

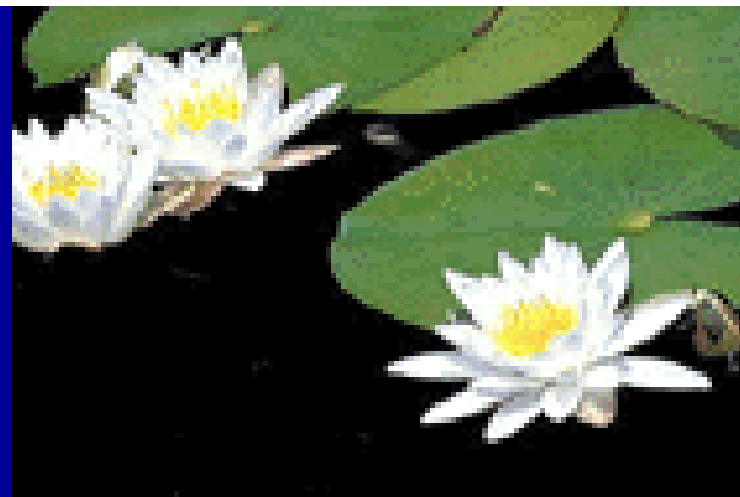
# SAVREMENE METODE U PRIPREMI VODE ZA PIĆE

WW2009



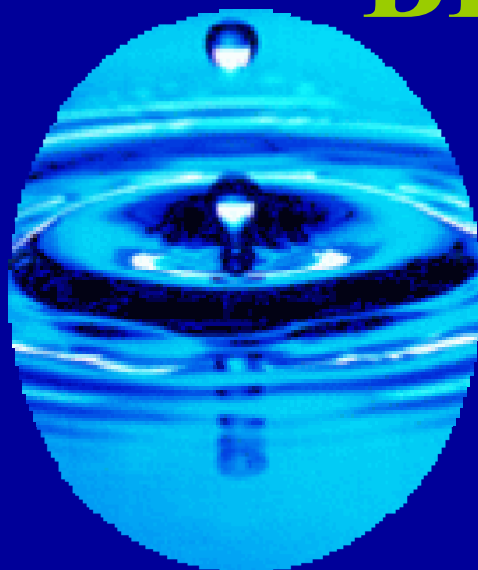


STANDARDI  
VODE ZA PIĆE

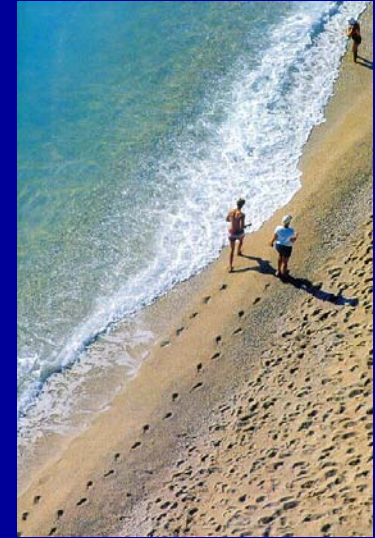


BIOLOŠKI ASPEKTI  
VODE ZA PIĆE

# BIOLOŠKO ISPITIVANJE KVALITETA VODA



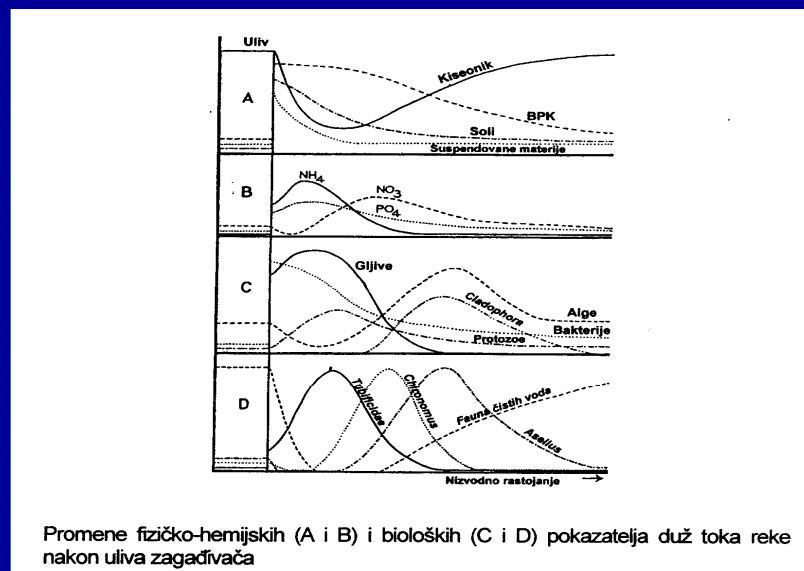
Slavka Gajin, Svetlana Ugarčina Perović



**Zaštita voda smatra se osnovom u politici integralne zaštite resursa, jer je voda jedan od elementarnih uslova života.**

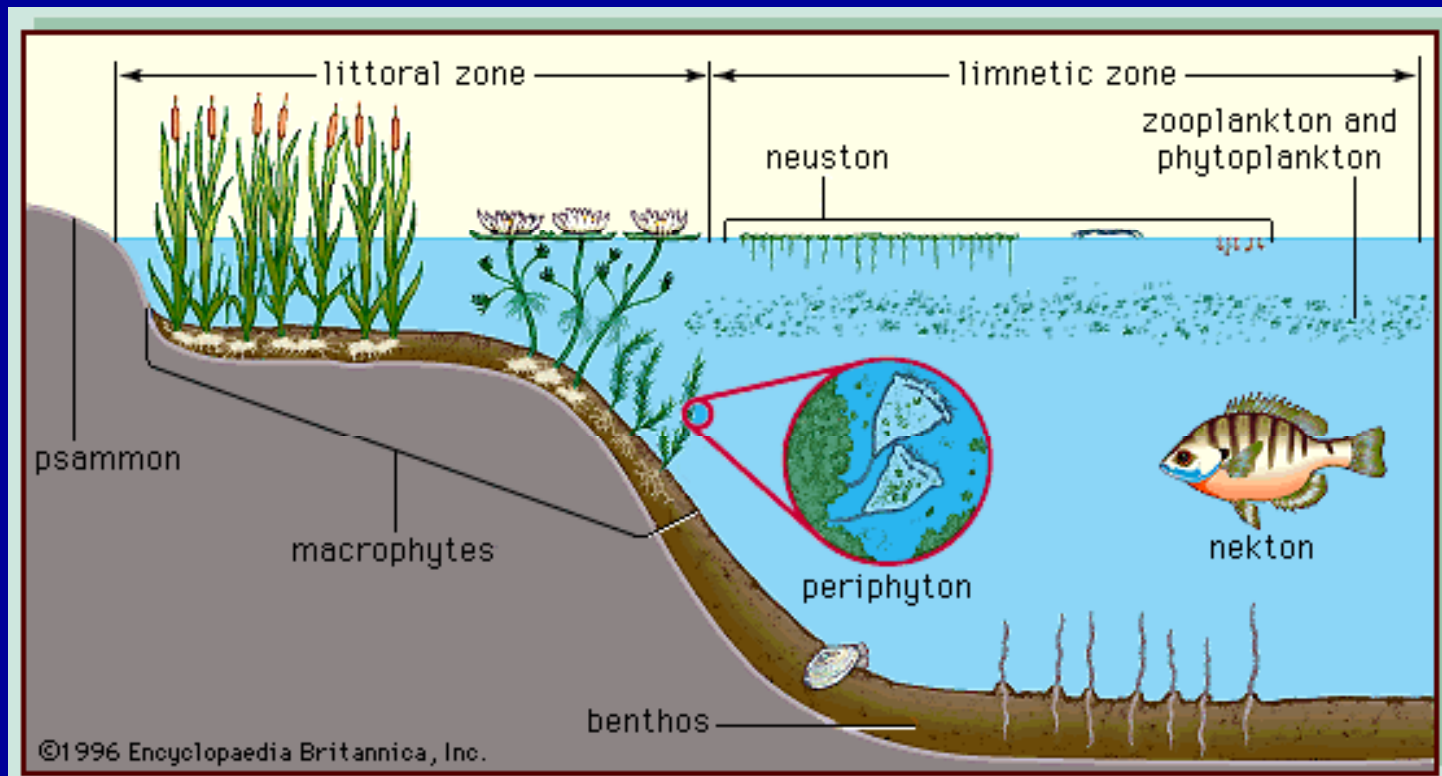
**Bez dovoljne količine vode odgovarajućeg kvaliteta nije moguć uravnotežen i održiv razvoj brojnih socioekonomskih aktivnosti.**

**Akvatični ekosistemi odlikuju se prisustvom organskih i mineralnih materija koje u njih dospevaju prirodnim putem (prirodna eutrofizacija) ili u rezultatu antropogenog delovanja (veštačka eutrofizacija - zagađenje - saprobnost).**

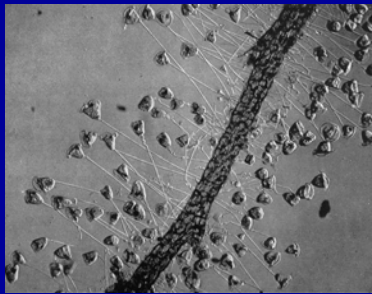


**a na te promene kvaliteta vode reaguju organizmi koji žive u njima**

**Samo postojanje (prisustvo) biljnih i životinjskih vrsta, kao i sastav i struktura njihovih zajednica jasno ukazuju na stupanj trofije (trofičnost), odnosno fazu razvitka akvatičnog ekosistema, ili pak na stepen njegove degradacije (zagađenosti - saprobnosti).**



□ Polazeći od činjenice da živi organizmi u akvatičnom ekosistemu odražavaju uslove sredine, poznavanje bioindikatora (uz određivanje njihovog kvantitativnog i kvalitativnog sastava) omogućava nam da odredimo kvalitet vode.



□ Vrednosti pojedinih grupa organizama i njihovih pojedinačnih vrsta kao bioindikatora su u zavisnosti od njihovog načina života.

(Postoji niz prelaza u vrednovanju bioindikatorskih vrsta, zavisno od tipa akvatičnog ekosistema).

# ❑ Biološke metode za određivanje kvaliteta vode uključuju:

❑ prikupljanje,

❑ prebrojavanje i

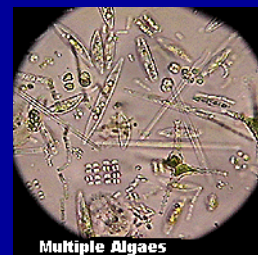
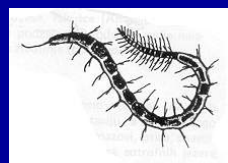
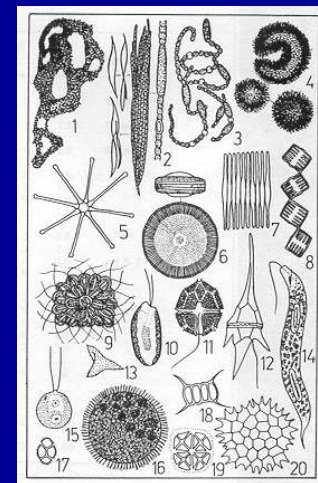


❑ identifikaciju akvatičnih organizama;

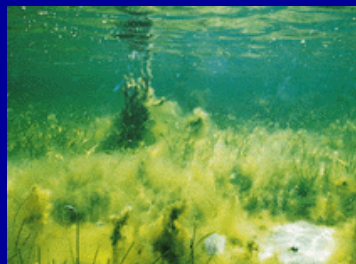
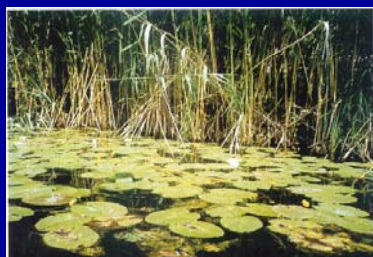
❑ određivanje biomase;

❑ određivanje metaboličke aktivnosti;

❑ određivanje toksičnosti;



❑ određivanje biokoncentracije i bioakumulacije polutanata.



## **Dobijeni podaci mogu poslužiti sledećim ciljevima:**

**Za određivanje stanja vode i bioloških efekata zagađenja voda;**

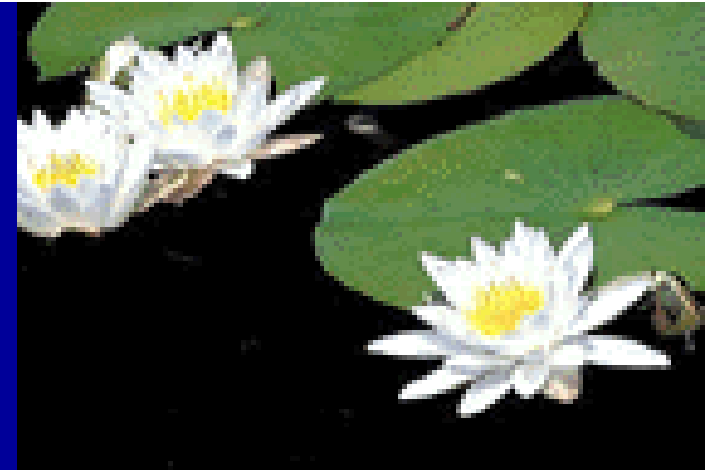
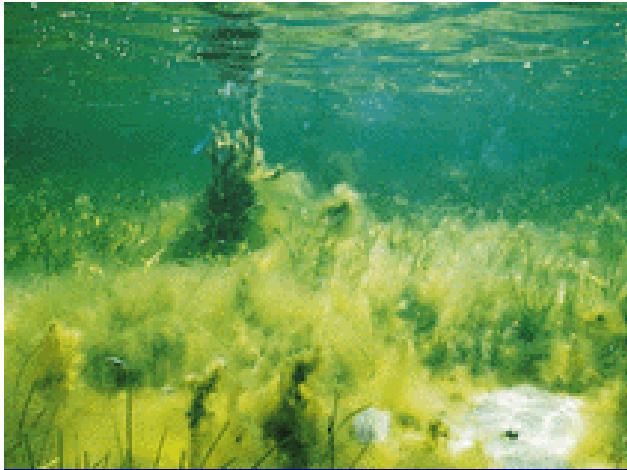
**Kao pokazatelji kratko- i dugotrajnih promena kvaliteta vode nastalih u rezultatu prirodne eutrofizacije i/ili antropogenim delovanjem;**

**Za određivanje procesa autopurifikacije vode;**

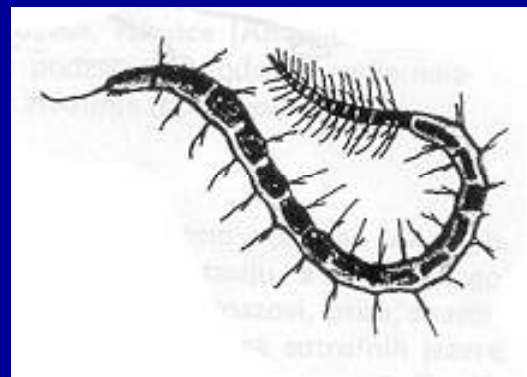
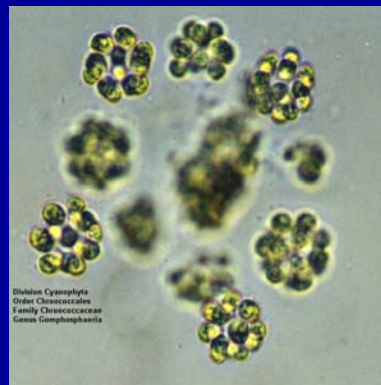
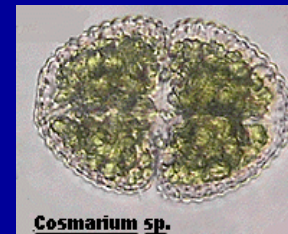
**Za objašnjenja uzorka boje, zamućenja, mirisa, ukusa ili prisustva različitih čestica u vodi;**

**Kao pomoć u interpretaciji hemijskih analiza (npr. deficit kiseonika ili supersaturacija vode);**

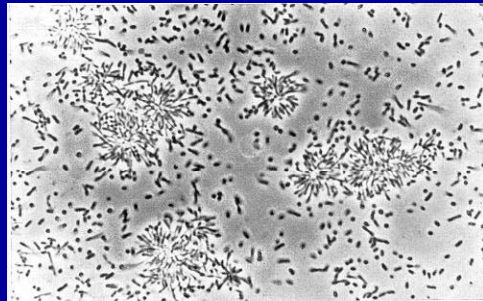
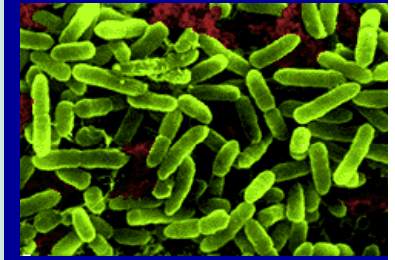
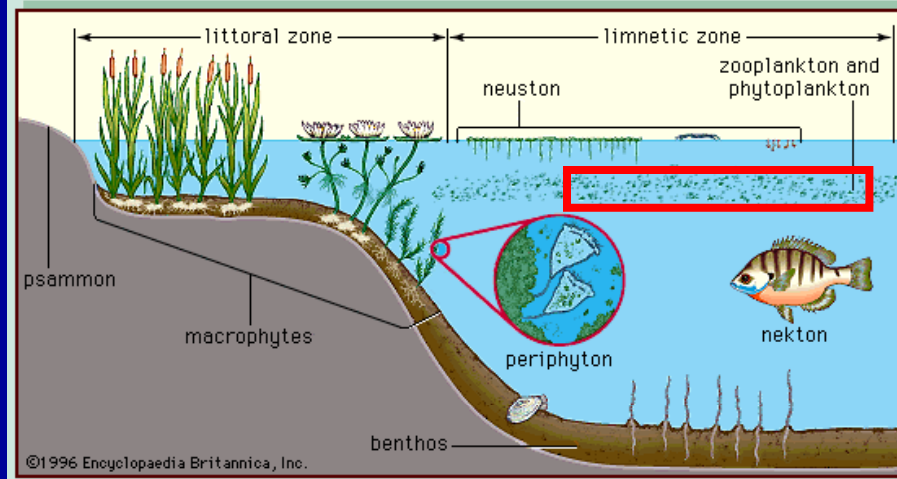
**itd.**



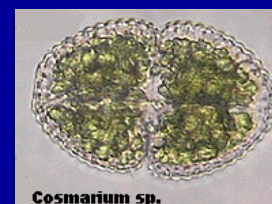
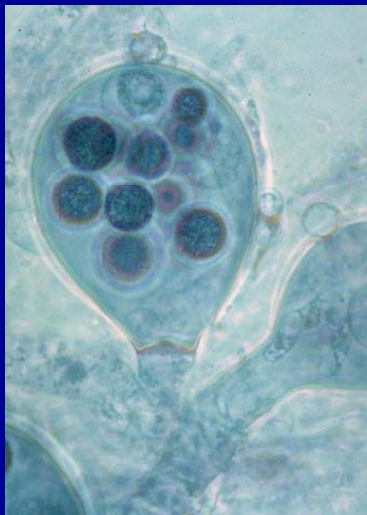
U zavisnosti od prirode problema koji se ispituje zavisi koje akvatične zajednice će biti ispitivane i koje tehnike će biti primenjene pri tim ispitivanjima:



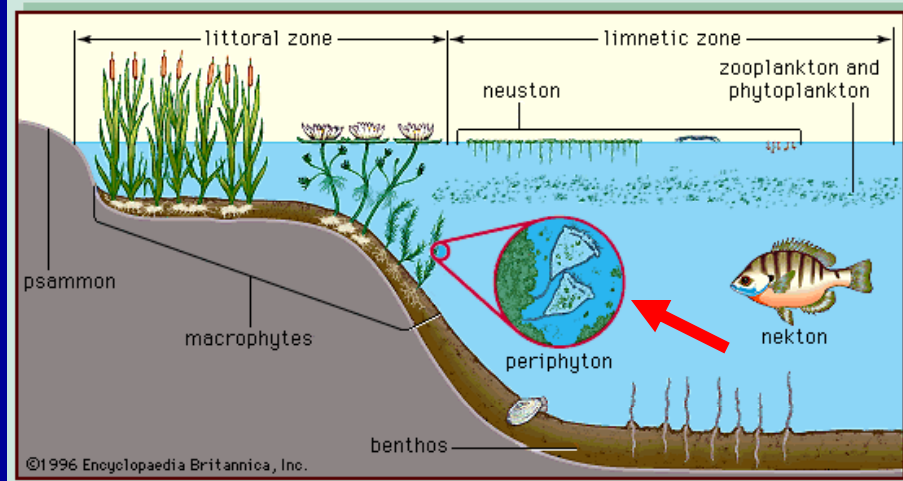
# Plankton



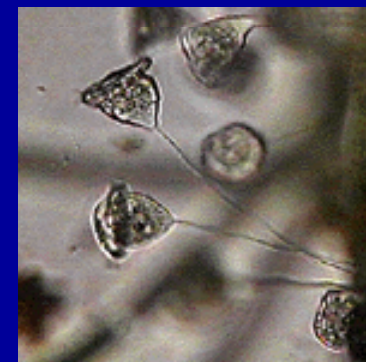
- zajednica bakterija (bakterioplankton),
- akvatičnih gljiva,
- algi (fitoplankton) i
- životinjskih organizama (zooplankton) koje obično **LEBDE** kao nepokretni ili nedovoljno pokretni da savladaju vodeni tok



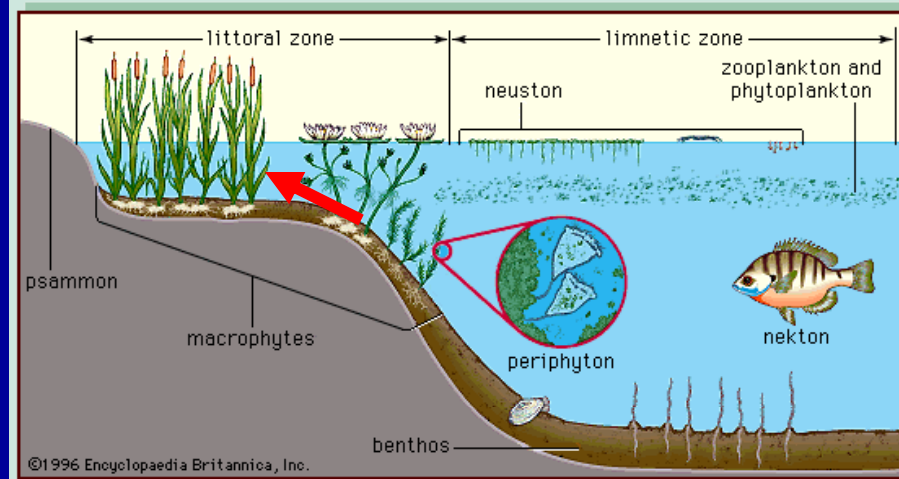
# Perifiton



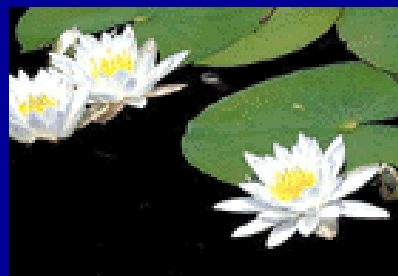
**zajednica  
mikroskopskih biljaka,  
životinja, gljiva i  
bakterija koje žive na  
površinama (epifitno)  
krupnijih biljaka ili  
predmeta u vodi;**



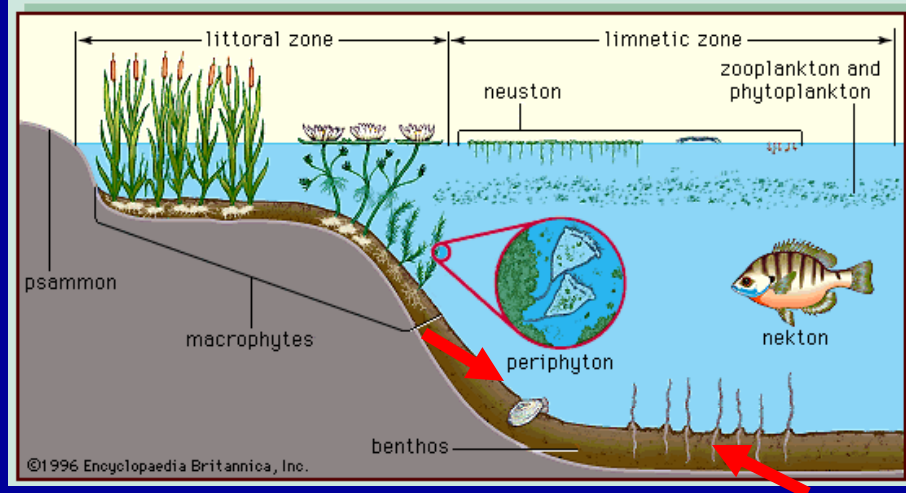
# Makrofiton



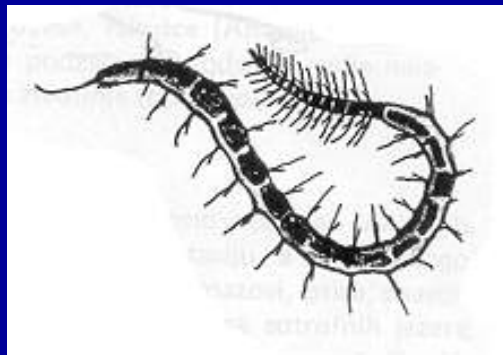
**krupne (makroskopske) biljke svih tipova koje su pričvršćene za dno (bentosne) a mogu biti slobodno lebdeće, potpuno ili delimično uronjene u vodu;**



# Fauna dna

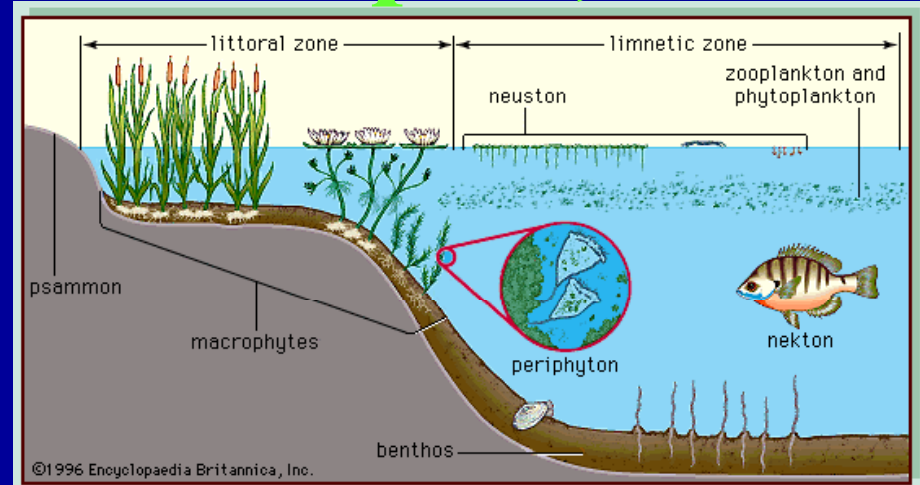


**Beskičmenjaci**  
**makroskopskih veličina,**  
**koji uglavnom žive na ili**  
**u dnu (pljosnati i**  
**prstenasti crvi, mekušci,**  
**rakovi i insekti);**



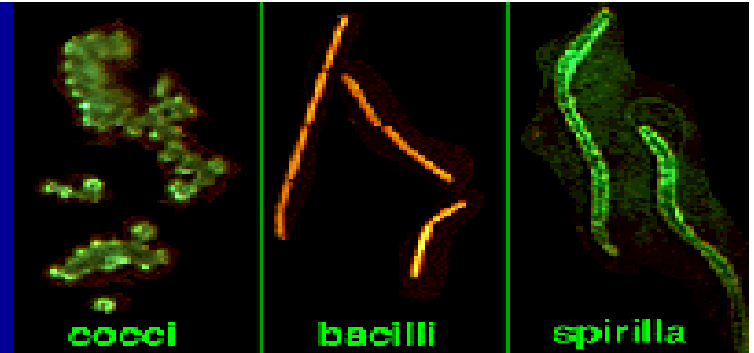
# Ribe, vodozemci, vodeni reptili, ptice i sisari

Organizmi površinskih  
voda ili povezani sa njima,  
takođe mogu biti izloženi  
(direktno ili indirektno)  
zagađenjima i mogu se  
koristiti u monitoringu  
toksičnih supstanci ili  
dugotrajnih promena u  
kvalitetu vode.



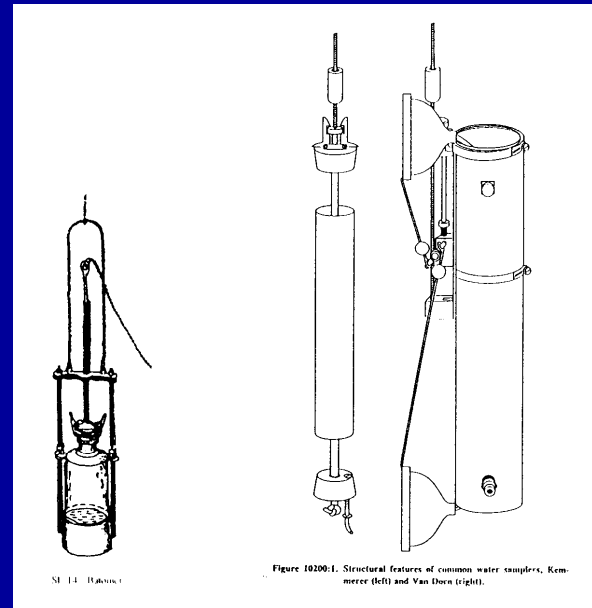
## PLANKTON

# Bakterioplankton



▪ Istraživanje bakterioplanktona u vodama obuhvata izučavanje autohtonih i alohtonih bakterija svih metaboličkih tipova, kao i povezivanje dobijenih rezultata s ekološkim uslovima sredine, posebno organskim opterećenjem alohtone prirode.

▪ Uzorci za bakteriološka ispitivanja voda sakupljaju se na terenu, pod aseptičkim uslovima.



**Obrada uzoraka vrši se u mikrobiološkim laboratorijama odmah nakon najbržeg transporta (do 6 sati od uzorkovanja, a samo po potrebi do 24 sata pri adekvatnom transportu)**

Pri ispitivanju se mogu koristiti:

**DIREKTNE METODE**

**bakteriološka filtracija**

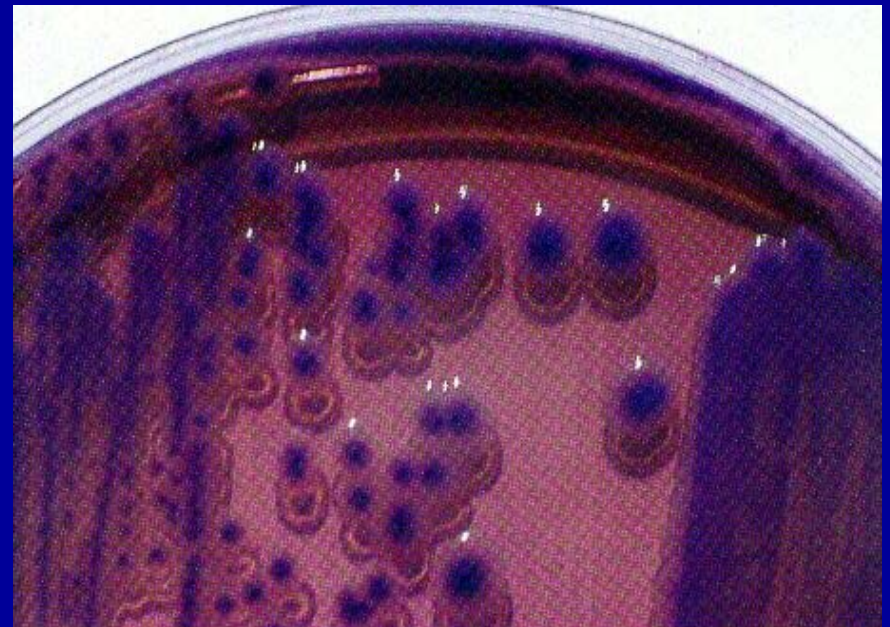
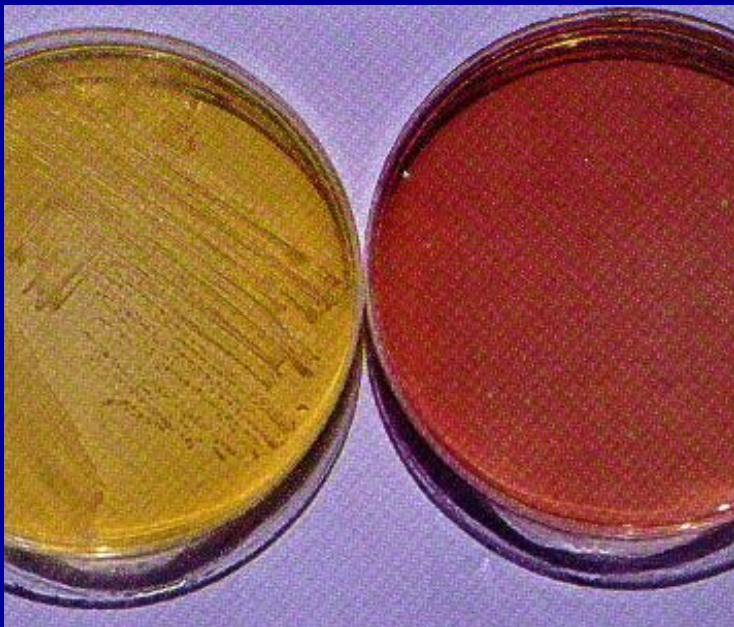
**INDIREKTNE METODE**

**zasejavanje na hranljive podloge**

**Istraživanja bakterioplanktona u vodi se mogu vršiti sa različitih aspekata:**

**ekološki aspekt**

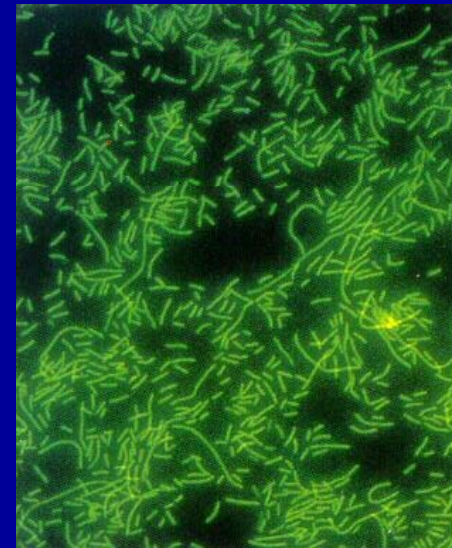
**sanitarni aspekt**



## ekološki aspekt

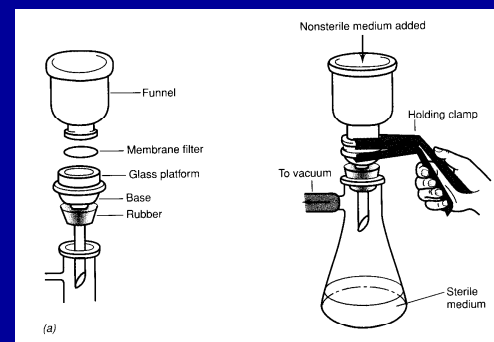
ukazuje na:

- opterećenost vode organskim materijama;
- tip organskog opterećenja;
- sposobnost autopurifikacije vode.



na osnovu čega se može vršiti kategorizacija vode:

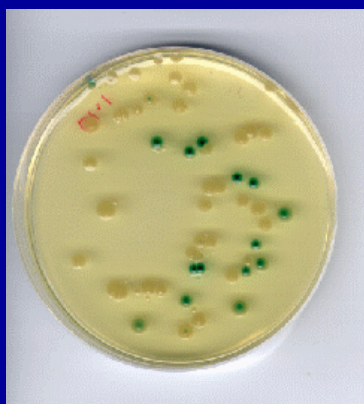
# KVALITET VODE NA OSNOVU UKUPNE BROJNOSTI BAKTERIOPLANKTONA (Ambrazene, 1976)



Ukupan broj bakterija ( $10^6 / \text{cm}^3$ )	Karakteristike vode (uslovno)
-	maksimalno čista
3.5	čista
6.0	slabo zagađena
10	umereno zagađena
$\leq 20$	veoma zagađena
$\geq 20$	prljava



# Klasifikacija vode na osnovu brojnosti organotrofnih bakterija (Kohl, 1975.)



BROJ SAPROFITNIH BAKTERIJA U ml VODE	KLASA VODE
< 500	I
500 - 1000	I - II
1000 - 10 000	II
10 000 - 50 000	II - III
50 000 - 100 000	III
100 000 - 750 000	III-IV
>750 000	IV

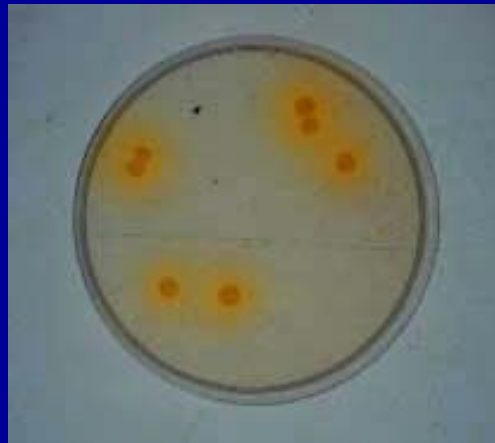
## Sposobnost samoprečišćavanja vode (FO/H)



VREDNOST INDEKSA FO/H	SPOSOBNOST SAMOPREČIŠĆAVANJA VODE
$< 1$	slaba
$\geq 1$	zadovoljavajuća
$> 10$	dobra

# Zastupljenost i brojnost različitih fizioloških grupa bakterija:

proteolitskih  
lipolitskih  
saharolitskih  
amilolitskih  
oksidatora nafte  
oksidatora fenola

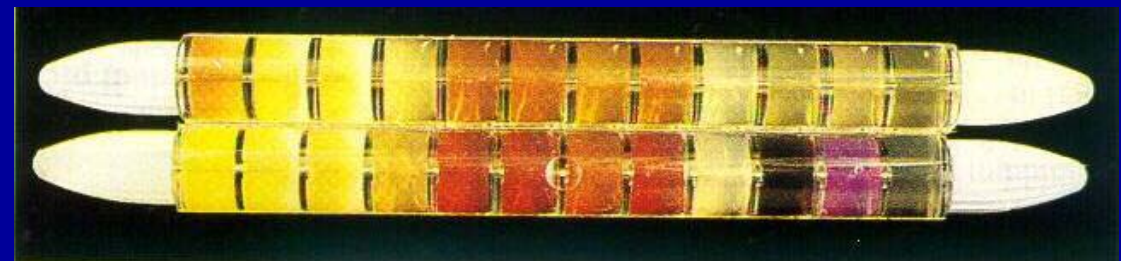
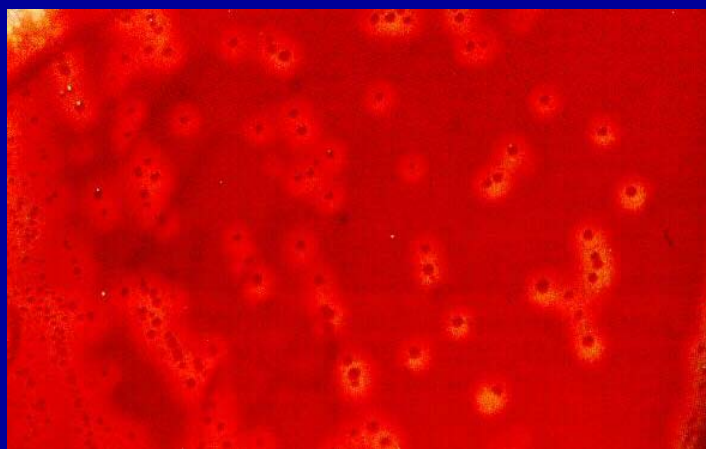


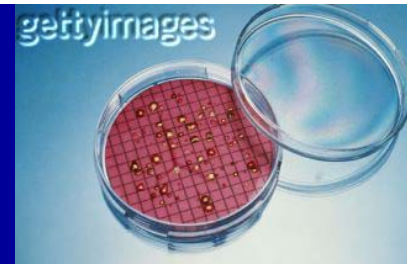
amonifikatora  
nitrifikatora  
denitrifikatora  
desulfifikatora  
itd

**ukazuju na tip i intenzitet organskog zagađenja vode**

# sanitarni aspekt

- ukazuje na higijensku ispravnost vode





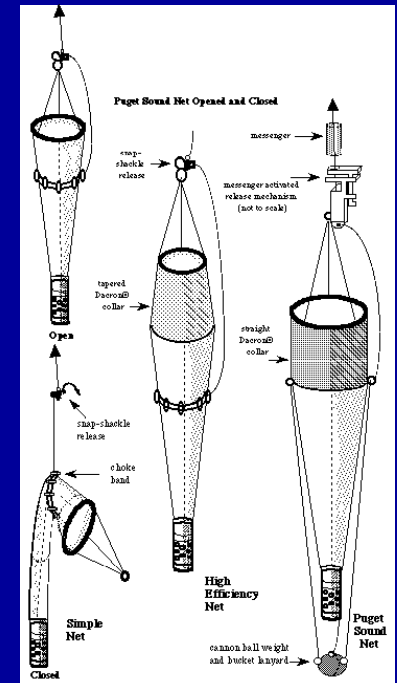
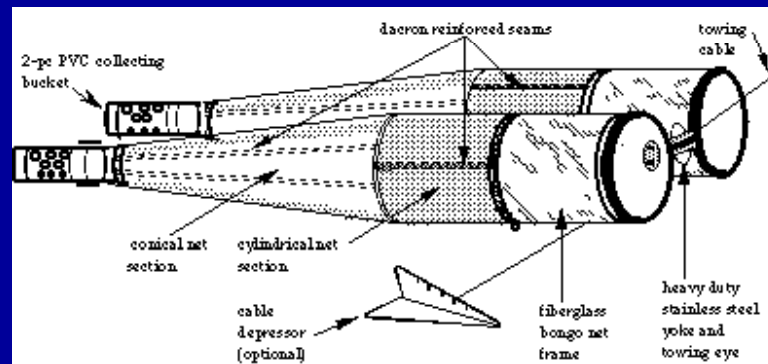
## Zagađenost vode na osnovu zastupljenosti fekalnih koliformnih bakterija (Kavka, 1994)

FK ( <i>Escherichia coli</i> ) (broj kol./cm <sup>3</sup> vode)	fekalno zagađenje vode
1-10	vrlo slabo zagađena
10-10 <sup>2</sup>	slabo zagađena
10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	umereno zagađena
10 <sup>3</sup> -5·10 <sup>3</sup>	zagađena
5·10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	vrlo zagađena
10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	visoko zagađena
>-10 <sup>5</sup>	maksimalno zagađena

# PLANKTON

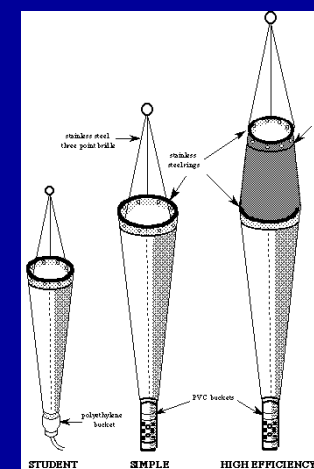
## fito- i zooplankton

- Uzorci za ispitivanje fito- i zooplanktona sakupljaju se na terenu.
- Veličina uzorka zavisi od tipa vode i broja uzoraka.



# PLANKTON fito- i zooplankton

▪ Filtriranjem uzorka kroz mrežice sa različitom veličinom pora vrši se koncentrovanje uzorka i razdvajanje različitih (po veličini) grupa fito- i zooplanktona.



## Karakteristike najčešće korišćenih planktonskih mrežica

Oznaka Svile	Veličina pora (μm)	Približna rel. veličina otvorene površ (%)	Klasifikacija
000	1024	58	Najkrupniji zooplankton i ihtioplankton
00	752	54	Krupniji zooplankton i ihtioplankton
0	569	50	Krupan zooplankton i ihtioplankton
2	366	46	Krupniji mikroskopski račići
6	239	44	Mikroskopski račići
10	158	45	Mikroskopski račići i većina rotatorije
20	76	45	Sitniji fito- i zooplankton
25	64	33	Nanoplankton

**Uzorci voda koje su siromašne planktonskim organizmima mogu se koncentrovati pre laboratorijskih analiza. U te svrhe koriste se postupci:**

- **sedimentacije,**
- **membranske filtracije (dijametar pora  $0.45 \mu\text{m}$ ) i**
- **centrifugiranja (1000 g /20 min).**

**U daljem postupku uzorci se pregledaju mikroskopiranjem određene zapremine uzorka.**

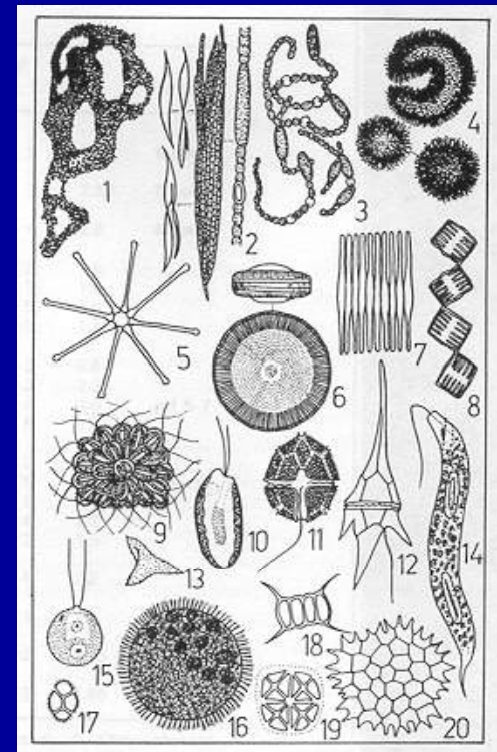
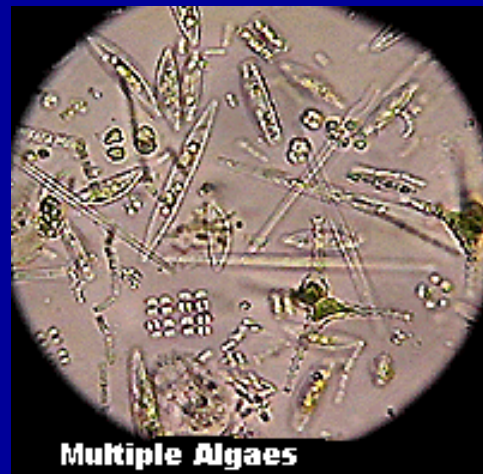


**Koncentrovani uzorci se mogu odmah ispitivati (živi), ili fiksirati do ispitivanja.**

**Za fiksiranje uzoraka može se koristiti:**

- **Lugolov rastvor (0.3%);**
  - **formalin (4%);**
  - **merthiolate (3.6%);**
  - **alkohol (1:1);**
  - **gluteraldehid (1-2%), ili 95%**
- 
- **Konzerviranje uzoraka zooplanktona je bolje vršiti u 70% alkoholu ili u 5% formalinu.**

▪ **Kvalitativne metode su povezane sa taksonomskim sastavom zajednica u zonama različite zagađenosti, dok su kvantitativne metode povezane sa strukturom zajednice, pri čemu se koriste pokazatelji razlika, sličnosti i numerički pokazatelji saprobnosti.**



**Procena saprobnosti vode zahteva determinaciju indikatorskih organizama**

**Jedna od najčešće primenjivanih bioloških metoda za procenu stanja vode je**

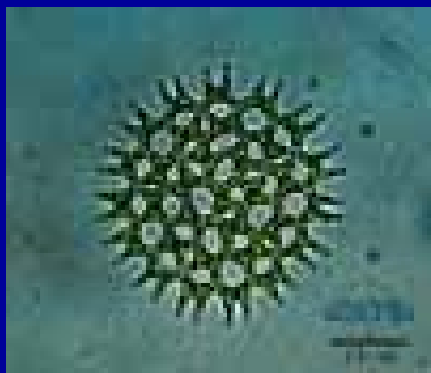
**saprobni sistem po Pantle-Buck-u (1955)**

**koji podrazumeva:**

- determinaciju prisutnih vrsta zoo- i fitoplanktona**
- određivanje njihove relativne učestalosti (1, 3, 5)**
- pripisivanje indikatorske (tablične) vrednosti**

**Na osnovu izračunate vrednosti indeksa saprobnosti, dobija se stepen saprobnosti vode:**

<b>INDEKS SAPROBNOSTI</b>	<b>STEPEN SAPROBNOSTI</b>
1-1,5	oligosaprobni
1,5-2,5	$\beta$ -mezosaprobni
2,5-3,5	$\alpha$ -mezosaprobni
3,5-4	polisaprobni



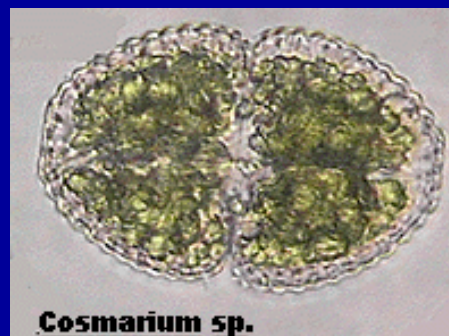
# HLOROFIL



- **Koncentracija fotosintetskih pigmenata se koristi kao indikator biomase fitoplanktona, pošto sve zelene biljke sadrže hlorofil “a”, koji predstavlja 1-2% suve mase planktonskih alga.**

**Za određivanje hlorofila “a” u fitoplanktonu postoji više metoda:**

- **spektrofotometrijske,**
- **fluorometrijske i**
- **HPLC tehnike**

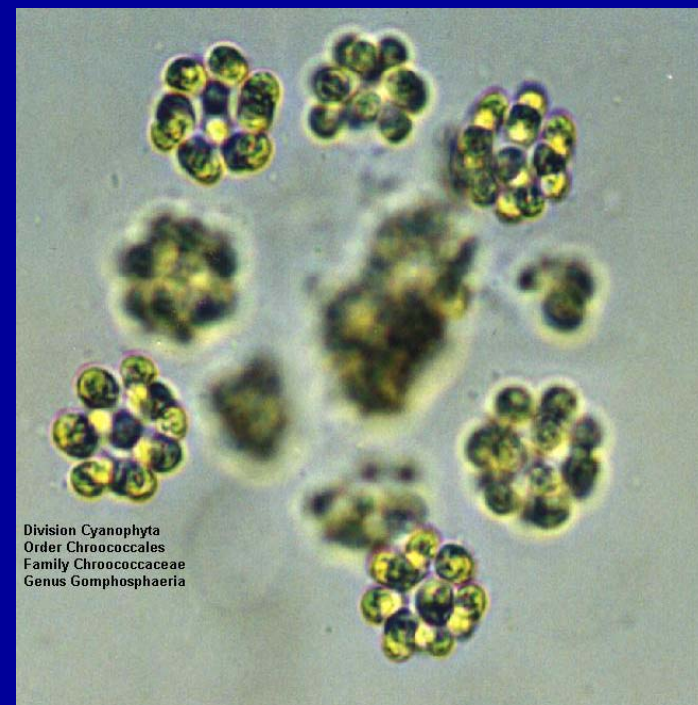


**Cosmarium sp.**

▪ Polazeći od činjenice da hlorofil “a” predstavlja u proseku 1.5% od suve algalne mase, **biomasa algi se može izračunati množenjem količine hlorofila “a” faktorom 67.**

Osim hlorofila “a”, biomasa planktona u vodi može se odrediti i preko :

- ćelijskog volumena,
- gravimetrijskim metodama i
- merenjem ATP u planktonu.



# STEPEN TROFIČNOSTI AKVATIČNOG EKOSISTEMA U ODNOSU NA KONCENTRACIJU HLOROFILA “a”

Stepen trofičnosti vode	Koncentracija hlorofila “a” (mg/m <sup>3</sup> )
0 atrofičan	0
1 ultra-oligotrofičan	<1
2 oligotrofičan	1-3
3 oligo-mezotrofičan	3-10
4 mezotrofičan	10-20
5 mezo-eutrofičan	20-50
6 eutrofičan	50-100
7 eu-politrofičan	100-200
8 politrofičan	200-800
9 hipertrofičan	>800

# METABOLIČKA AKTIVNOST

Fiziološki uslovi i spektar bioloških interakcija akvatičnih organizama mogu biti indikatori u proceni stanja voda.

U tu svrhu danas se koriste metode merenja metaboličkih procesa kao što su:

- fotosinteza
- produktivnost
- fiksacija azota
- respiracija
- transport elektrona  
kao i

**određivanje različitih enzimskih aktivnosti  
(npr. dehidrogenazne, fosfatazne...)  
kao indikatora biohemijske aktivnosti organizama u vodi.**

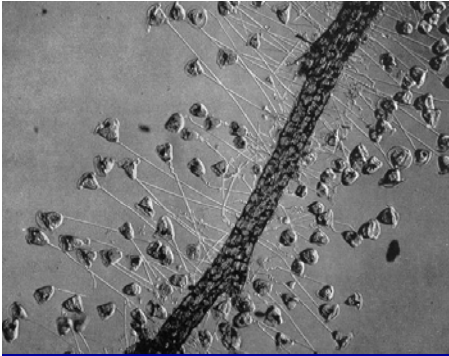


**Ovi podaci omogućavaju bolje razumevanje  
složene prirode akvatičnih ekosistema.**

## Kategorizacija opterećenosti vode organskim materijama izvršene na osnovu IFA vode ( $\mu\text{mol/s/dm pNP}$ ), Matavulj, 1988.

IFA	Kategorija	Osobina vode	Kohl, 1975
ispod 0.01	I A	maksimalno čista	I
0.01-0.10	I B	veoma čista	
0.10-0.25	I-II	čista	
0.25-0.50	II A	zadovoljav. čista	
0.50-1.00	II B	slabo zagađena	
1.00-2.50	II-III	umereno zagađena	II
2.50-5.00	III A	zagađena	III
5.00-7.50	III B	veoma zagađena	
7.50-10.00	III-IV	prljava	
10.00-15.00	IV A	veoma prljava	IV
iznad 15.00	IV B	maksimalno prljava	

# PERIFITON

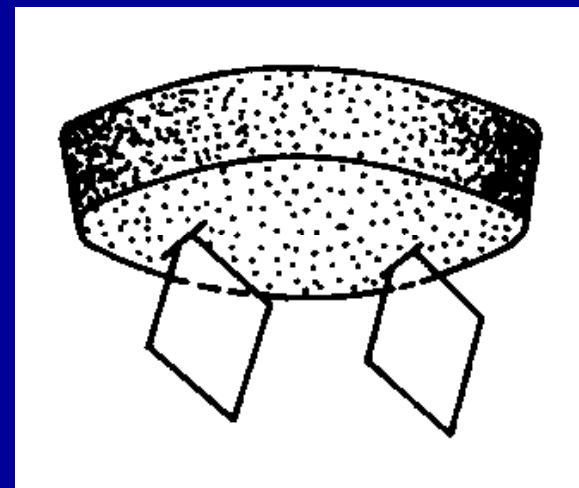


- Upotreba perifitona u proceni kvaliteta voda često je ograničena nepostojanjem objekata za njihovo pričvršćivanje, ali i teškoćama u dobijanju reprezentativnih uzoraka.
- U tom smislu, pribegava se primeni veštačkih površina koje će mikroorganizmi obrastati, što se često primenjuje za ispitivanje gvožđe- i mangan-oksidišućih mikroorganizama u vodama (podzemnim i površinskim) za vodosnabdevanje.

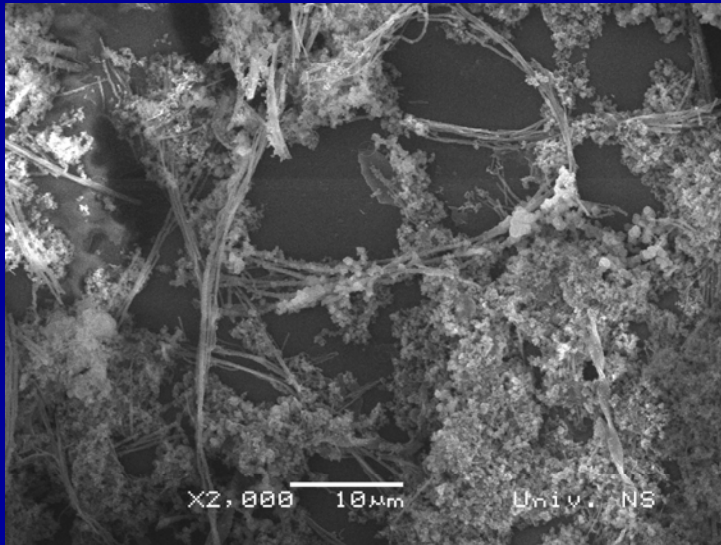
**Kao veštački supstrat najčešće se koriste predmetna stakla, pri čemu dužina ekspozicije zavisi od tipa vode.**

**Kolonizacija po pravilu zahteva vreme 1-2 nedelje**

**(pri čemu se optimalno vreme za kolonizaciju određuje eksperimentalno u toku 6 nedelja).**

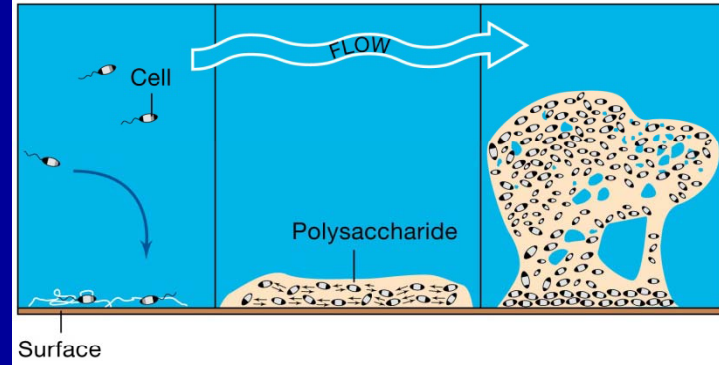


# BIOFILM

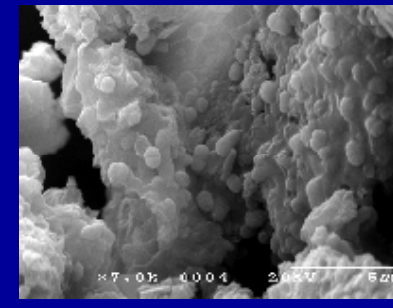
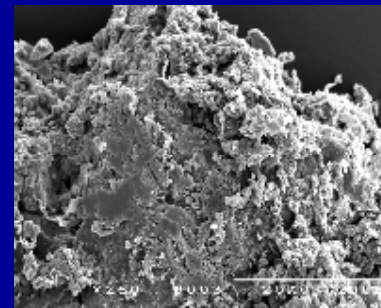
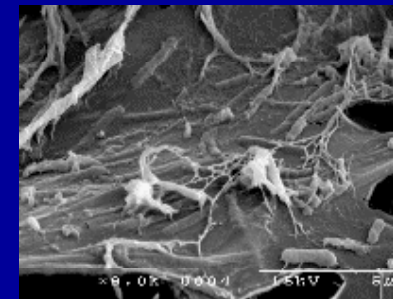
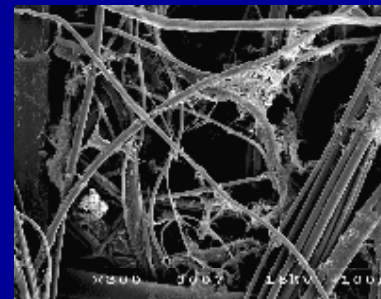
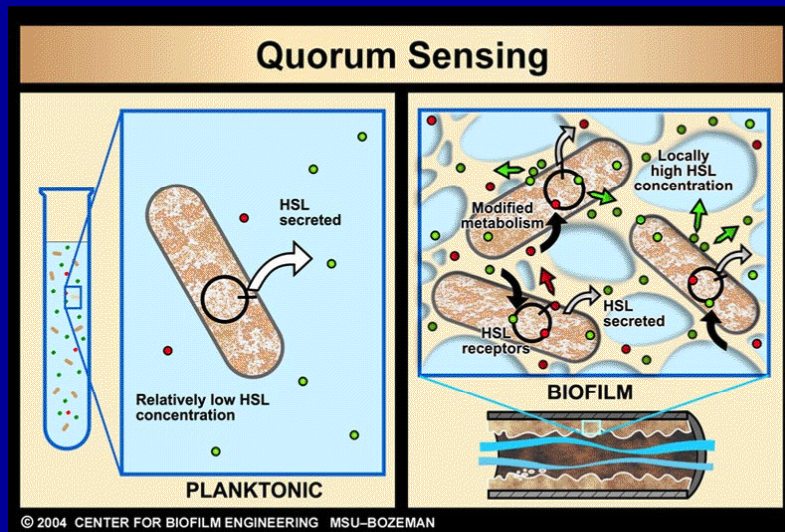


SEM: niti gvožđe-oksidujućih bakterija - obraštaja u podzemnim vodama

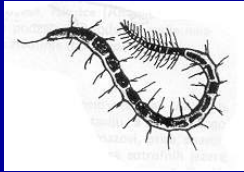
Attachment	Colonization	Development
(adhesion of a few cells to a suitable solid surface)	(intercellular communication, growth and polysaccharide formation)	(more growth and polysaccharide)



Planktonski i združeni rast bakterija u biofilmu



# Fauna dna



Determinacija do vrste se izvodi samo za najkarakterističnije predstavnike makrozoobentosa, a oni su svrstani u 16 grupa.

Od tih 16 grupa, 6 su veoma osetljive na organsko opterećenje, imaju status ključnih grupa i iščezavaju sledećim redosledom:

*Plecoptera*

*Ephemeroptera*

*Trichoptera*

*Gammarus*

*Aselus*

*Tubificidae / Chironomidae*

na osnovu njihovog

prisustva / odsustva i zastupljenosti

se određuje **Trent biotički indeks**



**Kvalitet vode određen preko Trent biotičkog indeksa uključuje izračunavanje INDEKSA DIVERZITETA na osnovu:**

- udela iste vrste u uzorku
- broja vrsta u uzorku
- broja jedinki iste vrste
- ukupnog broja jedinki

Trent biotički indeks	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
Stepen saprobnosti	$\chi$	$\chi-o$	$o$	$o-\beta$	$\beta$	$\beta-\alpha$	$\alpha$	$\alpha-p$	$p$	$p-d$
Klasa boniteta	I			I-II	II	II-III	III	III-IV	IV	van klase

**Analizom faune dna se, preko indeksa saprobnosti, može odrediti stepen saprobnosti, koji ukazuje na kvalitet vode:**

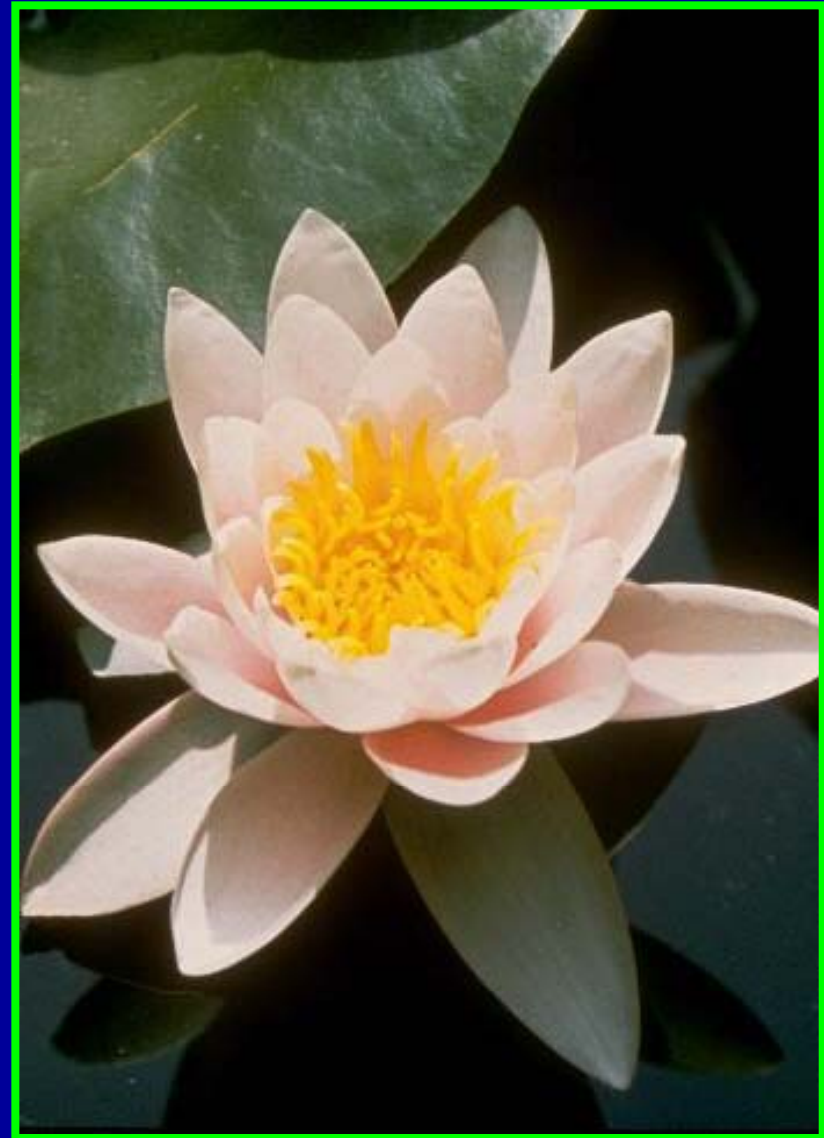
**Skala saprobnog sistema po Pantle-Buck-u**

<b>indeks saprobnosti</b>	<b>1,0-1,5</b>	<b>1,5-2,5</b>	<b>2,5-3,5</b>	<b>3,5-4</b>
stepen saprobnosti	0	$\beta$	$\alpha$	p
klasa boniteta	I	II	III	IV

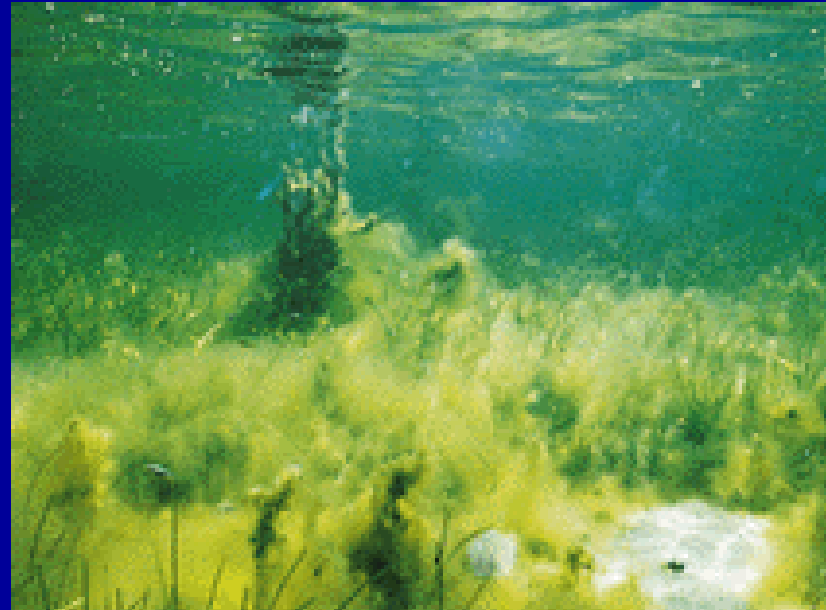
# MAKROFITON

Makrofiton se sastoji od **akvatičnih vaskularnih biljaka-cvetnica**, ali uključuje i **vodene mahovine, paprati i makroalge.**

Kao i svi primarni producenti i ove biljke reaguju na kvalitet vode u kojoj rastu, pa su **dobri bioindikator stanja površinskih voda.**



**negativna uloga vodenih makrofita ogleda se u zarastanju vodenog okna, smanjivanju protoka i prosvetljenosti vodenog biotopa, a samim tim i narušavanju osnovnih ekoloških odlika.**



**pozitivna uloga** ogleda se u značaju koji makrofite imaju, obzirom na dokazano

**antieroziono, antitermičko, baktericidno i fitofiltraciono dejstvo.**

One iz vode apsorbuju razne

- **toksične materije,**
- **fiziološki aktivne materije**

(npr. fenol, soli teških metala, pesticide, naftu i dr.),

**-akumuliraju znatne količine nekih metala**

(mangan, nikel, bakar, gvožđe, molibden, stroncijum, barijum...),

**pa mogu poslužiti kao “biosundri”.**

# MAKROFITON

- Svaka biljna vrsta je specifična, pa zato vrsta i može, kao i biljna zajednica u celini, da posluži kao odličan bioindikator.



- redovno kartiranje vegetacije,
  - populaciona istraživanja, kao i
  - ispitivanje produktivnosti
- su svakako neophodna kontrola.



**Pravilna kontrola ukazuje na povremene potrebe iznošenja biomase makrofitne vegetacije, što daje pozitivne rezultate u**

- smanjenju zagađenosti i
- kontroli eutrofizacije voda,

**naročito u jezerima i veštačkim akumulacijama, pa i akumulacijama za vodosnabdevanje.**

# IHTIOFAUNA

Ribe pripadaju nektonskim organizmima voda, sa nizom

## adaptacija na:

- gustinu vode
- kretanje vode
- podlogu
- svetlost
- temperaturu
- koncentraciju soli
- rastvorene gasove



## i specijacija po:

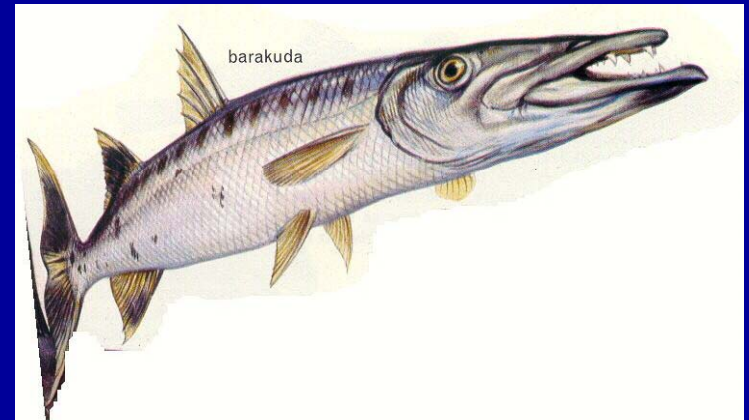
- razmnožavanju
- rastu
- ishrani
- migracijama,  
itd.

**Zbog svega toga, kao i zbog :**

- dugovečnosti i
- sposobnosti da vrše bioakumulacije

**ribe, kao jedna od krajnjih karika u lancima ishrane akvatičnih ekosistema, su veoma pouzdani**

**bioindikatori dugotrajnijeg  
kvaliteta vode**



# **RIBE - uzorkovanje**

## **elektroribolov**

**akumulatorski ili  
benzinski  
aparati za elektroribolov**

## **ribolov mrežama**

**mobilni alati:**

**ploveće mreže**

**povlačne mreže**

**podizujuće mreže**

**opkoljavajuće mreže**

**stacionarni alati:**

**vrške (bubnjevi)**

# BIOLOŠKI MONITORING VODA

Zadatak biomonitoringa voda je da stvori uslove ne samo za sagledavanje trenutnog stanja, nego i za ocenu tendencija promena u vremenu i prostoru, pri čemu upravo živi svet u vodi predstavlja idealne indikatore.

Na taj način stvaraju se uslovi za dugotrajniju racionalnu eksploataciju vode i blagovremeno preduzimanje mera na sprečavanju posledica nepovoljnih tendencija.

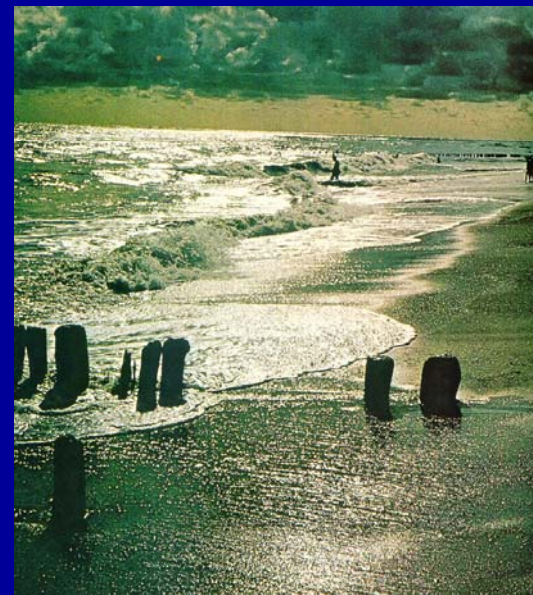
**ne postoji univerzalni metod biomonitoringa**

**za svaku oblast, koja predstavlja prirodnu  
biogeografsku celinu (EKOREGION),  
treba razviti postupke koji će poštovati  
posebnosti svake teritorije**

**pri čemu**

**sve procedure biomonitoringa treba da se zasnivaju  
na istim principima, da bi rezultati bili uporedivi**

**Raniji prilaz zaštiti  
voda oslanjao se na lokalne  
fenomene zagađenja i na  
upravljanje pojedinim  
komponentama zagađenja.**



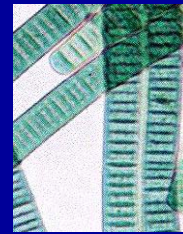
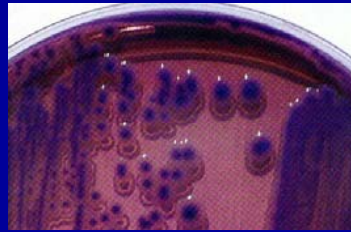
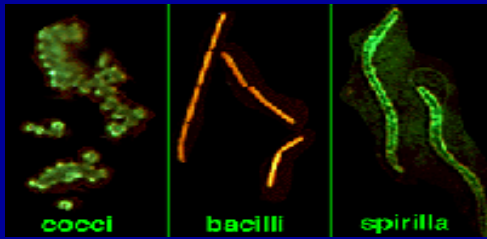
**Da bi se sačuvao funkcionalni integritet akvatičnog  
sistema neophodno je utvrditi ekosistemske ciljeve, tj.  
željeno stanje datog ekosistema pomoću serije parametara,  
vodeći računa o ekološkim karakteristikama  
i korišćenju voda.**

**upravo zbog toga i  
OKVIRNA DIREKTIVA O VODAMA EVROPSKE UNIJE  
definiše**

**VODNO PODRUČJE**

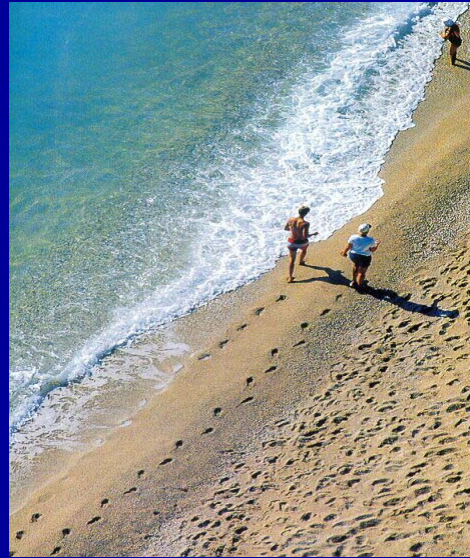
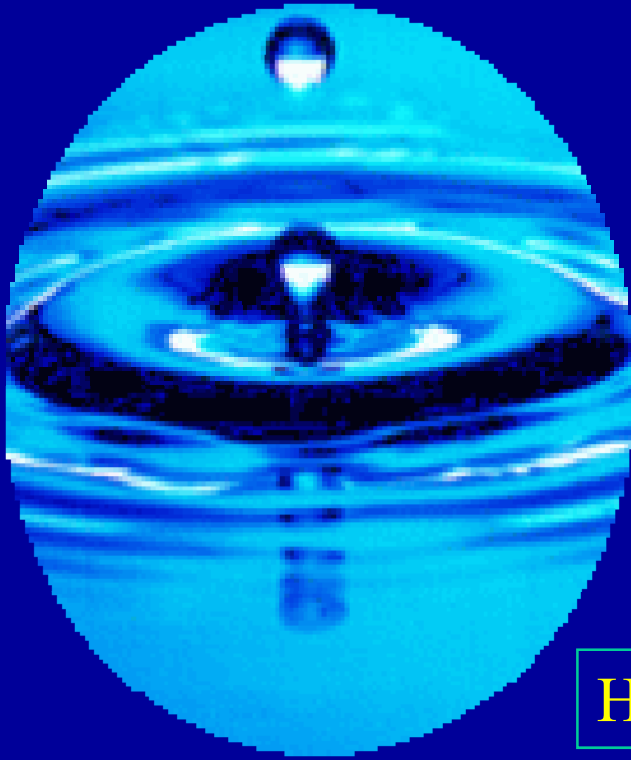
**a tamo gde rečni sliv pokriva više od jedne zemlje,  
rečni sliv se priključuje**

**MEĐUNARODNOM VODNOM PODRUČJU**



**konstantnim prikupljanjem podataka biomonitoringa  
i njihovim stalnim inoviranjem,  
kako je to predviđeno OKVIRNOM DIREKTIVOM O  
VODAMA EVROPSKE UNIJE  
MOGLI BI SE POSTIĆI ŽELJENI REZULTATI**





HVALA NA PAŽNJI

