



Su Kirliliği ve Uzaktan Algılama

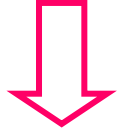
Doç. Dr. Özgür ZEYDAN

<https://ozgurzeydan.com.tr/>

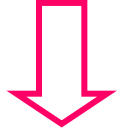


Çevre Sorunları

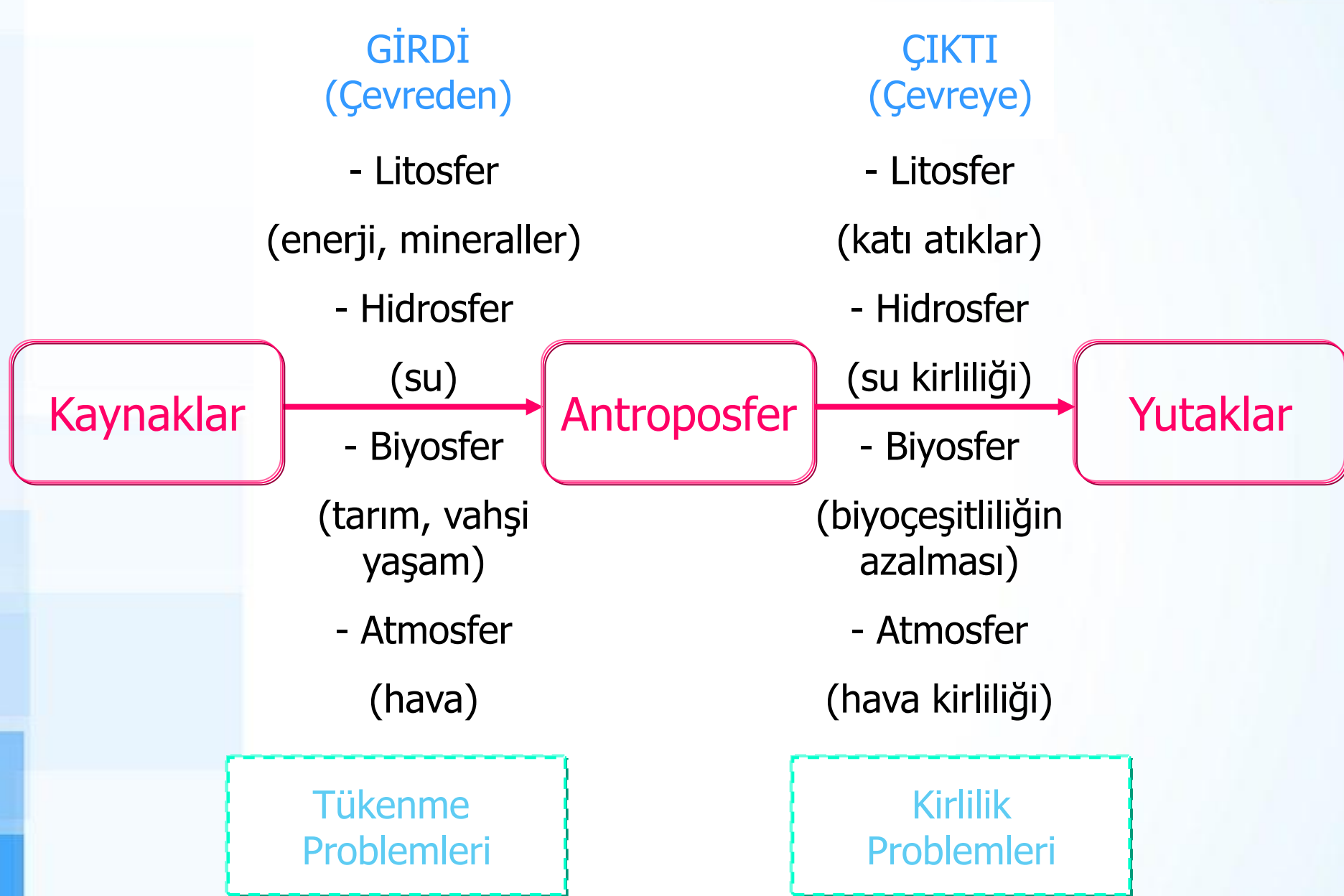
- Endüstriyel üretim, hammadde kullanımı, nüfus artışı



- Çevre Problemleri

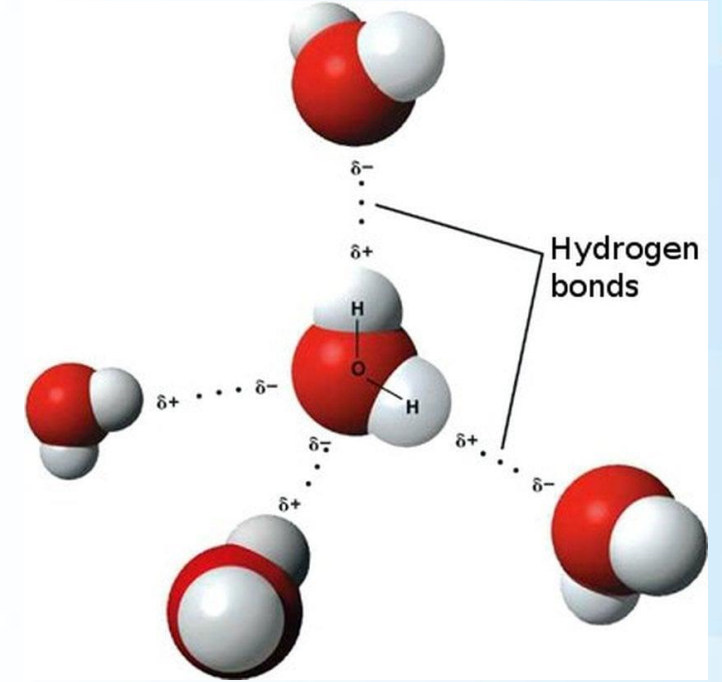
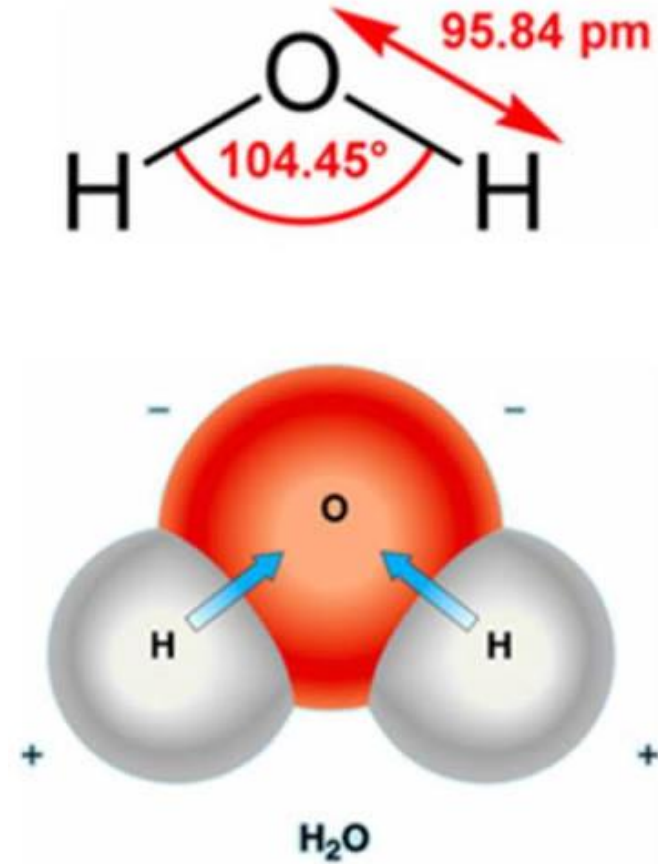


- Üretim kalitesinin düşmesi
- Sağlık etkileri ve ekonomik kayıplar
- Gıda güvenliği



Su (H₂O)

- Renksiz, kokusuz.
- Yoğunluğu = 1 gr / cm³
- Polar özellik gösterir.
- Moleküller arasında hidrojen bağları bulunur.



Su Kirliliği

- Suyun fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinin insan faaliyetleri veya doğal süreçler sonucunda değışmesi ve bunun suyun ekolojik işlevlerini, insan sağlığını veya kullanım amaçlarını olumsuz etkilemesi.

Su Kirliliği

- **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği** (RG 31.12.2004, 25687)
- Su kirliliği: Su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade eder. (SKKY)

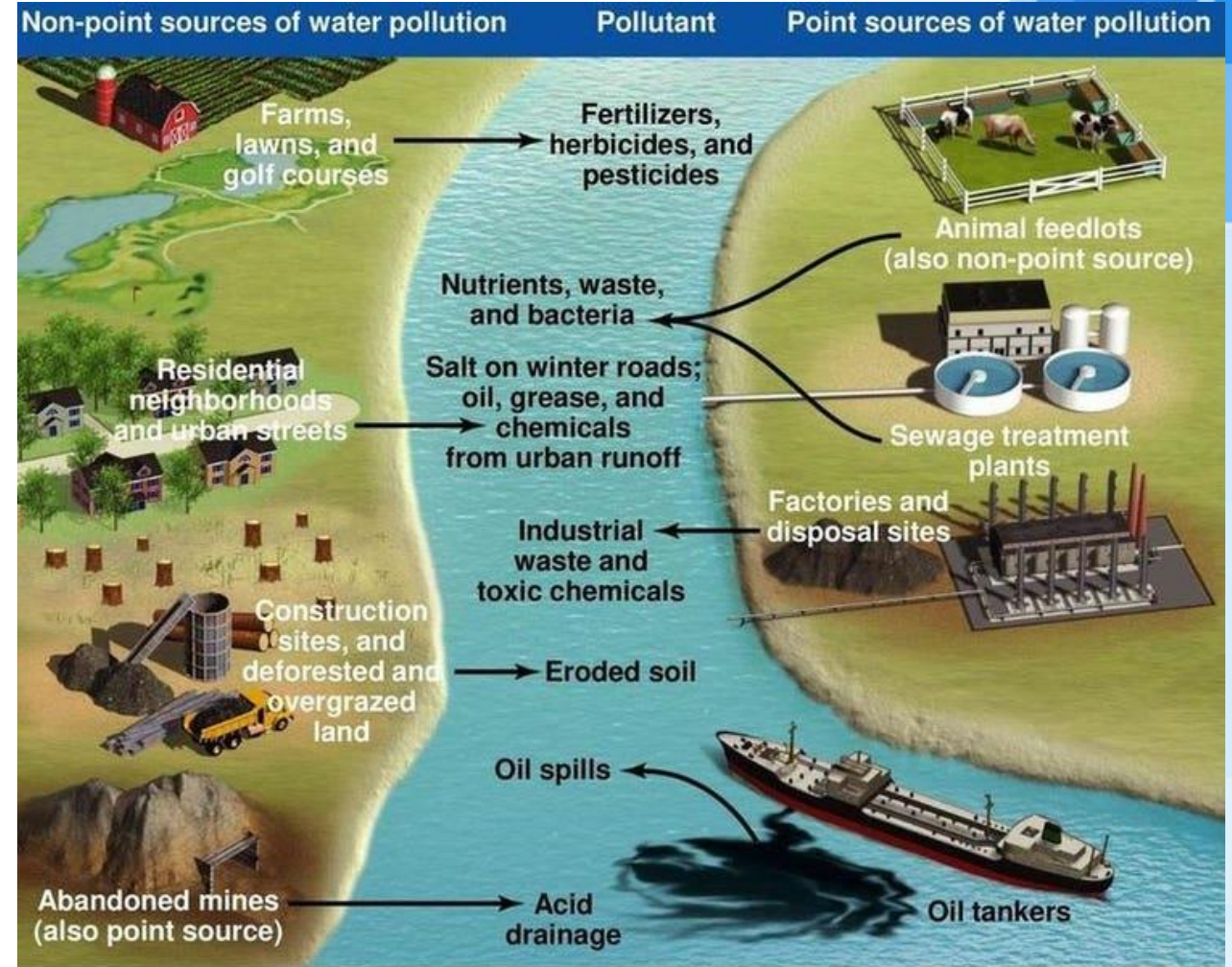
Güncel Mevzuat'a Erişmek İçin

- Mevzuat Bilgi Sistemi: <https://mevzuat.gov.tr/>



Su Kirletici Kaynaklar

- Endüstriyel deşarjlar
- Evsel atıksular (kanalizasyon)
- Tarım (gübre kullanımı)
- Maden atıkları
- Petrol atıkları



<https://www.cyient.com/blog/2023/6/advances-in-remote-sensing-technologies-for-monitoring-river-water-quality>

Atıksular

- **Atıksu kaynakları:** Faaliyet ve üretimleri nedeniyle atıksuların oluşumuna yol açan konutlar, ticari binalar, endüstri kuruluşları, maden ocakları, cevher yıkama ve zenginleştirme tesisleri, kentsel bölgeler, tarımsal alanlar, sanayi bölgeleri, tamirhaneler, atölyeler, hastaneler ve benzeri kurum, kuruluş ve işletmeler ve alanlardır. (SKKY)

Su Kalitesi

- **Su kalitesi kriterleri:** Kullanım amaçlarının belirlenmiş olup olmadığına bakılmaksızın bütün su kaynaklarının dengeli ve sağlıklı ortamlar olarak muhafazası esasına göre, su kaynaklarının korunmasına ve kullanım planlanmasına temel teşkil etmek üzere, yapılmış veya yapılacak kullanım sınıflarına uygunluk açısından su kaynaklarından beklenen fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ifade eder. (SKKY)

Su Kalitesi - Fiziksel Parametreler

- Sıcaklık: Suyun içindeki oksijen miktarını ve canlı yaşamını etkiler.
- Renk, Tat ve Koku: Sudaki yabancı maddelerin ve organik bozulmaların ilk göstergesidir.
- Bulanıklık: Sudaki askıda katı maddelerin neden olduğu ışık geçirgenliği kaybıdır.
- İletkenlik (Elektriksel İletkenlik): Sudaki çözünmüş iyon ve tuz miktarını gösterir.

Su Kalitesi - Kimyasal Parametreler

- pH Değeri: Suyun asitlik veya bazlık derecesidir; ideal yaşam için genellikle 6.5–8.5 arasındadır.
- Çözünmüş Oksijen (ÇO): Sucul canlıların nefes alması için suda bulunan serbest oksijendir.
- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ): Sudaki mikroorganizmaların organik maddeleri parçalamak için kullandığı oksijen miktarıdır.
- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Sudaki tüm organik ve kimyasal maddelerin oksitlenmesi için gereken oksijen miktarıdır.
- Ağır Metaller: Civa, kadmiyum, kurşun ve kurşun gibi zehirli elementlerdir.

Su Kalitesi - Biyolojik Parametreler

- Koliform Bakteriler: Suyun dışkı ve kanalizasyon kirliliğine maruz kaldığını gösteren gösterge (indikatör) organizmalardır.
- Klorofil-a ve Algler: Sudaki aşırı besin tuzları (azot ve fosfor) nedeniyle oluşan ökaryotik ve alg artışını ölçer

Su Kalitesi Sınıfları

- **YERÜSTÜ SU KALİTESİ YÖNETMELİĞİ** (RG: 30.11.2012, 28483)
- **I. Sınıf** - Yüksek kaliteli su (I. sınıf su kalitesinde olması "Çok İyi" su durumunu ifade etmektedir.);
 - 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,
 - 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
 - 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
 - 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,
- **II. Sınıf** - Az kirlenmiş su (II. sınıf su kalitesinde olması "İyi" su durumunu ifade etmektedir.);
 - 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,
 - 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
 - 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
 - 4) Mer'î mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,
- **III. Sınıf** - Kirlenmiş su (III. sınıf su kalitesinde olması "Orta" su durumunu ifade etmektedir.);
 - Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu ifade etmektedir.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
Renk (m^{-1})	RES 436 nm: $\leq 1,5$ RES 525 nm: $\leq 1,2$ RES 620 nm: $\leq 0,8$	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: $> 4,3$ RES 525 nm: $> 3,7$ RES 620 nm: 2,5
pH	6-9	6-9	6-9
İletkenlik ($\mu S/cm$)	< 400	1000	> 1000
Yağ ve Gres (mg/L)	$< 0,2$	0,3	$> 0,3$
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	< 6
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	> 50
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	8	> 8
Amonyum azotu (mg NH_4^+ -N/L)	$< 0,2$	1	> 1
Nitrat azotu (mg NO_3^- -N/L)	< 3	10	> 10
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L) ^(b)	$< 0,5$	1,5	$> 1,5$
Toplam azot (mg N/L) ^(c)	$< 3,5$	11,5	$> 11,5$
Orto fosfat fosforu (mg o- PO_4 -P/L)	$< 0,05$	0,16	$> 0,16$
Toplam fosfor (mg P/L)	$< 0,08$	0,2	$> 0,2$
Florür ($\mu g/L$)	≤ 1000	1500	> 1500
Mangan ($\mu g/L$)	≤ 100	500	> 500
Selenyum ($\mu g/L$)	≤ 10	15	> 15
Sülfür ($\mu g/L$)	≤ 2	5	> 5

(b) TKN: NH_3 -N + Organik Azot (c) TN: TKN + NO_3 -N + NO_2 -N

Bulanıklık

- Suyun içerisinde bulunan ve ışığın geçişine engel olan katı maddelerin varlığı bulanıklık olarak adlandırılır.
- Az bulanık veya bulanık olmayan sular temiz kabul edilirken, çok bulanık sular kirli kabul edilir.
- Bulanıklığın sebepleri:
 - Kil ve diğer inorganik maddeler
 - Algler
 - Organik maddeler

Bulanıklık

➤ Sebepleri:

- Toprak erozyonu
- Atık deşarjları
- Yüzey akışı
- Su dibinde beslenen canlılar (Sazan gibi)

➤ Etkileri:

- Balıkları doğrudan etkiler, gelişimlerini yavaşlatır.
- Işık erişimi azalacağı için fotosentetik aktivite de azalır.
- Suyun estetik değerini düşürür, kullanım alanları azalır.

Bulanıklığın Belirlenmesi



- Nehir ve göllerde, **Secchi disk** ile bulanıklık ölçümü yapılır.
- Disk çapı = 20 cm
- Siyah ve beyaz rengin ayırt edilemediği derinlik ölçülür.

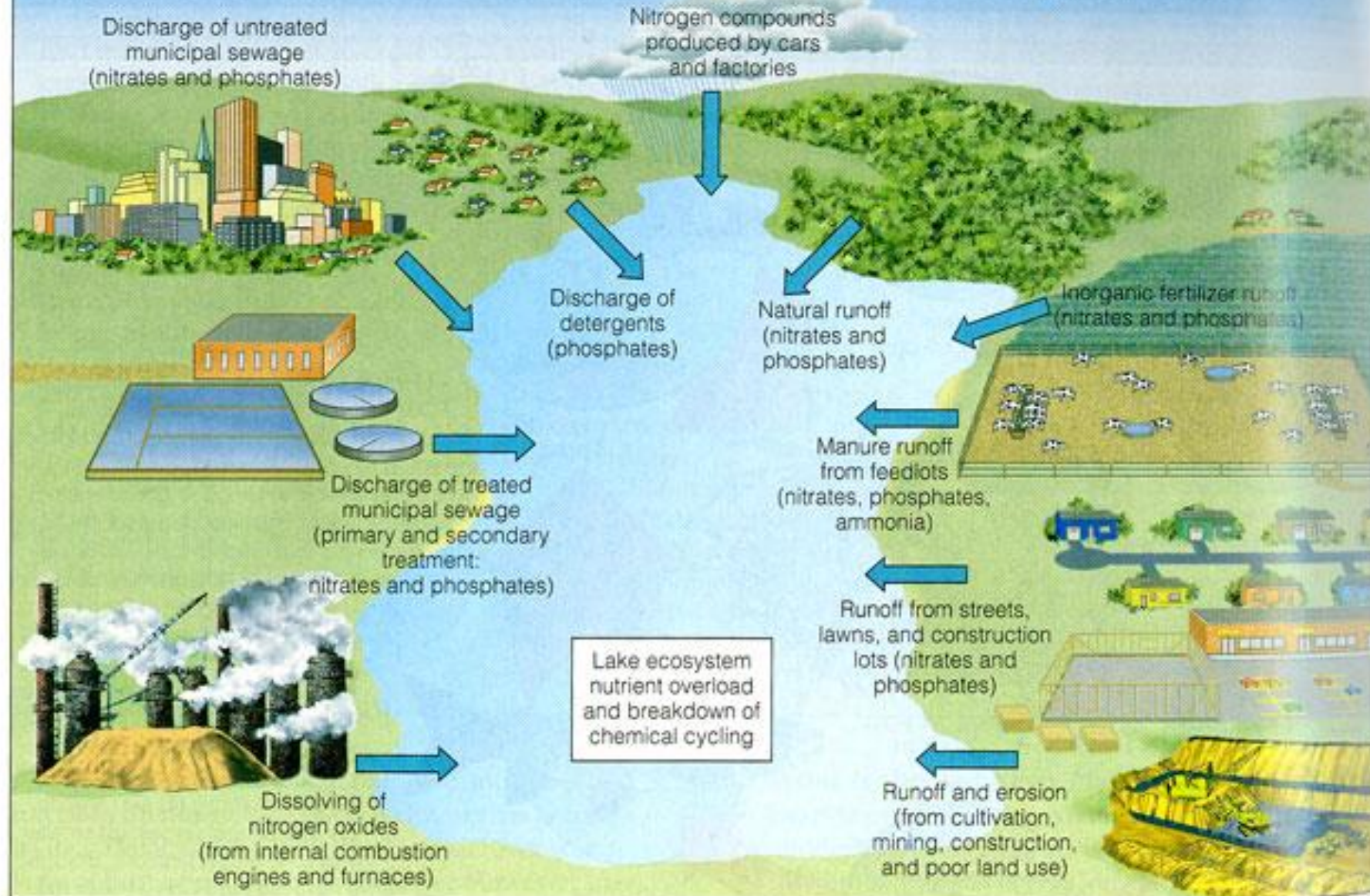
Ötrofikasyon

- Eutrophication (**Bataklıklaşma**) kelimesi eski Yunancadaki “eutrophos” kelimesinden gelmektedir.
- Eutrophos: iyi beslenmiş
- Sucul ekosistemlerde besin maddelerinin ortamdaki konsantrasyonlarının artmasıyla ortaya çıkan birincil üretimin aşırı artması, oksijen seviyesinin azalması ve bunlara bağlı olarak da ekosistemdeki bozulmalardır.

Göllerin Yaşlanması

- **Doğal ötrofikasyon**
- Göller yıllar içinde kendilerini besleyen sular ile taşınan alüvyonlar veya rüzgarla taşınan topraklar ile dolarak zamanla sazlık ve bataklık haline gelebilir.
- Daha sonra da kuru toprak haline dönüşür.
- Doğal proses (binlerce yıl sürer!)
- **Antropojenik (Kültürel) Ötrofikasyon**
- İnsan etkileri bataklıklaşmayı hızlandırır.
 - Sucul ortamlara atıksu deşarjları
 - Tarım alanlarından sızan sular
- Diğer besin kaynakları
 - Atmosferik emisyonlar

Sources of Cultural Eutrophication



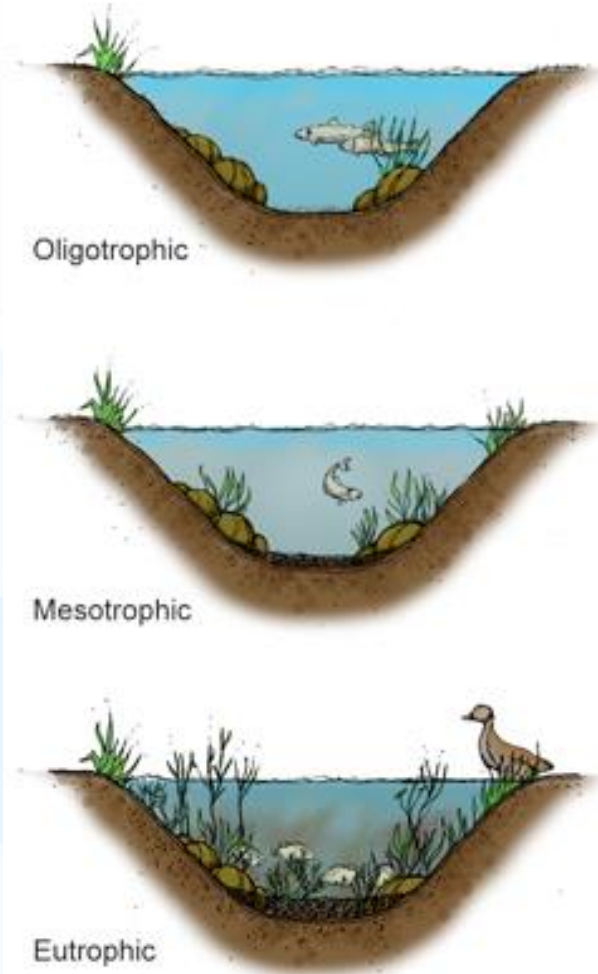
Ötrofikasyon Aşamaları

- Besin maddelerindeki artış
- Bitki ve alglerin aşırı büyümesi
- Yüksek O_2 tüketimi
- Alt ve orta tabakaların anaerobik olması
- Omurgasızların ve balıkların ölümü
- Biyolojik aktivitenin sadece üst tabakaya sıkışması
- Daha fazla O_2 tüketimi
- Üst tabakanın anaerobik olması ve alg patlaması (algal bloom)

Göllerdeki Trofik Seviyeler

- **Oligotrofik**: besin maddeleri az, flora ve fauna açısından fazla üretken değil.
- **Mezotrofik**: orta seviyelerde besin miktarı, üretken olmaya başlayan göller.
- **Ötrofik**: besin maddeleri çok, oldukça üretken ve su kalitesi problemleri mevcut.
- **Hiperötrofik**: aşırı miktarda besin maddesi, bitki ve alg gelişmesi fiziksel faktörlerle sınırlı. Balık ölümleri. Su kullanılamaz.

Göllerdeki Trofik Seviyeler



Lake Trophic State

Water Quality Measurement

Eutrophic

Mesotrophic

Oligotrophic



Total
Phosphorus



Chlorophyll-a

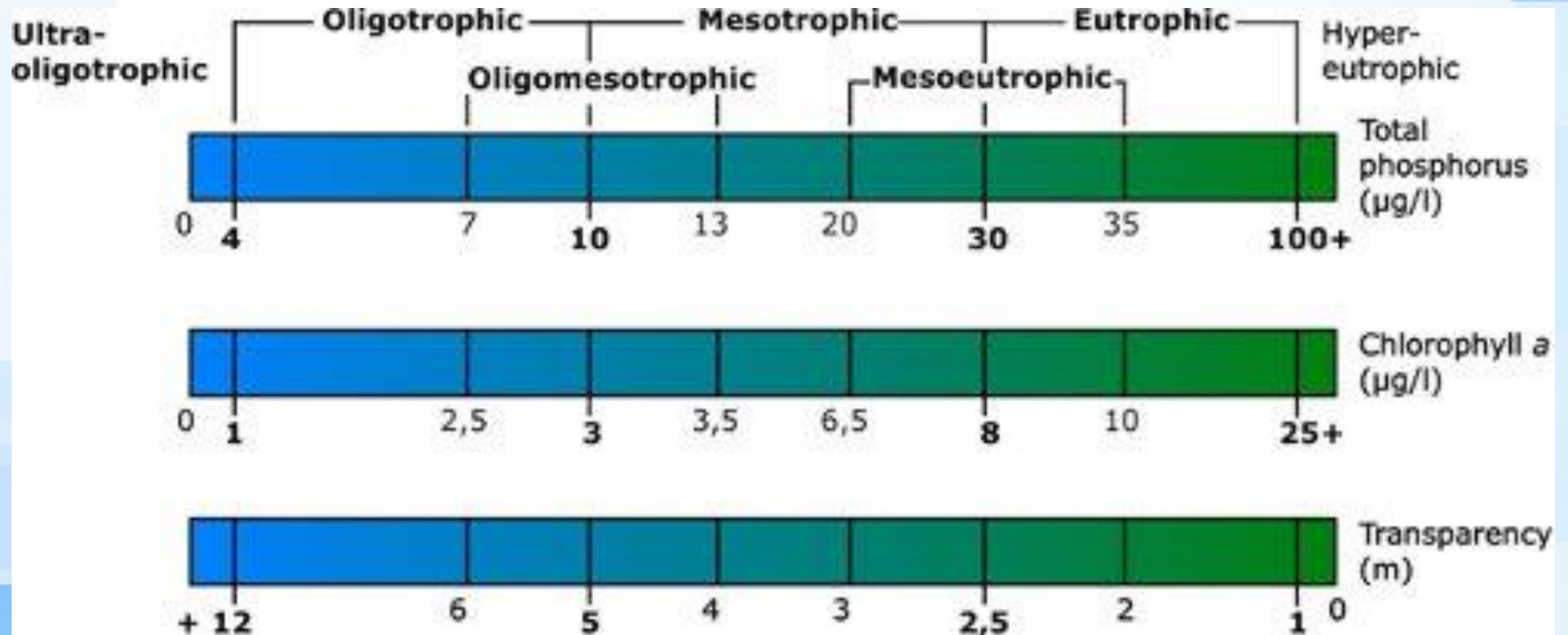


Secchi Disk
Depth

<http://rmbel.info/water-quality-parameter-relationships/>

<http://michiganlakeinfo.com/?p=407>

Trofik Seviyenin Belirlenmesi



<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes-en.htm>

Örtofikasyonun Etkileri

- Ekolojik etkiler: gölün bataklıklaşması, biyoçeşitlilik kayıpları
- Estetik sorunlar: koku problemi
- Sağlık etkileri: suyun içilmesi halinde hastalıklar, hatta ölüm
- Rekreatsyonel etkiler: yüzme, olta balıkçılığı, bot vb. etkinlikler yapılamaz.
- Ekonomik kayıplar: arıtma giderleri artar.

Ötrofikasyon Kontrolü

- Sınırlayıcı element kontrolü
 - $\text{Toplam-N} / \text{Toplam-P} > 15 \rightarrow \text{P sınırlayıcı}$
 - $\text{Toplam-N} / \text{Toplam-P} < 7 \rightarrow \text{N sınırlayıcı}$
 - $7 < \text{Toplam-N} / \text{Toplam-P} < 15 \rightarrow \text{P, N veya her ikisi de sınırlayıcı}$
- Atıksu deşarjılarının kontrolü:
 - İleri biyolojik arıtma
- Göllerde yapılan değişiklikler:
 - Biyomanipülasyon
 - Dip çamurunun kazınması
 - Gölün havalandırılması

Sucul Ekosistemlerde Petrol Kirliliği

- Sıvı petrolün veya rafine edilmiş ürünlerin okyanuslara, nehirlerle ya da göllere salınmasıdır.
- Platform, gemi veya boru hattı kaynaklı olabilir.
- Petrol su üzerinde birikir, ışık geçirgenliğini engeller.
- Deniz canlıları ve kuşlar için toksiktir.
- Dalga ve rüzgar ile yayılır.
- Plajları kirletir.

Su Kirliliğinde Uzaktan Algılama

- Sucul ekosistemlerde su kalitesi parametrelerinin izlenmesi (klorofil-a, bulanıklık, toplam katı madde, renkli çözünmüş organik maddeler)
- Endüstriyel deşarjların izlenmesi
- Petrol sızıntılarını izlenmesi
- Termik santral ve yakma tesislerinin soğutma suyu kaynaklı termal kirliliğin tespiti

Uzaktan Algılama Açısından Önemli Su Özellikleri

Optik özellikler

- Su rengi
- Bulanıklık
- Askıda katı maddeler
- Klorofil-a

Termal özellik

- Su yüzeyi sıcaklığı

Yüzeydeki kirleticiler

- Petrol filmleri
- Bazı endüstriyel deşarjlar

➤ Her su kirliliği uzaktan algılanamaz!

➤ Uzaktan algılama çoğu zaman “kirliliği” doğrudan ölçmez; su kalitesindeki değişimleri (suyun optik/termal özelliklerinde meydana getirdiği değişimler) ve bu değişimlerin mekânsal-zamansal dağılımını izler.

Bulanıklığın Uzaktan Algılanması

➤ **Temiz su**

- ışık suya daha fazla nüfuz eder
- daha az geri saçılım

➤ **Bulanık su**

- askıda parçacıklar ışığı saçar
- sensöre ulaşan yansıyan ışık değişir
- **Uydu görüntüsünde farklı spektral yanıt**

- Çevresel olay → fiziksel mekanizma → elektromanyetik sinyal → uydu görüntüsü

Ötrofikasyonun Uzaktan Algılanması

➤ Azot + fosfor artışı



Fitoplankton/alg artışı



Klorofil-a artışı



Suyun optik özellikleri değişir



uzaktan algılama ile tespit edilir.