

APLIKOVANÁ HYDROBIOLOGIE III

- EUTROFIZACE



Eutrofizace

je definována jako proces zvyšování produkce organické hmoty ve vodě, ke které dochází především na základě zvýšeného přísunu živin (OECD 1982)

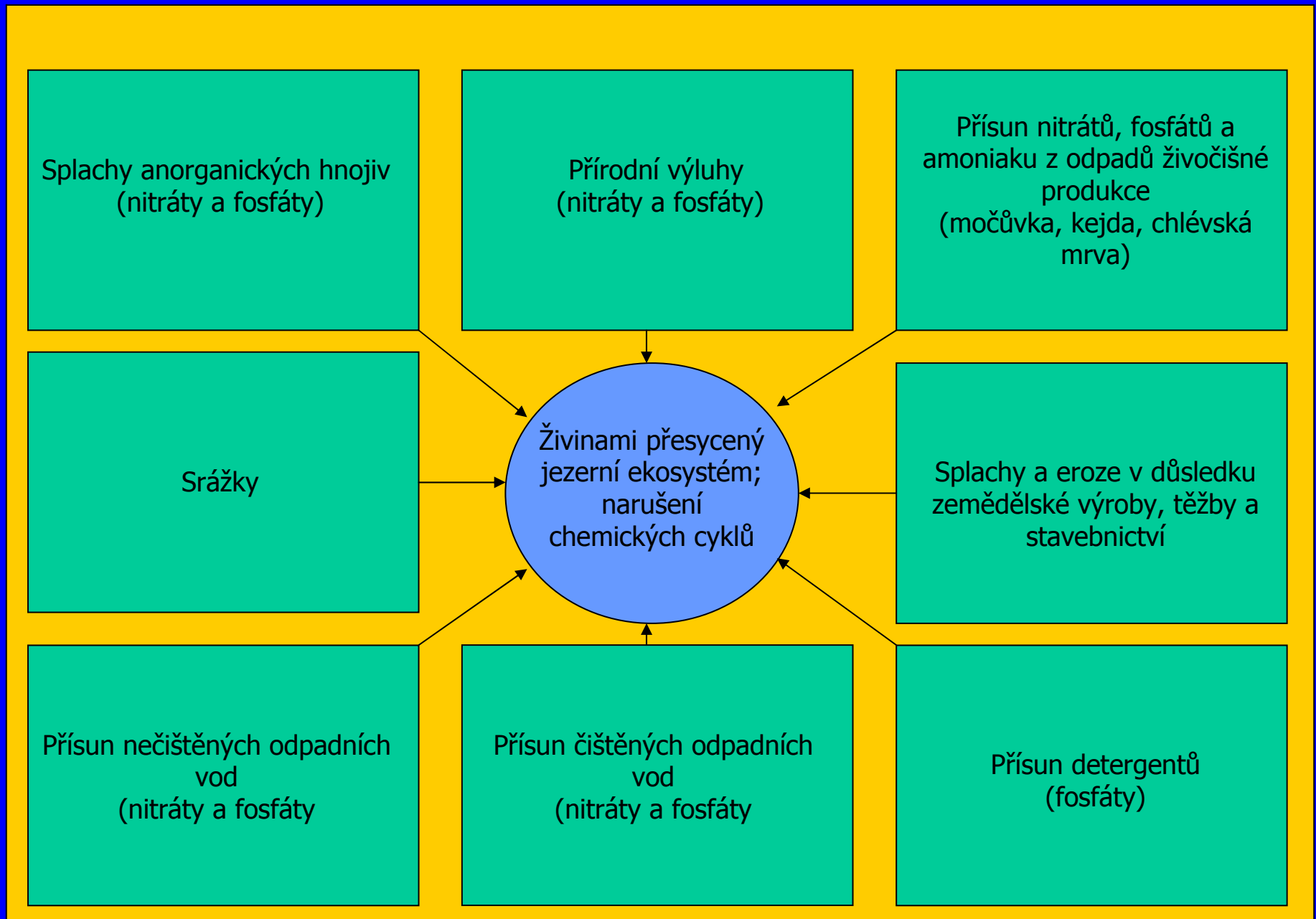
S postupným nárůstem frekvence lokalit se zjevnou nadprodukcí (tzv. hypertrofie) přechází definice v devadesátých letech do podoby

„eutrofizace“

- narušení ekologických procesů následkem přebytku živin v prostředí

INDUKOVANÁ (ANTROPOGENNÍ) EUTROFIZACE

Příčiny indukované eutrofizace



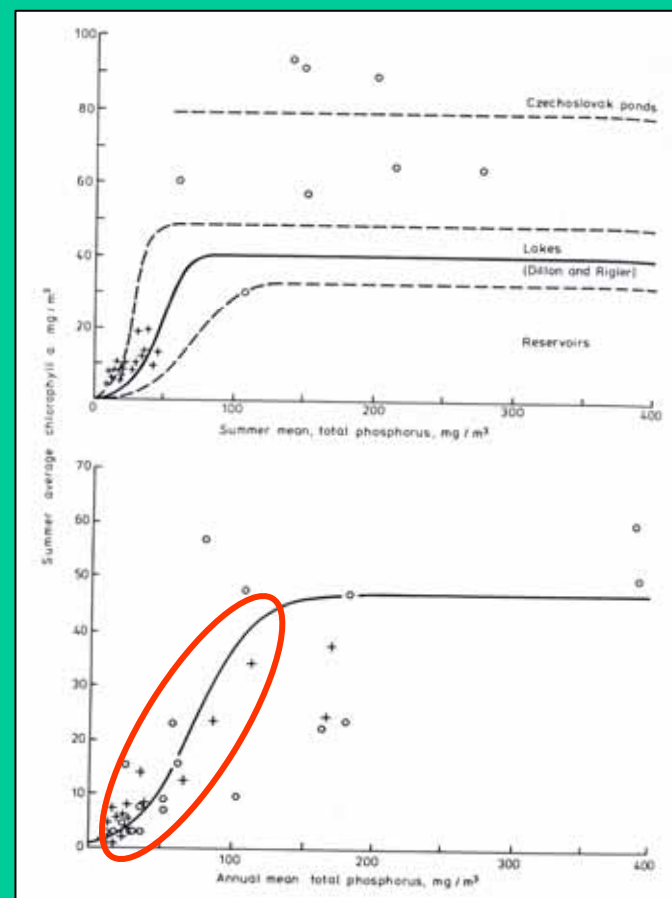
Živiny způsobující eutrofizaci

Nutno hledat regresní vztah mezi koncentrací jednotlivých živin a koncentrací chlorofylu *a*, jakožto nejsnadněji měřitelným parametrem charakterizujícím rozvoj řas

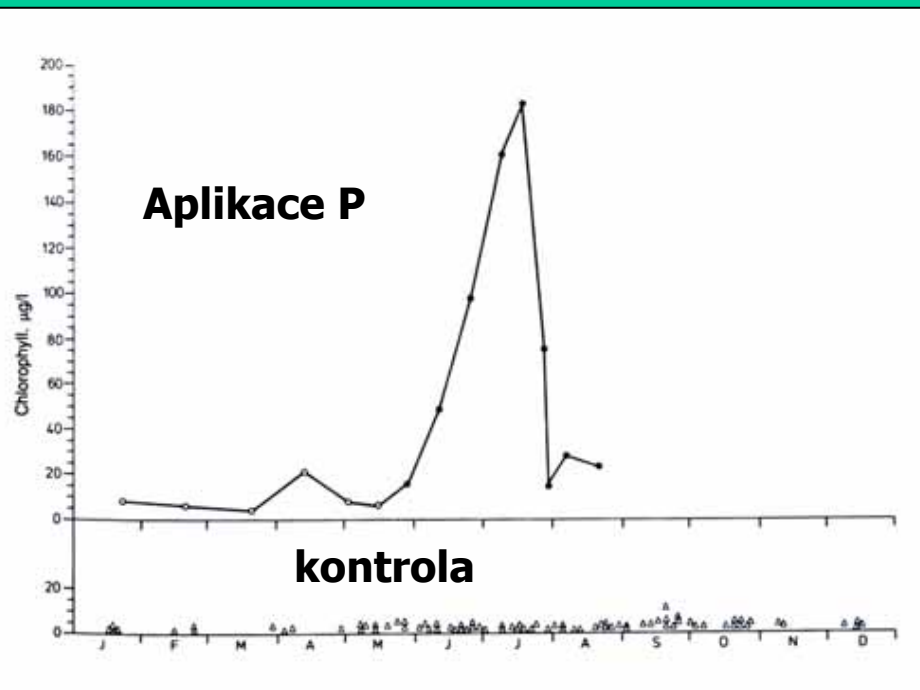
Dillon & Rigler (1974) – lineární regresní vztah mezi logaritmem koncentrace fosforu během jarní cirkulace a logaritmem průměrné letní (ve vegetačním období) koncentrace chlorofylu *a*

Straškraba (1980) – u koncentrací fosforu vyšších než 100 $\mu\text{g/l}$ je vhodnější použít místo mocninového logistický vztah, neboť biomasa řas, vyjádřená v chlorofylu *a*, nemůže být větší než určitá kritická hodnota, nad níž je další rozvoj řas omezen samozastíněním a nikoliv koncentrací živin

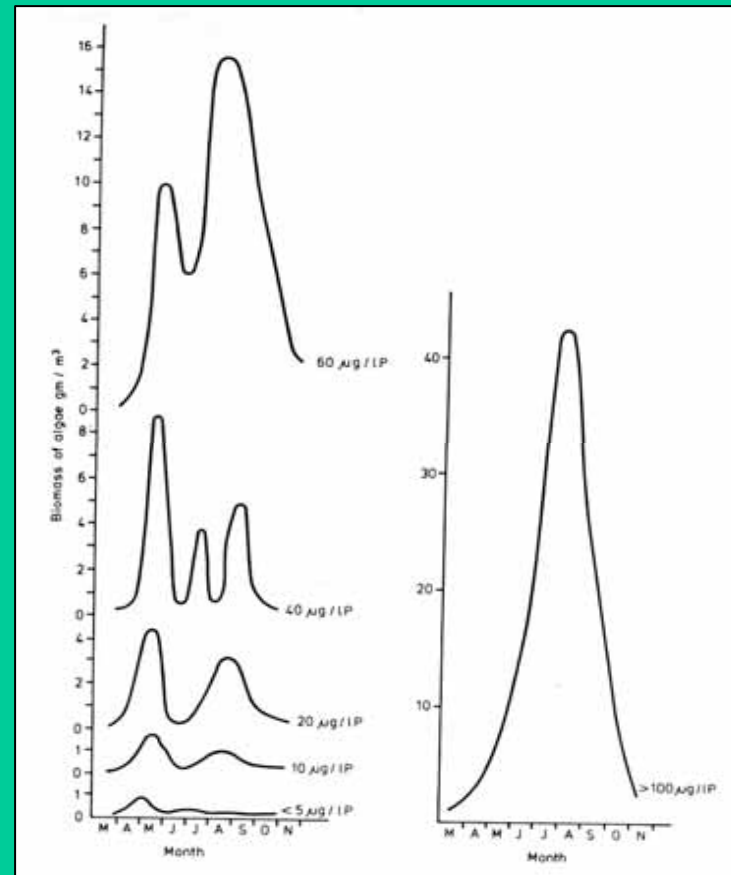
Fosfor vs chlorofyl-*a*

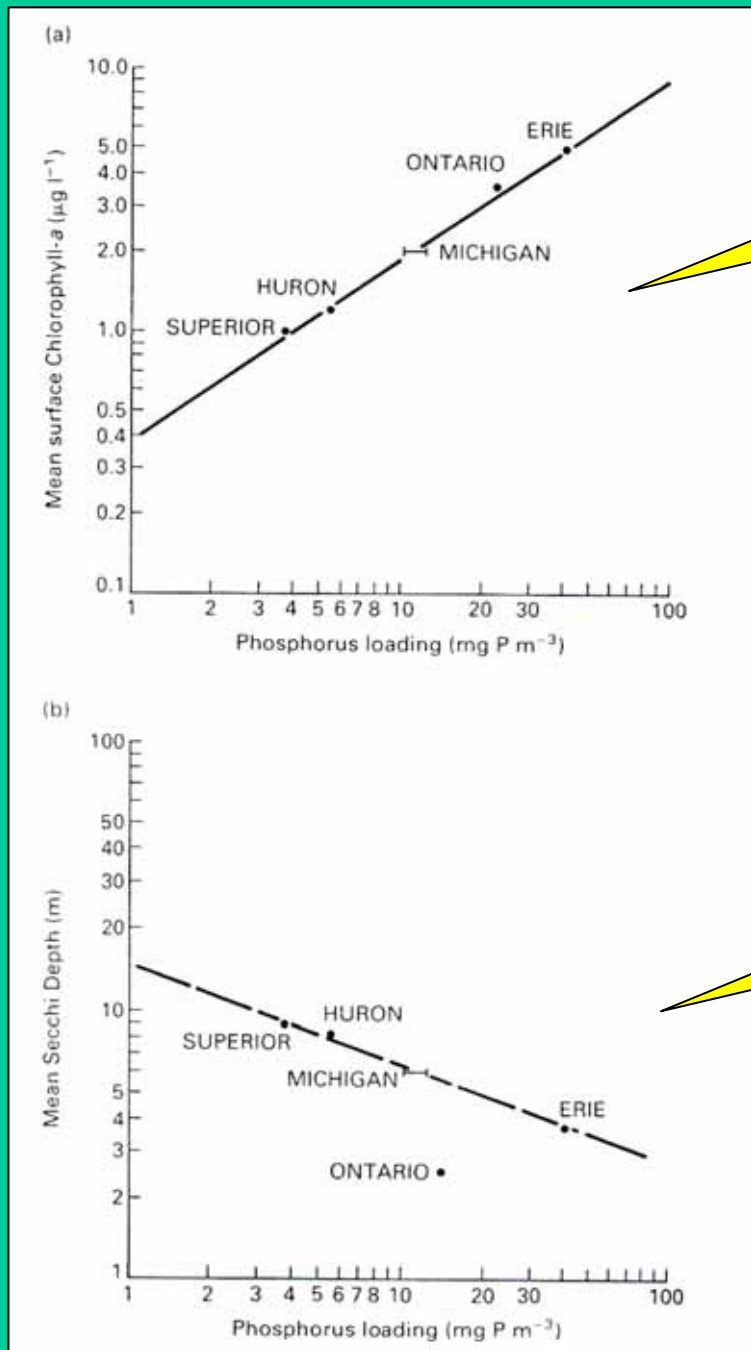


Předpoklad, že fosfor vystupuje z makrobiogenních prvků nejčastěji jako limitující prvek, byl potvrzen celou řadou studií a experimentů, u nás např. Komárková (1974) v Klíčavské a Slapské údolní nádrži zjistila zvýšený rozvoj planktonních řas pouze po přidání sloučenin fosforu



Vliv různých koncentrací fosforu na růst biomasy řas

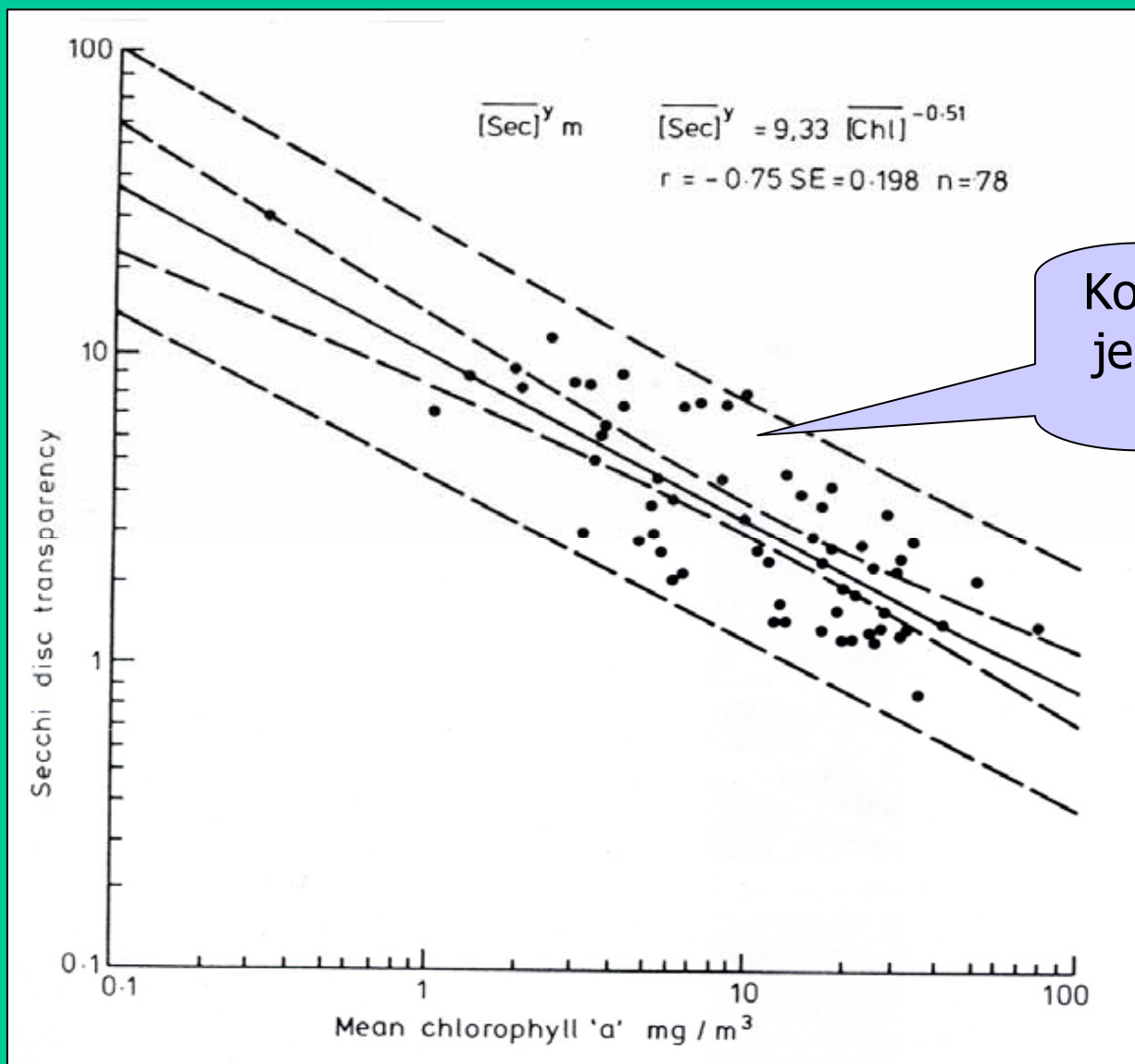




Vztah mezi fosforem a chlorofylem -*a*

Vztah mezi fosforem a transparentí

Vztah mezi chlorofylem-*a* a transparentcí



Koncentrace chlorofylu-*a* je negativně korelovaná s transparentcí

Poměr N:P (dusík:fosfor) indikuje, který nutrient je pravděpodobně limitujícím pro růst řas v jezerech

C:N:P v tkáních řas v poměru 106:16:1 (tzv. **REDFIELD RATIO**)



N:P < 16:1 = limitace dusíkem (řasy mají méně dusíku)

N:P > 16:1 = limitace fosforem (řasy mají méně fosforu)

N:P v některých našich přehradách

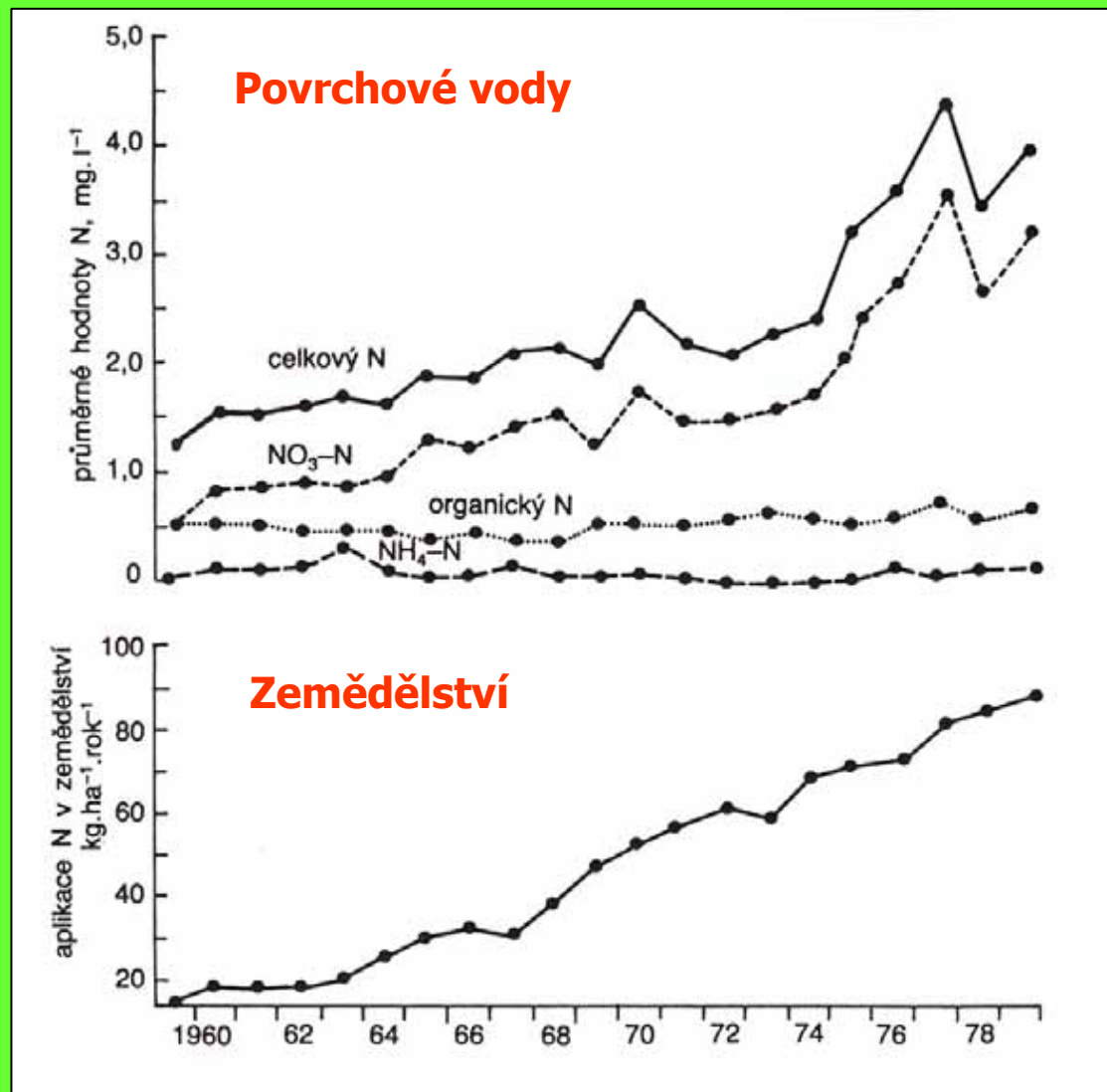


Nádrž	Lipno	Orlík	Slapy	Římov	Želivka	Seč
N/P	50	89	410	254	1370	207



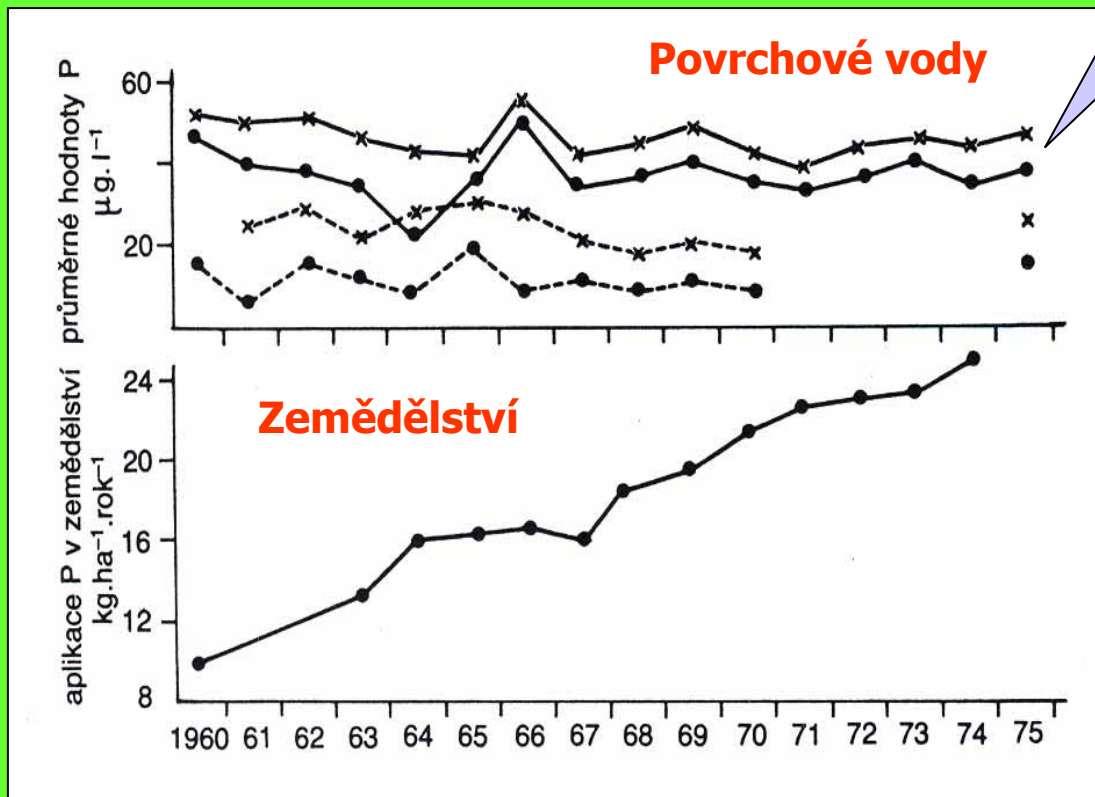
Extrémní limitace fosforem a tudíž potenciál pro rozvoj eutrofizace

Vývoj koncentrací dusíkatých látek ve vodách



Největším zdrojem celkového dusíku v povodích byl odtok z hnojené zem. půdy (50-67 %); komunální odpadní vody se podílely méně (12-30 %)

Vývoj koncentrací fosforu ve vodách

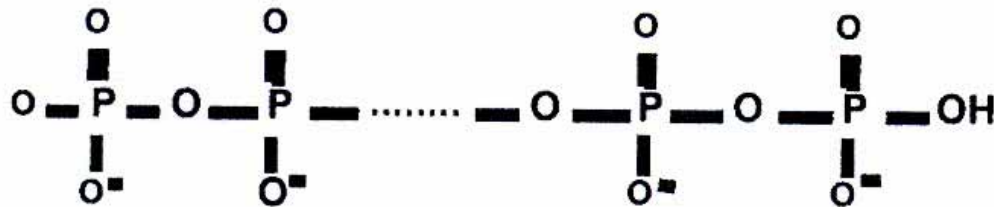


Retence fosforu půdou je mnohem vyšší než v případě dusíkatých látek

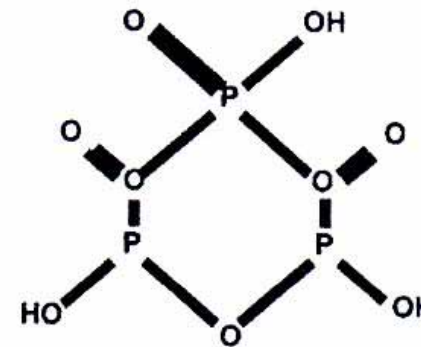
Největším zdrojem celkového fosforu v povodích byly komunální odpadní vody (75-90 %); zbývající část pocházela z eroze zemědělské půdy (5-14 %), z přirozeného odnosu v povodí (4-9 %) a z atmosférické depozice na hladinu toků a nádrží (1-2 %).

FOSFOR VE VODÁCH

1. Rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor ve formě jednoduchých nebo komplexních orthofosforečnanů nebo polyfosforečnanů
2. Rozpuštěný organicky vázaný fosfor ve formě fosfátů hexos, fosfolipidů, ATP, ADP, nukleových kyselin apod. ⇒ fosfatázy



struktura katenapolyfosforečnanů



struktura kyseliny cyklotripolyfosforečné

Klasifikace trofie	Celkový P(μg/l)	Anorganický N (μg/l)
1. Ultra-oligotrofie	< 5	< 200
2. Oligo-mesotrofie	5-10	200-400
3. Meso-eutrofie	10-30	300-650
4. Eu-polytrofie	30-100	500-1500
5. Polytrofie	> 100	> 1500

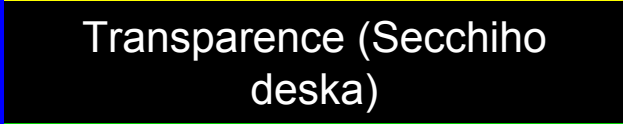

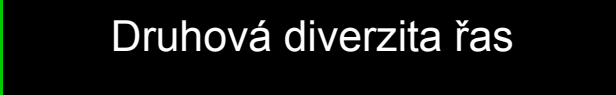
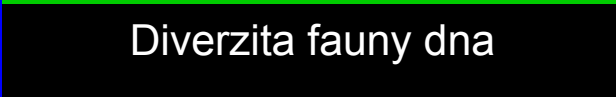
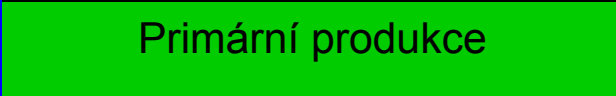
Hraniční hodnoty pro klasifikaci trofie (OECD 1982)

Parametr	Ultraoligo- trofní	Oligotrofní	Mesotrofní	Eutrofní	Hypetrofní
Celkový fosfor (μg P/l)	≤ 4	≤10	10-30	35-100	≥ 100
Chlorofyl a (μg/l)	≤ 1	≤ 2.5	2.5-8	8-25	≥25
Secchiho deska (m)	≥12	≥ 6	6-3	3-1.5	≤ 1.5

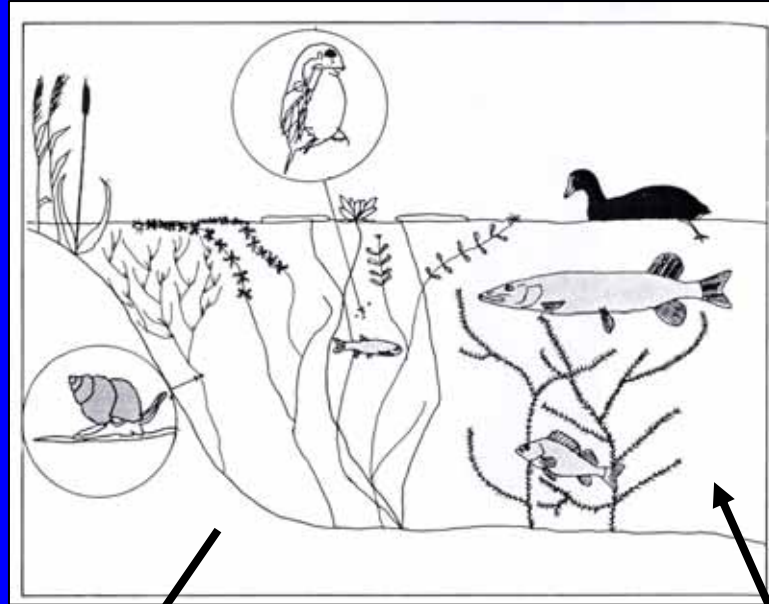
Kritéria trofie a jejich odpovědi na zvýšenou eutrofizaci

 Hodnota daného parametru všeobecně vzrůstá se stoupající eutrofizací

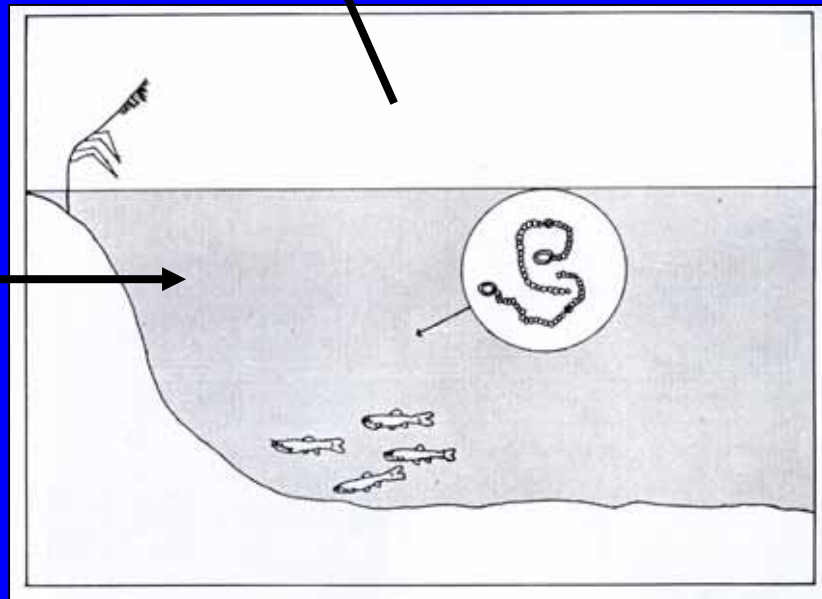
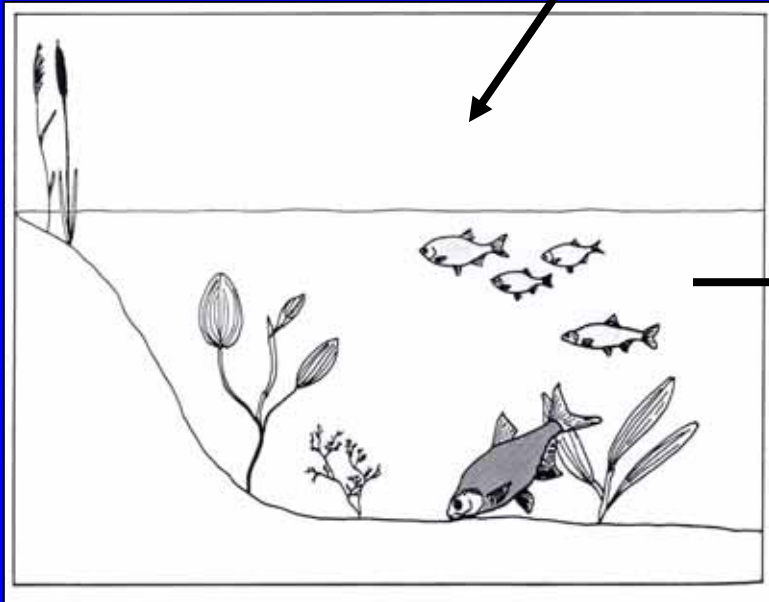
 Hodnota daného parametru všeobecně se stoupající eutrofizací klesá

Fyzikální	Chemické	Biologické
 Transparence (Secchiho deska)	Koncentrace živin	Četnost výskytu vodních květů
 Suspendované látky	Chlorofyl <i>a</i>	 Druhová diverzita řas
	Elektrická vodivost	Biomasa fytoplanktonu
	Rozpuštěné látky	Litorální vegetace
	Hypolimnetický kyslíkový deficit	Zooplankton
	Epilimnetická kyslíková supersaturace	Ryby
		Fauna dna
		 Diverzita fauny dna
		 Primární produkce

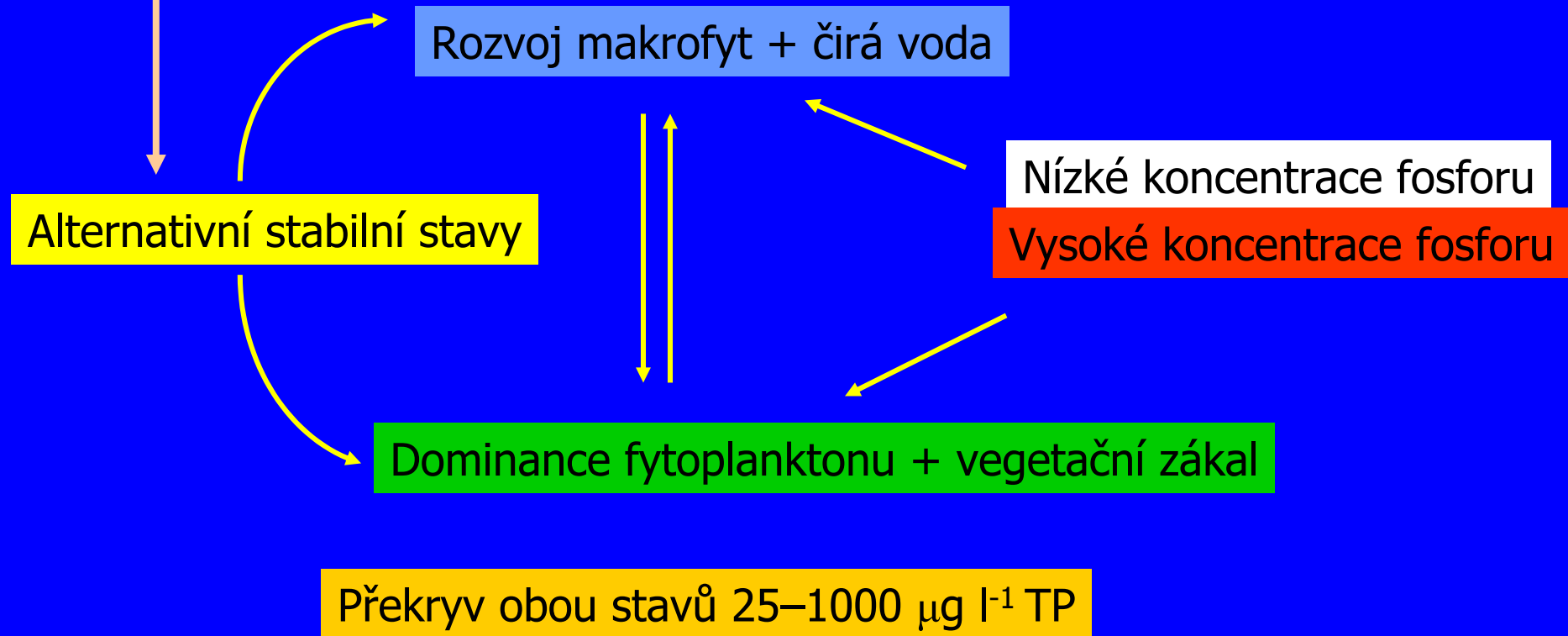
SCHEMA VLIVU EUTROFIZACE NA VODNÍ EKOSYSTÉM



? revitalizace



Jezero



Přesmyk z do je rychlejší a snazší – nebezpečí eutrofizace !!!

Primární producenti

1. Drobné planktonní řasy

opticky homogenní suspenze (vegetační zbarvení či vegetační zákal); vysoká hodnota maximální specifické růstové rychlosti, obvykle na mělkých eutrofních nádržích rybničního typu v jarním období

2. Větší koloniální sinice

hromadný výskyt těch druhů, které mají schopnost se shromažďovat při hladině a vytvářet zde okem patrné shluky - tzv. **vodní květ** (*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*). Zpravidla planktonní sinice s plynovými měchýřky, mnozí zástupci mají schopnost vazby atmosférického dusíku, hromadný nástup v letním období

3. Bentické sinice a rozsivky

iniciální stádia se vytvářejí na povrchu sedimentů, později tvorba „hladinových koberců“, které se při hladině udržují díky fotosyntetické produkci bublinek kyslíku, přechodně zachycených mezi vlákny sinic. Hromadný rozvoj mívá sezónní charakter a postihuje zejména mělké vodní ekosystémy – šířením těchto společenstev z místa vzniku po celé ploše nádrže dochází k přemístování jemných sedimentů



Aphanizomenon



Limnothrix





4. litorální vláknité řasy

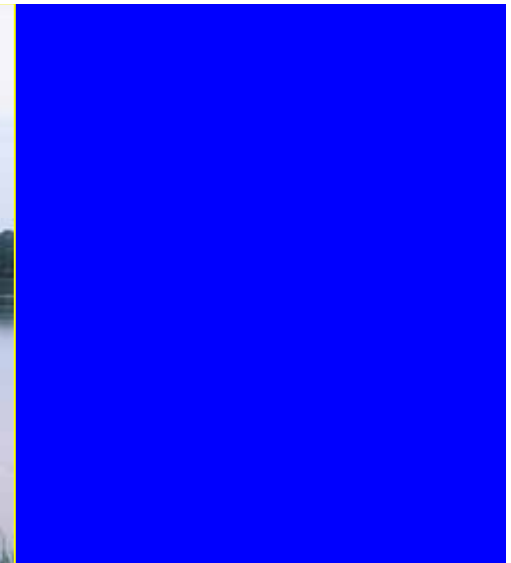
Často vytrvávají po delší časové období, mělké stojaté vody a toky. V nádržích, majících tendenci k zarůstání vláknitými řasami bývá potlačen rozvoj jak drobného fytoplanktonu, tak i sinic

5. vyšší vodní vegetace

Probíhá-li v únosné míře, jde o jev vítaný; u nadměrně eutrofizovaných vod nastává masový rozvoj hladinových lemnic (*Lemna*, *Spirodella*)



Makroskopické shluky
vláknitých řas



Masový pokryv hladiny
zelenou řasou
Hydrodictyon reticulatum

Složení fytoplanktonu a jeho změny se změnou trofie

OLITOTROFNÍ JEZERA

Staurastrum, Cosmarium, Staurodesmus, Tabellaria, Cyclotella, Melosira, Dinobryon

MESOTROFNÍ JEZERA

Staurastrum, Closterium, Cyclotella, Stephanodiscus, Asterionella, Pediastrum, Eudorina, Peridinium, Ceratium

EUTROFNÍ JEZERA

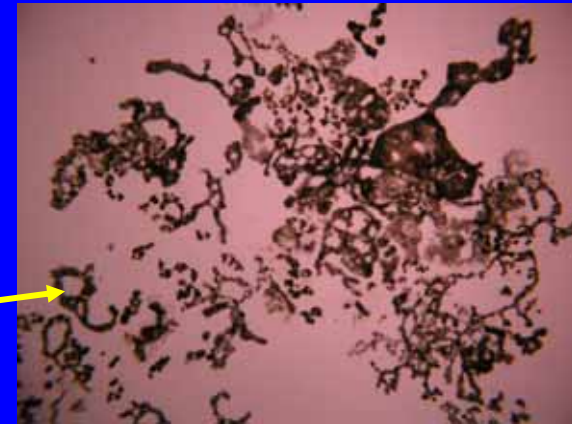
Melosira, Asterionella, Stephanodiscus, Scenedesmus, Eudorina, Aphanizomenon, Microcystis, Anabaena

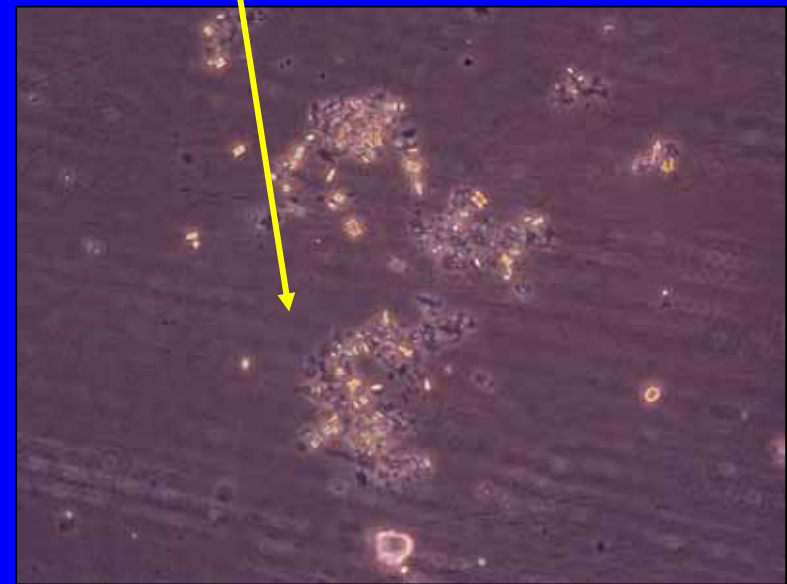
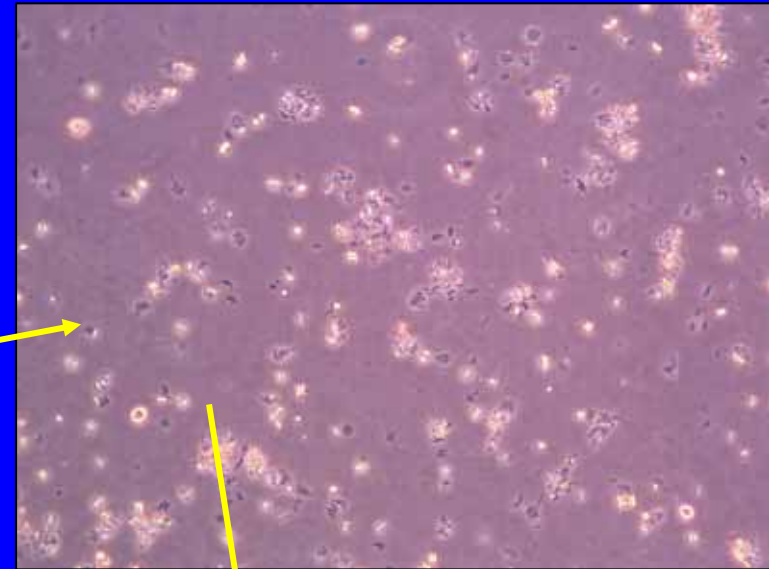
Se zvyšující se trofií dochází obecně ke zvyšování biomasy řas, mění se druhové složení fytoplanktonu, často s převahou monospeciové populace planktonních sinic

Vodní květy sinic



1. Okem patrné shluky u hladiny
2. Koloniální sinice (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*)





1. Homogenní zákal v celém objemu
2. Drobné řasy (Chlorophyceae)



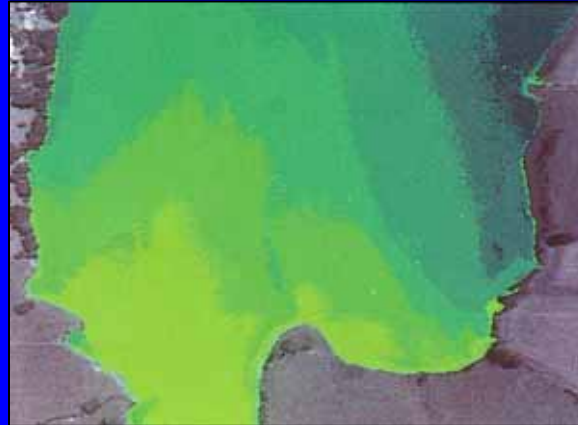
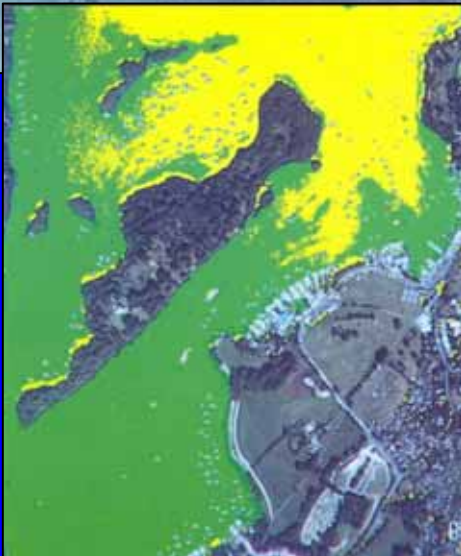
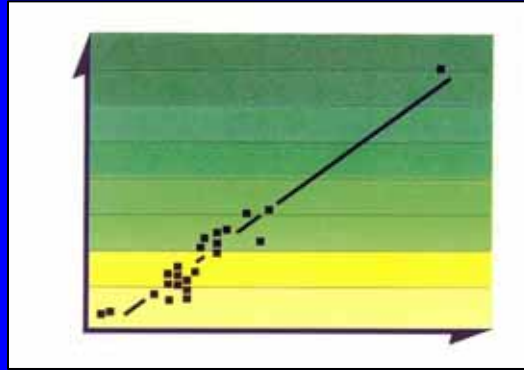
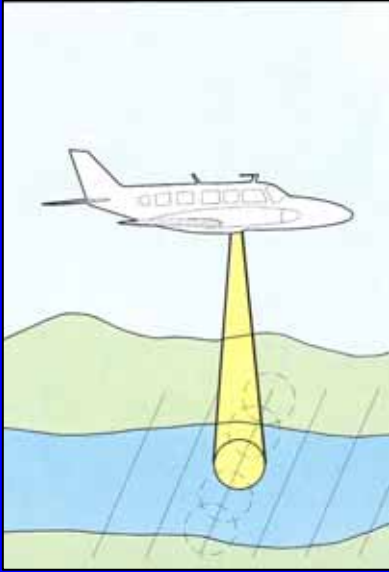
Test přítomnosti planktonních sinic



Vysoká biomasa sinic



Nízká biomasa sinic



Využití „remote sensing“ technik
k detekci eutrofních vod





Predikční tabulka určující charakter a hustotu vodního květu sinice r. *Aphanizomenon* v rybnících (Pechar a Fott 1991)

	Nízká zátěž fosforem	Vysoká zátěž fosforem
Převažují velcí jedinci <i>Daphnia</i>	střední hustota vodního květu <i>Aphanizomenon</i> , velké kolonie	vysoká hustota vodního květu <i>Aphanizomenon</i> , velké kolonie
Velcí jedinci <i>Daphnia</i> chybí	žádný vodní květ <i>Aphanizomenon</i>	vysoká hustota vodního květu <i>Aphanizomenon</i> , malé kolonie

TOXINY SINIC (CYANOTOXINY)

1. **CYTOTOXINY** – cytotoxické a cytostatické účinky
2. **BIOTOXINY** – **NEUROTOXINY, HEPATOTOXINY**

NEUROTOXINY – *Anatoxin, Aphanotoxin*

Termolabilní, blokují sodíkový kanál membrán → křeče pohybového svalstva, dávení, dušení

HEPATOTOXINY – *Microcystin*

Termostabilní, poškození struktury a funkce jater

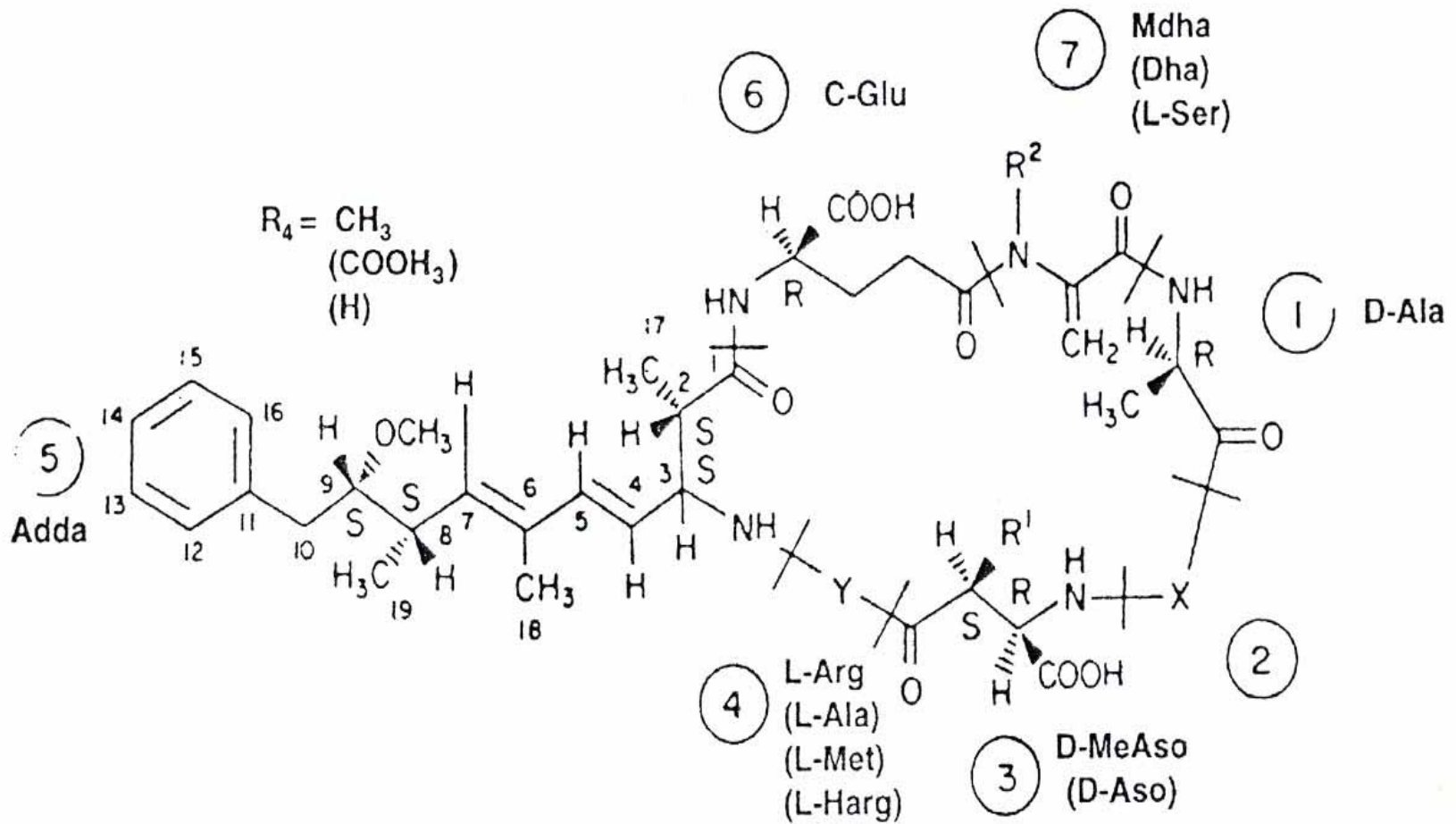
Cyanotoxiny přítomné ve vodách:

- poruchy zažívacího traktu
- alergické reakce (záněty spojivek, svědí pokožka.....)
- onemocnění jater



!!! CHRONICKÁ ONEMOCNĚNÍ !!!

Obecný vzorec microcystinu



BOJ PROTI EUTROFIZACI

- A. Omezení (redukce) externího přísunu živin
- B. Kontrola interních procesů („Ekotechnologie“)

! KOMBINACE OBOU STRATEGIÍ JE NEJVHODNĚJŠÍ !

- A1 – Modifikace technologických výrobních postupů (detergenty)
- A2 – Odstraňování N a P z odpadních vod
- A3 – Úpravy v povodí (aplikace protierozních opatření)

- B1 – Aerace hypolimnia
- B2 - Destratifikace
- B3 – Srážení fosforu a ošetření sedimentů
- B4 – Odstraňování bahna
- B5 – Odstraňování makrovegetace a sinic
- B6 – Využití býložravých a algivorních ryb
- B7 – Použití algicidů, flokulantů a koagulantů
- B8 – Použití cyanofágů
- B9 - Biomanipulace

Klíčové podmínky eutrofizace a možnosti jejich ovlivnění směrem k omezení procesu

Hlavní příčiny a podmínky eutrofizace

Možnosti ovlivnění

Inokulum autotrofních organismů

⇒ Nelze

Teplota vod


⇒ Nelze

Světlo ve vodních útvarech


⇒ Pouze výjimečně

Další fyzikální charakteristiky
(eufotická vrstva, doba zdržení aj.)

⇒ Jen zřídka

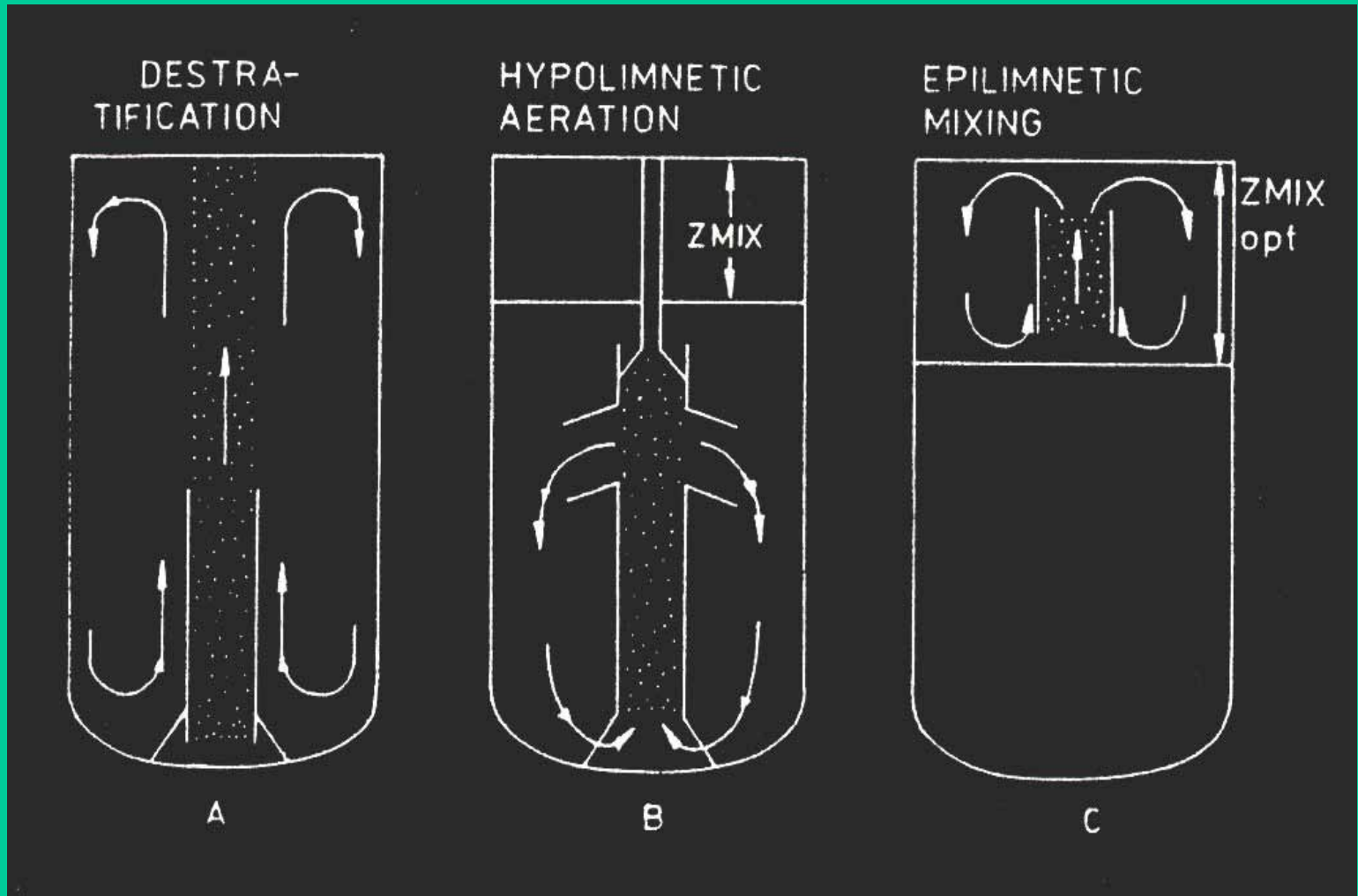
 Potravní a produkční vztahy v
biocenózách ekosystémů

⇒ Jen za určitých okolností

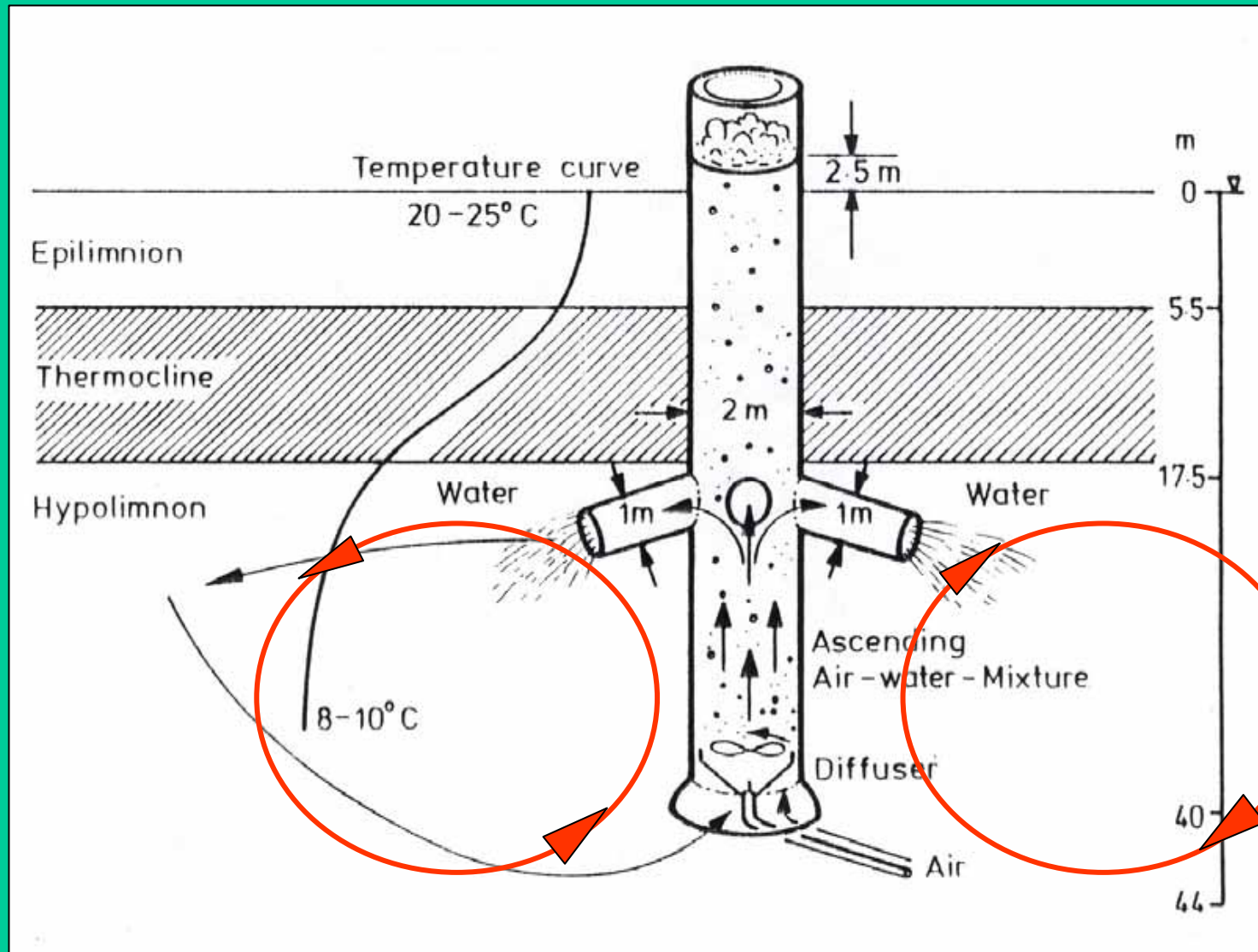
 Koncentrace živin (zejména fosforu)

⇒ Relativně nejstarší a účinné

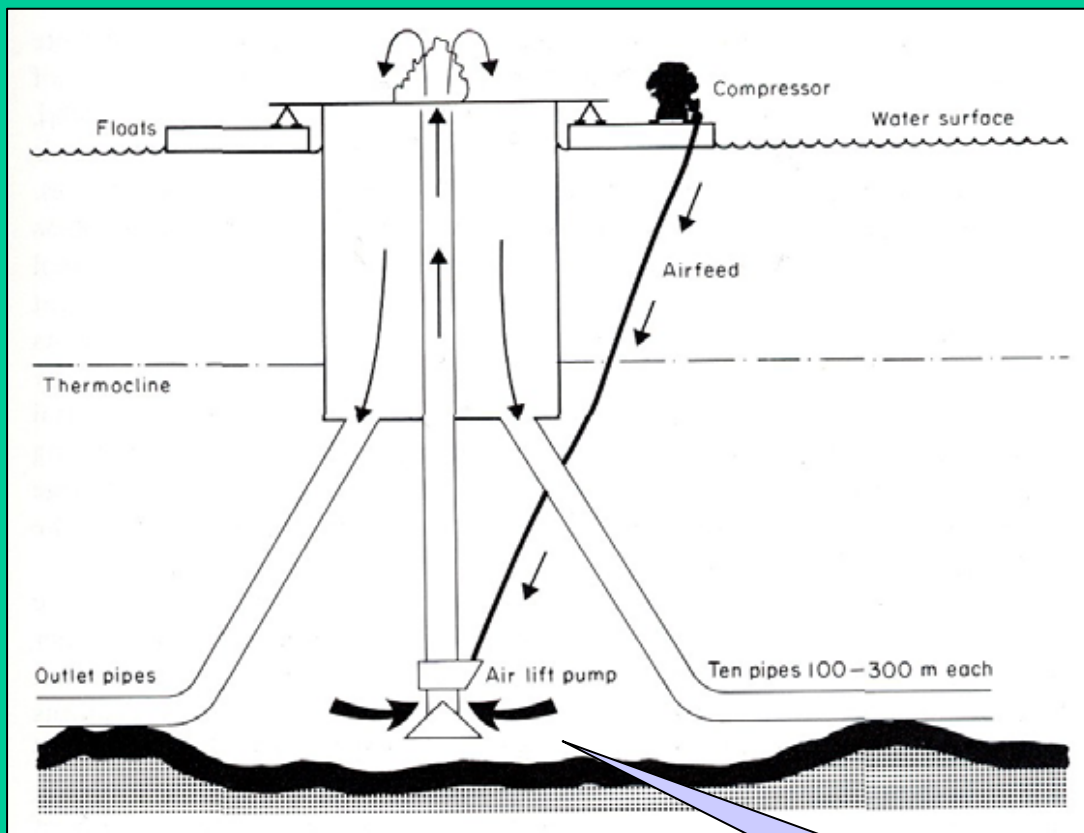
Příklady vybraných ekotechnologických zásahů



Hypolimnetická aerace bez porušení stratifikace

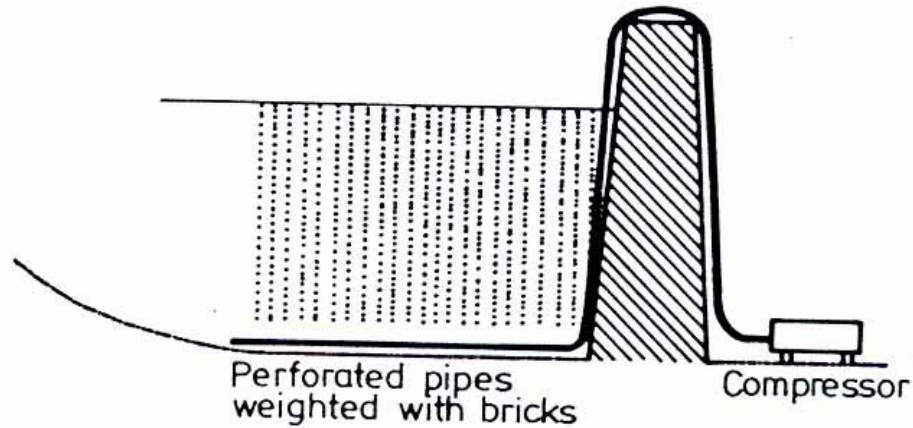


Hypolimnetická aerace bez porušení stratifikace



Podpoří se okysličení
vrstvy vody u dna ⇒
zabránění uvolňování
fosforu ze sedimentů

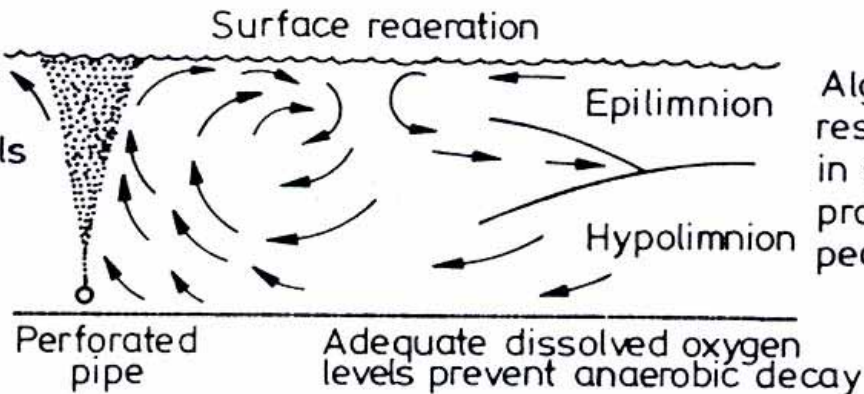
Provzdušňování nádrže



Sinice a řasy se dostanou do hlubších vrstev, kde vlivem nedostatku světla hynou

DESTRATIFIKACE

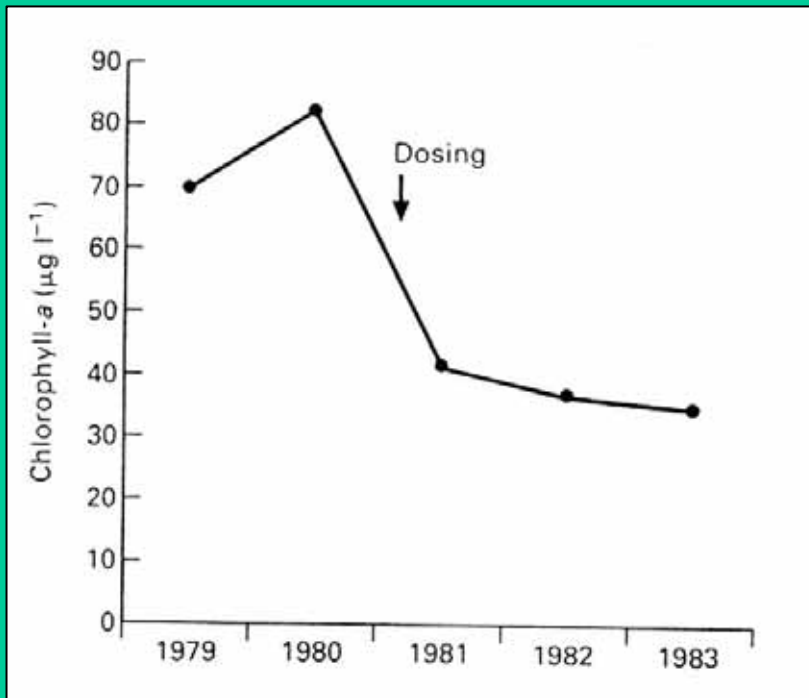
Bubbles of air entrain water as they rise - water from lower levels carried to surface. Local destratification followed by general destratification



Algae mixed throughout reservoir - decreases time in sunlight - should reduce productivity thus reducing peak algal numbers

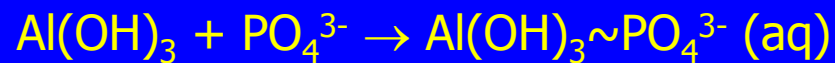
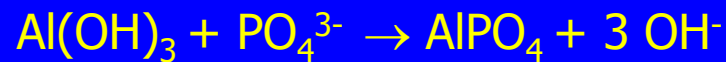
INAKTIVACE A IMOBILIZACE FOSFORU

Biomasa řas před a po přidání $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$,
Foxcote Reservoir

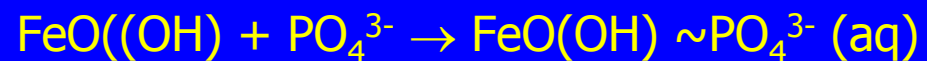


1. Srážení fosforu z vodního sloupce

a) Síran hlinitý $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

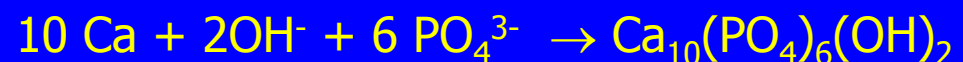


b) Chlorid železitý FeCl_3



Nebezpečí akumulace Al !!!

c) Hydroxid vápenatý $\text{Ca}(\text{OH})_2$

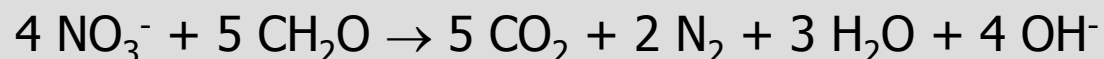


2. Ošetření sedimentu

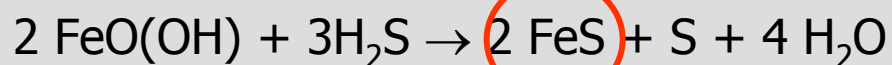
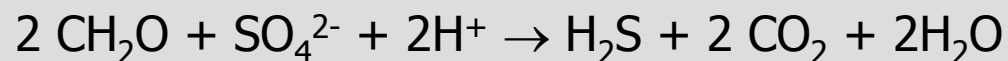
Cílem je zabránit vytvoření anoxických podmínek

→ Mineralizace organické hmoty, snížení oxidačního potenciálu, využití jiných elektronových akceptorů

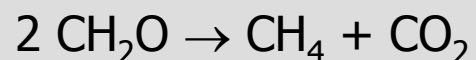
a) Denitrifikace



b) Desulfurikace



c) Metanogeneze



metan je relativně málo rozpustný ve vodě,
uvolňuje se ze sedimentu ve formě bublin
→ promíchávání sedimentu a uvolnění fosfátů

Co s tím ?

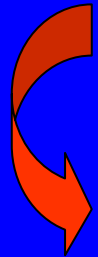
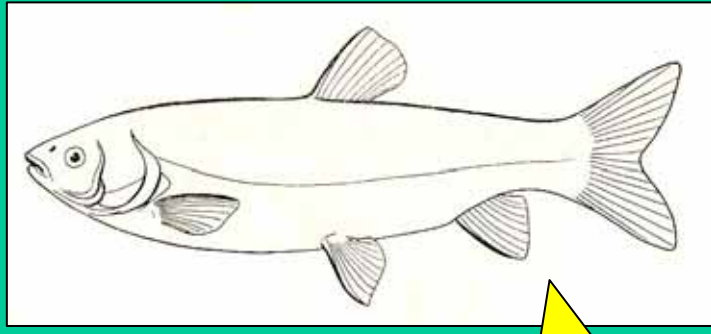
**Aplikace sloučenin
dusíku ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) a
železa (FeCl_3) na
povrch sedimentu**

Odstranění sedimentu vybagrováním

- a) Suchou cestou pomocí buldozerů a bagrů, kdy je rybník vypuštěn a vysušen
- b) Mokrú cestu pomocí sacího bagru, těžba je prováděna bez vypuštění nádrže.

Použití herbivorních a algivorních ryb

Amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*)

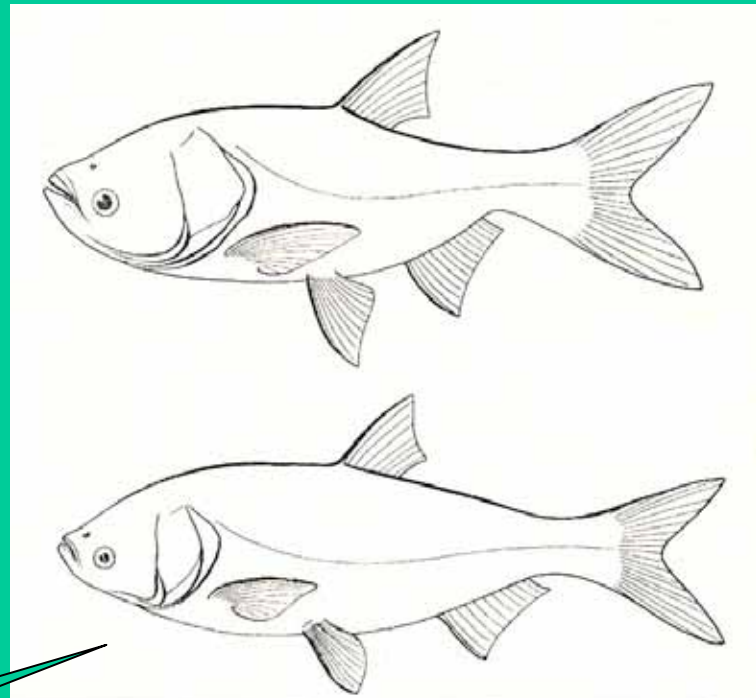


„biologická meliorace“

Za vegetační období zlikvidují
80-100 % ponořených a 30-40 %
emerzních porostů

Planktonofágové;
fytoplankton (97 %),
detrit (3 %), schopnost
konzumovat sinice

Tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*)
Tolstolobik pestrý (*Aristichthys nobilis*)

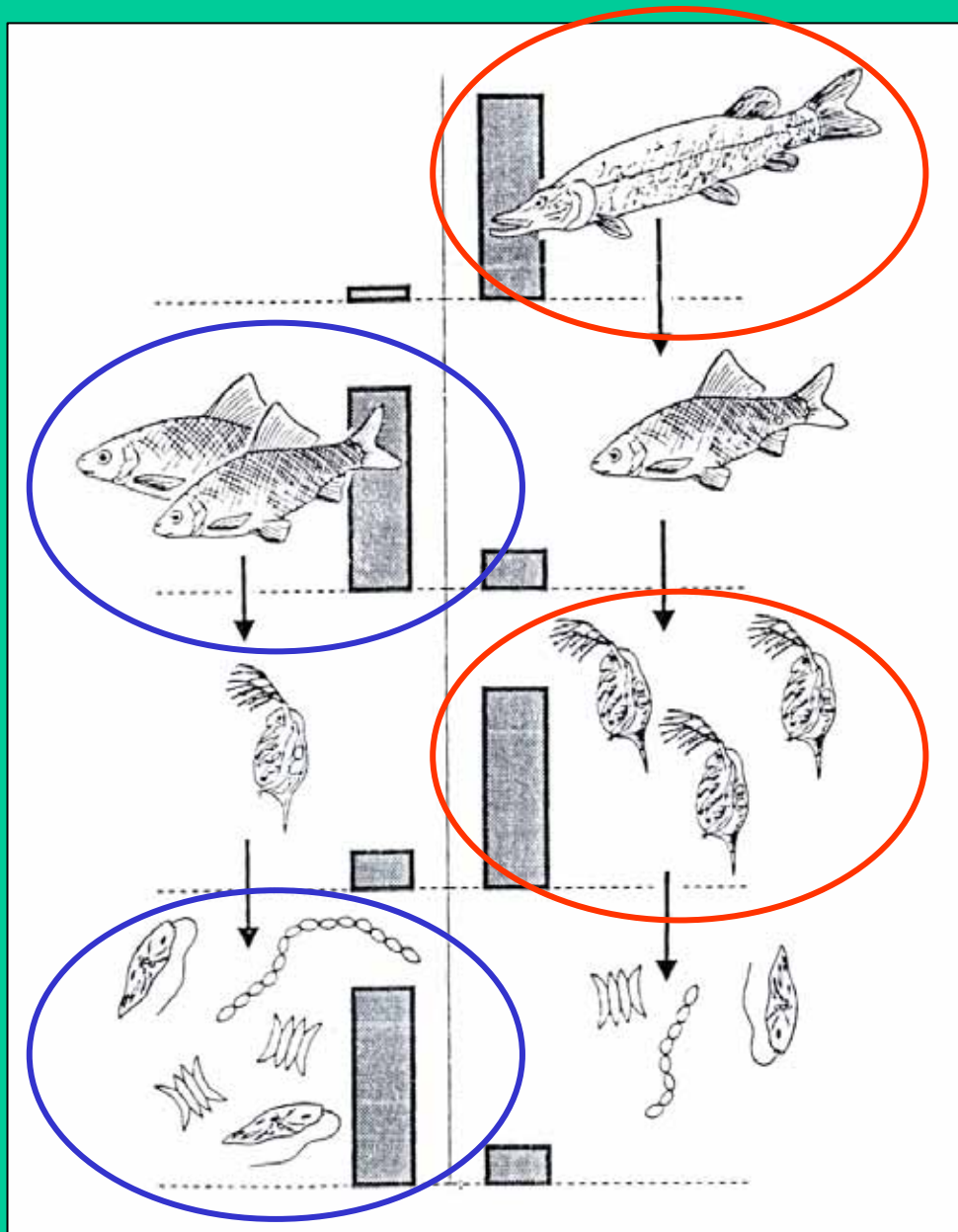


Odstraňování makrovegetace





Kaskádový trofický řetězec



Biomanipulace

= ovlivnění potravní sítě
(řízení ekosystému shora dolů)

TOP-DOWN CONTROL

(Shapiro et al. 1975)

Model trofické kaskády
(= regulace potravního řetězce
shora): **Méně ryb, více
zooplanktonu, méně řas**
(Hrbáček 1962, Hrbáček et al.
1961)

Ovlivnění rybí obsádky (řízená rybí obsádka)

- trávení ryb (pisticidy)
- selektivní odchyt planktivorních ryb
- zvýšení obsádky dravých ryb (štika, candát)
- manipulace vodní hladinou v době tření

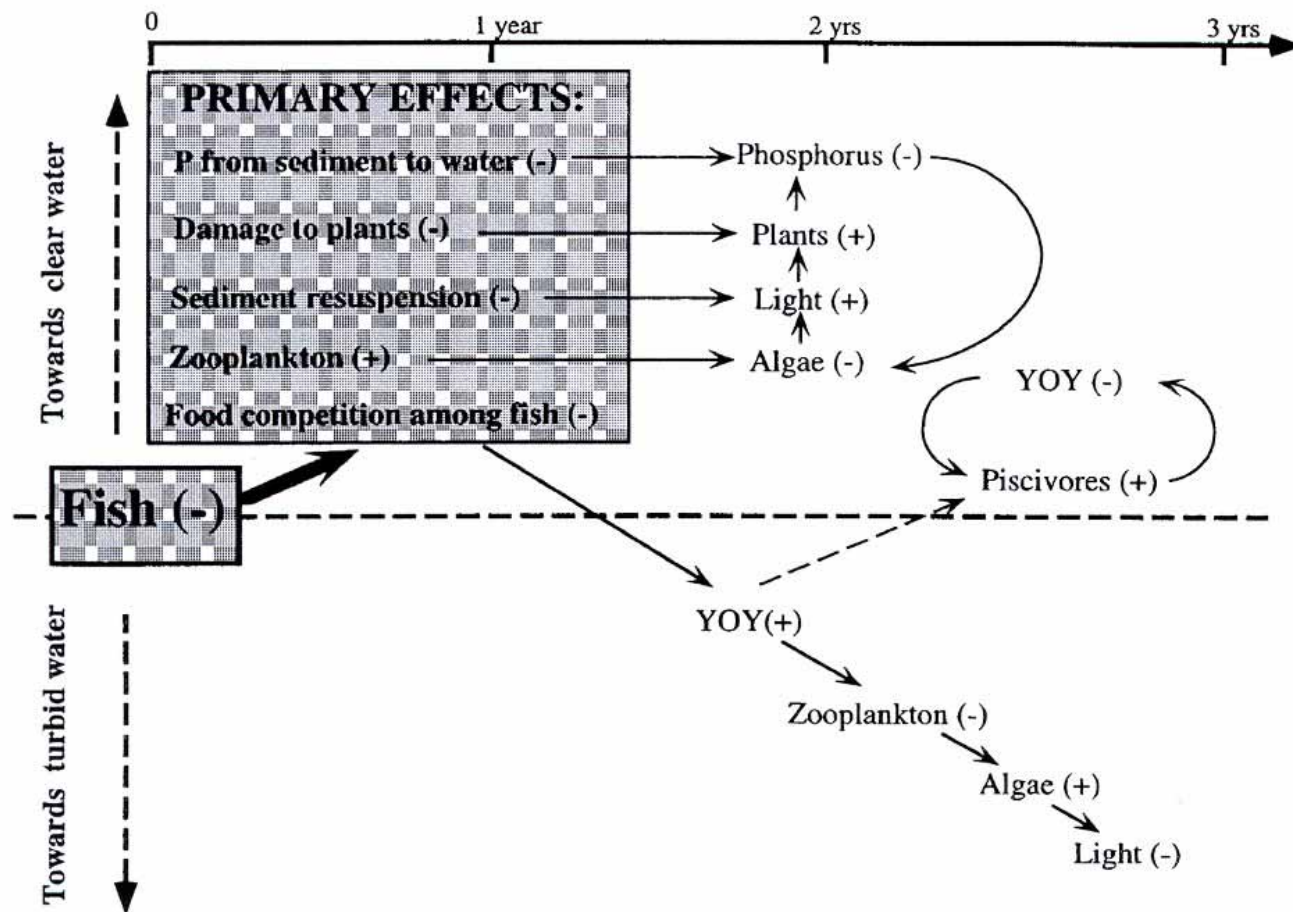
Drenner et al. 1999: *Arch. Hydrobiol.* 146,2: 129-165

Typ bioman. eperimentu	% úspěšnost
Nasazení piscivorů	28.6
Nasazení piscivorů + částečné odstranění ryb	60
Částečné odstranění ryb	90
Eliminace ryb	40
Eliminace ryb následovaná znovuosazením	66.7

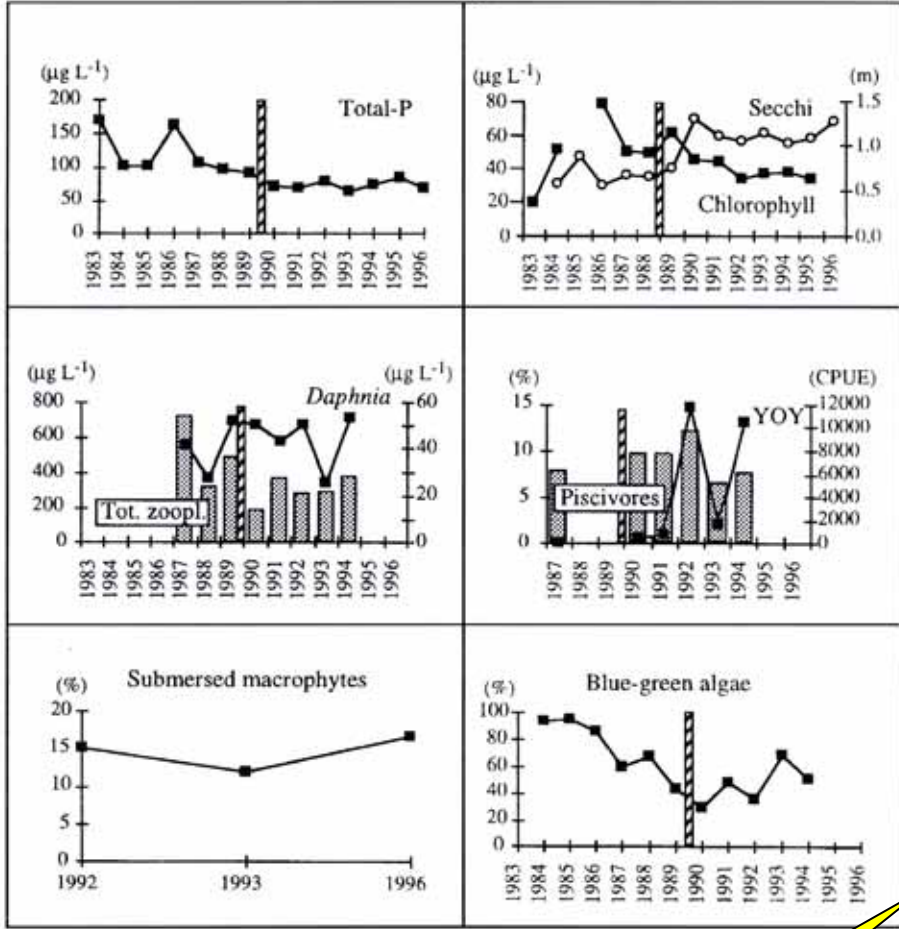
Hodnoceno 41 biomanipulačních zásahů.

61 % biomanipulací bylo úspěšných, nejvyšší úspěšnost u malých (do 25 ha) a mělkých jezer (max. 3 m hloubka)

Obecné vlivy biomanipulací

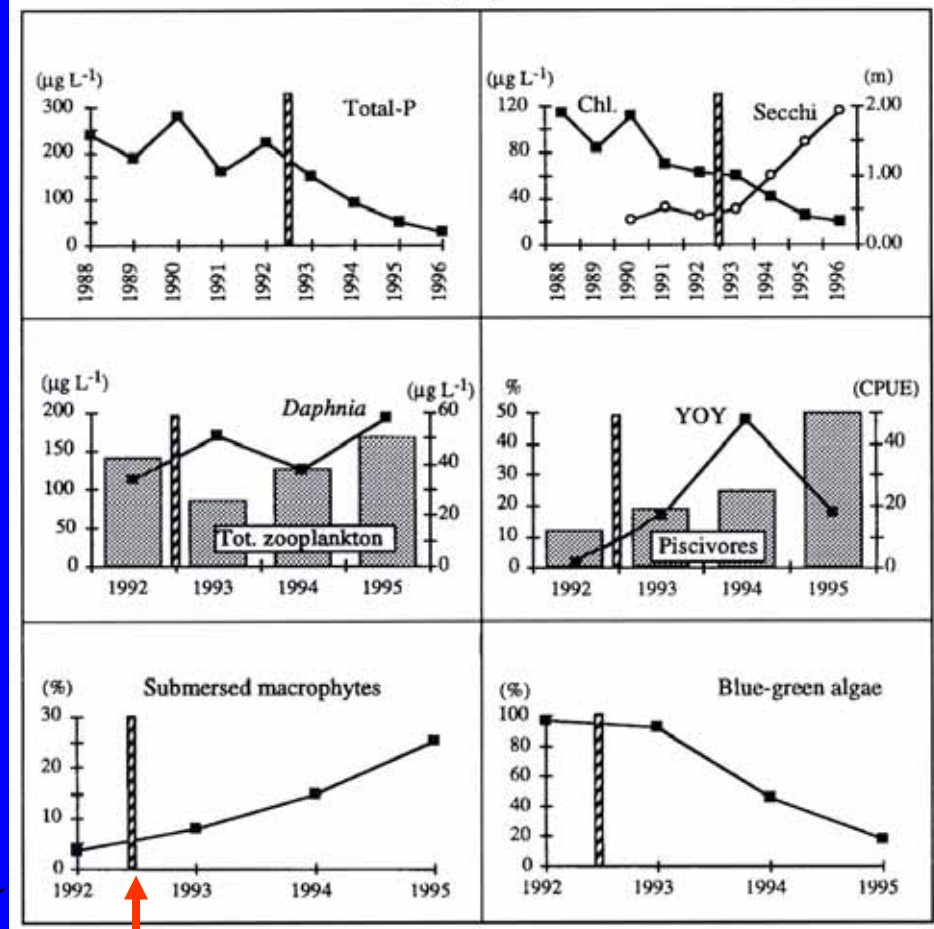


Sätoftasjön



Příklady efektu biomanipulací

Finjasjön



Zahájení biomanipulace

0+ ryby

Daphnia

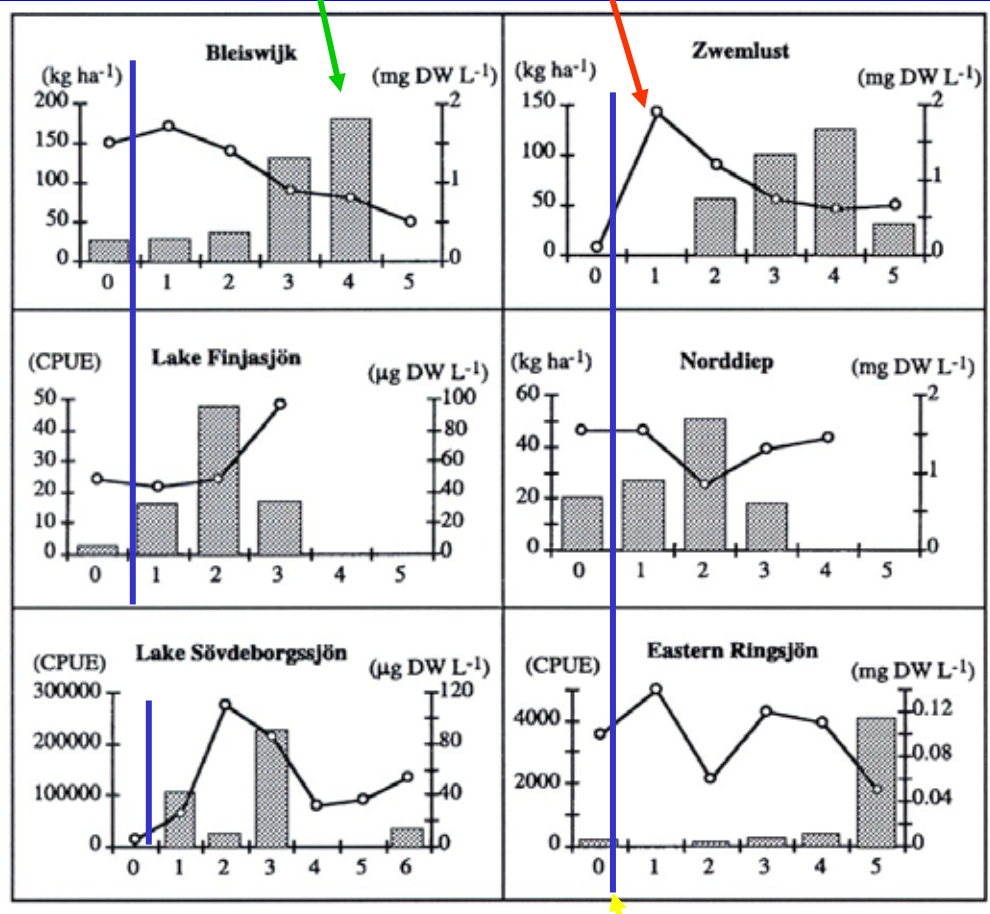


Table 2. Number of Improved Diagnosis Variables and the Reduction in Cyprinid Fish Abundance (%)

Lakes	Improvement (%)	Fish Reduction (%)
Finjasjön	100	80
Zwemlust	100	89
Gjersjön	100	80
Vesijärvi	83	85
Helgetjern	80	99
Lyng	80	—
Vaeng	80	50
Cockshoot Broad	75	95
Haugtjern	75	100
Lake St. George	75	60
Eastern Ringsjön	67	80
Bleiswijkse Zoom	60	75
Norddiep	60	56
Sätoftasjön	50	60
Western Ringsjön	33	49
Sövdeborgssjön	25	20
Bautzen Reservoir	25	—

Před zahájením biomanipulace

