

Funkcionalna organizacije akvatičke biote

Ustrojstvo odnosa između žive i nežive tvari u akvatičkim ekosustavima

□ Akcije

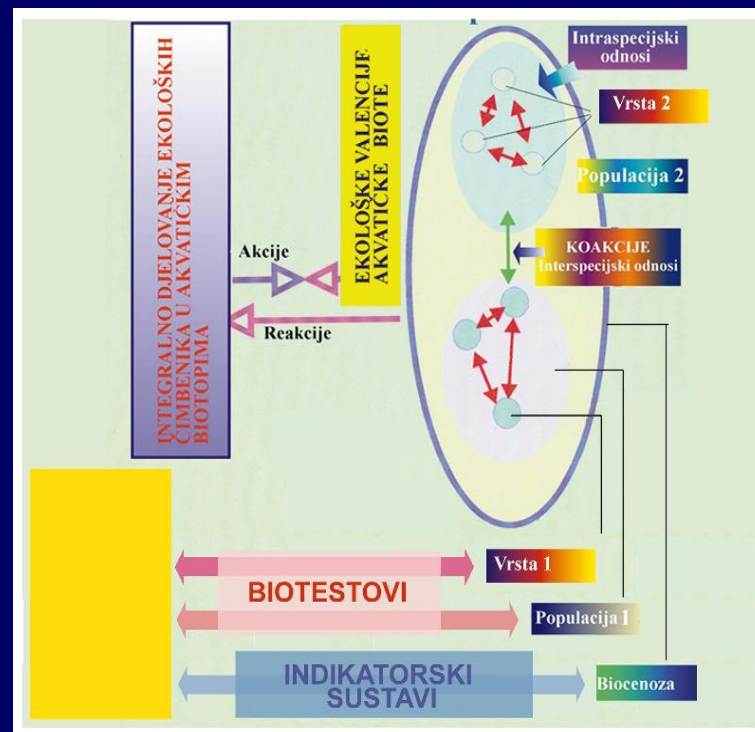
Akcije su procesi djelovanja ekoloških čimbenika na biološke procese na razini vrsta, populacija i zajednica.

□ Reakcije

Reakcije su biološki procesi djelovanja žive tvari na abiotičke čimbenike.

□ Koakcije

Koakcije su procesi djelovanja između pojedinih komponenti biocenoza



KONCEPT EKOSUSTAVA

1. ustrojstvo odnosa između žive i nežive tvari;
2. kruženje i mijena tvari u ekosustavu;
3. protok energije kroz ekosustav

➤ između populacija dviju vrsta koakcije mogu biti:

➤ **KOMPETICIJA**

EKSPLOATACIJSKA KOMPETICIJA - za hranu

INTERFERENCIJSKA KOMPETICIJA - za prostor

➤ **KOOPERACIJA** je odnos povoljan (npr. za hranu) između populacija dviju vrsta, odnos nije obligatan;

➤ **PREDACIJA** je uzajaman odnos predatora i plijena, koji je obligatan i pozitivan samo za predatora , a negativan za plijen.
ribe – vizualni predatori
makrozoobentos – taktilni predatori

OBLICI AKVATIČKE BIOTE

➤ Bentos

Perifiton

Meiofauna

Makrozoobentos

➤ Plankton

Seston

➤ Nekton

➤ Neuston

➤ Pleuston

➤ Stigon



BENTOS i PERIFITON

Bentos

Perifiton

Meiofauna

Makrozoobentos

Drift



PERIFITON

Supstrat	Zajednica
Biljke	epipfton
Životinje	epizoon
Drvo	epidendron (epiksilon)
Kamen	epiliton



Organizmi koji sačinjavaju obraštaj obično su brzog rasta i kratkog životnog vijeka (nekoliko dana do nekoliko tjedana), što rezultira u izmjeni strukture zajednice u vrlo kratkom vremenskom razdoblju (nekoliko sati do dana).

DRIFT

➤ općenito organizmi iz bentosa, najčešće makrozoobentosa, nošeni strujom vode:

a) pasivni (otplavlivanje)

b) aktivni (izbjegavanje nepovoljnih utjecaja ili potraga za plijenom)

SESTON

➤ obuhvaća žive i nežive čestice autohtonog i alohtonog porijekla, nošene strujom vode u tekućicama, podijeljen na:

živu komponentu (bioseston): bakterije, alge, gljivice, praživotinje, kolnjaci, trbodlaci, oblići i dr.

neživu komponentu (tripton ili abioseston): anorganske i organske čestice

➤ seston sadrži planktonske i bentoske organizme koji potječu s erodirane podloge ili uzvodnog ujezerenja

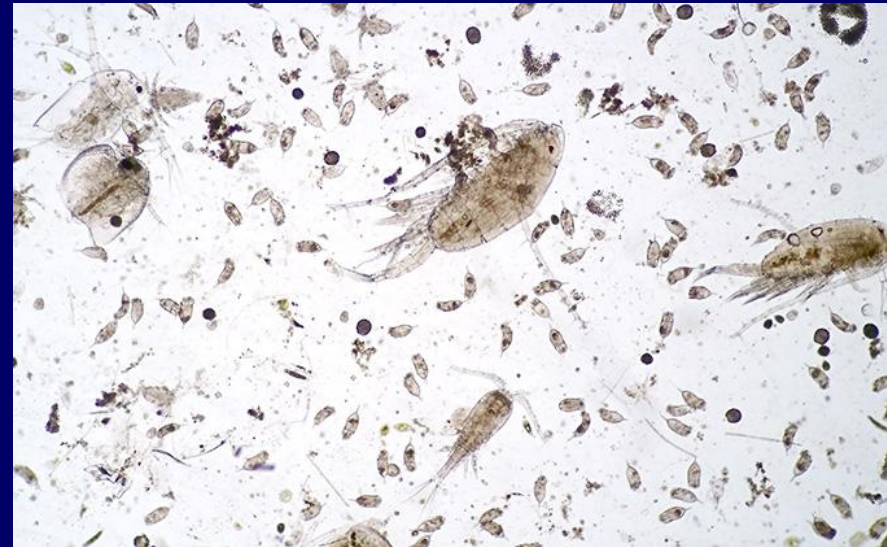
PLANKTON

Prof. Viktor Hensen (1887) uvodi u limnologiju pojam **plankton** (grč. *planktos*: tumaralo, skitnica)

➤ Strujanjem vode mijenjaju svoj položaj u stajaćicama

Brzina tonjenja ovisi o:

- masi tijela,
- gustoći tijela,
- gustoći i viskoznosti vode,
- obliku i ukupnoj površini tijela.

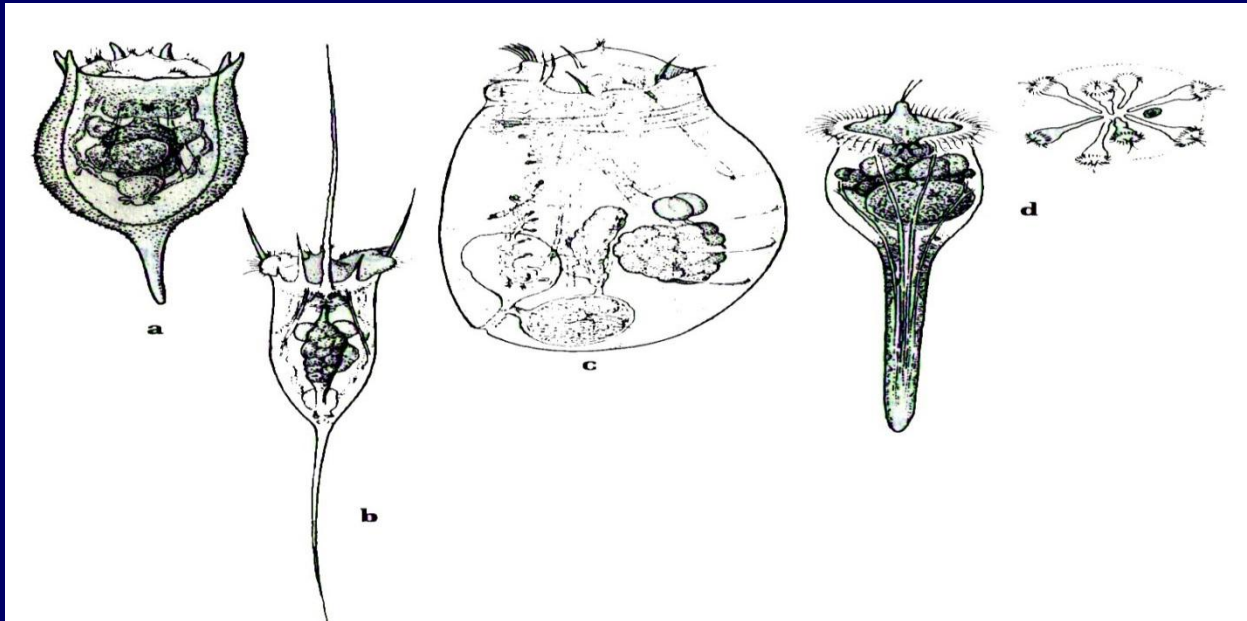


Morfološke prilagodbe za plutanje organizama u vodi

(najčešći raspon veličina 20 – 500 μm) :

-tjelesni nastavci (dlačice i trnovi)

-građa tijela



a – *Keartella cochlearis*, b – *Kellicottia longispina*, c – *Asplanchna* sp.
d – *Conochilus unicornis*



- planktonski organizmi koriste se također kao indikatori kvalitete vode
- brzo reagiraju na promjene okolišnih čimbenika zbog kratkog životnog ciklusa

SAKUPLJANJE PLANKTONSKIH UZORAKA

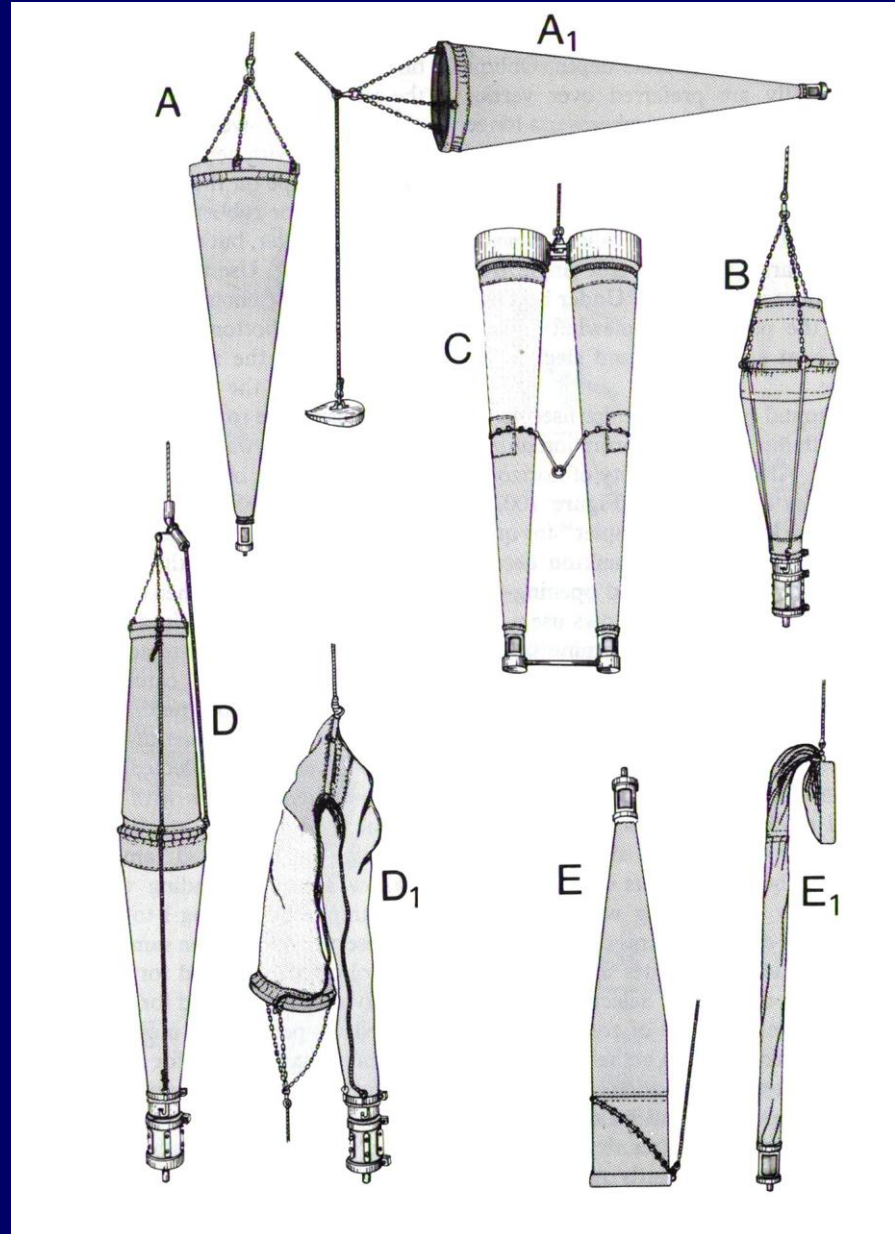
- frekvencija i mjesto uzorkovanja (tekućice, stajaćice, estuariji)
- paralelno mjerenje fizikalno-kemijskih čimbenika i uzoraka za analizu bakterija, izvora hrane (npr. alge)
- uzimanje replikata
- sagledavanje interspecijskih odnosa unutar planktonske zajednice (kompeticija, predacija, dnevno-noćne migracije)
- označavanje uzoraka na bočici i u terenskom dnevniku istim nazivima i obilježjima važnim za mjesto uzorkovanja
- uzorke prenositi u adekvatnoj kutiji, a ako se pregledava živi materijal uzorci se prenose u prijenosnim hladnjacima
- konzerviranje uzoraka: lugolova otopina, formalin (4 %), alkohol (70 %)

UZORKOVANJE PLANKTONA

➤ Van Dornov uzorkivač



- Planktonska mreža
- za dobru filtraciju omjer
filtracijske površine i
otvora mreže mora biti
najmanje 3:1



➤ Potopne pumpe



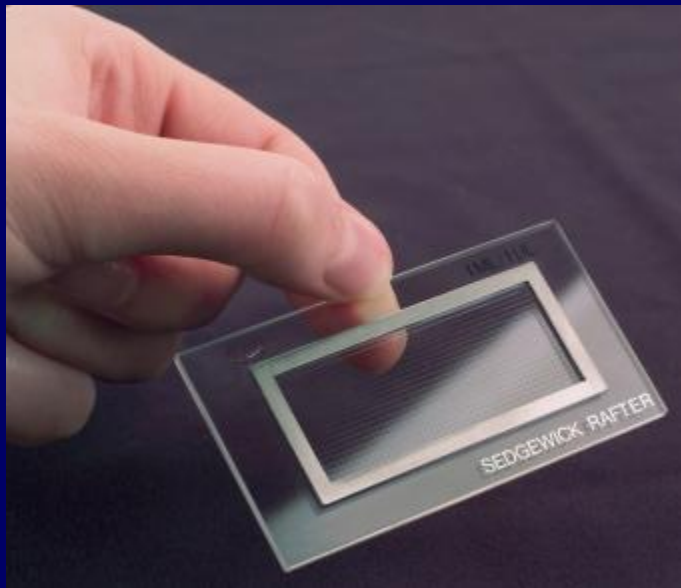
KONCENTRIRANJE PLANKTONSKIH UZORAKA

- Utermoehl metoda sedimentacije



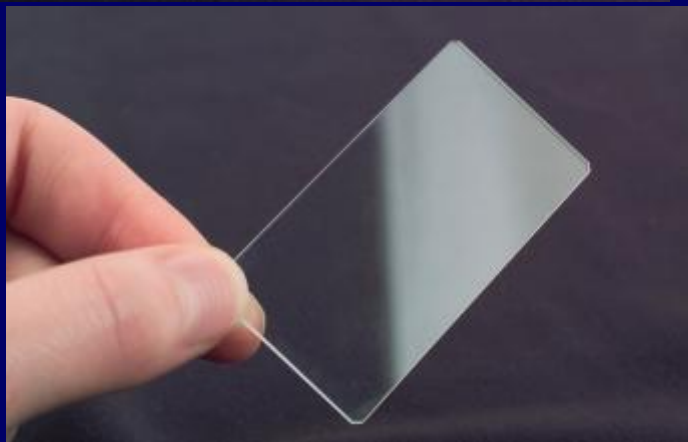
- Centrifugiranje
- Membranska filtracija

BROJANJE UZORKA



- Za uzorke s < 200 jedinki broji se cijeli uzorak

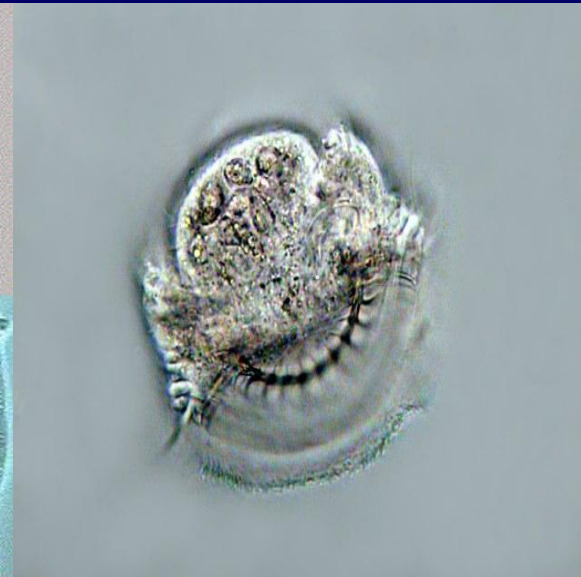
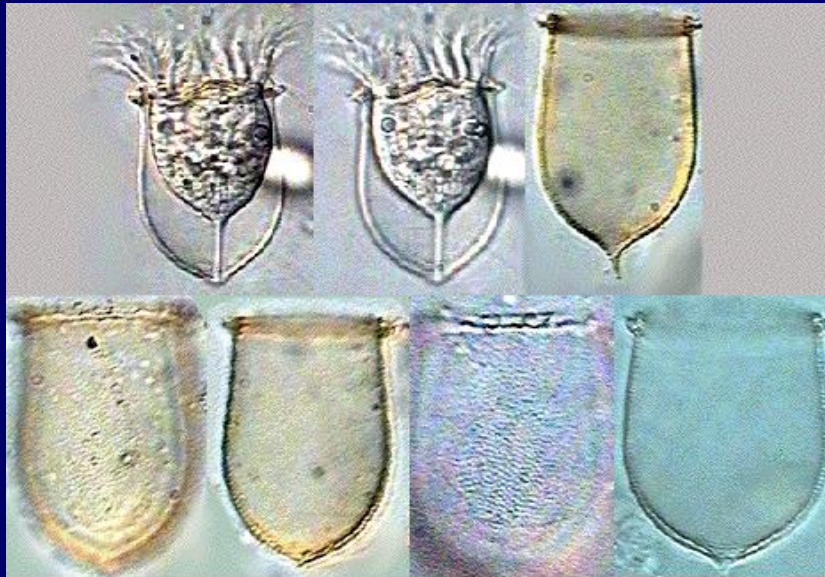
Sedgewick-Rafterova komorica



U zooplanktonu dominiraju četiri grupe organizama:
Protozoa, Rotifera, Cladocera i Copepoda

➤ PROTOZOA

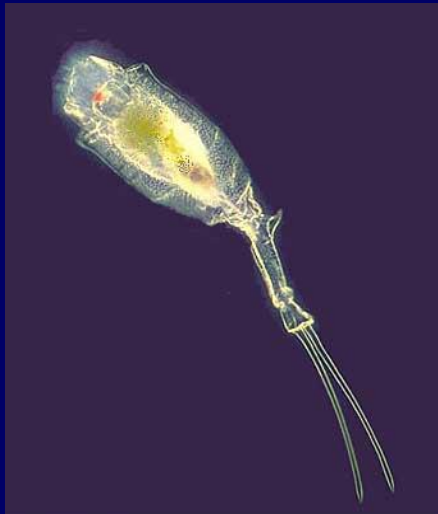
- mnogi pelagički protozoa su semiplanktonski, najčešće su planktonski ljetni stadiji unutar njihovog životnog ciklusa, dok ostali dio ciklusa provedu u sedimentu
- mnogi protozoa hrane se bakterijama i detritusom



- Većina kolnjaka (ROTIFERA) su sesilni i povezani su s litoralnom zonom, dok su neki potpuno planktonski i čine glavnu komponentu zooplanktona
- Najčešće se hrane se bakterijama, sitnim algama i česticama organskog detritusa koje su promjera $< 12 \mu\text{m}$
- malo je predatorskih kolnjaka koji uzimaju za hranu protozoa, druge kolnjake, male rakove te mogu promijeniti svoju veličinu s obzirom na veličinu hrane



Keratella quadrata



Trichotria sp.



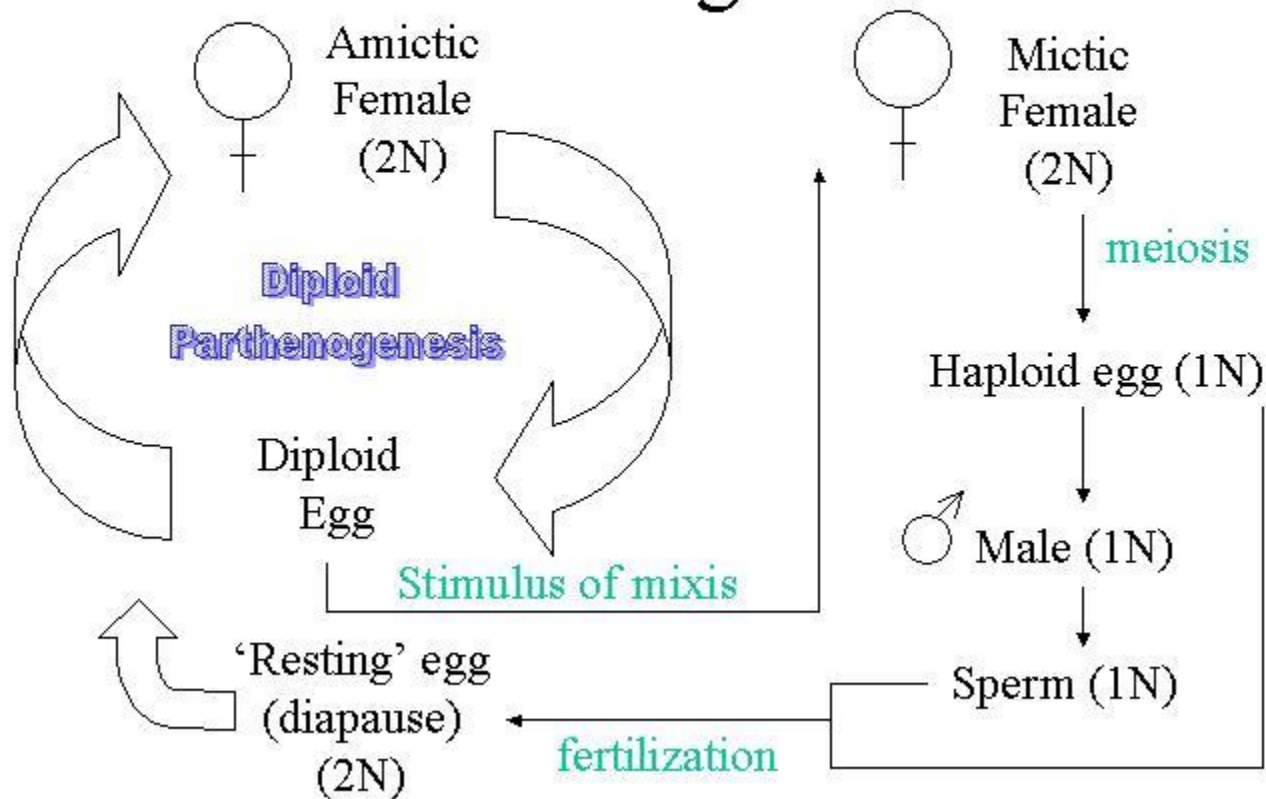
Asplanchna sp.



Brachionus sp.

Life History of Rotifers

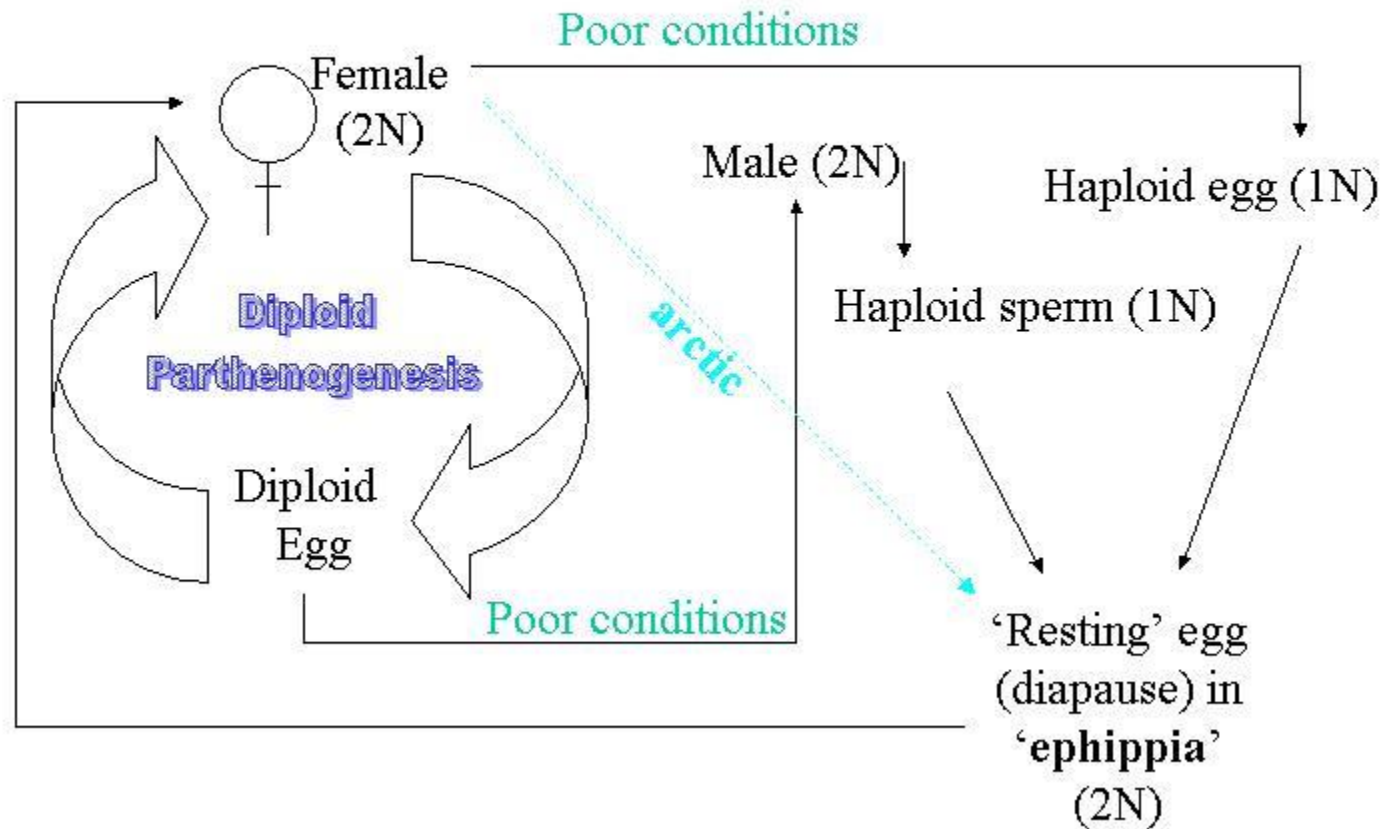
Monogonata



- Većina CLADOCERA u zooplanktonu su mali (0.2 do 3 mm), imaju glavu i tijelo pokriveno dvodjelnim karapaksom, plivaju uglavnom pomoću dugačkih, drugih ticala:
- Većina rašljoticalaca hrani se fitoplanktonom i organskim česticama koje filtriraju iz vode pomoću heta (hitiniziranih dlačica) na pet pari listićavih nogu.
- s listićavim nožicama zahvaćaju i druge zooplanktonte



Life History of *Daphnia*



- Efipij – čvrsta ovojnica oko trajnih jaja



Cyclopoida



Calanoida

Planktonski COPEPODA sadrže skupine Cyclopoida i Calanoida podijeljene temeljem strukture tijela, dužine ticala i nogu:

- Ciklopoidni kopepodi su grabežljivci: oni hvataju hranu i prinose je ustima. Često hvataju druge zooplanktonte, a neki su herbivori (algivori) i uzimaju za hranu jednostanične i nitaste alge. Pokreću se pomoću tjelesnih privjesaka, što rezultira u kratkim i brzim pokretima
- Kalanoidni kopepodi plivaju kontinuirano uz istovremeno rotiranje kojim stvaraju strujanje koje pomaže u donošenju hrane za to prilagođenim maksilama, koje su različite unutar kalanoidnih vrsta

- Copepoda su razdvojna spola. Oplođena jaja nose na zatku u jajnoj vrećici
 - Kopepodi se izliježu kao male, slobodnoplivajuće ličinke (*nauplii*) i presvlače se kroz šest nauplijskih stadija. Tada se produlje u *kopepodite* te se presvlače još pet puta prije formiranja odrasle jedinke. Razvojni ciklus kopepoda je dulji nego u kladocera i rotatorija, a također varira ovisno o okolišnim čimbenicima
- Analiza produkcije jaja i dinamika populacije, daju informacije o stopi rasta, izlijeganja, mortaliteta i trajanja generacije.



nauplij



kopepodit

KARABIN (1985) razlikuje sedam trofičkih skupina kolnjaka s obzirom na način ishrane i sakupljanja hrane:

- (A) MIKROFILTRATORI (DETRITIVORI) - vrste s maleatnim, maleorammatnim, rammatnim i uncinantnim žvačnjakom, koje se hrane suspencijom bakterija i detritusa, veličinskom frakcijom čestica $< 20 \mu\text{m}$: *Brachionus*, *Keratella*
- (B) MAKROFILTRATORI (ALGIVORI): vrste s virgatnim žvačnjakom koje konzumiraju široki spektar veličinskih frakcija od nekoliko μm do $> 50 \mu\text{m}$, hrane se sitnim i velikim mrežnim algama: *Trichocerca*, *Synchaeta*, *Polyarthra*
- (C) Predatori: vrste roda *Asplanchna*

Prema načinu ishrane i sakupljanju hrane Karabin (1985) dijeli planktonske rakove na mikrofiltratore i makrofiltratore:

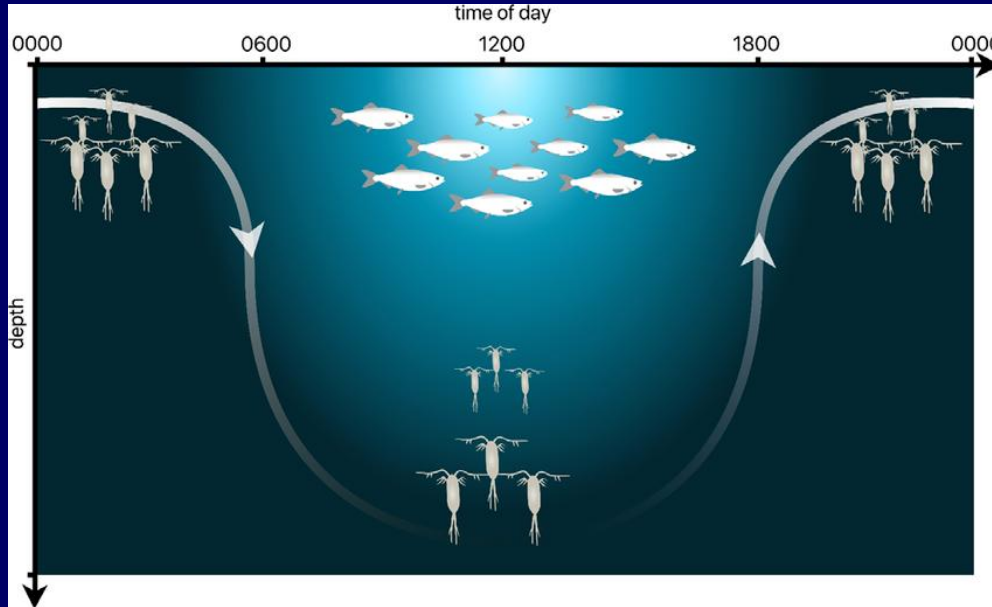
I MIKROFILTRATORI (detritivori) su unutar rakova predstavljeni sa skupinom Cladocera, koji se hrane česticama nanofitoplanktona i suspenzije bakterija i detritusa, a čestice hrane nisu veće od 15 μm do 20 μm : *Bosmina longirostris*

II MAKROFILTRATORI (algivori) se hrane česticama veličine od 4 μm - 5 μm do 40 μm - 50 μm , a glavninu hrane čini nanofitoplankton. *Daphnia*, različiti razvojni stadiji Copepoda i vrste roda *Eudiaptomus*

III Predatori se hrane kolnjacima i drugim životinjama, ali također i suspenzijom bakterija i detritusa.

Obligatni predator je *Leptodora kindtii*, dok su neki kopepoditi i adultni Cyclopoida fakultativni predatori npr. *Mesocyclops leuckarti*.

➤ Mnogi zooplanktonti, imaju izrazite DNEVNO-NOĆNE VERTIKALNE MIGRACIJE karakteristične za duboka jezera.



➤ Udaljenosti njihova kretanja prelaze 50 m u bistrim jezerima, a brzina varira od **2 m/h kod kolnjaka do više od 20 m/h kod Cladocera i Copepoda**

➤ Intenzitet svjetlosti je primarni stimulans vertikalnih migracija.

➤ Stopa grazinga za filtratore suspendiranih čestica je nekoliko puta veća za mraka u površinskim slojevima zbog migracije.

DNEVNO-NOĆNE HORIZONTALNE MIGRACIJE ZOOPLANKTONA u obilježavaju plitka jezera, plankton migrira iz pelagijala u litoral s makofitima

➤ Smatra se da su migracije mehanizam kojim se izbjegava predacija od strane riba, koje su vizualni predatori

SEZONSKI POLIMORFIZAM ILI CIKLOMORFOZA je najočitiji u Cladocera.

➤ Promjene kod kolnjaka obuhvaćaju produljenje tijela u odnosu na širinu, nastavci, lateralne bodlje. Neki predatori produciraju tvari koje potiču rast šiljatih nastavaka plijena i time onemogućuju predatora

➤ Ciklomorfoza Cladocera često rezultira u produljenju glave (šljem) s malim promjenama duljine karapaksa. Duljina kaudalnih bodlji često se povećava.

➤ Okolišni čimbenici utječu na lučenje hormona koji utječu na ciklomorfozu

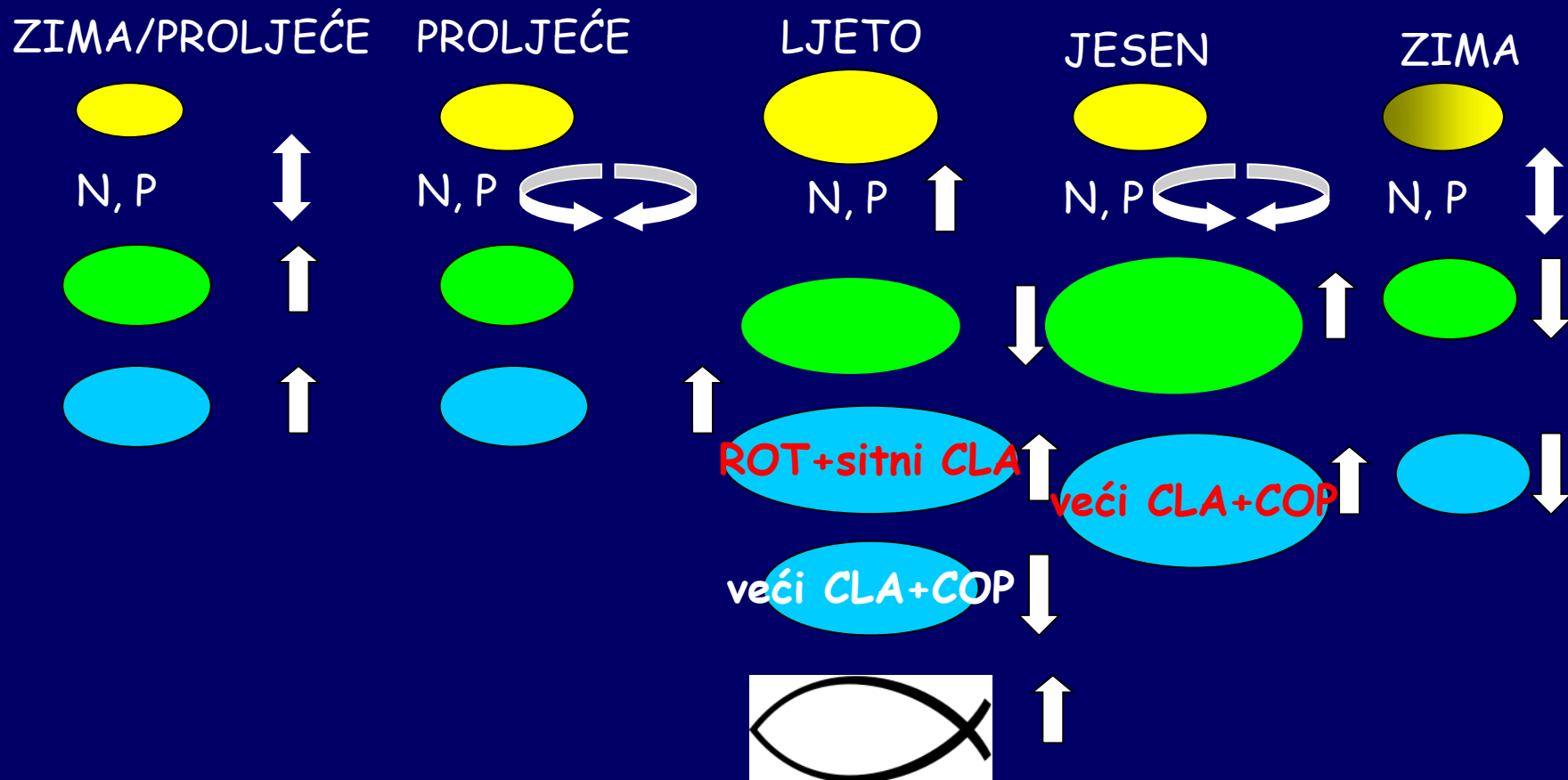
➤ Značajnost ciklomorfoze objašnjava se kao prilagodba kojom se izbjegava predacija, time je omogućen kontinuiran rast perifernih prozirnih dijelova tijela, dok se centralni dio tijela koji je vidljiv ribama ne povećava.



➤ Copepoda nemaju ciklomorfozu, jer brzo plivaju u odnosu na druge zooplanktonte i mogu se obraniti bolje od riba i avertebratnih predatora.

PLANKTON ECOLOGY GROUP (PEG) Sommer i sur. 1985.

MODEL SEZONSKE SUKCESIJE U PLANKTONU



➤ Model *bottom-up* i *top-down* regulacije u planktonu pretpostavlja da na postignutu biomasu utječe ponuda raspoloživih hranjivih tvari ili nutrienata (*bottom-up*, BU), kao i predatorski pritisak (*top-down*, TD)

➤ r – stratezi – visoka stopa reprodukcije omogućava im brze promjene novonastalim uvjetima, npr. Rotifera

- to su sitni organizmi, kratkog životnog vijeka, stvaraju veliki broj potomaka

➤ k-stratezi – veći organizmi, duljeg životnog vijeka tijekom kojeg stvaraju mali broj potomaka, najbolje opstaju kod stabilnih okolišnih uvjeta

ZNAČAJ ZONE MAKROFITA U JEZERIMA:

- stanište mnogih beskralježnjaka i riba
- veća bioraznolikost
- vrlo produktivna zona
- raznolika ponuda hrane (npr. perifiton)
- sklonište mnogim beskralješnjacima i ribama
- gnijezdilište i mrijestilište
- smanjuju unos nutrijenata i stupanj trofije
- stabiliziraju podlogu

MAKROFITI U VODAMA NA KOPNU - HIDROFITI i HELOFITI

CARSTVO	ODJEL SLATKOVODNIH MAKROFITA	HRVATSKI NAZIV	KARAKTERISTIČNI RODOVI SLATKOVODNIH MAKROFITA
Monera	Cyanobacteria	Modrozelenne alge	<i>Oscillatoria</i>
Protista	Chlorophyta	Zelene alge	<u>Chara</u> , <i>Cladophora</i> , <i>Enteromorpha</i> , <i>Nitella</i>
	Rhodophyta	Crvene alge	<i>Batrachospermum</i>
	Xanthophyta		<i>Vaucheria</i>
Plantae	Bryophyta	Mahovine	<u>Fontinalis</u>
	Pteridophyta	Paprati	<i>Azolla</i> , <i>Isoetes</i> , <i>Salvinia</i>
	Spermatophyta (samo kritosjemenjače imaju vodene predstavnike)	Sjemenjače	<i>Alisma</i> , <i>Butomus</i> , <i>Cabomba</i> , <i>Callitriche</i> , <u>Carex</u> , <u>Ceratophyllum</u> , <u>Elodea</u> , <i>Eichornia</i> , <i>Juncus</i> , <u>Lemna</u> , <u>Myriophyllum</u> , <i>Nelumbo</i> , <u>Nymphaea</u> , <u>Nuphar</u> , <u>Potamogeton</u> , <i>Ranunculus</i> , <i>Sagittaria</i> , <i>Scirpus</i> , <i>Sparganium</i> , <i>Spartina</i> , <u>Typha</u> , <i>Utriculria</i> , <i>Vallisneria</i>

IHTIOFAUNA

➤ za ribe koje se mrijeste na biljkama važno je da se razvija tzv. mekano podvodno bilje (*Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Potamogeton*; *Ranunculus fluvialis*),
-tvrdno vodeno bilje (rogoz, trska) je podobno za gnijezda ptica, ali zadržava velike količine biljnih ostataka, koji ovdje postupno trunu i stvaraju sumporovodik, koji nepovoljno djeluje na razvoj mekanog bilja i mrijest riba

➤ ribe imaju značajan utjecaj na promjene veličinske strukture, raznolikosti i bioraznolikst plijena. Mlađ koja se obično hrani zooplanktonom, time indirektno utječe na fitoplankton

➤ veličinska selekcija plijena - kada je plijen gust, konzumiraju samo veći plijen, kako se brojnost plijena smanjuje, uzimaju i manji plijen

➤ planktivorne ribe eliminiraju velike zooplanktonte te mogu eliminirati veće Cladocera iz jezera, a manji zooplanktonti postaju plijen beskralješnjaka i taktilnih predatora (Copeoda, ličinka roda *Chaoborus*, predatorskih Cladocera)

ULOGA ZOOPLANKTONA U RESTAURACIJI JEZERA

RESTAURACIJA JEZERA

Generalni ciljevi:

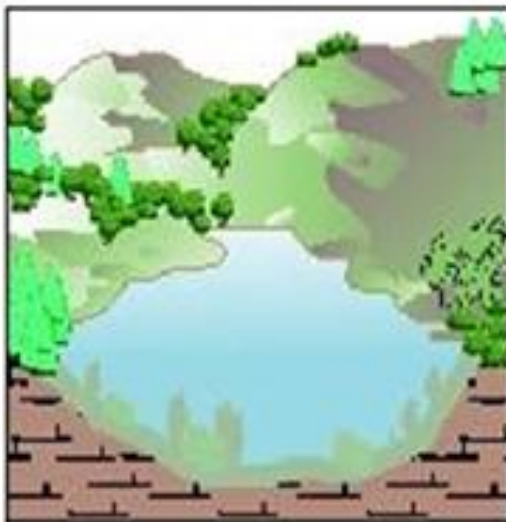
- Poboljšati prozirnost (↓alge i/ili raspršeni sediment)
- Spriječiti cvjetanje fitoplanktona
- Ukloniti ili kontrolirati nepoželjne vrste
- Kontrolirati prekomjerni rast makrofita
- Poboljšati stanište za poželjne vrste
- Ublažiti potrošnju kisika

Sukcesija jezera

Oligotrofno



Mezotrofno



Eutrofno



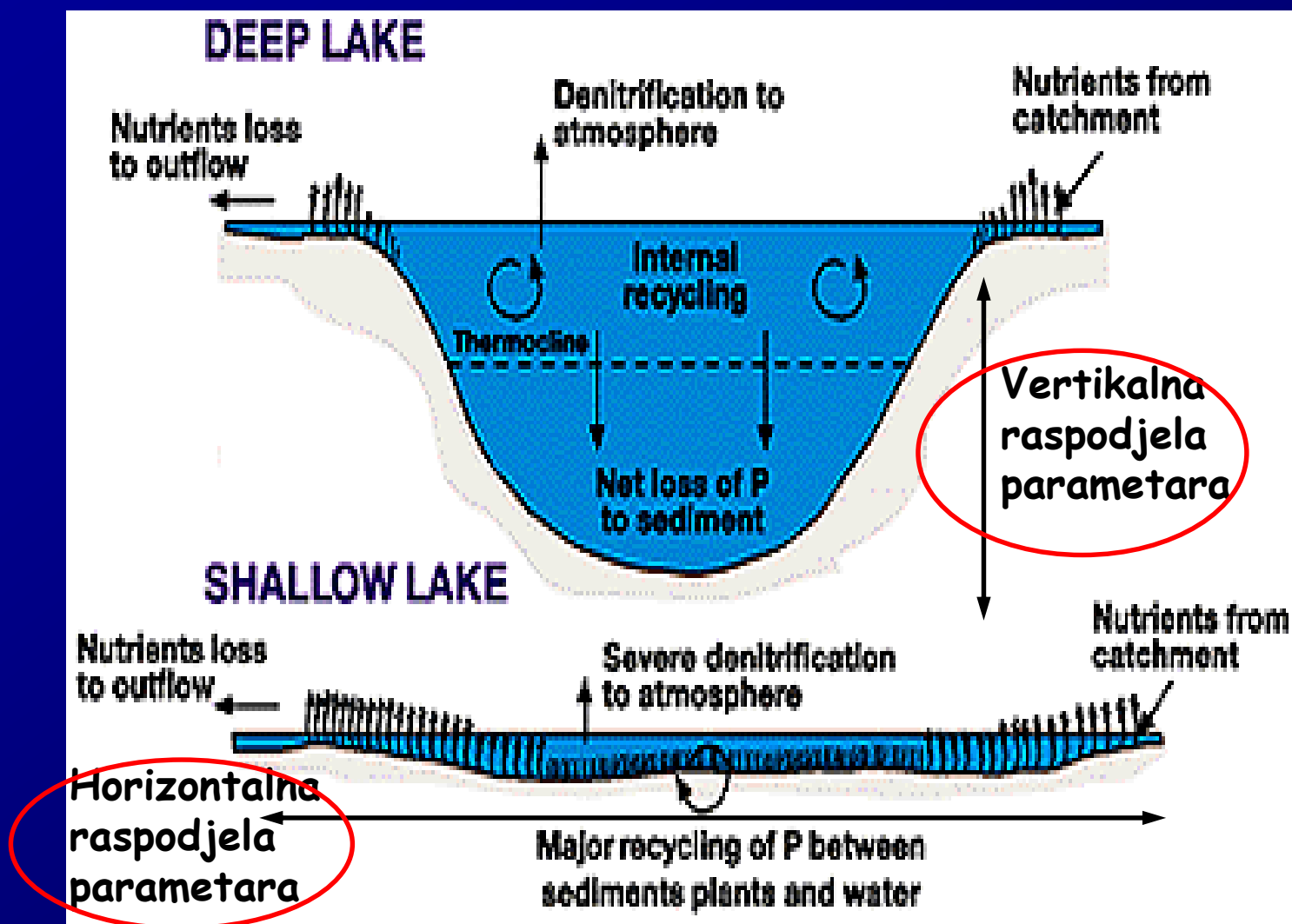
Prirodna eutrofikacija i starenje jezera traje stoljećima, kao rezultat prirodnog izvora nutrijenata i sedimenta

PRIRODNO: STOLJEĆIMA

Kulturnalna eutrofikacija i starenje jezera traje desetljećima, i rezultat je urbanih istjecanja, otpadnih voda, fertilizatora, pesticida i prekomjernog sedimenta

ANTROPOGENO: DESETLJEĆIMA

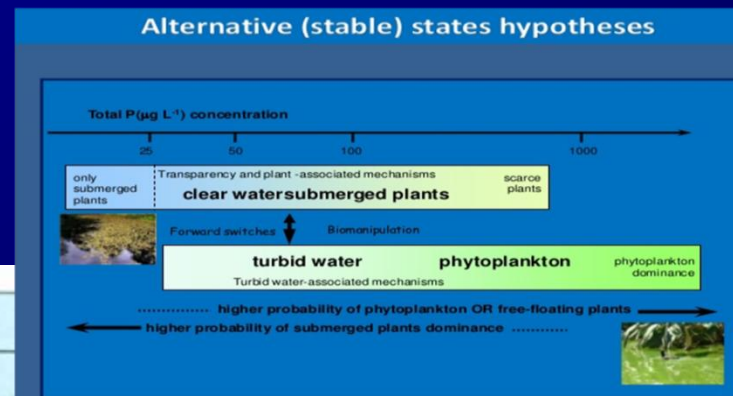
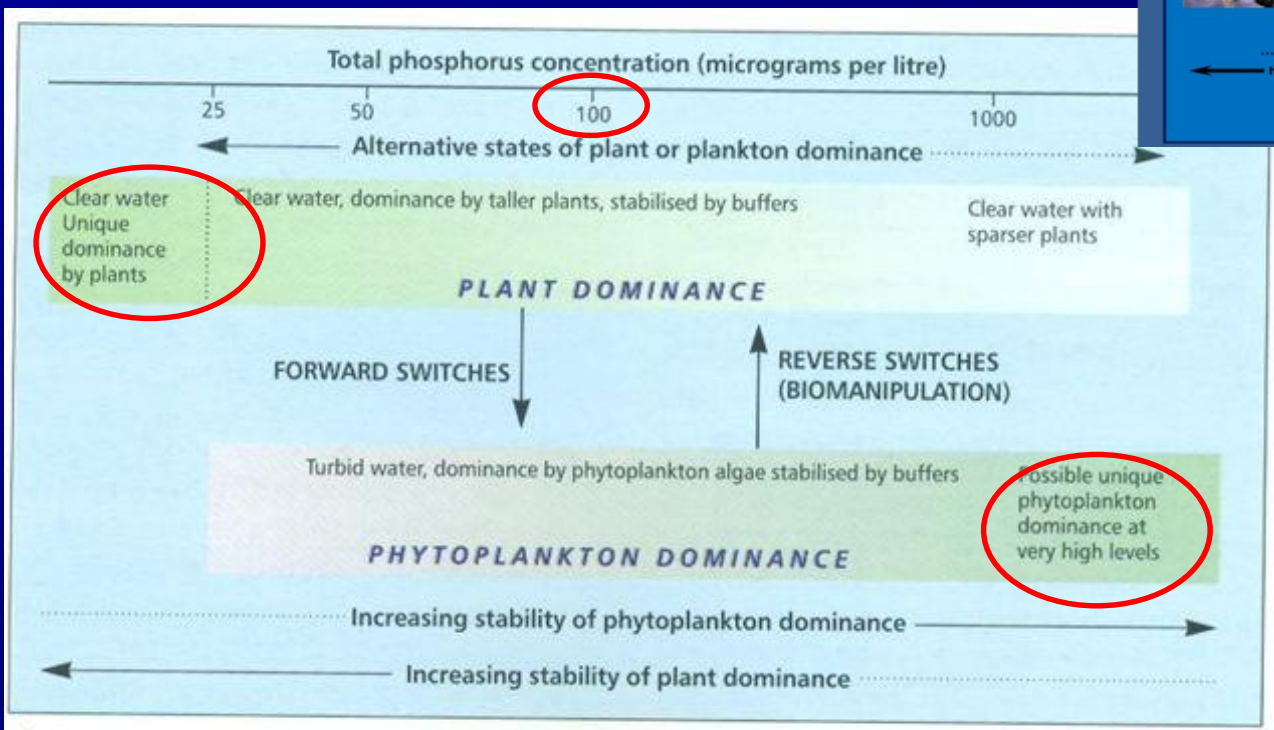
Duboka vs. plitka jezera



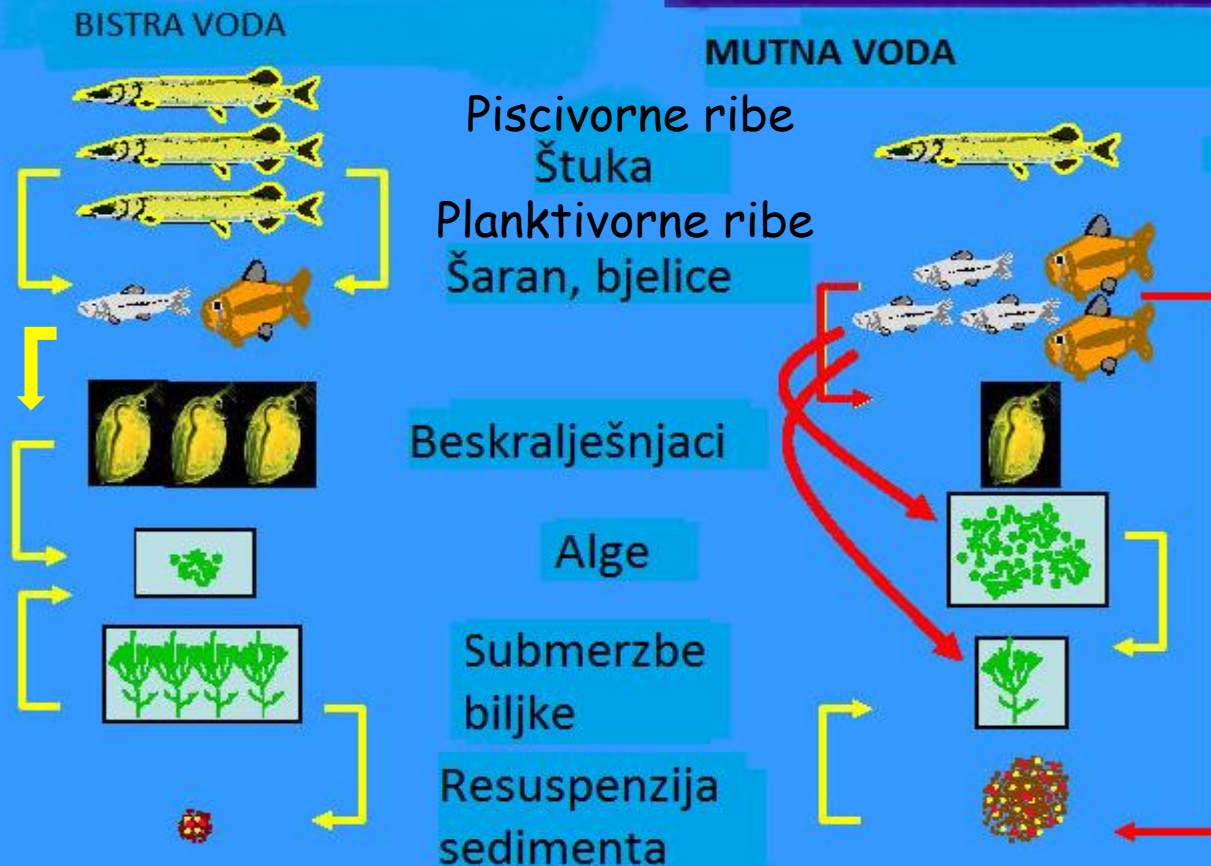
Eutrofikacija

- prekomjerno dodavanje hranjivih (nutrijenata; PO_4^{3-} i NO_3^-) i organskih tvari u jezera uzrokuje odgovarajući porast produkcije
- smanjenje bioraznolikosti
- smanjuje se veličina jedinki

Alternativna stanja



TROFIČKA KASKADA



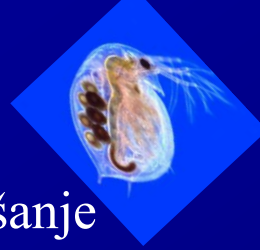
Adapted from Metropolitan Council Environmental Services

Trofička kaskada – indirektni utjecaj krajnjih predatora na makrofite i/ili alge

Fosfor

- kod viših koncentracija O_2 (> 1 mg/L) Fe formira netopive soli (feri ion, Fe^{3+}) koje precipitiraju i adsorbiraju PO_4^{3-} te sprečavaju difuziju fosfora u hipolimniji;
- kod anoksičnih uvjeta ($O_2 < 1$ mg/L) nastupaju reduksijski procesi, feri ion se reducira u topivi fero ion (Fe^{2+}) koji disocira – otpušta fosfor iz sedimenta u vodu – uzrok „cvjetanja” algi.

Bio-manipulacija



- adaptacija biocenoze za poboljšanje kvalitete vode

Ciljevi:

- kontrola abundancije alga kad kontrola nutrijenata nije dovoljna
- povećava se abundancija herbivora da bi se smanjila biomasa alga
- manipulacija hranidbene mreže radi redukcije planktivornih riba i povećanja biomase velikog zooplanktona – Cladocera (npr. *Daphnia* sp.)
- limitacija abundancije bentičkih riba koje podižu sediment te povećavaju interni unos P

Biološka kontrola

- cvjetanje algi u nekim jezerima, obično urbanim, ne može se kontrolirati sniženjem koncentracije nutrijenata
- kontrola algi povećanjem biomase algivornog zooplanktona
- Cladocera imaju brzu reprodukciju, a također su bolji grazeri od Copepoda i Rotifera
- Cladocera su osjetljivi na predaciju riba i zbog toga planktivorne ribe moraju biti regulirane piscivornima ili uklonjene

Konačni cilj restauracije jezera: STABILIZACIJA SUSTAVA

Da bi se osigurala samoodrživost, potrebni koraci su:

- Pokrovnost makrofitima
- Održavanje koncentracije nutrijenata
- Redukcija plankti- i bentivornih riba (onemogućuju zakorijenjivanje m.)
- Stanje jezera trebalo bi analizirati nekoliko godina nakon oporavka (minimalno tijekom ljeta)