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) halinde yüksek oranlarda bazı tuzlu göllerde bulunabilir.

Kalsiyum Karbonat

Tuzlu göllerin bazılarında magnezyum kloritle bileşik yapmış olarak bulunur. Çift karbonatlı kalsiyum ve magnezyum $(\text{CaMgCO}_3)_2$ yapısında olan Dolomit (bir tür beyaz mermer) dünyanın çeşitli kısımlarında önemli katyon kaynağı olarak bulunur.

Kalsiyum Karbonat

Kalsiyum, sudaki bir çok canlının kabuk ve iskelet yapısında önemli bir maddedir. Sazan kültürü yapılan deney havuzlarında 10 hektarlık bir üretim alanında 10 kg'lık kalsiyumun ortamdan çekildiği saptanmıştır. Amphipodlardan *Gammarus* türleri kireçli sularda çok iyi geliştiği halde bitkilerden Characea familyası (*Isoetes lacustris*) kireci az sularda daha iyi gelişir.



Gammarus

Kalsiyum Döngüsü

Sudaki kirecin incelenmesinden, kalsiyum ve karbonatın tamamen kaya tabakalarından sağlandığı anlaşılmaktadır. İyonlar bu yapılardan çözünerek göl veya nehirlere taşınır. Suda bazı hayvanların kabuk yapısında, kemik oluşumunda, omurgalılarda ve bitkilerde kireç birikiminde rol oynarlar.

Kalsiyum Döngüsü

Kalsiyum nehirlerle denize ulaşır ve orada mercan kayalığında ve hayvan kabuklarından oluşan dip sedimanında bloke olarak birikir. Burada jeolojik olaylarla su yüzüne çıkıncaya kadar kalır.

2. Sodyum ve Potasyum

Dođal sularda dűşűk yođunluklarda sodyum ve potasyum bulunduđu zaman genellikle sodyum miktarı potasyumdan biraz fazladır.

Yumuşak sularda aşağı yukarı sodyum yüzde olarak kalsiyumdan sonra ikinci gelir.

Sert sularda oran dűşer, genellikle kalsiyum ve magnezyumdan azdır. Dođal sularda sodyumun en yaygın bileőiđi sodyum klorur veya tuzdur.

2. Sodyum ve Potasyum

Tuzlu göllerde tuz yoğunluğu %24-26'ya çıkabilir. Bazı göllerde sodyum, sodyum tetraborat veya **boraks** olarak ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) bulunur. Bazı bölgelerde sodyum sülfat (Na_2SO_4) halindedir. Bazı tuzlu göllerde potasyum total iyonik bileşimin %23'ünü oluşturur. Analiz zorluğu nedeniyle sodyum, ekseriya potasyumla beraber tayin edilir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

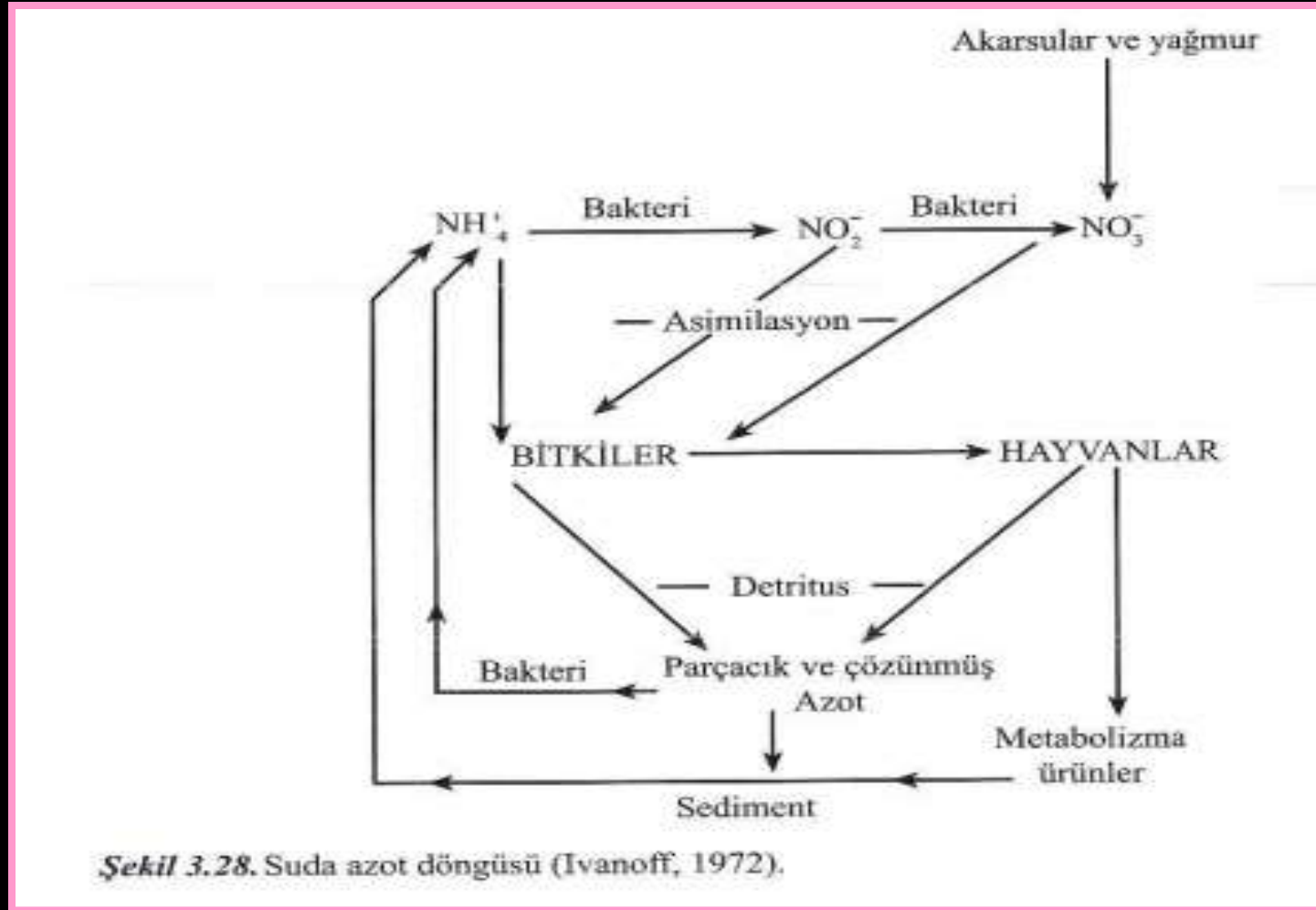
Azot, canlıların başlıca bileşenleri olan protein, karbonhidrat ve yağın oluşumunda ve sentez olaylarındaki rolü nedeniyle bütün ekosistemlerin temelidir.

Doğal sularda azot, çözünmüş veya asılı organik bileşik ve mineral şeklinde bulunabilir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Bu azot tiplerinden sadece mineral azot besleyici elementler arasındadır ve amonyum (NH_3) nitrit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-) şeklinde bulunur. Mineral azotun bu üç şekli fitoplankton ve bentik algler tarafından kullanılabilir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri



3. Azot ve Azot Bileşikleri

Doğal sulara azotlu bileşikler ya dış kaynaklardan (allokton) sağlanır veya doğrudan su içinde (otokton) oluşur. Allokton azot, dünya üzerinde birikmiş nitrat ve nişadır gibi bileşiklerden veya insan popülasyonu dahil, karasal azot bileşikleri kapsayan yüzeylerden ve yeraltı kaynak veya sızıntılarından suya karışır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Otokton azot bileşikleri ise ya doğrudan doğruya zooplankton ve balıkların azotlu boşaltım artığı ürünlerini ortama salmaları ile veya bu canlıların ölmeleri sonucu atık halde bulunan organik maddelerin bakteriler tarafından ayrıştırılması sonucu dolaylı olarak amonyağa dönüşmesi ile ortama katılır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Doğal sularda element halinde veya birleşik olmayan azot (N_2) kaynağı olarak en azından iki kaynak vardır.

Bunlardan biri ve en önemlisi atmosferdir, ikinci azot kaynağı ise nişadırın (Amonyak tuzu- NH_4Cl) bakteriyal denitrifikasyonundan sağlanır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Tatlı sularda azot molekülünün eriyebilirliği sıcaklık ve basınca bağlıdır. Aşırı doymuşluk durumu, göllerde belli basınç altında su-hava yüzeyinde görülebilir.

Yaz durgunluğu sırasında bağlı olmayan azotun vertikal dağılışı sıcaklığa ters olarak gelişir, ilkbahar ve sonbahar karışımları amonyağı bütün göle dağıtır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Anorganik maddeler bitki ve hayvan dokuları tarafından alınarak çeşitli organik maddelerin sentezlenmesinde kullanılır ve protoplazmanın metabolik olaylarında çeşitli azot bileşiklerine dönüştürülür.

Bu şekilde oluşan organik azot bileşikleri arasında hayvan ve bitki proteinleriyle hayvanların metabolik artıkları olan üre ve ürik asiti sayabiliriz.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Filtre ve santrifüj edilen göl yüzey suyunda erimiş olarak bulunan total azotun hemen hemen %50'den fazlası organik azot şeklindedir, bunun da %60-80 kadarı serbest aminoasitler, polipeptitler ve proteinler gibi amino bileşiklerinden oluşur.

Bu maddeler başlıca canlı bitki ve hayvanlarda bulunursa da suda bulunuşu yaşayan canlıların metabolik olaylarından ve ölmüş olanların çürümelerinden kaynaklanır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Yaşayan canlıların oluşturduğu azot, bir çok mavi-yeşil algin hücre dışına salgıladığı azotlu maddelerdir, bunlar arasında polipeptid, amid ve amino asitleri sayabiliriz. Böyle bileşiklerin salıverilmesinin ekolojik olarak önemi bilinmemektedir.

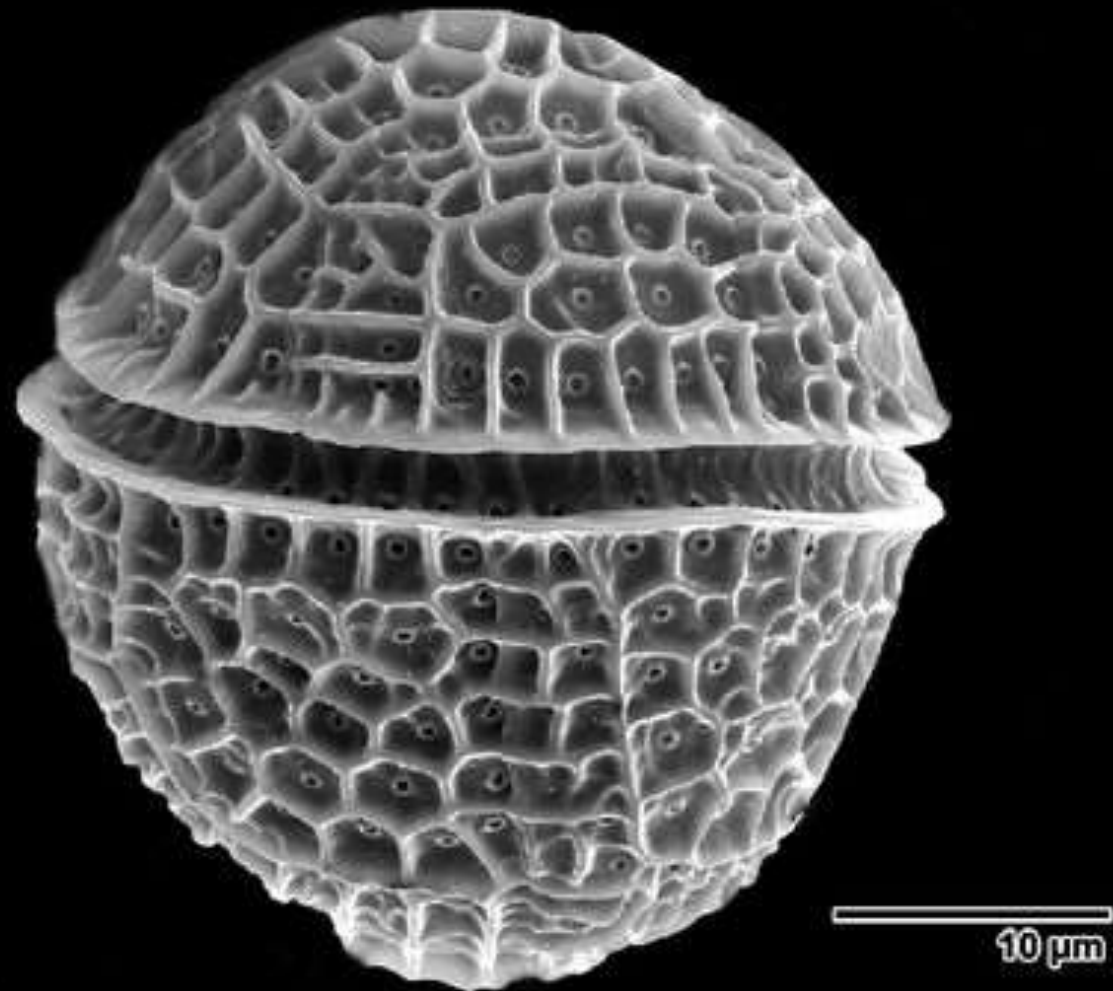
3. Azot ve Azot Bileşikleri

Alg türleriyle yapılan deneyler bu bitkilerin kendi çıkardıkları azot kaynağından yararlanmadıklarını göstermiştir.

Ancak bir bitki türünün aynı ortamda yaşayan bir başka bitki türünün salgıladığı salgı nedeniyle gelişemediği, hatta zehirlenerek öldüğü (**Amensalizm** denen) olay zehirli maddelerin kolayca yayıldığı sucul ortamlarda sık görülür.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Örneğin bazı mavi-yeşil algler su yüzünde oluşturduğu aşırı çoğalmadan kaynaklanan kümeler sudaki faunayı hatta su içmek için gelen büyükbaş hayvanları zehirleyebilir. Aynı şekilde Dinophyta grubundan bazı kamçılı deniz protistleri çevredeki faunayı yok edebilecek maddeler salarlar.



3. Azot ve Azot Bileşikleri

Azot, doğal sularda element halinde ve organik bileşikler halinde bulunduğu gibi anorganik azot bileşikleri halinde de, (nişadır (amonyak), nitrit ve nitrat) bulunabilir.

Tatlı suların çoğunda anorganik azot bileşiklerinin yoğunluğu az olmakla beraber bir komünitenin verimliliğini saptamada oldukça önem taşır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Anorganik azot formlarının hepsi birçok yeşil bitki tarafından kullanılabilir. Organik bileşiklerde bağlı azot, çürümeler ve bir dereceye kadar hayvanların azotlu boşaltım ürünleri aracılığıyla yeniden ortama döner.

Bitki ve hayvan proteinlerinin oksidatif indirgenmesinin ilk basamağının ürünü serbest Amonyak (NH_3) veya amonyak tuzu olarak bilinen amonyum klorür (NH_4Cl) yani **Nişadır**.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Daha az miktarlarda olmakla birlikte baz olarak amonyum hidroksit gibi ve tuz olarak amonyum karbonat gibi amonyum bileşikleri de salınır. Ayrıştırma olaylarının etmeni, mikrobiyal canlılardan bazı bakteri ve mantarlardır.

Doğal sularda serbest amonyak kısmen proteinlerin bakteriler tarafından ayrıştırılmasından ve kısmen de deaminasyondan (bir amino asitin amino grubunun (NH_2) ayrılması) yine bakterilerin etkinliğiyle sağlanır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Oksijenin kullanılması sonucu kirlenme arttıkça amonyak yoğunluğu da artar. Aşırı hallerde 12 mg/lt olabilir. Amonyak ve onun temel bileşiklerinden olan çözünmeyen amonyum hidroksit (NH_4OH) suyun pH'na bağlıdır.

18°C de ve pH 6'da NH_4 'ın, NH_4OH 'a oranı yaklaşık 1/300 iken, pH 8 olduğunda bu oran yaklaşık 1/30 olur. Yüksek alkali ortamda NH_4OH yoğunluğu toksik düzeye ulaşır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Normal ve alkali sularda serbest amonyak yoğunluğu 2.5 mg/lit'nin üzerinde olduğu zaman birçok canlı türü için zehirli olabilir. Tatlı sularda en çok rastlanan amonyum tuzu olan amonyum karbonat genellikle az miktarda bulunur.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Temiz göllerin özellikle yazın tabakalaşan ışıklı üst tabakalarının amonyak içeriği genellikle düşüktür.

Yaz durgunluğunda ötrofik göllerin hipolimniyonu, bu tabakadaki ayrışma olayları nedeniyle amonyak bakımından oldukça zenginleşir.

Sonbahar karışımı başladığı zaman hipolimnetik amonyak bütün göle dağılır, böylece üst tabakada da amonyak içeriği yükselir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Aynı şekilde kış durgunluğu sırasında üretilen amonyak, ilkbahar karışımı ile bütün göle yayılır.

Epilimniyonda ilkbahar ve yazın fitoplanktonik canlıların gelişmeleri ve biyokimyasal gereksinimin artması sonucu, yazın sonbahar karışımına kadar amonyak miktarında bir azalmaya neden olur.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Azotlu organik bileşiklerin oksidasyonunun bir ara fazında amonyak, bazı nitrifikasyon bakterileri (Örneğin *Nitrosomonas* gibi) tarafından ayrılır. Amonyak absorbe edilir ve nitrit (NO_2) iyonları salınır. Bu olayda açığa çıkan enerji nitrobakter bakterileri tarafından karbonhidrat sentezinde kullanılır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Nitrit, Nitrat (NO_3)'in redüksiyonundan da oluşabilir. Aslında doğal suların çoğunda bulunan nitritin büyük bir kısmı amonyağın oksidasyonundan çok, bu olaydan sağlanır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

- **Nitrit (NO₂):** Nitrit temiz sularda ya hiç bulunmaz veya eser miktarda bulunur, bulunduğu zaman mevsimsel değişimi nitratta olduğu gibidir. *Diatome* ve *Chlorella* gibi bazı algler nitratı nitrite dönüştürebilirler. Bütün yeşil bitkilerin nitrata gereksinimi olduğu için bu bileşik büyüme mevsiminin sonuna doğru oldukça azalır.

Chlorella



3. Azot ve Azot Bileşikleri

Bu nedenle aynı periyotta nitratın nitrite dönüşmesinin yavaşlamasını doğal karşılamak gerekir. Eser miktardaki nitritin ekolojik önemi bilinmemektedir. Ancak büyük miktarda bulunması lağım kirlenmesini akla getirir. Nitritin içme suyuna karışması bebeklerde mavi kan hastalığına yol açabilir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Azotlu maddelerin ayrışması reaksiyonlarının son aşamasında nitrit nitrifikasyon bakterileri tarafından oksitlenerek nitrata (NO_3) dönüşür. Nitrat, suda yüzen veya substratta bulunan yeşil bitki kökleri tarafından kolayca kullanılır.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Nitrobakter gibi nitrat üreten nitrifikasyon bakterileri için önemli olan üretilen nitrat değil açığa çıkan enerjidir.

Çünkü açığa çıkan enerjiyi kullanırlar. Bir ortamdaki canlıların devamlılığı ve verimi için nitrat, protein sentezinde azot kaynağı olarak oldukça önemlidir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

- **Nitrat:** Temiz tatlı sularda çok az miktarda bulunur. Dünya ortalaması 0.30 ppm'dir. Bazı çok tuzlu göllerde (Mg SO_4 'lı) azotun bu formu zamanla tamamen yok olabilir. Çevresel şartların etkisi altında özellikle sel zamanı ve organik kirlenme, nitratı önemli ölçüde artırabilir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Nitrat ekosisteme bakteriyel nitrifikasyonun bir yan ürünü olarak katılır ve bu bileşik ortamdan yeşil bitkilerin tüketimi, element azotun bakterilerle denitrifikasyonu ve amonyağın redüksiyonu yoluyla yok edilir.

3. Azot ve Azot Bileşikleri

Oligotrof göllerin üst tabakasında nitrat içeriği yazın, ilkbahar karışımından dolayı biraz azalır. Dipte pek değişmez.

Ötrof göllerde nitrat, üst tabakada plankton tarafından kullanıldığı için derinlerde ise bakteriyel redüksiyon nedeniyle azalır.

Bu bakımdan en yoğun olduğu kısım trofogenik bölgenin alt sınırı yakınlarındadır.

4. Fosfor

Azot gibi fosfor da canlıların yapısına giren önemli bir besleyici elementtir. Fosforun önemi hücrede enerji taşıma sisteminde rol almasından, ATP'nin ve nükleik asitlerin önemli bir bileşeni olmasından, iskelet yapısına girmesinden ve doğal olarak çok az miktarda bulunmasından kaynaklanır.

4. Fosfor

Doğal sularda yeterli fosfor bulunmaması, besin eksikliğine neden olduğundan, önce fitoplankton gelişmesinin yavaşladığı ve bunun sonucu olarak sistemin veriminin düştüğü görölür. Laboratuvarlarda hazırlanan alg költürlerine fosfor ilave edilmesi gereklidir.

4. Fosfor

Fosfor doğal sularda ya **erimiş organik fosfor veya sestondaki organik fosfor** şeklinde bulunur. Ayrıca suda demir ve kalsiyum gibi bir çok iyonla birleşebildiği için **özünmemiş anorganik fosfor ve çözünmüş anorganik fosfor** olarak bulunur.

4. Fosfor

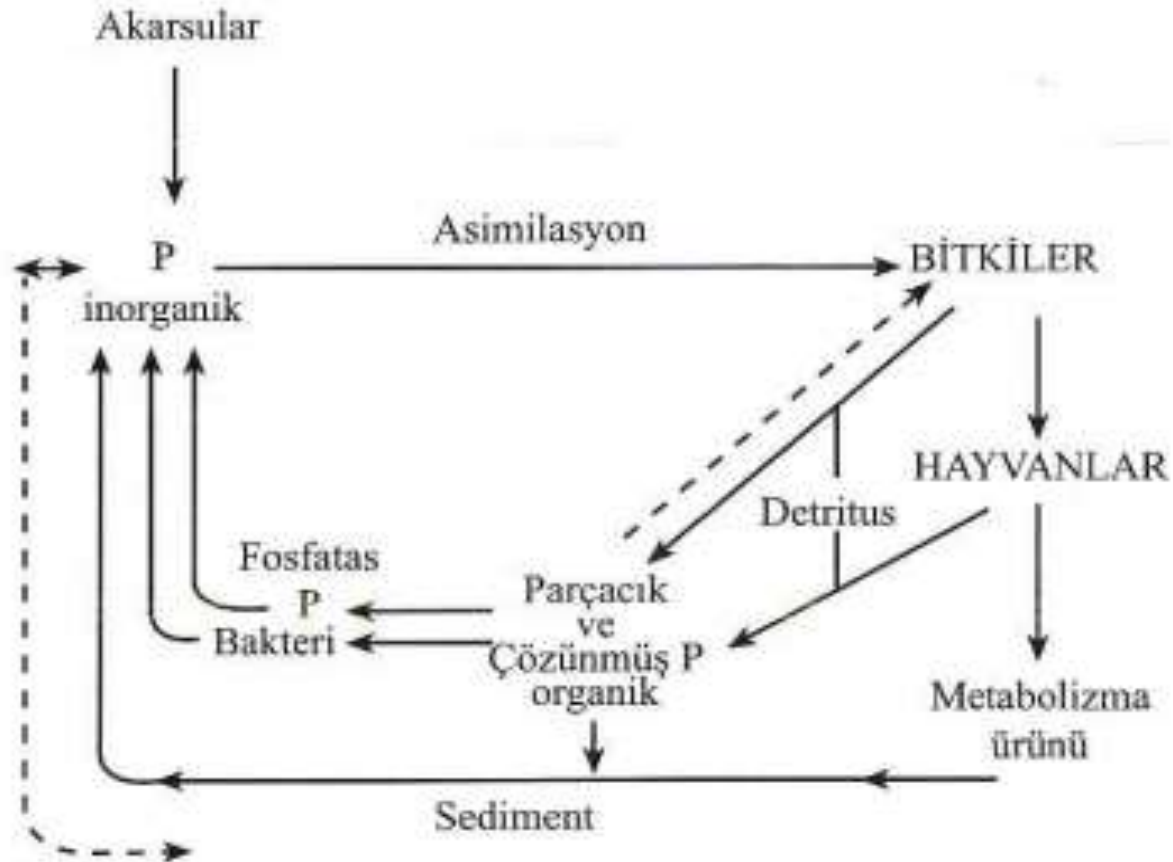
Doğal sularda total fosfor yoğunluğu; havzanın morfometrisine (hacim, tabakalaşma, su hareketleri vb.), bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlıdır.

Volkanik kayalar başlıca fosfor kaynağı olmakla beraber, meteoritler ve topraktan da fosfor sağlanır. Ayrıca insan artıkları ve deterjanlar da fosfat kapsar.

4. Fosfor

Bazı bakteriler organik fosfor moleküllerini bitkilerin kullandığı anorganik fosfata dönüştürebilirler.

Fosfor canlılar için çok önemli olmakla beraber organizmanın yapısında eser miktarda bulunur.



Şekil 3.30. Suda fosfor döngüsü (Ivanoff, 1972).

4. Fosfor

Canlılar öldüğü zaman organik fosforun önemli bir kısmı ortofosfor olarak ortama geçer. Ayrıca bakterilerin ayrıştırdığı organik artıklardaki fosfor parçaları da ortama dağılır. Canlılar öldükleri zaman çürüme sonucu çözülmüş organik fosfor oluşur. Amonyum, nitrit ve nitrat gibi anorganik fosfor bitkiler tarafından alınarak zooplankton ve diğer sucul hayvanların kullanabileceği organik madde haline dönüştürülür.

4. Fosfor

Bitki ve hayvanlar öldüğü zaman erimiş fosfat oluşur. Bu fosfor fosfataz enzimleri ve bakterilerin etkisiyle tekrar anorganik fosfata dönüşür. Bundan başka hayvansal metabolizma sonucu oluşan anorganik fosfor ve nehirlerin taşıdığı fosfor da ortamda birikerek tekrar bitkilerin kullanabileceği anorganik fosfatı oluştururlar.

5. Demir Bileşikleri

Demir, hayvanların solunum pigmentinde bulunur. Ayrıca peroksidaz, katalaz sitokrom oksidaz ve nitrogenaz gibi birçok enzimin yapısına girer.

Klorofilin yapısına girmediği halde klorofil oluşumu için zorunludur.

Alglerin gelişmesinde önemli rol oynar.

5. Demir Bileşikleri

Demir doğada ya oksitlenmiş üç değerli ferrik (Fe^{+++}) veya indirgenmiş iki değerli ferro (Fe^{++}) durumundadır.

$\text{Fe}^{++} \rightarrow \text{Fe}^{+++}$ ferro formu, ferrik forma dönüşürken bir elektron ayrılır.

Demirin ferrik hali oksitlenmiş ve ferro formu indirgenmiş halidir.

5. Demir Bileşikleri

Ferro, oksijenli ortamlarda sonbahar karışımında ferrik forma dönüşür. Hipolimnionda biriken demirin çoğu hareketli ve suda eriyen formdan, hareketsiz ve suda erimeyen forma değişir. İndirgenme ve asidik sular demirin eriyebilirliğini artırır.

5. Demir Bileşikleri

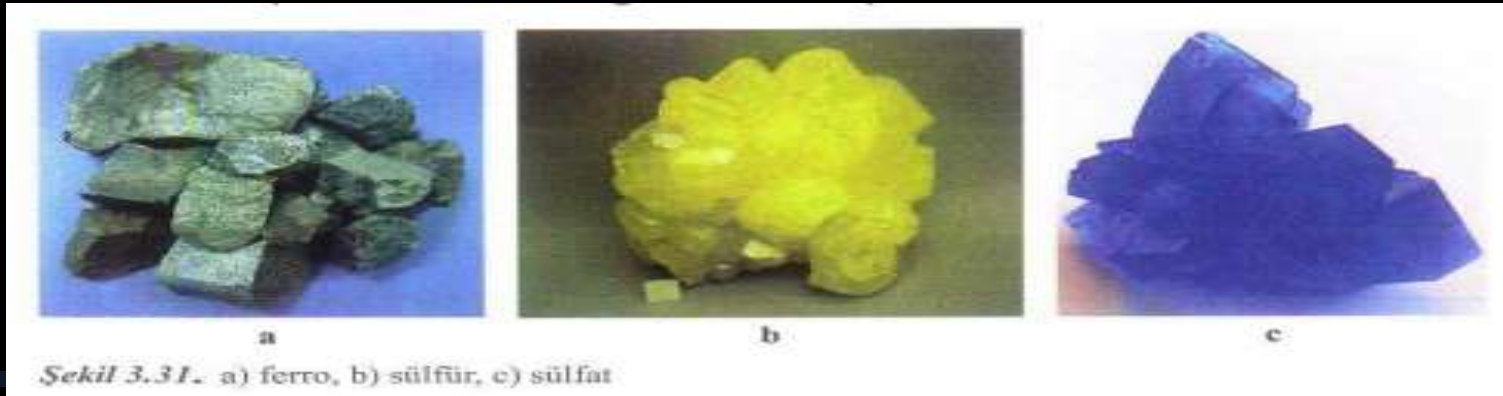
Birçok ferro bileşikleri suda eriyebilir. Sıcak ortamlarda ferrik formu suda erimez, bunun sonucu olarak oksitlenmiş ve alkaline ortamlarda demir çökerek yoğunlaşır. Oksitlenme ve indirgenme işlemi mikroorganizma tarafından da gerçekleştirilebilir.

5. Demir Bileşikleri

Demir, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için gereklidir. Suda ferrik oksit 0.2-2 mg/lt bulunduğu zaman alglerin çoğu iyi büyür. Fakat litrede 5 mg'ı geçerse zehirli etki yapar.

5. Demir Bileşikleri

Demirin en çok bulunan ve fitoplankton tarafından kullanılabilen formlarından biri **ferrik hidroksit (FeOH_3)**'tir. Ferrik hidroksit, çözünmüş ferro tuzları bulunan sularda ferro demirin oksidasyonu sonucu oluşur.



6. Sülfür

Tatlı sularda en çok rastlanan sülfür formlarından biri katyonlara bağlı sülfat ($\text{SO}_4^{=}$) anyonu ve kükürtlü hidrojen (H_2S)' dir.

Sülfat suya yağmurla, sülfatlı sedimanlardan geçer. Yüzey sularında sülfat azdır. Bazı coğrafik bölgelerde bu iyonun başlıca kaynağı yağmurdur. Kuzey Amerika tatlı sularında ortalama sülfür içeriği %15'dir.

6. Sülfür

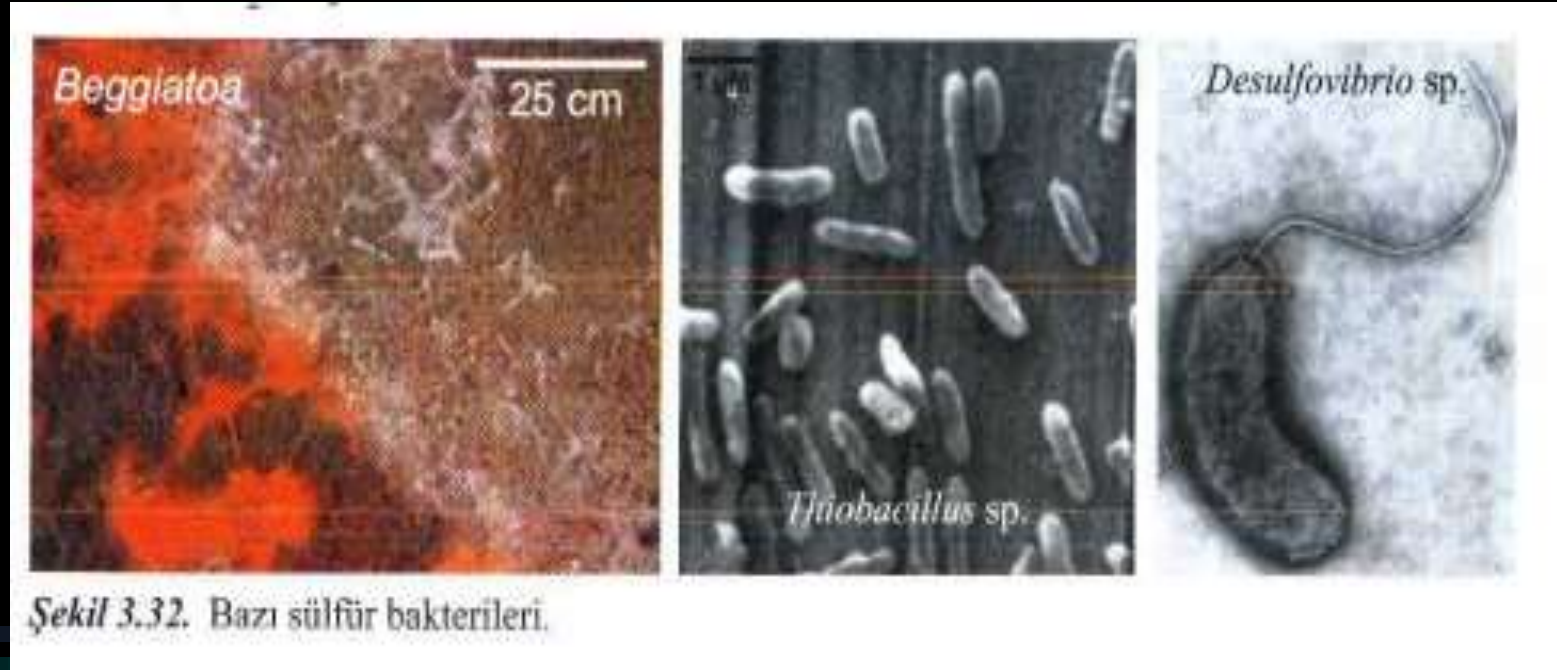
- Sülfatın doğal sulardaki ekolojik önemi çok çeşitlidir.
- Bunlardan birisi bitki büyümesi için gerekliliğidir.
- Bir suda sülfatın yeterince bulunmaması fitoplankton gelişimini engeller. Dolayısıyla de biyolojik verim düşer.
- Ayrıca sülfür protein metabolizması için de önemlidir. Organizmanın büyümesine sülfat olarak katılır.

6. Sülfür

- Oksijensiz şartlarda sülfat, kükürtlü hidrojene indirgenirken sülfür bakterileri tarafından kemosentetik olaylarda kullanılır.
- Bu olayla indirgenen sülfür, fosfatların ve ferrik komplekslerde bulunan diğer besin maddelerinin açığa çıkmasına neden olur.

6. Sülfür

- Sülfür döngüsü ile ilgili olarak sülfür bakterilerinden en iyi bilinen *Beggiatoa*'dır. Hidrojen sülfür, renksiz sülfür bakterileri ile oksitlenebilir.



Şekil 3.32. Bazı sülfür bakterileri.

6. Sülfür

- Başka bir bakteri grubu olan *Thiobacillus* türleri zorunlu kemotroftur ve elementer sülfürü oksitleyerek sülfürik asite dönüştürebilir.
- *Desulfovibrio desulphuricans* ise sülfat ve diğer sülfür bileşiklerini indirgeyerek hidrojen sülfürü açığa çıkarabilir.



Desulfovibrio

x10000 2 μm 2.00kV 6mm

Thiobacillus

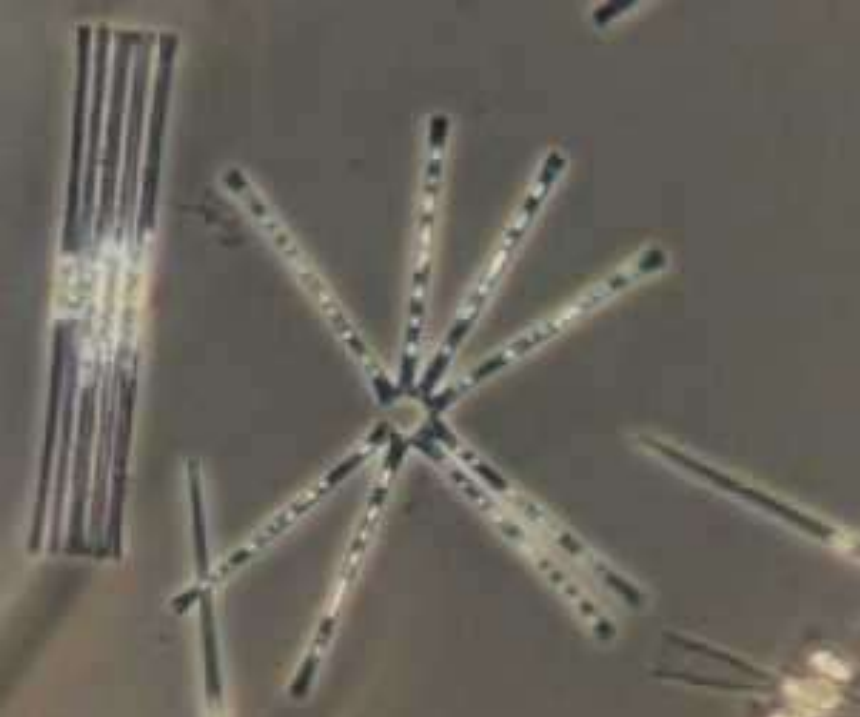


7. Silis (Silikon)

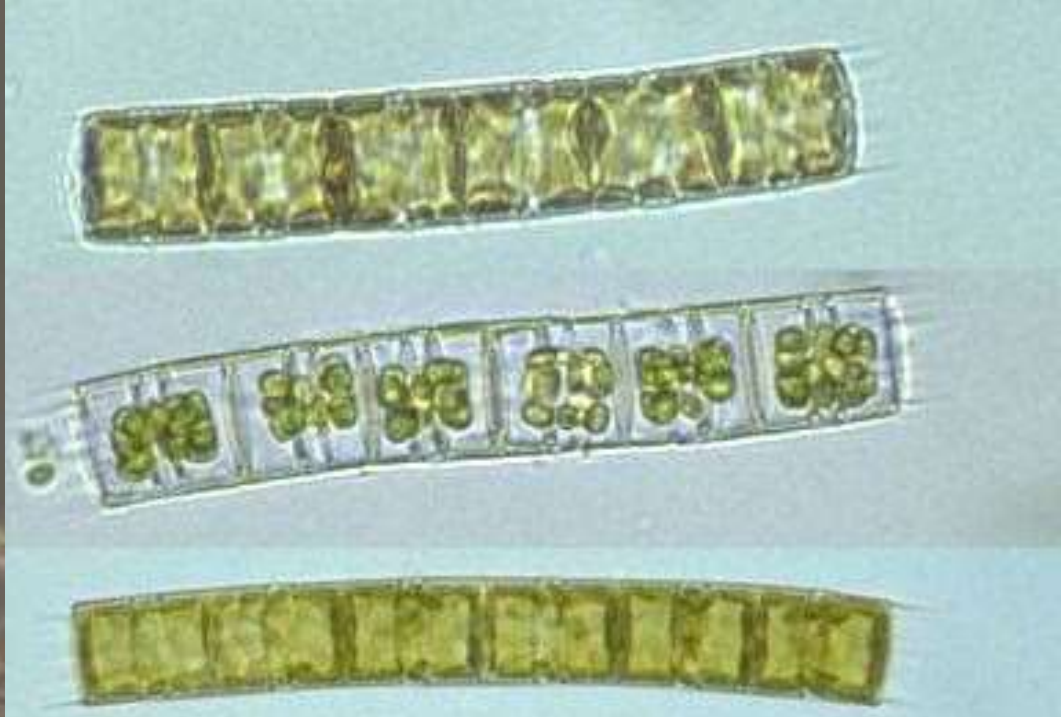
- Tatlı sularda silis element olarak bulunmaz.
Genellikle silisyum dioksit halindedir.
- Dünya yüzeyindeki taş ve toprağın %60'ından fazlası silisyum dioksit (SiO_2) kapsar.
- Bu oran dikkate alındığında silisyum dioksitçe zengin suların kirlenmemiş olduğu söylenebilir.
- Silis, diğer elementlerin aksine, bitki ve hayvanların protoplazmasının bileşiminde önemli bir element değildir.

7. Silis (Silikon)

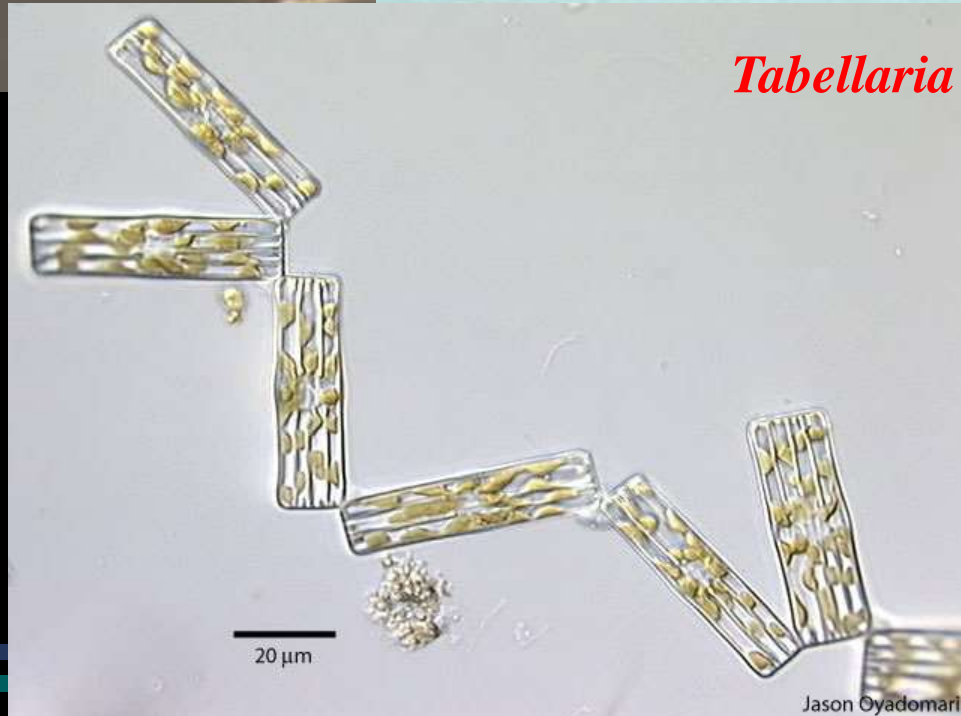
- Bazı alglerin (*Diatome*) kabukları (**Frustule**), sarı-esmer alglerin kistleri ve bazı süngerlerin spiküllerinde bulunur.
- *Asterionella*, *Melosira*, *Tabellaria* gibi diyatome popülasyonlarının gelişmesi için en azından 0.5-0.8 mg/lit SiO₂ bulunması gereklidir.



Asterionella,



Melosira,



Tabellaria

Jason Oyadomari

8. Diğer Elementler

- Doğal sularda bu elementlere ek olarak diğer elementler de çok az miktarlarda bulunurlar.
- **İz element** veya **mikronütrient** denen bu elementlerden **Manganez (Mn)**; klorofilli bitkilerin bir bileşeni olmakla birlikte miktarı çok azdır.

- Bitki ve hayvanların gereksinimidir. Planktonik canlıların enzim sistemlerini aktive ederek büyümelerini sağlar.
- Mangan suya çevredeki toprak ve kayalardan geçer, % 0.5 dolayında bir miktar sucul canlılar için yeterlidir. Oksijene karşı duyarlı olmadığından suyun her tabakasında bulunabilir. Demirinkine benzer bir rolü vardır.

8. Diğer Elementler

- Alüminyum, çinko ve bakır da doğal sularda değişik miktarlarda bulunur. Bakır ve çinko suda demir ve manganez gibi davranır ve oksitlendiğinden erimez.
- Buna karşılık vanadium, krom ve selenyum oksitlendiği zaman erir.
- Suda en az bulunan iz elementler bor, kadmium, iyot, rubidium ve zehirli olarak kurşun, civa ve arseniktir.

8. Diğer Elementler

- Ağır metallerden molibden (Mo), yedi sabit ve beş radyoaktif izotopa sahiptir.
- Yüksek bitkilerin büyümesi üzerindeki etkisi eskiden beri bilinir.
- Bu elementin eksikliği primer prodüktiviteyi sınırlar. Molibdenin suya verilmesi halinde alg büyümesi uyarılır.

8. Diğer Elementler

- Kobalt (Co), yaşam için temel iz elementlerdendir. Eksikliğinde bazı enzimlerin aktivasyonu durur.
- Kobalt sadece B12 vitamininde cyanocobalamin olarak bulunur.
- Mavi-yeşil alglerin çoğunun siyanakobalamine gereksinimi vardır ve onu sentezleyebilirler. Bu da çevrede kobalt kaynağının bulunmasına bağlıdır.

8. Diğer Elementler

- Limnolojik olarak incelenen iz elementlerden biri de **bakır**dır.
- Bakır(Cu)ın $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ formu yıllarca sucul ortamlarda **algisid** olarak kullanılmıştır. Bakır karbonat olarak sert sulu göllerin sedimanlarında birikerek dip faunasına zararlı olabilir.
- Bakır karbonat yıllarca "**yüzücü uyuzu**" denen deri iltihabına neden olan sülüklerin (Plathyhelminthes) larval dönemlerini geçirdikleri salyangozları öldürmede kullanılmıştır.

8. Diğer Elementler

- Çinko(Zn)da yaşam için önemli elementlerden biridir. Dehidrogenezin metal bileşeni olup, fotosentezde hidrojen transferinin bir elementi olarak gereklidir. Ayrıca protein sentezinde de metabolik rolü vardır.

8. Diğer Elementler

- Göl sedimanında **sülfid**, CaCO_3 ve $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 'lü bileşikler olarak çökerir.
- **Vanadium(V)**, medikal jeolojide, kolesterol sentezini engellediği gerekçesiyle önem taşır. Çünkü toprakta veya suyunda vanadium bulunan yerlerde damar hastalıklarının az görüldüğüne inanılır.
- Yeşil alglerden ***Scenedesmus*** fotosentez oranını artırır ve molibdenin yerine geçerek ***Azotobakter*** tarafından dinitrojen redüksiyonunda katalizör olarak kullanılabilir.