بسم الله الرحمن الرحیم

# مدیریت کیفیت آب

(۲ واحد)


## مدرس : دکتر حمید کاریاب

استادیار دانشگاه علوم پزشکی قزوین

دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط

# مدیریت کیفیت آب

## اهدف کلی

۱- کیفیت آب

۲- روشهای تعیین آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی

۳- روشهای پیشگیری و حذف آلاینده های آب

۴- بهسازی رودخانه

# اهداف اختصاصی

- ویژگی های کیفی در منابع آب
- منابع آلاینده آب (فاضلاب های خانگی، صنعتی و کشاورزی)
- عوامل موثر بر آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی
- روش های تعیین محتوای آلی در منابع آب
- خودپالایی رودخانه و مراحل آن
- مکانیسم های کاهش اکسیژن محلول در منابع آب
- مدل سازی کیفیت آب در رودخانه ها، چاه ها و دریاچه ها
- عوامل موثر بر کیفیت آب دریاچه ها و مسائل مرتبط با آنها

# فهرست منابع


- مدیریت کیفیت آب در دریاچه ها و رودخانه ها، دکتر ناصری، مهندس قانعیان ، نص ، ۱۳۸۱
- آلودگی محیط زیست ، مینو دبیری ، انتشارات اهل و بیت ، ۱۳۷۵
- میکروبیولوژی و کنترل آلودگی آب ، هوا و پساب ، گیتی امتیازی ، انتشارات مانی ، ۱۳۷۹
- آلاینده ها و بهداشت و استاندارد در محیط زیست ، عباس اسماعیلی ساری ، انتشارات نقش نهر ، ۱۳۸۱

- Pollution of lakes and rivers, John Smol , 2002
- Water Quality , James Perry , 1996
- Water supply and Pollution Control, Warren Wissman, 2004
- Ground Water Contamination, Rail Chester, 2000
- Ground Water Contamination , Management, Contaminent, Risk assessment, , Rail Chester, 2000
- Applied Stream Sanitation , Clarence J. Velz, 1984
- Environmental Sanitation , Salvato, 2003

# ارزشیابی

- آزمون کتبی میان ترم ۱۰٪
- آزمون کتبی پایان ترم ۶۰٪
- ارائه گزارشات ۲۰٪
- فعالیت کلاسی ۱۰٪

# اهمیت آب

## ☜ از دیدگاه کیفیت

آلاینده های آب

افت ذخایر آب در منابع زیر زمینی

## ☜ از دیدگاه کمیت

رشد جمعیت

توسعه صنعت

گسترش شهرنشینی

بالا رفتن سطح رفاه،

- ایران سرزمینی نسبتا خشک است. میزان بارندگی سالانه در سطح کره زمین در حدود ۸۶۰ میلی متر تخمین زده میشود.

- در ایران، تقریبا رقمی معادل ۲۴۰ میلی متر است یعنی مقدار بارندگی در ایران حتی از یک سوم متوسط بارندگی دنیا هم کمتر است.

- علاوه بر این موضوع پراکنش زمانی و مکانی همین اندک بارندگی در ایران بسیار نامناسب است. و محل ریزش با هم مطابقت ندارد.

- اکثر شهر های ایران در مناطقی قرار دارند که که دسترسی آنها به آب کم می باشد. بطور کلی شرایط ایران شرایط اقلیمی خشکی است .

- هر سال بر کره زمین حدود ۱۱۰۰۰۰ کیلو متر مکعب آب بصورت نزولات جوی فرو می ریزد.

- ۷۰۰۰۰کیلو متر مکعب بصورت تبخیر از دسترس خارج می گردد. اختلاف این دو یعنی ۴۰۰۰۰کیلو متر مکعب منابع تجدید شونده آب شیرین دنیا را تشکیل می دهد.

- مقدار سرانه آب در دنیا عددی حدود ۷۴۰۰ متر مکعب در سال برای هر نفر است.(روزانه ۲۰ متر مکعب). ولیکن این مقدار بطوری مساوی تقسیم نگردیده است.

- متخصصان هیدرولوژی رقم ۱۰۰۰متر مکعب در سال برای هر نفررا مرز کم آبی یک کشور تعیین نموده اند و با توجه به اینکه سرانه آب در ایران۱۵۰۰متر مکعب می باشد. بنا برین ایران جز کشورهای کم آب قرارنمی گیرد.

- این رقم در مصر ۳۰ ، در قطر ۴۰ و در عربستان ۱۴۰متر مکعب می باشد که همگی جز کشورهای کم آب هستند.

- با توجه به نرخ روز افزون افزایش جمعیت در ایران تخمین زده می شود در آینده ایران نیز جز کشور های کم آب قرار گیرد.

- و هم اینکه الان هم از نظر پراکنش این ۱۵۰۰ متر مکعب بطور مساوی تقسیم نشده است.

- میزان نزولات جوی در ایران بر اساس گزارشات وزارت نیرو تقریبا ۴۰۰ میلیارد متر مکعب در سال می باشد.

- با توجه به حجم آبهای سطحی وتبخیر و تعرق و ذخیره سازی در پشت سدها سالانه در حدود ۵۰ میلیارد متر مکعب از آبهای زیر زمینی استفاده می شود.

- افزایش برداشت موجب افت سفره های آب زیر زمینی می گردد، وجود ۱۰۰ منطقه ممنوعه حفر چاه در کشوردلیل همین موضوع است.

- بطور کلی حجم آبی که بشرمی تواند مورد استفاده قراردهد کمتر از یک درصد آب موجود در کره زمین است.( ۰/۶۲ درصد)

- حجم آبهای سطحی شامل در یاچه های شیرین ۱۲۵۰۰۰ کیلو متر مکعب دریاچه های شور ۱۰۵۰۰۰ کیلومترمکعب و حجم کل آب رودخانه ها ۱۲۰۰ کیلو متر مکعب است.

- به طور کلی آب منطقه تبادل فعال که تا حدود ۸۰۰ متری از سطح زمین را شامل می گردد.حجمی برابر ۴۰۰۰۰۰۰ کیلو متر مکعب را دارا می باشد.

- حجم آبی که بشر می تواند استفاده کند چیزی کمتراز یک درصد آب موجود در هیدروسفر است.

# حجم و در صد آبهای کره آبی(هیدروسفر)

| منبع آب | حجم به هزار کیلومتر مکعب | درصد |
|---|---|---|
| اقیانوس ها | ۱۳۷۰۳۲۳ | ۹۳/۹۳ |
| آبهای زیر زمینی | ۶۴۰۰۰ | ۴/۳۹ |
| یخچال های قطبی | ۲۴۰۰۰ | ۱/۶۵ |
| دریاچه ها | ۲۳۰ | ۰/۰۱۶ |
| بخار آب هوا | ۱۴ | ۰/۰۰۱ |
| رودخانه ها | ۱/۲ | ۰/۰۰۱ |

# استانداردهای آب شرب

**استانداردهای ملی:**

معرفی استاندارد ۱۰۵۳: خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب شرب

معرفی استاندارد ۱۰۱۱: خصوصیات باکتریولوژیک آب شرب

معرفی استاندارد ۶۲۶۷: خصوصیات باکتریولوژیک آب بسته بندی شده

معرفی استاندارد ۶۶۹۴: خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب بسته بندی شده

معرفی استاندارد ۲۴۴۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب معدنی طبیعی

معرفی استاندارد ۴۴۰۳: خصوصیات باکتریولوژیک آب معدنی طبیعی

# استانداردهای آب شرب

- **استانداردهای بین المللی:**

رهنودهای آب شرب WHO

استاندارد Codex آب شرب بسته بندی شده

استانداردهای آب شرب اتحادیه اروپایی

استانداردهای آب شرب USEPA

# ویژگی کیفی آبهای سطحی و زیر زمینی

- ویژگی های فیزیکی: دما ، کدورت ، رنگ ، بو ، مزه
- ویژگی های شیمیایی: pH ، مواد آلی، TDS ، Salinity ، هدایت الکتریکی
- ویژگی های بیولوژیکی: باکتری ها ، ویروس ها، تک یاخته ای ها
- ویژگی های رادیولوژیکی: رادن

# آلاینده های آلی آب

- $VOC_s$ (BTEX, $CCL_4$)
- $SOC_s$(acrylamide, OCPs, OPPs , PAHs , PCBs , PCDDs , )
- $DBP_s$ (THMs , $HAA_{5)}$

# بقای میکروارگانیسم ها در منابع آبی

| نام میکروارگانیسم | زمان بقا در آب سطحی | بقا در منابع زیر زمینی |
|---|---|---|
| **کلیفرم ها** | | ۷ تا ۸ روز |
| E.Coli | | ۱۰ تا ۴۵ روز |
| **ویبریو کلرا** | ۱۵ – ۱۶ روز<br>(۲۱ روز در آب دریا )<br>(۳۴ روز در آب ۴ درجه) | |
| **شیگلا** | ۱ تا ۲ ماه | ۱۰ تا ۳۵ روز |
| **سالمونلا تیفی** | ۱ روز تا ۲ ماه | ۸ تا ۲۳ روز |
| **کیست ژیاردیا** | ۲ ماه و بیشتر | |
| **هپاتیت A** | یک سال در آب معدنی ۴ درجه )<br>۳۰۰ روز در دمای اتاق) | |

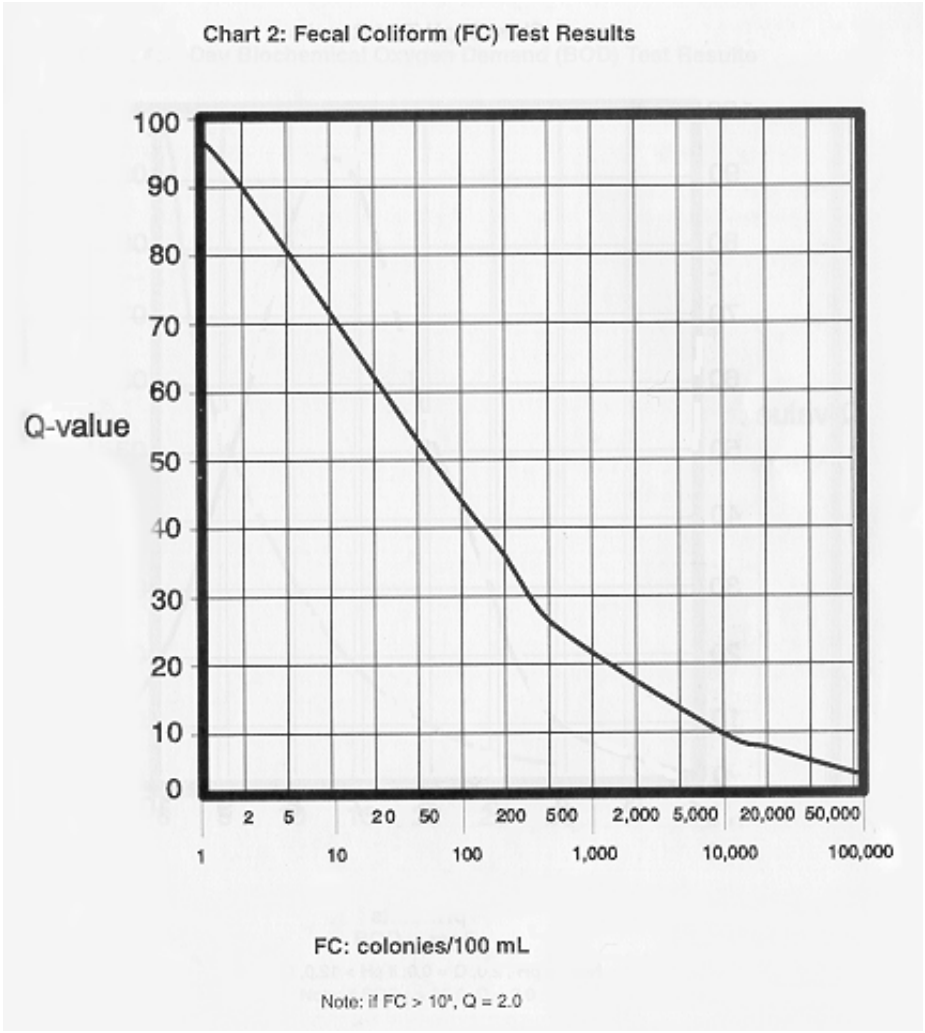
# ویژگی های رادیولوژیکی منابع آبی

- منابع انتشار رادیونوکلوئیدها در منابع آب
- گاز رادن
- استانداردها

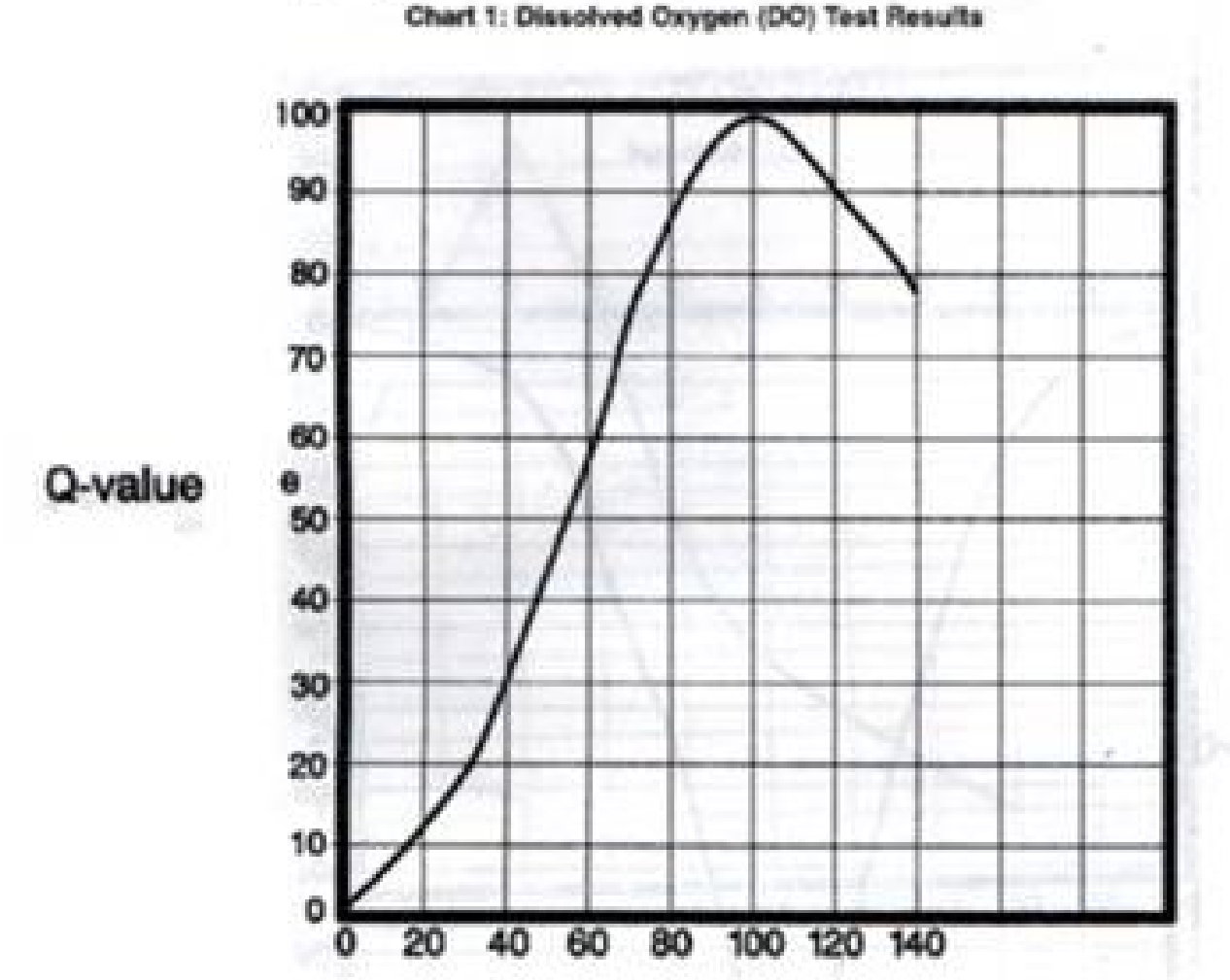
# شاخص های رتبه بندی منابع آب

- شاخص های رتبه بندی آب شرب: WQI ، Water-SEQ ، DRASTIC ، نماتودهای کف زی و ...
- گروه بندی آب های صنعتی
- طبقه بندی آب های کشاورزی

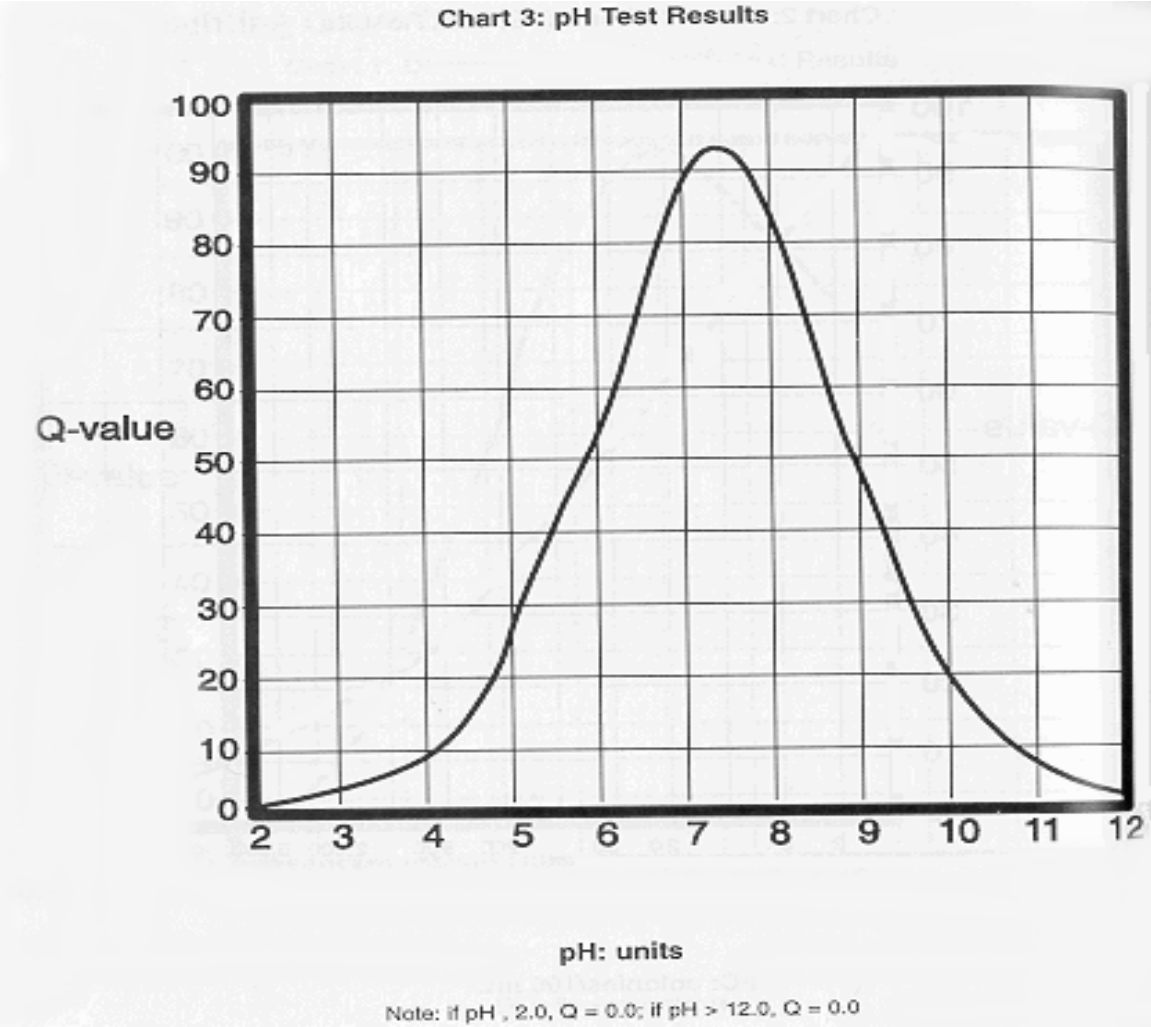
# پارامتر کیفی آب خام بر اساس WQI – فیکال کلیفرم



# پارامتر کیفی آب خام بر اساس WQI – اکسیژن محلول



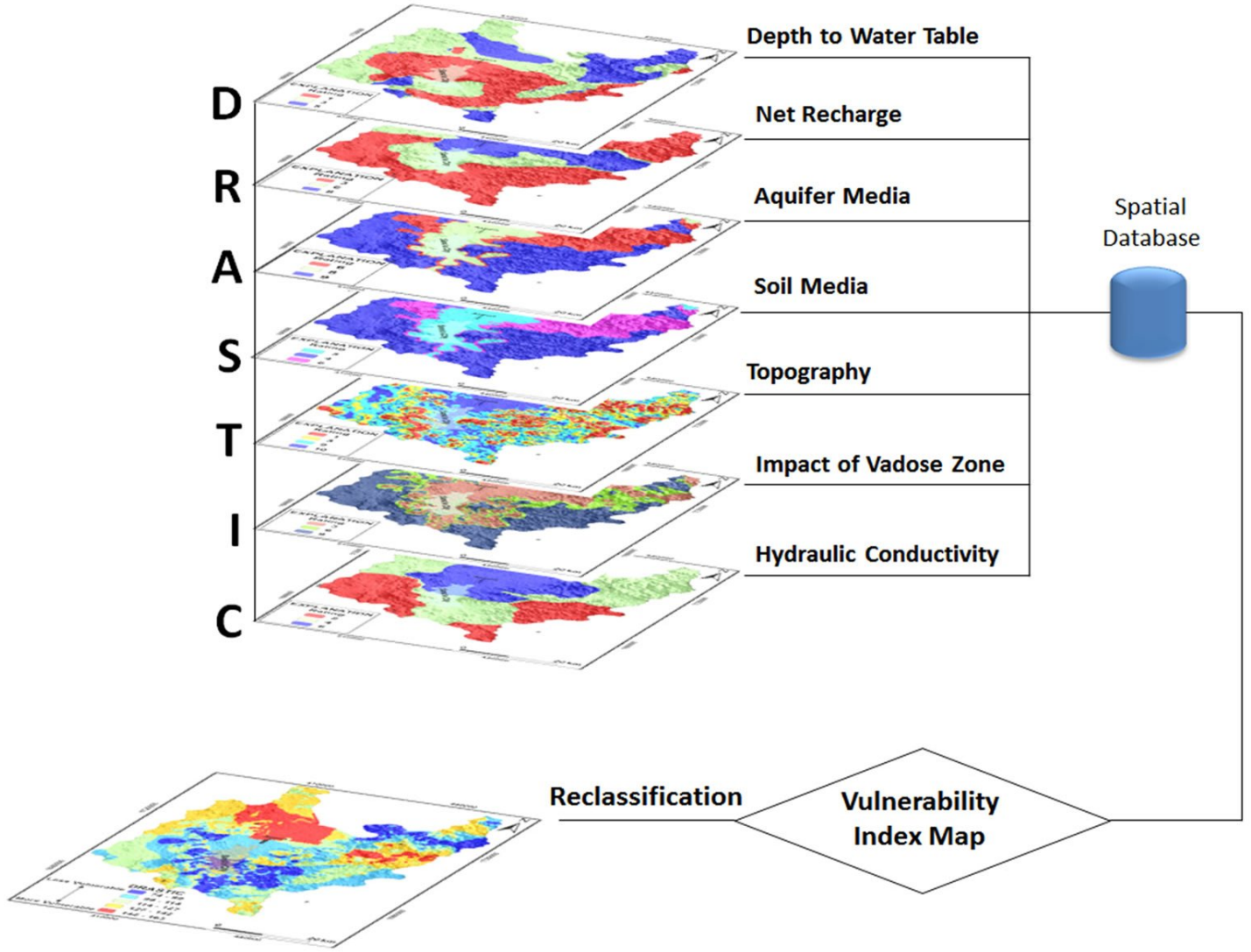
# پارامتر کیفی آب خام بر اساس pH – WQI



# رتبه بندی پارامترهای کیفی آب خام بر اساس WQI

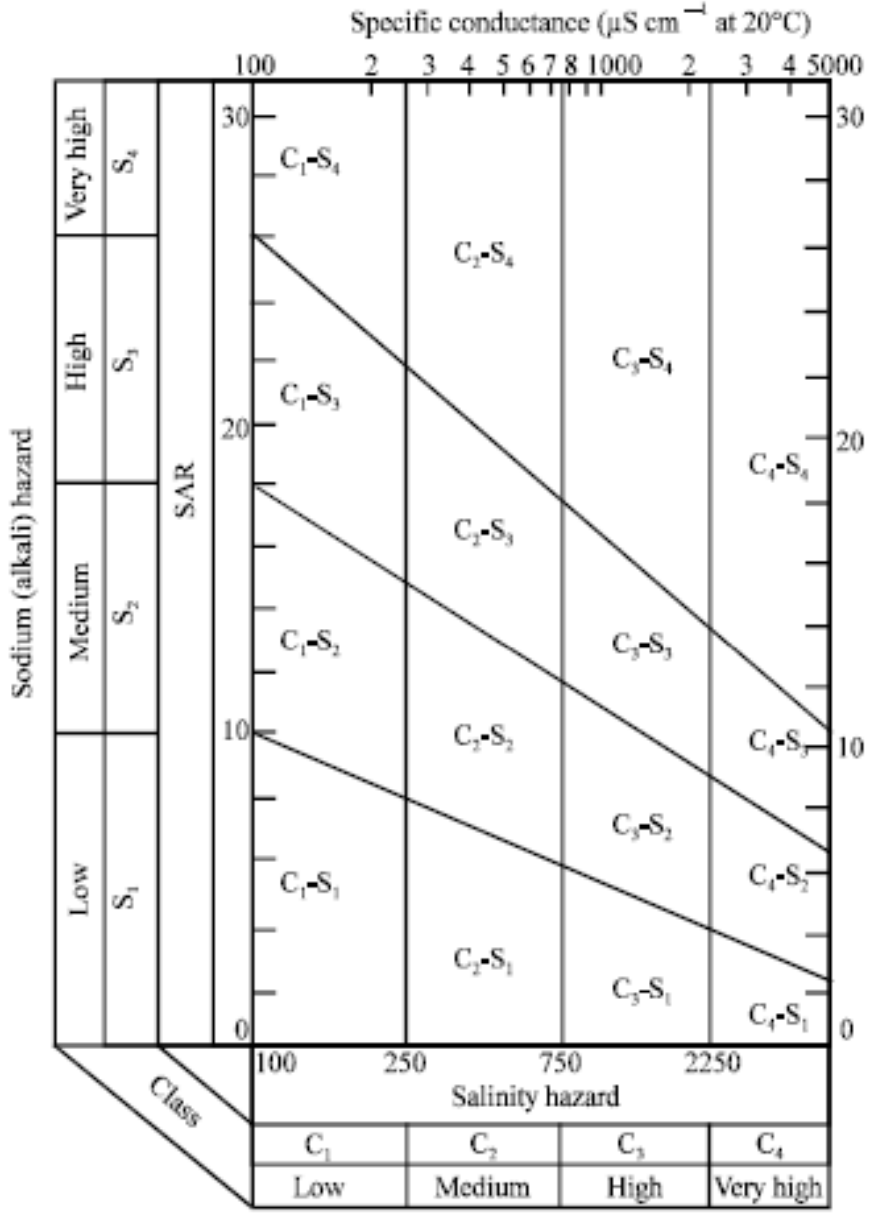
| نام پارامتر | واحد | عالی | خوب | مناسب | ضعیف | خیلی ضعیف |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TS | mg/l | <۱۰۰ | ۱۰۰ - ۲۵۰ | ۲۵۰ - ۴۰۰ | >۴۰۰ | |
| کدورت | NTU | ۱۰ – ۱ | ۴۰ - ۱۰ | ۱۵۰ - ۴۰ | >۱۵۰ | |
| تغییرات دما | درجه سیلسیوس | ۲ – ۰ | ۵ – ۲/۲ | ۹/۹ – ۵/۱ | > ۱۰ | |
| pH | | ۷/5 – ۶/۵ | ۶ – ۶/4<br>۸ – ۷/۶ | ۵/۵ – ۵/9<br>۸/۱ – ۸/5 | < ۵/۵<br>> ۸/۶ | |
| DO | درصد اشباع | ۱۱۰ - ۹۱ | ۹۰-۷۱<br>>۱۱۰ | ۷۰ - ۵۱ | <۵۱ | |
| E.Coli | کلنی/۱۰۰Ml | < ۵۰ | ۲۰۰ -۵۱ | ۱۰۰۰ - ۲۰۰ | > ۱۰۰۰ | |
| BOD5 | mg/l | < ۲ | ۴ - ۲ | ۱۰ - ۴ | > ۱۰ | |
| کل فسفات | mg/l | < ۰/۱ | ۰/۱۶ – ۰/۱۱ | ۰/۵۸ -۰/۱۷ | ۲/99 – ۰/۵۹ | > ۳ |
| نیترات | mg/l | < ۱/۳۳ | | | > ۸/۸ | |

# شاخص DRASTIC




**Aquifer Vulnerability Map**

# شاخص Wilcox


Specific conductance (μS cm⁻¹ at 20°C)
100 2 3 4 5 6 7 8 1000 2 3 4 5000
Very high
High
Medium
Low
S4
S3
S2
S1
SAR
30
20
10
0
C1-S4
C2-S4
C3-S4
C4-S4
C1-S3
C2-S3
C3-S3
C4-S3
C1-S2
C2-S2
C3-S2
C4-S2
C1-S1
C2-S1
C3-S1
C4-S1
Sodium (alkali) hazard
100 250 750 2250
Salinity hazard
Class
C1 C2 C3 C4
Low Medium High Very high

# آلودگی آب

- تعریف آلودگی
- تعریف آلودگی آب از دیدگاه WHO
- منابع نقطه ای و غیر نقطه ای

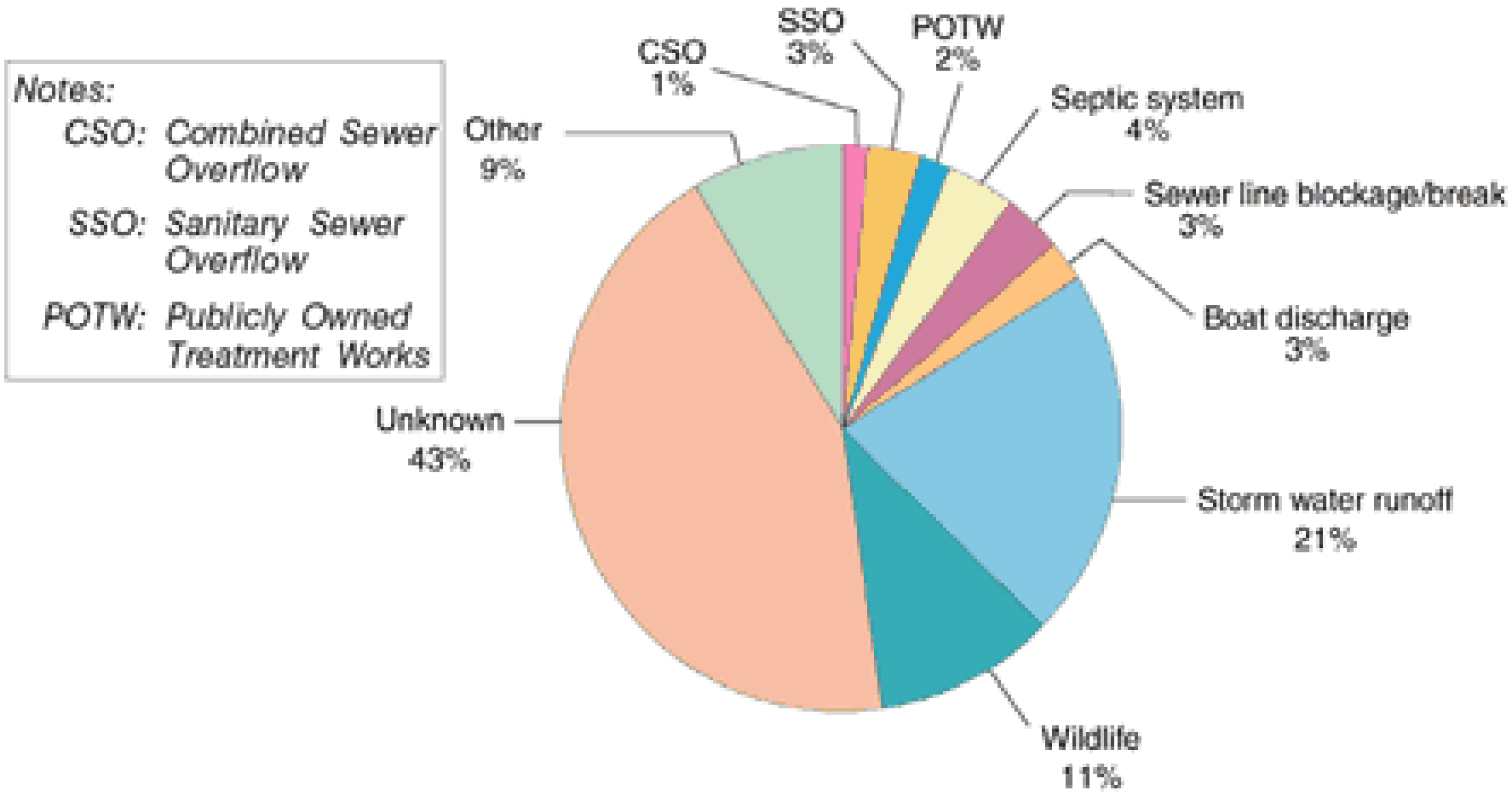
# منابع آلاینده آب سطحی و زیر زمینی

- فاضلاب های خانگی
- فاضلاب های صنعتی
- فاضلاب های کشاورزی
- شیرابه لندفیل

# عوامل آلاینده آب

- سموم
- ترکیبات نفتی
- مواد رادیواکتیو
- آلودگی حرارتی
- عناصر کمیاب
- بیولوژیک
- مواد مغذی

# سهم منابع مختلف درآلودگی آب در کشور آمریکا



# منابع آلاینده آبها از دیدگاه نوع فعالیت

- تخلیه عمدی
- نشت آلودگی
- حمل و نقل
- استفاده برنامه ریزی شده
- تولید
- طبیعی

# منابع آب های سطحی

# واحد بیان آلاینده ها درآب

- در بیان آلاینده های آب از کدام واحد استفاده نماییم ؟

mg/l یا ppm

# کیفیت آب خام

| پارامتر کیفی | منبع عالی | منبع خوب | منبع ضعیف | منبع غیر قابل قبول |
|---|---|---|---|---|
| BOD5(mg/l) | ۱/۵ – ۰/۷۵ | ۲/۵ – ۱/5 | ۴ - ۲/۵ | ۴< |
| BOD نهایی(mg/l) | ۳ - ۱ | ۴ - ۳ | ۶ - ۴ | ۶< |
| میانگین کلیفرم(MPN) | ۱۰۰-۵۰ | ۵۰۰۰-۱۰۰ | ۲۰۰۰۰-۵۰۰۰ | ۲۰۰۰۰< |
| pH | ۸/۵-۶ | | | |
| کلرید ها (mg/l) | کمتر از ۵۰ | ۲۵۰-۵۰ | ۶۰۰-۲۵۰ | بیشتر از ۶۰۰ |
| فلورایدها( mg/l) | کمتر از ۱/۵ | ۳-۱/۵ | بیشتر از ۳ | - |

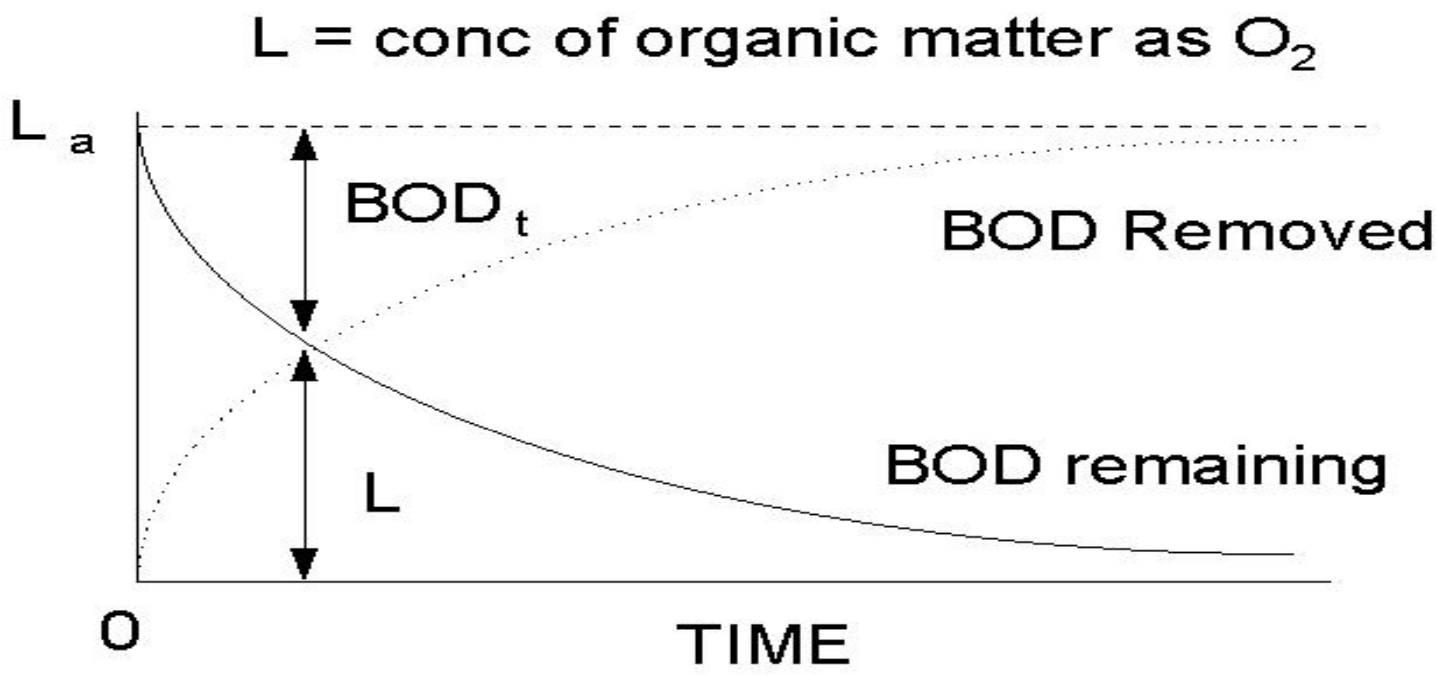
# مکانیزم های کاهش اکسیژن محلول از آب

- کاهش نسبت فتوسنتز در گیاهان
- کاهش حلالیت اکسیژن در آب
- کاهش سرایت اکسیژن جو در حد فاصل آب و هوا
- افزایش مصرف اکسیژن توسط باکتری ها

# روشهای مختلف اندازه گیری اکسیژن خواهی

- اکسیژن خواهی شیمیایی COD
- اکسیژن خواهی زیستی BOD

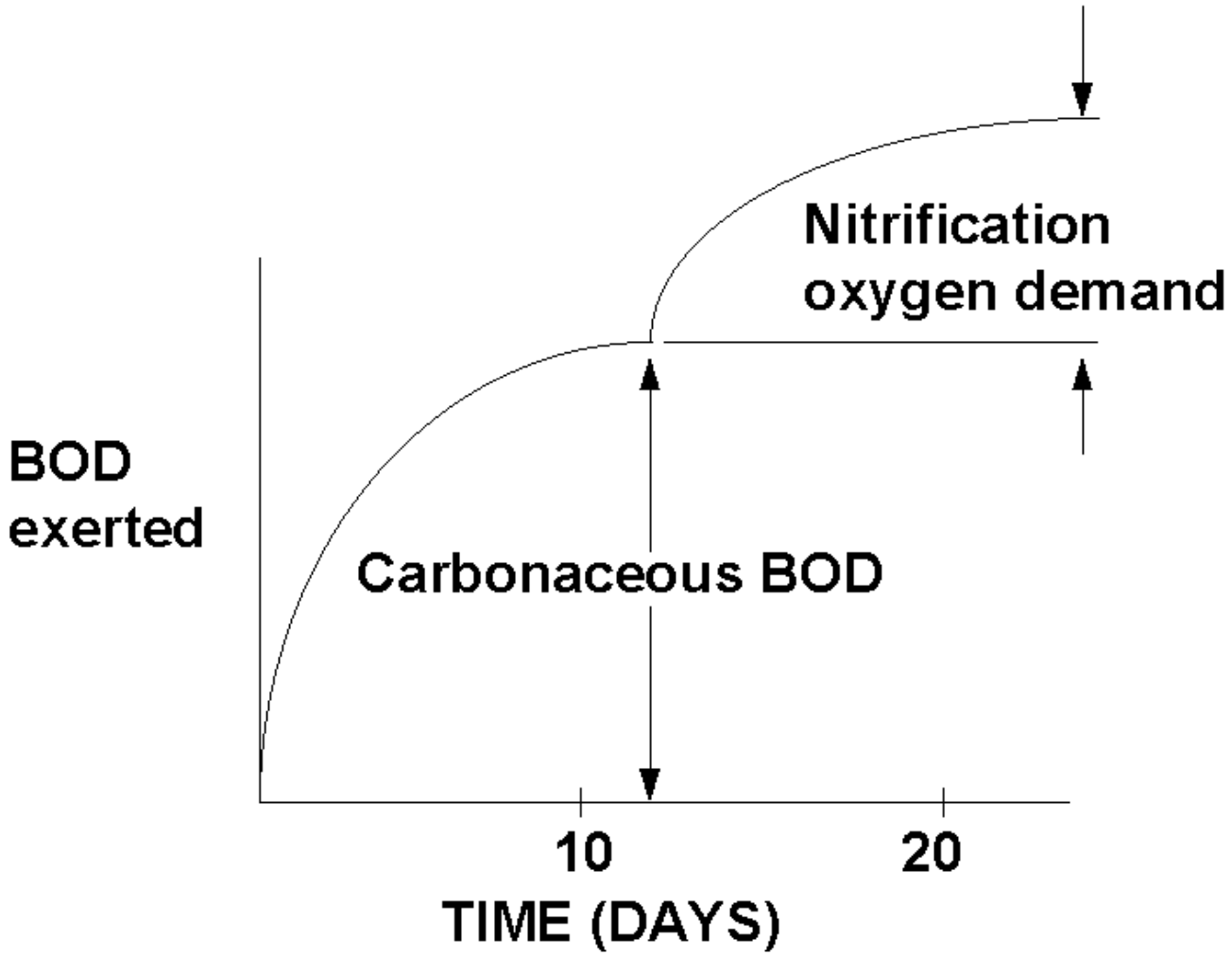
# منحنی اکسیژن خواهی ترکیبات کربن دار




$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L$$

$$L = L_a e^{-k_1 t} \quad \text{or} \quad L = L_a 10^{-k_1 t}$$

# منحنی اکسیژن خواهی ترکیبات ازت دار



# ثابت سرعت واکنش اکسیژن خواهی زیستی ( k)

| نوع نمونه | K(day) |
|---|---|
| لجن خام | 0.35 – 0.7 |
| لجن تصفیه شده | 0.1 – 0.25 |
| آب آلوده رودخانه | 0.1 – 0.25 |

# مدل سازی تغییرات DO در رودخانه

مبنای مدل Streeter – phelps :

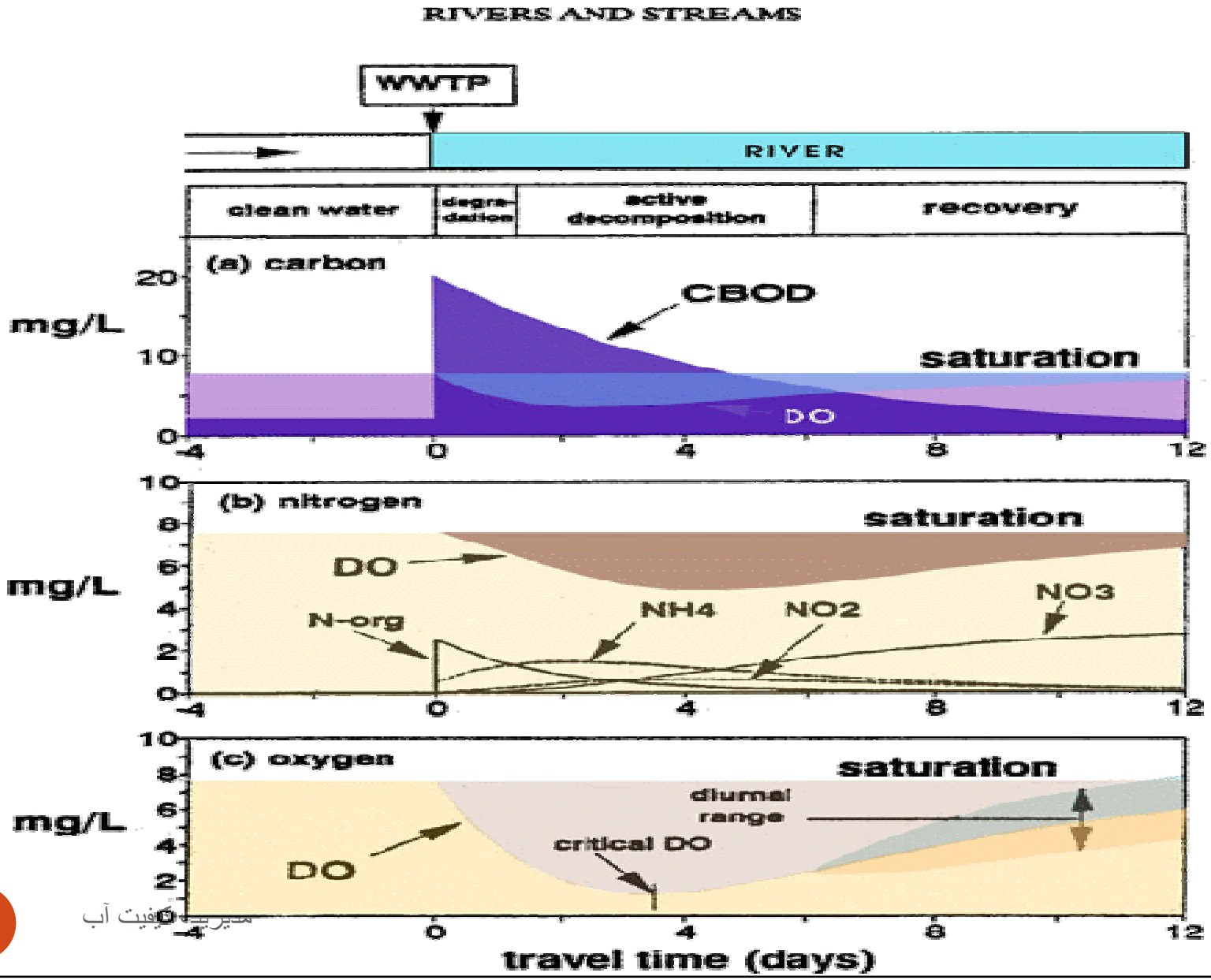
- کاهش اکسیژن Deoxygenation
- هواگیری یا جذب اکسیژن Reareation

## تغییرات حاصل از ورود مواد آلی به رودخانه

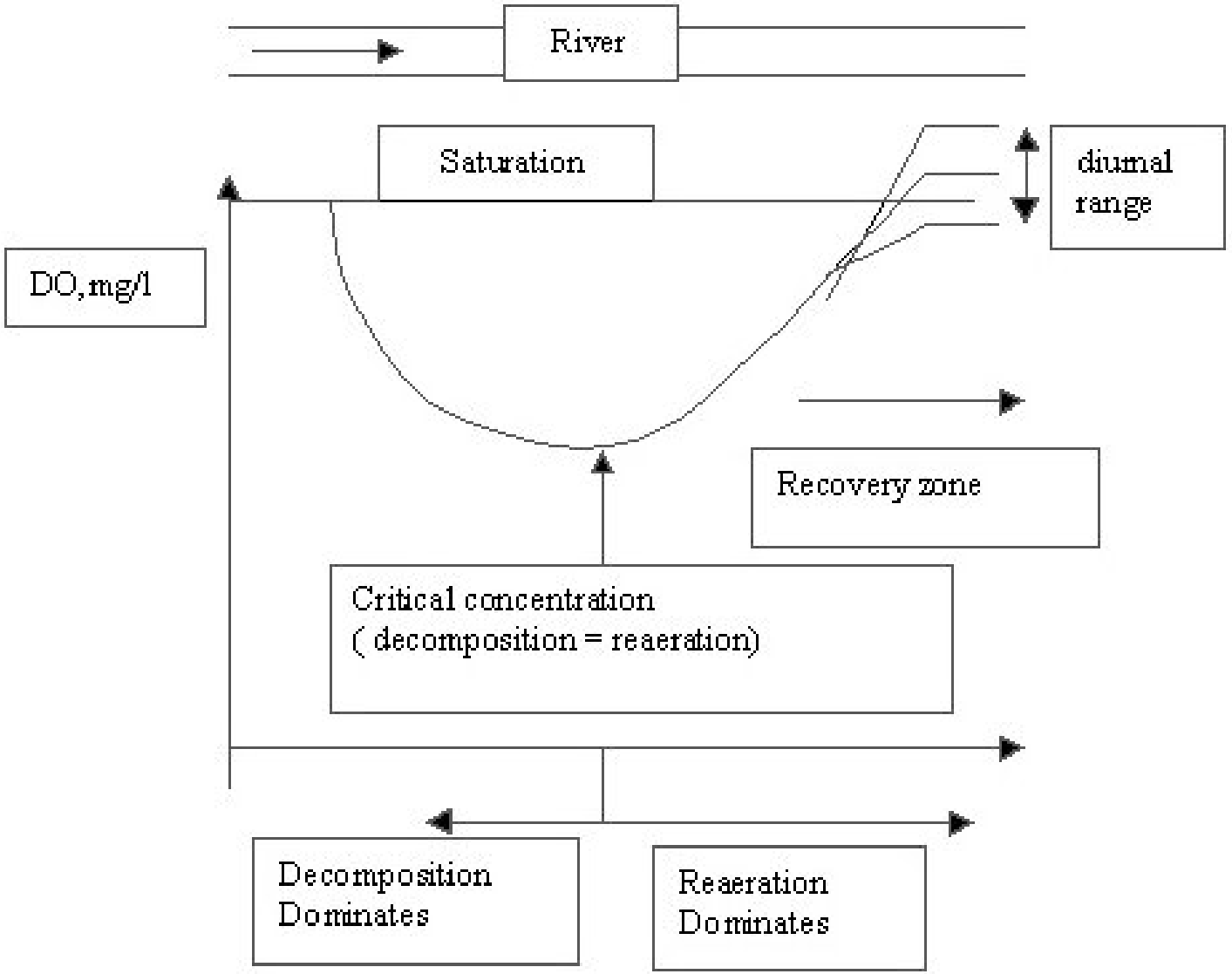
بر اساس مدل Whipple and Fair پس از ورود آلودگی، رودخانه به ۴ منطقه تقسیم می گردد:

- منطقه آب تمیز Clean water
- منطقه تنزل کیفیت Degredation
- منطقه تجزیه فعال Active decomposition
- منطقه بازگشت Recovery

# روند تغییرات اکسیژن، کربن و ازت پس از تخلیه فاضلاب به رود



# روند تغییرات اکسیژن محلول پس از تخلیه فاضلاب به رود



## تقسیم بندی دریاچه ها بر اساس میزان مواد مغذی

- دریاچه های اولیگوترفیک Oligotrophic ( دریاچه جوان)
- دریاچه های مزوتروفیک Mesotrophic
- دریاچه های اوتروفیک Eutrophic ( دریاچه غنی شده)

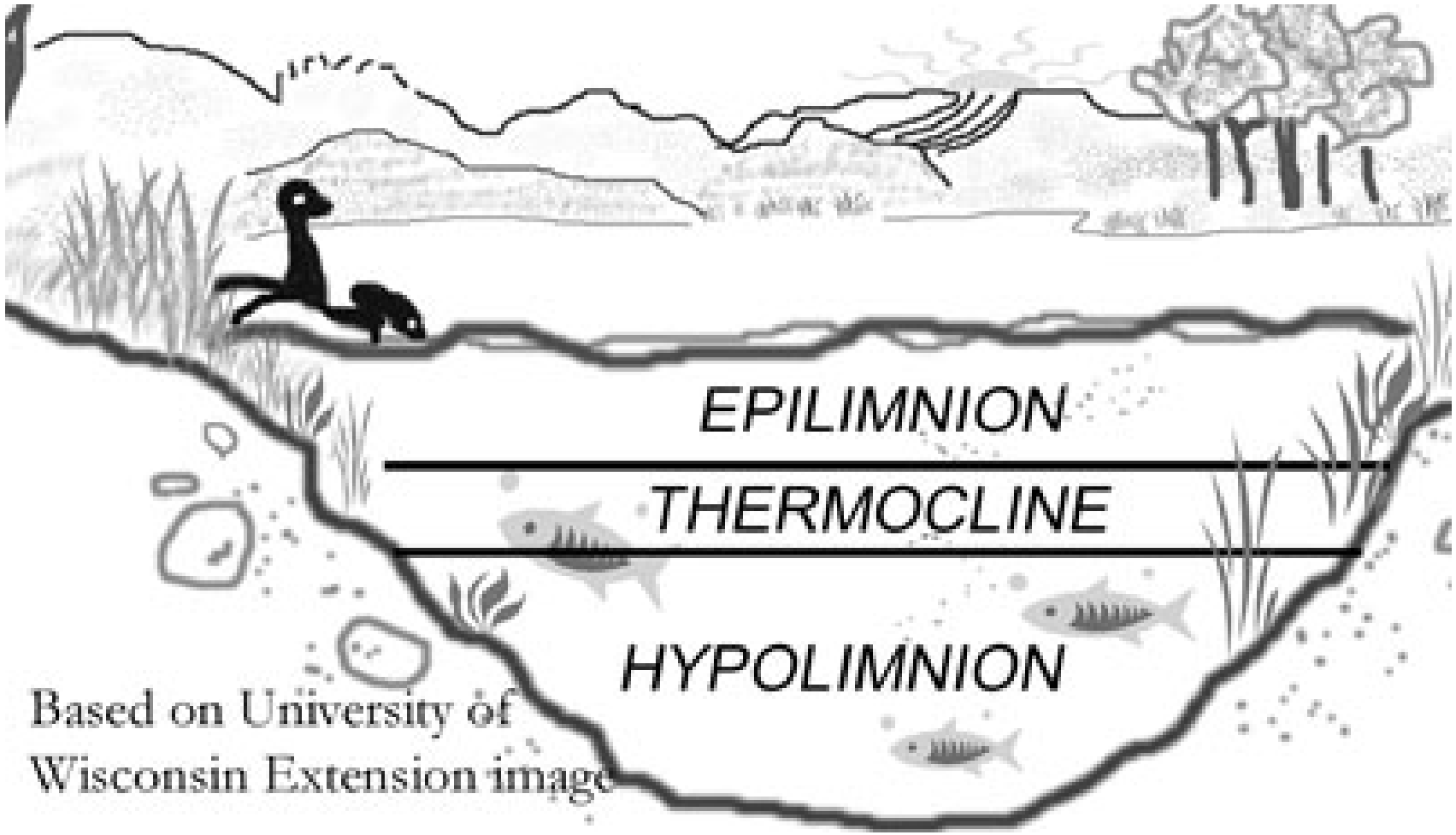
# لایه بندی حرارتی Thermal Stratification

در اثر لایه بندی حرارتی منابع آب در دریاچه به سه لایه زیر تقسیم می گردند:

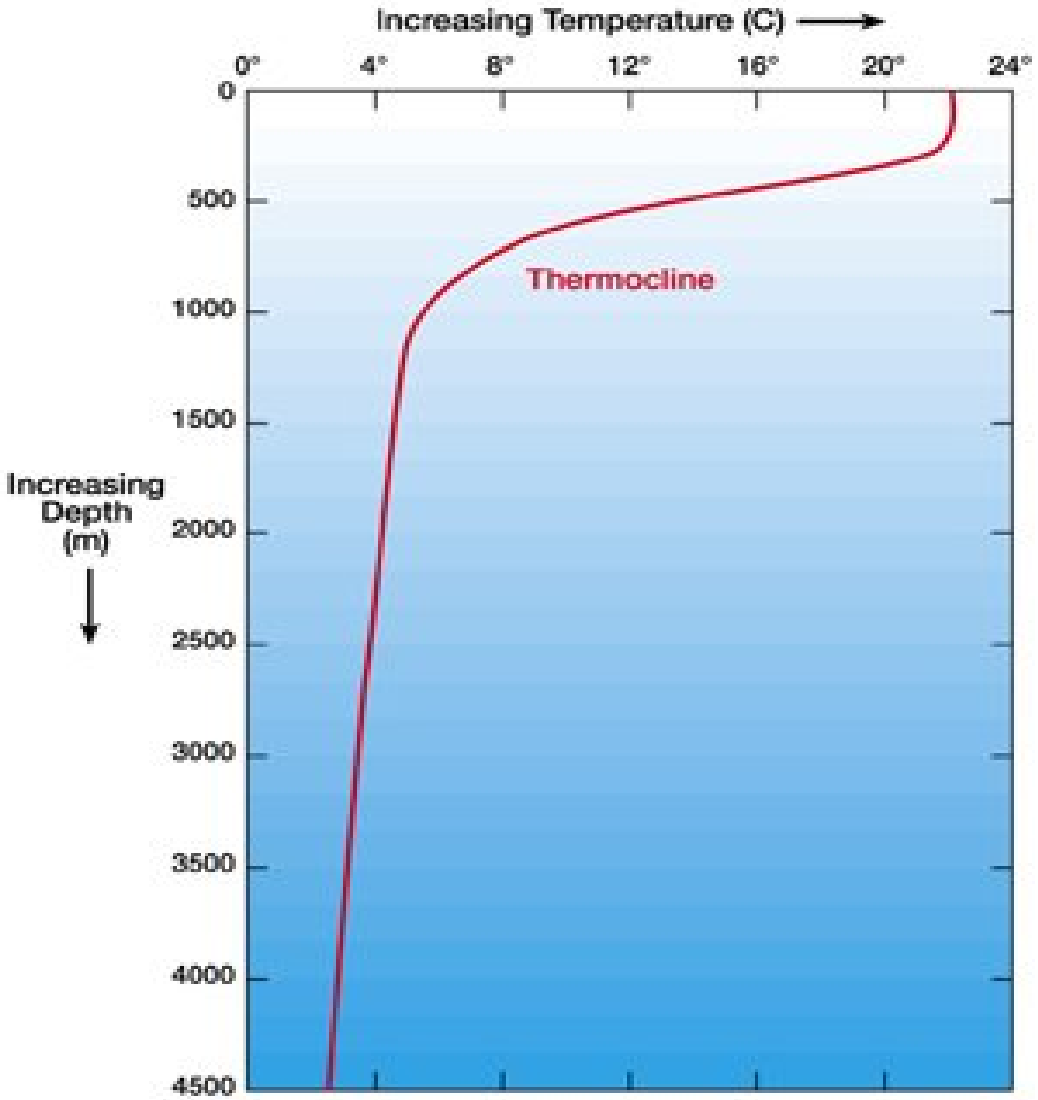
۱- لایه اپی لایمنیون Epilimnion

۲- لایه ترموکلاین Thermocline

۳- لایه هایپولایمنیون Hypolimnion


EPILIMNION
THERMOCLINE
HYPOLIMNION
Based on University of
Wisconsin Extension image

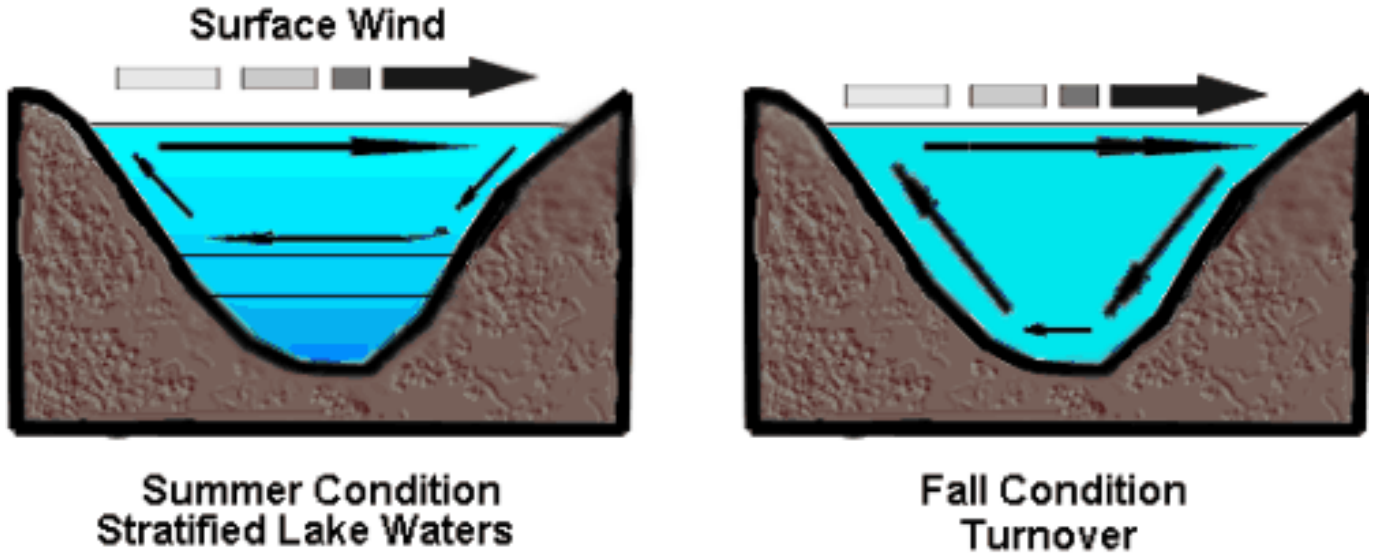
# تغییرات درجه حرارت در دریاچه لایه بندی شده



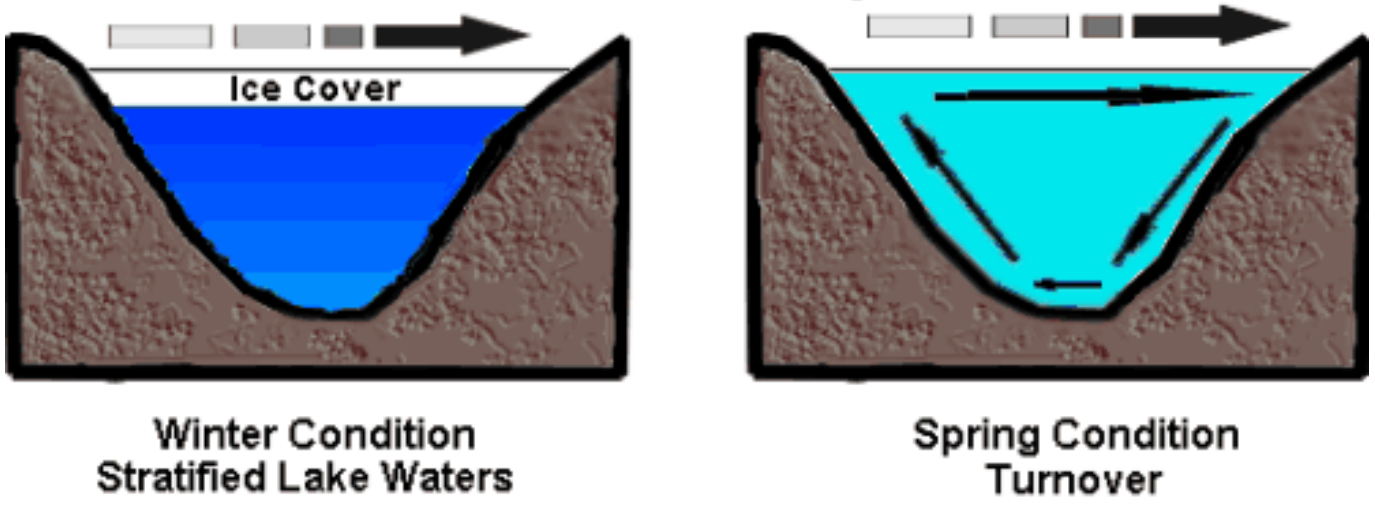
## شرایط حذف لایه بندی حرارتی در دریاچه

- چرخش بهاره
- چرخش پاییزه
- جریان باد

# حذف لایه بندی حرارتی در دریاچه




## Annual Lake Cycle



## الگوهای Destratification در دریاچه ها

- Dimictic lakes
- Warm monomictic lakes
- Cold momomictic lakes
- Polymictic lakes
- Oligomictic lakes
- Amictic lakes

# منابع آب های زیر زمینی

# عوامل موثر در انتشار آلاینده ها درآب های زیر زمینی

1) تغییر سطح ایستابی

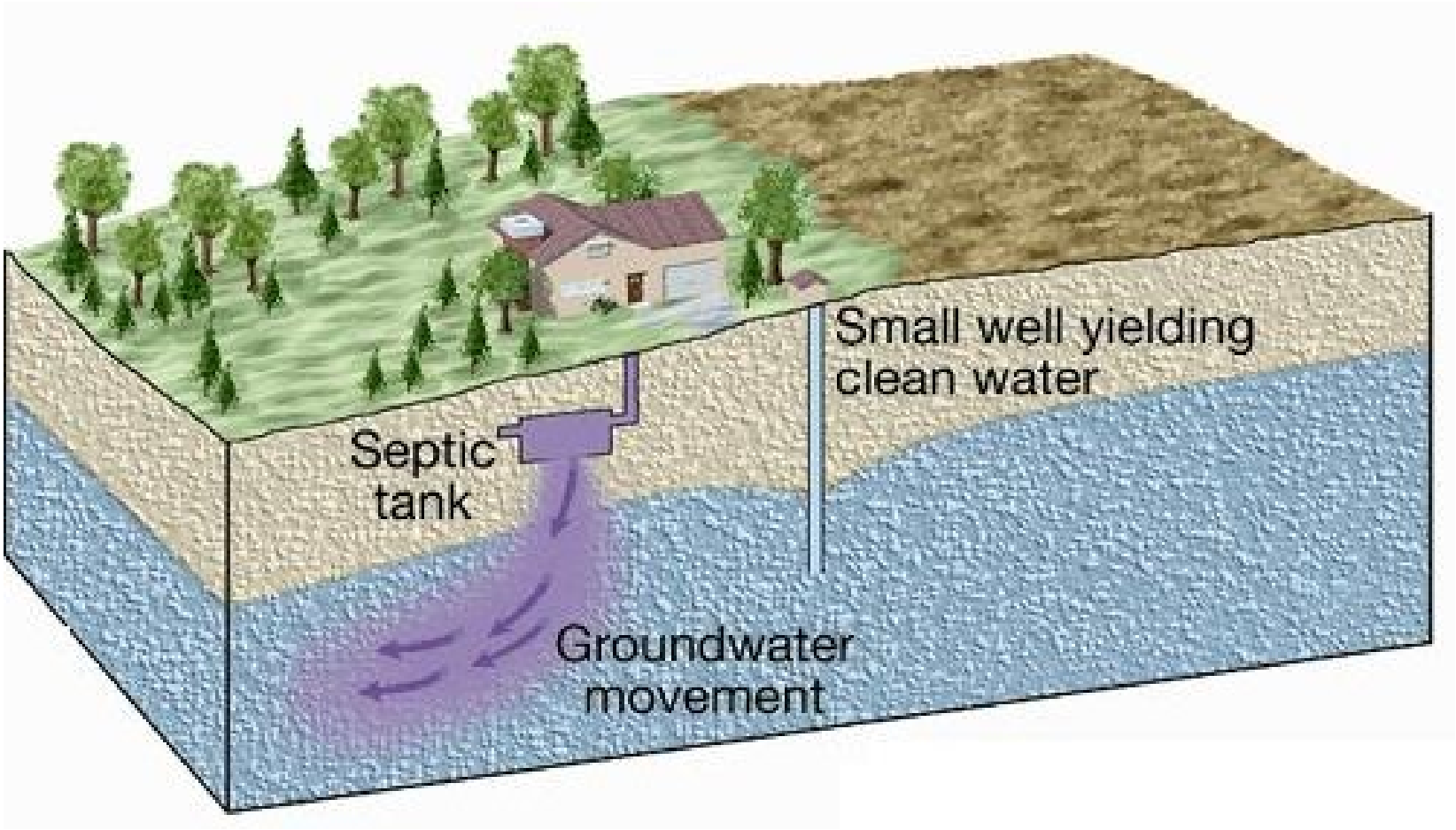
2) جهت حرکت آبهای زیرزمینی

3) وضعیت طبیعی منطقه

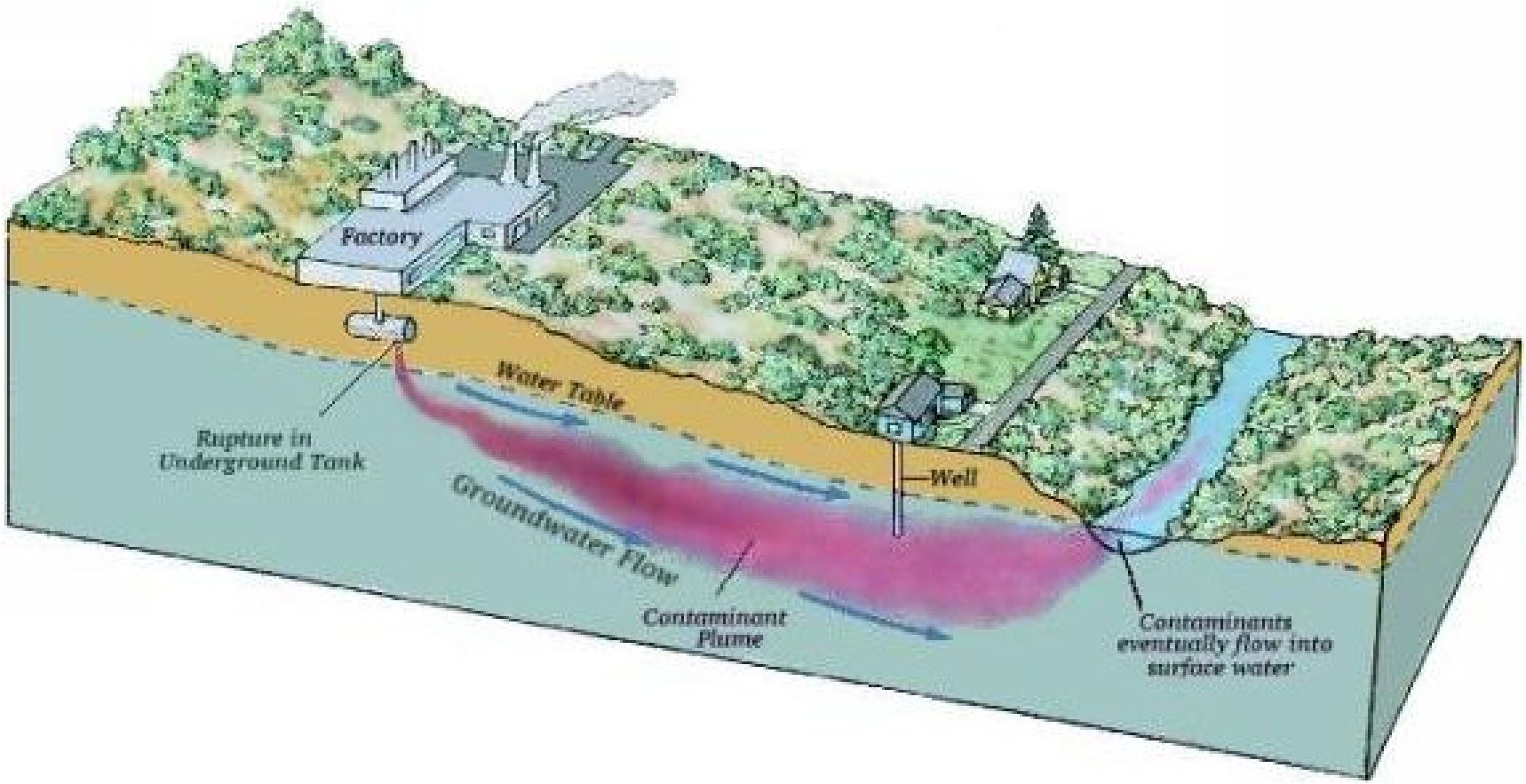
4) سرعت جریان آب به چاه

5) عمق منبع از سطح زمین

# نحوه آلودگی منابع آب زیر زمینی



# تشکیل پلوم آلاینده ها در منابع زیرزمینی



# آلودگی های نفتی منابع آب

# گروههای تشکیل دهنده نفت خام

۱- هیدروکربنها Hydrocarbons

هیدروکربنها شامل گروههایی هستند که ترکیبات ملکولی آنها فقط از هیدروژن و کربن تشکیل شده است.

انواع هیدروکربنها عبارتند از :

هیدروکربن‌های پارافینی (پارافینها)

هیدروکربنهای نفتنی (سیکلوپارافینها یا نفتنیکها )

هیدروکربنهای آروماتیک (بنزنوئیدها)

# مشتقات غیر هیدروکربنی نفت

۲- غیرهیدروکربنها Heterocompounds

این گروه شامل ترکیباتی غیر از هیدروژن و کربن می‌باشند و شامل عناصری از قبیل اکسیژن، نیتروژن و گوگرد و اتمهای فلزی نظیر نیکل و وانادیم می‌باشد.

مشتقات غیر هیدروکربنی نفت خام، معمولا شامل ترکیبات گوگرددار، اکسیژن‌دار و ازت‌دار می‌باشد. درصد این ترکیبات در نفت جزئی است.

ترکیبات اکسیژن‌دار و گوگرددار تقریبا ۲ درصد نفت خام را شامل می‌شود.

# راههای آلودگی آب به ترکیبات نفتی

- لجنهای کف مخازن
- پسابهای شستشوی  دستگاه های پالایشگاه ها
- شستشوی دستگاه های پتروشیمی
- لجن های گل حفاری
- لجن های حوضچه های حفاری
- آلاینده های ناشی از نشت لوله های زیر زمینی
- لجن های ناشی از نشتی کف مخازن سوراخ شده
- آلاینده های ناشی از تعمیراتهای اساسی دستگاه های پالایشی
- حوادث (نفت کش ها، دکل های نفتی و ...)

# هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای

*Ploycyclic Aromatic Hydrocarbons ($PAH_s$)*

# خصوصیات هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای

• اکثر ترکیبات *PAH* جهش زا، سرطان زا یا هر دو آنها هستند. این ترکیبات بعلت دارا بودن خصوصیاتی همچون سمیت، جهش زایی، سرطان زایی از اهمیت خاصی برخوردارند.

• توسط *USEPA* در ردیف آلاینده هایی اولیه (*priority pollutants*) قرار گرفته اند.

• منابع عمده ترکیبات *PAH* و ورود آنها به محیط زیست، نفت خام با محصولات حاصل از فرآیندهای پالایش ترکیبات نفتی از جمله احتراق محصولات حاوی موادآلی و صنایع پتروشیمی، دودکش اتومبیل ها و آتش سوزی جنگل ها و فعالی های آتشفشانی فاضلاب های شهری و رواناب ها می باشد.

•هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای عمدتاً از گروه ترکیبات آب گریز هستند و از ۲ تا ۷ حلقه تشکیل یافته اند و از میان آنها ۱۶ ترکیب *PAH* که از ۲ تا ۵ حلقه تشکیل شده اند به دلایل عدم تجزیه بیولوژیکی سریع آنها توسط میکروارگانیسم های بعنوان شاخص آلودگی ترکیبات *PAH* می باشند.

# خصوصیات هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای

• این شانزده ترکیب شامل: نفتالین، اسنفتلین، اسنفتن، فلورن، فنانترن، آنتراسن، فلورانتن، پایرن، بنزوکا- آنتراسن، کریسن، بنزو بی - فلورانتن، بنزو - کا - فلورانتن، بنزو - آ - پایرن، دی - بنزو - آ - اچ - آنتراسن، بنزو - جی - اچ - آی - پریلن، ایندنو (۱ و ۲ و ۳ و سی دی)، پایرن می باشند.

• حلالیت ترکیبات با حلقه های بیشتر خیلی کمتر است؛ بنابراین اینگونه ترکیبات در سطح خاک باقیمانده و توسط آب های زیرزمینی آنچنان حرکت نمی کنند. در عین حال، عضو کوچک این گروه (از لحاظ تعداد حلقه) یعنی نفتالین، در آب محلول بوده و مکرراً در آلودگی آب های زیرزمینی مشاهده می شود.

# سمیت ترکیبات *PAH*

- اثرات سمیت اکولوژیکی وسیعی از ترکیبات *PAH* برروی موجودات زنده، میکروارگانیسم ها، گیاهان خاکزی، موجودات آبزی، دوزیستان، خزندگان، پرندگان و پستانداران گزارش شده است.

- اثرات سمیت آنها برروی رشد، متابولیسم و تشکیل تومور یعنی سمیت حاد، سمیت مزمن، سمیت سیتوپلاسمی، سمیت ژنی و خاصیت سرطان زایی نیز به اثبات رسیده است.

- در عین حال توجه اولیه تحقیقات سمیت شناسی ترکیبات *PAH* برروی خاصیت سمیت ژنی و سرطان زایی این ترکیبات معطوف شده است.

# اثر هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای بر انسان

• جذب *PAH* ها در اثر خوردن معمولاً کند است. ترکیبات آروماتیک چند حلقه ای می توانند در همه بافت های دارای چربی وارد شوند.

• این ترکیبات تمایل زیادی به ذخیره شدن در کلیه و کبد دارند، ولی مقادیر کمی از آنها در طحال و غده آدرنال نیز ذخیره می گردد.

• این ترکیبات در بافت های بدن به ترکیباتی که برخی کم خطرتر و بعضی مضرتر از *PAH* های اولیه هستند، تبدیل می شوند.

•مطالعات انجام شده روی حیوانات بیانگر این امر است که *PAH* ها تمایل به اقامت طولانی مدت در بافت های مختلف ندارند و بیشتر این ترکیبات پس از چند روز از طریق مدفوع و ادرار از بدن خارج می شوند.

# اثر هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای بر انسان

• اثرات بلند مدت این ترکیبات ممکن است شامل آب مروارید، آسیب به کلیه و کبد و یرقان باشد. به عنوان نمونه، ارتباط مداوم پوست با نفتالین می تواند باعث قرمزی و التهاب پوست شود. در حالی که استنشاق یا بلعیدن مقادیر زیاد نفتالین می تواند باعث تخریب گلبول های قرمز شود.

• از اثرات بسیار مهم *PAH* ها در انسان، می توان به اثرات جهش زایی و سرطان زایی برخی از *PAH* ها از جمله بنزو [*a*] پیرن اشاره نمود.

# روشهای حذف ترکیبات نفتی از آب

- Natural Attenuation
- Air Striping
- Phytoremadiation
- Biodegradation
- Chemical Oxidation

## حذف ترکیبات نفتی از آب با استفاده از میکروارگانیسم ها

- حذف بیولوژیکی  فرایندی است که در آن میکروارگانیسم ها،قارچ ها و گیاهان، آلاینده های شیمیایی را متابولیزه می کنند.

- این روش جهت تصفیه آلاینده های نفتی در خاک و آبهای زیر زمینی در هر دو حالت در محل (in situ) و خارج از محل (ex situ) بکار می رود .

# اکسیداسیون شیمیایی Chemical oxidation

•اکسیداسیون شیمیایی آلودگی های نفتی را به ترکیبات بی خطر و با سمیت کمتر که پایدارتر،کم تحرک تر و بی اثر هستند، تبدیل می کند.

• عوامل ا کسید کننده که به طور معمول استفاده می شود عبارتند از:
ازن، پراکسید هیدروژن، اشعه ماورای بنفش و ...

•گاز ازن می تواند مستقیما و یا از طریق تشکیل رادیکال های هیدروکسیل آلودگی را اکسیده می کند. واکنش اوزن مانند پراکسید در سیستم های اسیدی بسیار موثر است.

•اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از پراکسید هیدروژن و ازن تولید رادیکال هیدروکسیل می کند.

•واکنشگر فنتون نیز درتحت pH بسیار اسیدی (۴-۲) به نحو موثری در حذف عمل می کند.

## حذف به کمک گیاهان Phytoremediation

- یک نوع اصلاح بیولوژیکی در محل است.
- این فرآیند با استفاده از گیاهان برای حذف ،انتقال و تثبیت و نابودی آلودگیها ی موجود در خاک ورسوب می باشد.
- مکانیزم حذف تجزیه بیولوژیکی بوسیله ریشه گیاهان می باشد.
- کاربرد آن برای اصلاح در ارتباط با فلزات، سموم، محلولها، موادمنفجره، نفت خام ،PAH ونشت مواد دفن شده در زیرخاک می باشد.