

Eutrofizace



Eutrofizace

- proces zvyšování produkce organické hmoty ve vodě zejména vlivem zvýšeného přísunu živin
 - obohacování vod o živiny - **DUSÍK** a **FOSFOR**
 - od 50. let 20. století

Zdroje živin

- Autochtonní
 - rozklad organické hmoty, mrtvých organismů
 - vyluhování sedimentů a hornin, výplach z půdy
 - biogenní fixace dusíku - bakterie a cyanobakterie
- Allochtonní
 - eroze půdy - povrchový odtok
 - znečištění atmosféry NO_x
 - odpadní vody - odtoky z ČOV bez terciálního čištění, prací a čisticí prostředky, průmyslové odpadní vody, zvýšená produkce komunálních odpadních vod
 - splachy hnojiv ze zemědělství

Trofie (úživnost) vody

= úživnost = schopnost vodního prostředí dodávat organismům živiny, aby mohly růst, rozmnožovat se a produkovat další organickou hmotu.

Procesy ve vodách související s biodostupností forem dusíku a fosforu - trofizace (eu-, hyper-)

Projevy:

- Vegetační zákal - drobné planktonní řasy (zdroj potravy!)
- Vodní květ - větší koloniální nebo vláknité sinice (nebo i řasy), toxiny
- Bentické sinice a rozsivky - na povrchu sedimentů (ovlivňují výměnu plynů)
- Zelené vláknité řasy (ne toxiny, ale alelopatické látky)
- Vyšší vodní vegetace

Omezování:

- Zabránit přísunu živin
- Zpomalit koloběh živin
- Odstranění živin, odstranění biomasy

Indikace

- Přímé stanovení živin - podle koncentrace N a P ve vodě
- Podle růstové odezvy *in vitro* - metoda trofického potenciálu - laboratorní metoda, růstové testy na řase *Desmodesmus quadricauda*
- Stanovení koncentrace řas a sinic jako chlorofyl a - *in situ*
- Podle *in situ* realizované zvýšené koncentrace biomasy fototrofů
- Bioindikační metody - analýza společenstva řas a sinic
- Hodnocení podle změn v druhovém složení - fytoplankton, fytobentos, makrofyta

Fosfor jako limitující prvek

Element	Symbol	Supply in water (%)	Demand by plants (%)
Oxygen	O	89.0	80.5
Hydrogen	H	11.0	9.7
Carbon	C	0.0012	6.5
Silicon	Si	0.00065	1.3
Nitrogen	N	0.000023	0.7
Calcium	Ca	0.0015	0.4
Potassium	K	0.00023	0.3
<u>Phosphorus</u>	<u>P</u>	<u>0.000001</u>	<u>0.08</u>
Magnesium	Mg	0.0004	0.07
Sulfur	S	0.06	0.06
Sodium	Na	0.0006	0.04
Iron	Fe	0.00007	0.02

Zákon minima: limitujícím prvkem pro růst rostlin je ten prvek, který je v prostředí v minimu

Stupně trofie

Trofický stav	Koncentrace celkového fosforu ve vodě ($\mu\text{g/L}$)
Oligotrophic	$< 10 \mu\text{g/L}$
Mesotrophic	$10-30 \mu\text{g/L}$
Eutrophic	$30-100 \mu\text{g/L}$
Hypertrophic	$> 100 \mu\text{g/L}$

Pro masový rozvoj sinic postačuje koncentrace fosforu cca $20-25 \mu\text{g/L}$

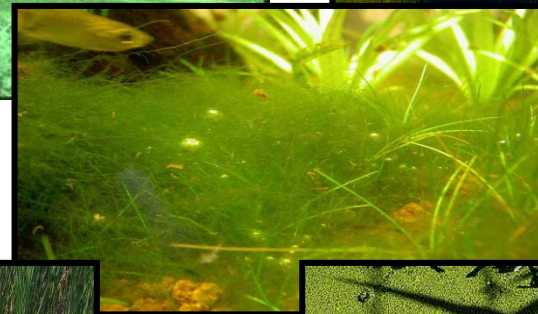
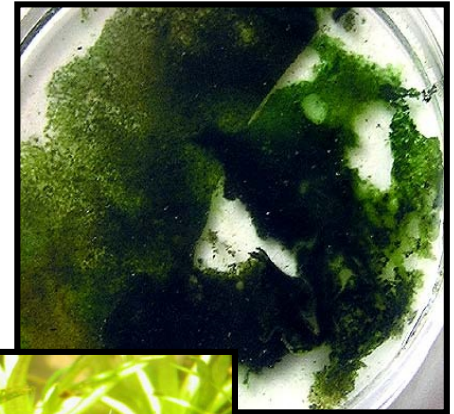
Brněnská přehrada (před zásahy): $200-300 \mu\text{g/L}$

Plumlov: $40-50 \mu\text{g/L}$

Máchovo jezero - $20-30 \mu\text{g/L}$

Dominanty trofizovaných vod

1. drobné planktonní řasy
(vegetační zbarvení)
2. koloniální a vláknité sinice
(tzv. vodní květ)
3. bentické sinice a rozsivky
4. litorální vláknité řasy
5. vyšší vodní vegetace
- rostliny

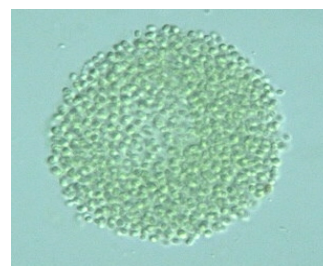
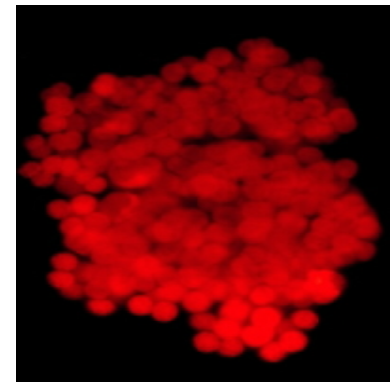
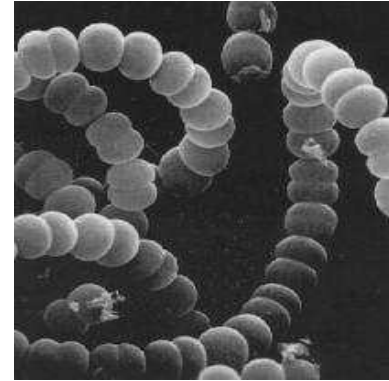


Důsledky zvýšené trofie

- Vodní květ - rychlejší vývoj řas a sinic
 - Posmrtně uvolňují toxiny
- Snížená samočisticí schopnost vod
- Problémy s úpravou vody
- Zmenšená možnost využívání vody k zásobování a rekreaci

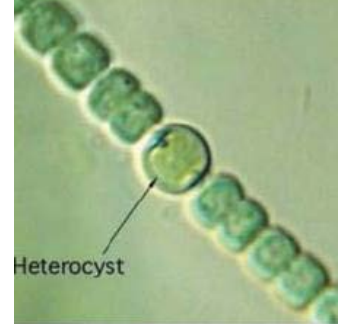
SINICE (=CYANOBAKTERIE)

- fotosyntetizující prokaryota - bakterie
- jednobuněčné či vláknité organismy
- modrozeleně zbarvené (blue-green algae)
- velikost 1-10 μm
- přes 2000 druhů
- osidlují **rozmanité biotopy** (sladké i slané vody, vlhká půda, ledovce, kůra dřevin, fykobionti v lišejnících...)
- většina druhů se vyskytuje ve **vodních ekosystémech** - v sladkých i slaných vodách
- produkce **biologicky aktivních látek**
 - cca 3.5 mld let staré
 - vytvoření kyslíkové atmosféry Země



Přemnožení
→ **vodní květ**

STAVBA TĚLA



jednobuněčná X

- propojení slizovými pouzdry
⇒ kolonie

mnohobuněčná (vláknitá)

- nevětvená nebo větvená
- propojené buňky
- specializované buňky

➤ Vegetativní buňky

➤ Akinety - schopné přežít nepříznivé podmínky

➤ klidové rezistentní stadium

➤ větší buňky s tlustou stěnou, často v řetízcích

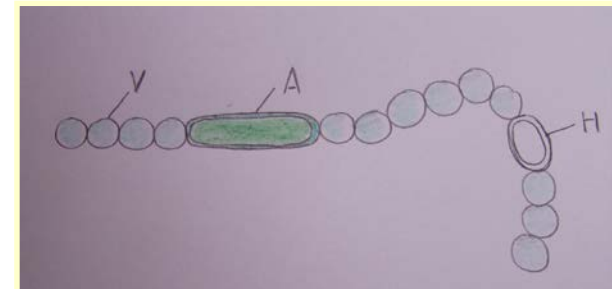
➤ rezistence vůči vysychání a fyzikálnímu porušení

➤ vegetativní buňky se přeměňují v akinety na konci exponenciální fáze

➤ akinety klíčí a vyrůstají z nich vegetativní buňky, v řetízcích

➤ Heterocyty - bezbarvé, váží vzdušný dusík

➤ za nedostatku využitelného dusíku se v řetízku tvoří heterocyty - zhruba každá sedmá buňka



! LIDSKÉ AKTIVITY !

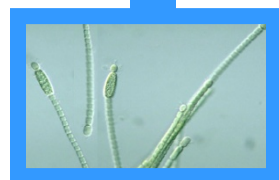
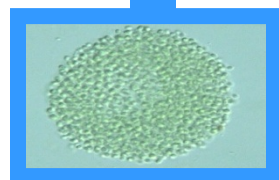
nárůst koncentrace
CO₂ v atmosféře,
nárůst UV radiace

spalování

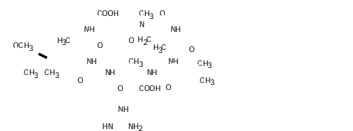
*zemědělství,
odpadní vody*

sinice
(cyanobaktérie)

eutrofizace vodních
ekosystémů



masový rozvoj sinic
(vodní květy)



CYANOTOXINY



Masový rozvoj sinic – globální problém



Upper Saranac River, USA



Bedetti Lake, Argentina



Neuse River, USA



Baltické moře, Evropa



Nové Mlýny, Česko



Žluté moře, Čína



Lake Mokoan, Austrálie



Jihoafrická republika

Eutrofizovány téměř všechny evropské řeky – Seina, Dunaj, Labe
Jezera – Balaton, africká jezera - Viktoriino jezero – úhyny ryb a ptáků
Moře a oceány – Finský záliv v Baltském moři, kanál La Manche

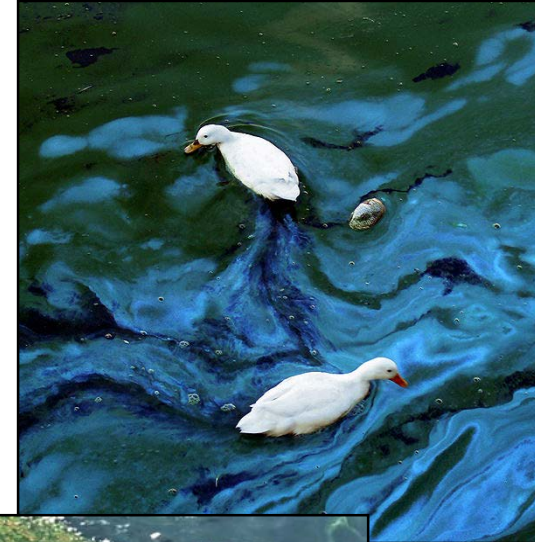
Podmínky masového rozvoje

- Sluneční záření
- Teplá voda (teplé letní dny)
- Stojatá nebo pomalu tekoucí voda
- Živiny (fosfor)



Důsledky masového rozvoje sinic

- snížení biodiverzity
- narušení kyslíkového režimu (ranní anoxické zóny) - bakteriální rozklad biomasy sinic - náhlé vyčerpání kyslíku z vody
- změna chemismu vody v průběhu jejich růstu (zejm. změny pH)
- snížení kvality vod (produkce pachů a pachutí)
- hospodářský dopad (rekreace, rybářství)
- vliv na akvatické bakterie, zooplankton, ryby a obojživelníky; vlivy na chování zvířat
- ovlivnění vodních rostlin - redukce prostupnosti světla pro fotosyntézu

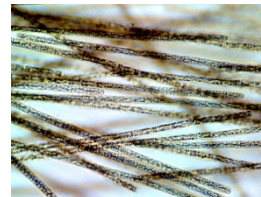
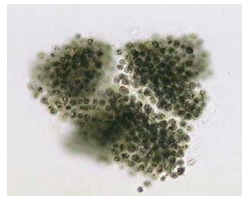
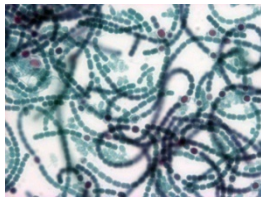


Metabolismus sinic

- Primární metabolismus
 - Fotosyntéza - produkce O₂
- Sekundární metabolismus
 - vitamíny, peptidy, hormony, enzymy, polysacharidy, antibiotika, **CYANOTOXINY**

Produkce cyanotoxinů

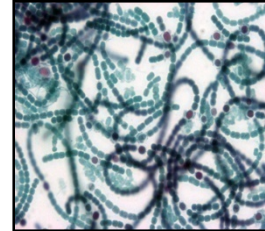
- Producenti: Kokální i vláknité sinice



SINICE

produkují stovky sekundárních metabolitů

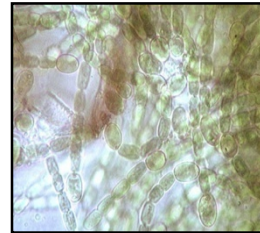
- rozmanité struktury:
 - peptidy a depsipeptidy (lineární, cyklické)
 - heterocyklické sloučeniny
 - lipidické látky



BIOTOXINY - vysoká akutní toxicita pro savce
- dle specifických účinků:



neurotoxiny, hepatotoxiny, dermatotoxiny, genotoxiny, imunotoxiny a embryotoxiny



CYTOTOXINY - biologická aktivita, nízká akutní toxicita
(př. protirakovinné metabolity-cryptophyciny)

CYANOTOXINY

Nejvýznamnější rody produkující cyanotoxiny
(dosud identifikováno cca 50 druhů
produkujících tyto látky):

Anabaena (microcystiny, anatoxiny, anatoxin-a(S),
saxitoxiny, cylindrospermopsin)

Aphanizomenon (anatoxiny, saxitoxiny,
cylindrospermopsin)

Microcystis*, *Nodularia (microcystiny a nodulariny)

Planktothrix*/*Oscillatoria (microcystiny, anatoxiny,
saxitoxiny)

Cylindrospermopsis (cylindrospermopsin, saxitoxiny)



Specifické účinky cyanotoxinů

- **Neurotoxiny** - narušení nervového systému
 - Anatoxin-a
 - Anatoxin-a(s)
 - Saxitoxin
 - Neosaxitoxin
- **Hepatotoxiny** - poškození jater
 - Microcystiny
 - Nodulariny
 - Cylindrospermopsin
- **Dermatotoxiny** - poškození kůže
 - Lyngbyatoxin
 - Aplysiatoxin
- **Promotory nádorů** - podporují nádorové bujení
 - Microcystiny, lyngbyatoxin, aplysiatoxin

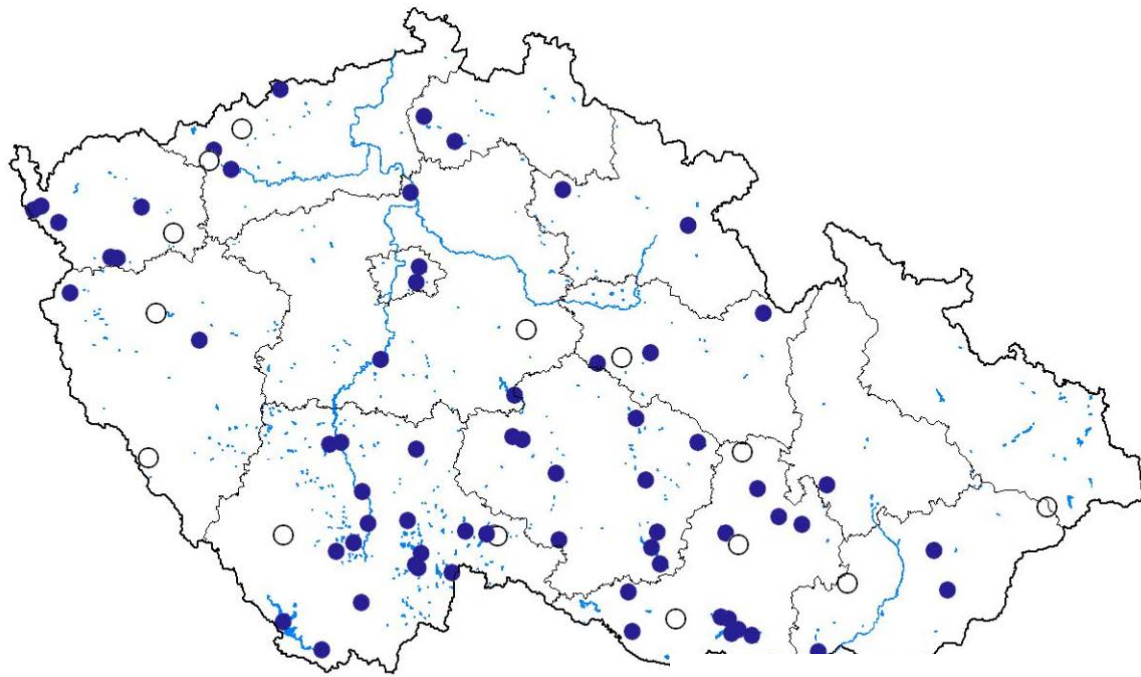


Lipopolysacharidy - narušení gastrointestinálního traktu,
kožní iritant

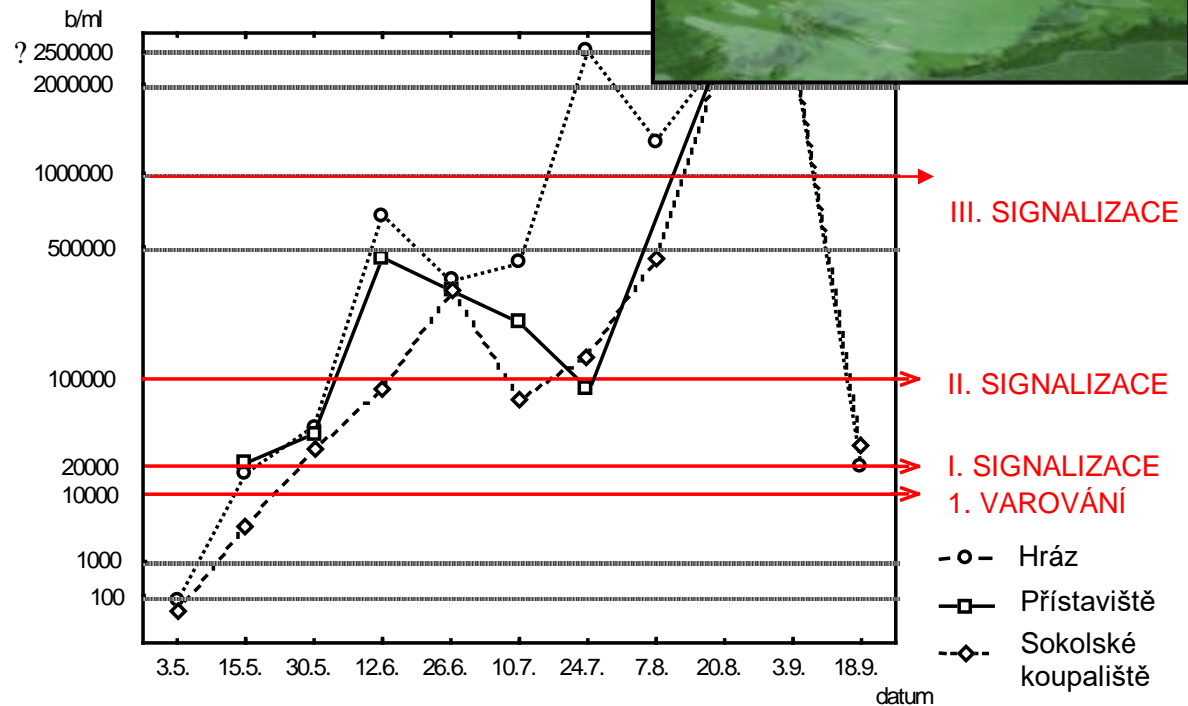


TOXIN	STRUCTURE	STRUCTURE VARIATION	LD50* (µg.kg ⁻¹)	TOXICITY
Microcystin	cyclic heptapeptide	>60	50-1200	hepatotoxicity, tumor promotion induction of oxidative stress
Nodularin	cyclic pentapeptide	7	50-2000	hepatotoxicity, tumor promotion
Anatoxin	alkaloide	2	200-250	neurotoxicity
Anatoxin-a(S)	methylphospho- ester N-hydroxy- guanine	1	20	neurotoxicity
Saxitoxin	carbamat alkaloid	19	10	neurotoxicity
Cylindrospermopsin	guanidin alkaloid	2	200**	cytotoxicity, target organs: liver and kidney
Aplysiatoxin		2		dermatotoxicity, tumor promotion
Lyngbyatoxin	modified cyclic dipeptide	1		dermatotoxicity, tumor promotion
Lipopolysaccharide				irritate effect

WHO (ČR) **1 $\mu\text{g/l}$**
MC-LR v pitné vodě
 při 100 000 buněk/ml
 - **zákaz koupání**

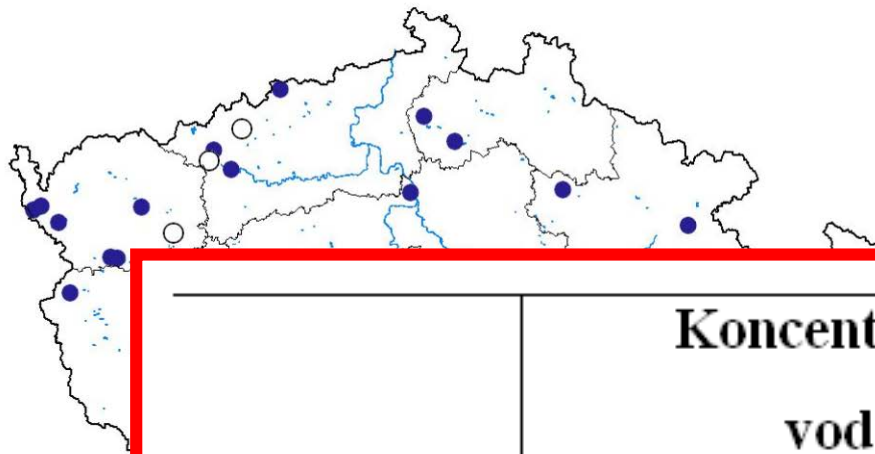


Toxické VKS
80% nádrží a
 rybníků v **ČR**



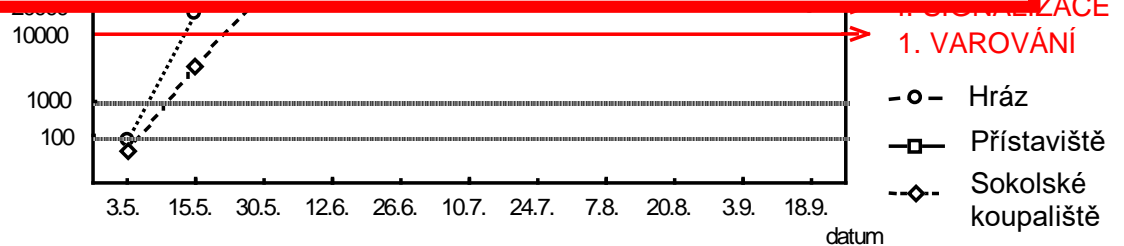
WHO (ČR) **1 $\mu\text{g/l}$**
MC-LR v pitné vodě

při 100 000 buněk/ml



**Koncentrace microcystinu ($\mu\text{g/L}$) na
vodárenských nádržích ČR**

	2004	2005	2006	2007	2008	Celkem 2004-8
N	52	46	68	111	89	366
Průměr	0.46	0.93	0.60	0.64	0.27	0.55
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	9.18	17.27	6.76	10.59	5.05	17.27



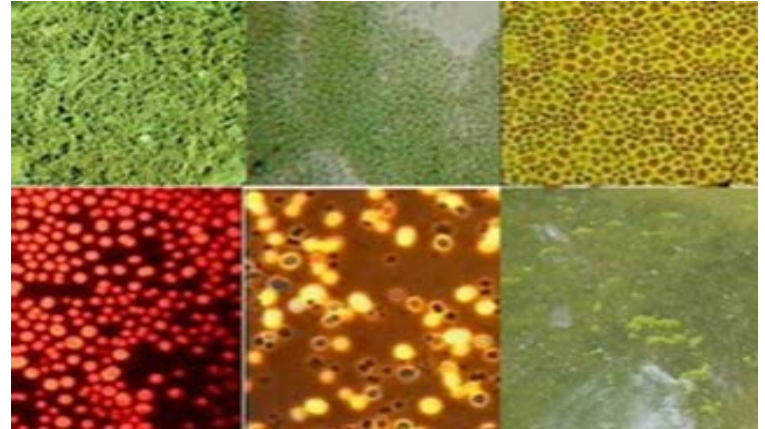
LIZACE

ZACE

1. VAROVÁNÍ

„Nové“ cyanotoxiny

- Ohromné množství sloučenin (anagnostec.com: 5000 látek)
- Minimum informací:
 - toxikologie ?
 - výskyt a osud v prostředí ?
 - vliv na volně žijící organismy ?
 - účinky složitých směsí ?
 - přirozená funkce těchto látek ?
- Podle mnoha indicií existuje **mnoho dalších dosud neobjevených toxických metabolitů sinic** (sinice jsou často toxické i když neobsahují žádný z dosud identifikovaných cyanotoxinů!!!).
- **Farmakologicky slibné látky**
- **Tříděné látek, nomenklatura..... nejednotné**
- detailní studium - nutnost LC/MS instrumentace



Sinice & ekosystém

MASOVÝ
ROZVOJ
SINIC



Cyanotoxiny - zdravotní a ekologická rizika ?

Cyanotoxiny

The diagram illustrates the health and ecological risks of cyanotoxins. The central focus is the word "Cyanotoxiny" in a blue oval, surrounded by several chemical structures of these toxins. Three arrows point from these structures to different areas of risk:

- Red Arrows:** Point to human health risks, including a swimmer in a pool, a boy drinking water from a tap, and a girl eating a sandwich.
- Green Arrows:** Point to ecological risks, including a duck, a bird, and a fish.
- Blue Arrow:** Points to aquatic life, including a clam, a mussel, and a snail.

The bottom half of the image shows various organisms affected by cyanotoxins, including a mosquito, a water bug, a crayfish, a fly, a red worm, a scud, a water penny larva, a damselfly nymph, a dragonfly nymph, a frog, and several types of fish and shellfish. On the right side, there are illustrations of cyanobacteria (blue-green algae) in various forms, including a red-tipped plant, a green filamentous form, and a green bushy form.



Sinicový květ – problém ?



USA

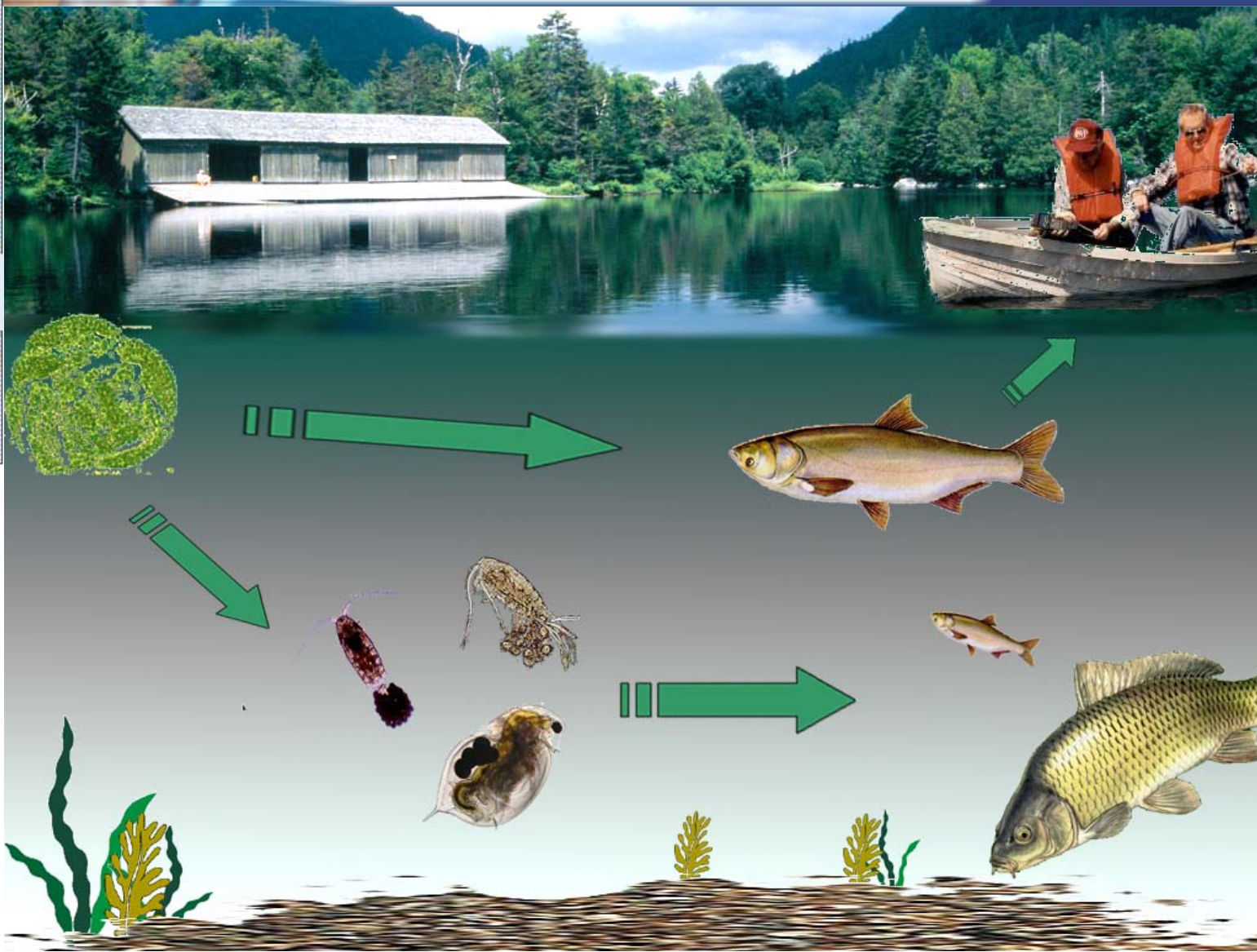


Department of
Infrastructure, Planning and Natural Resources

AUSTRÁLIE

Bioakumulace

MICROCYSTINU



Toxins

Animal Health Effects



<u>Country</u>	<u>Species Killed</u>
• Argentina	• cattle
• Australia	• cattle, sheep
• Canada	• cattle, waterfowl
• England	• dogs, fish
• USA	• dogs, cattle, human?

In July 2002, a Wisconsin teenager died two days after swimming in a golf-course pond that had a bloom of *Anabaena flos-aquae*. A year later, an autopsy reported the death was due to cyanotoxins in the pond water (Anatoxin-a).

Vliv na člověka

- z pitné vody, z rekreační expozice
 - Alergie - vyrážky
 - Zánět spojivek
 - Bronchitida
 - Střevní a žaludeční potíže
 - Bolesti hlavy
 - Jaterní problémy

Otravy dobytka a domácích zvířat (psi) pijících znečištěnou vodu

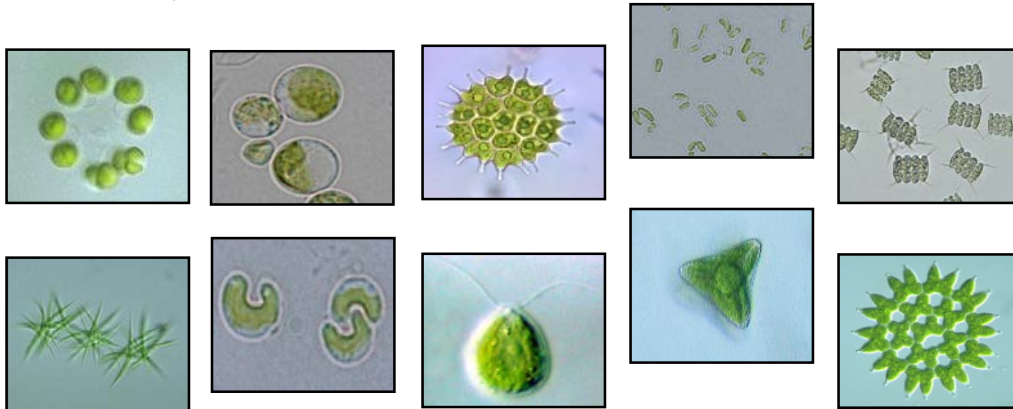
Zvířata - více dokumentovaných otrav - nádrže nebo řeky kontaminované sinicemi pro zvířata často jediným dostupným zdrojem vody a jsou pak nucena konzumovat jí nesrovnatelně větší množství, než je náhodné požití lidmi při rekreaci

Případy otrav spojené s cyanotoxiny v pitné vodě	
1931	USA: masivní vodní květy <i>Microcystis</i> v řekách Ohio a Potomac způsobily onemocnění 5000 – 8000 lidí (převážně gastroenteritidami) v řadě měst zásobovaných vodou z těchto řek
1960 - 1965	Zimbabwe, Harare: v části města zásobované vodou z nádrže s vodním květem <i>Microcystis</i> každoročně v době kolapsu vodního květu docházelo k rozvoji gastroenteritid u dětí. Děti ze čtvrtí s jiným zdrojem vody nebyly ovlivněny a nebyly identifikovány žádné infekční faktory.
1975	Pensylvánie, USA: akutní gastroenteritidy u 62% z 8000 lidí, konzumace vody z nádrže se sinicí <i>Schizotrix</i>
1975	USA: endotoxický šok 23 dialyzních pacientů ve Washingtonu související s rozvojem sinic ve vodárenské nádrži
1979	Austrálie: po algicidním zásahu proti vodnímu květu <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> ve vodárenské nádrži na Palm Island onemocnělo přes 140 obyvatel (převážně děti) těžkými hepatoenteritidami, které si vyžádaly hospitalizaci. Symptomy byly malátnost, nechutenství, zvracení, bolesti hlavy, zvětšení jater, zácpy následované krvavými průjmy, dehydratace. Rozbory moče prokázaly poškození ledvin a rozbory krve zvýšené hladiny jaterních enzymů indikující poškození jater.
1994	Švédsko, 3 vesnice poblíž Malmö: po dobu několika hodin došlo k náhodnému míchání vodárensky neupravené říční vody s pitnou vodou. V řece v té době rostla hustě sinice <i>Planktothrix agardhii</i> produkující microcystiny. 121 obyvatel (z celkových 304) onemocnělo (nevolnosti, bolesti břicha, svalů, hlavy, zvracení, průjmy, horečky). Ovlivněna byla také domácí zvířata (psi a kočky).
Případy spojené s rekreační expozicí	
1959	Kanada, Saskatchewan: navzdory úhynům dobytka a varováním před rekreačním využitím plavali lidé v jezeře zamořeném sinicemi. 13 osob onemocnělo (bolesti hlavy, nevolnost, bolesti svalů, bolestivé průjmy). V exkrementech jednoho z pacientů, který náhodně požil asi 300ml vody, byly identifikovány sinice <i>Microcystis</i> a <i>Anabaena circinalis</i> .
1980 - 1981	Pensylvánie a Nevada, USA: u více než 100 osob podráždění očí, kůže, bolest uší, symptomy „senné rýmy“, akutní gastroenteritidy aj. po plavání a vodním lyžování v jezeře s <i>Aphanizomenon</i> a <i>Anabaena</i>
1989	Anglie: po plavání a jízdě na kanoích ve vodě se silným vodním květem sinic rodu <i>Microcystis</i> trpělo 10 z 20 branců zvracením, průjmy, bolestmi břicha, otoky rtů, bolestmi v krku. U dvou z nich se rozvinul silný zápal plic (zřejmě způsobený aspirací

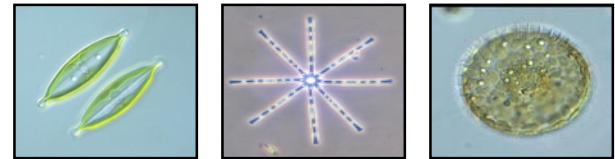
Účinky na fotoautotrofní organismy

- studium alelopatických interakcí
- objasnění možné funkce některých cyanotoxinů

Zelené řasy (*Chlorophyta*)



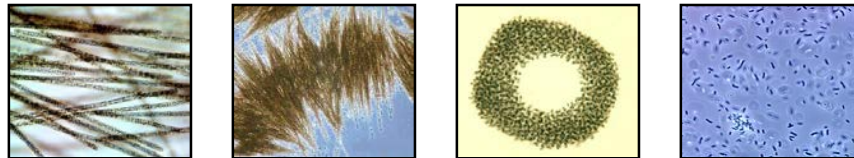
Rozsivky (*Chromophyta*)



Skrytěnky (*Cryptophyta*)

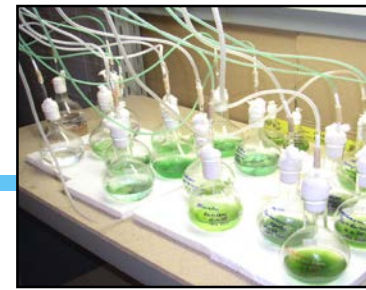


Sinice (*Cyanophyta*)

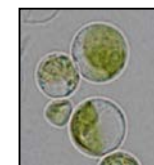
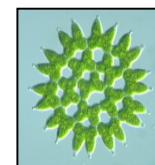
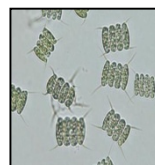
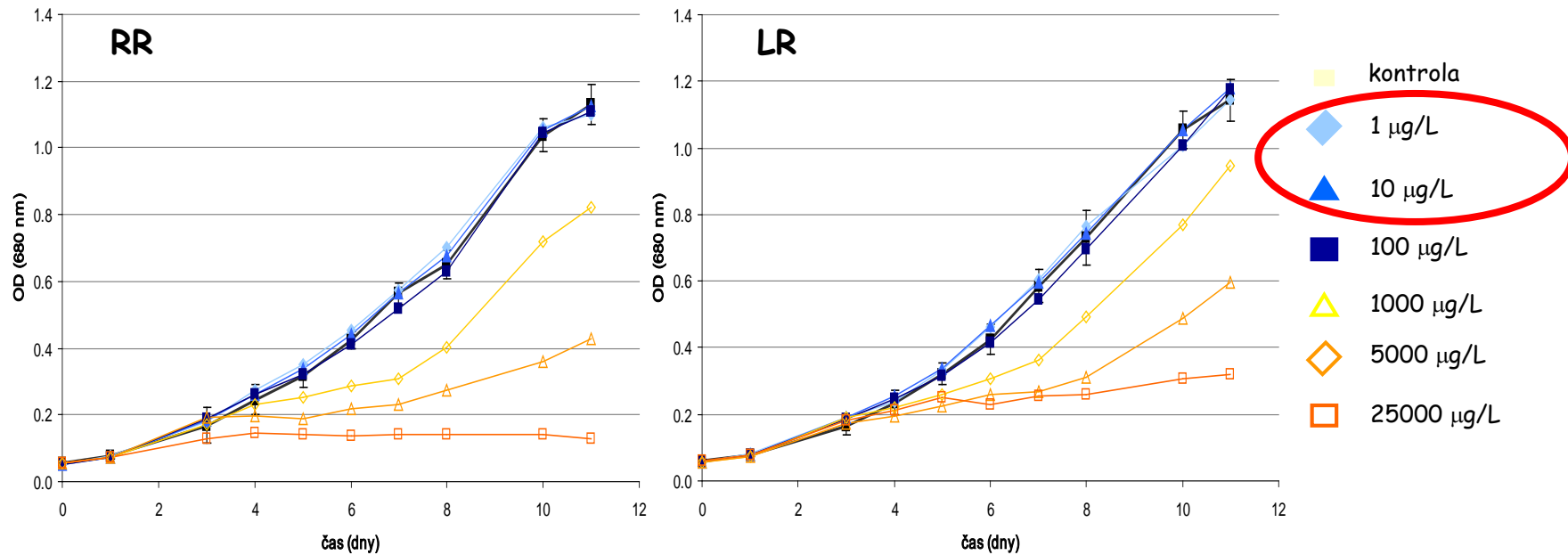


- vliv na vodní rostliny, které jsou schopny přijímat microcystiny; některé studie ukázaly účinky microcystinů na aktivitu rostlinných detoxikačních enzymů (Pflugmacher et al. 1998; Pflugmacher et al. 1999)

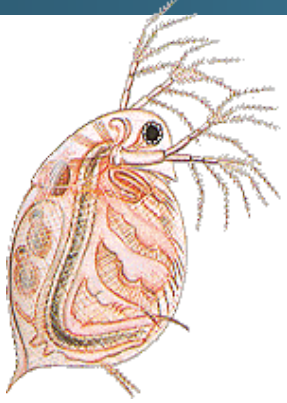
Sinice, cyanotoxiny a řasy



Pseudokirchneriella subcapitata



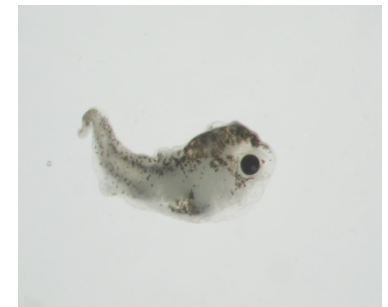
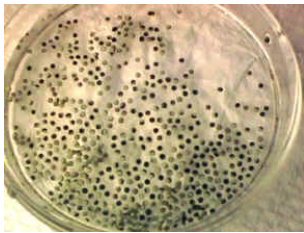
Účinky na živočichy



- planktonní korýši (*Daphnia magna*)
- akutní toxicita, chronická a reprodukční toxicita



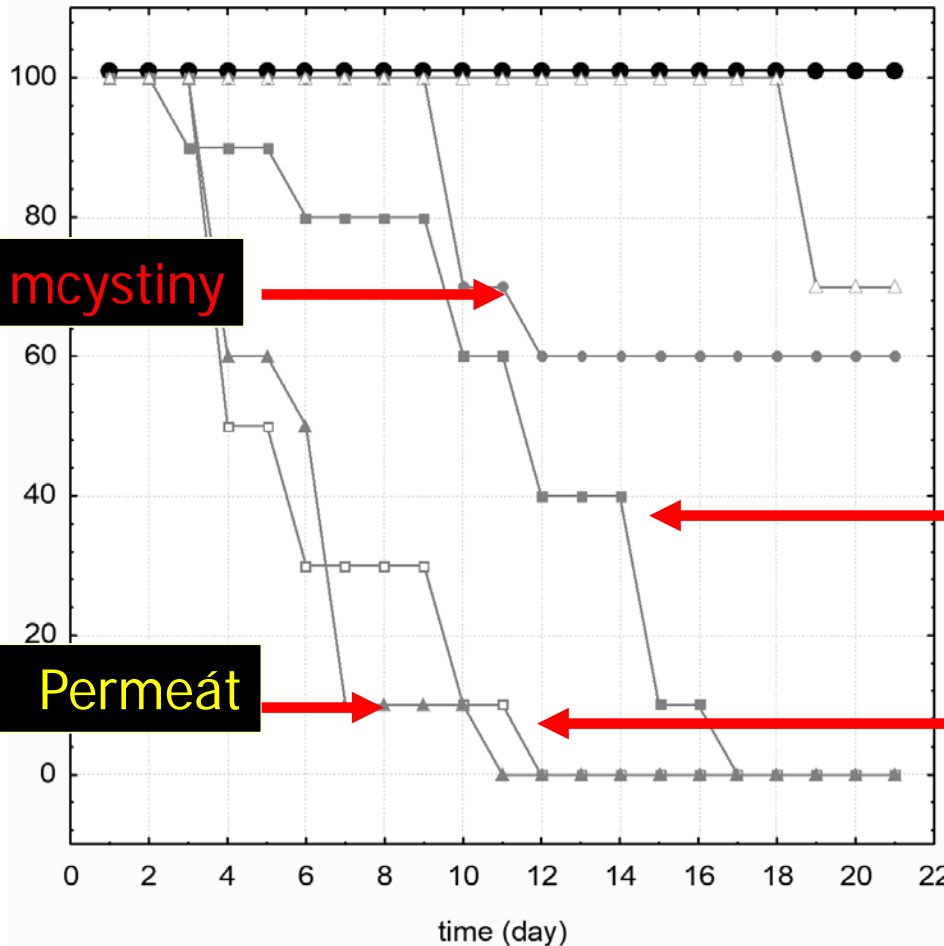
- embrya drápatek (*Xenopus laevis*)
- embryotoxicita, teratogenita



Sinice, cyanotoxiny a zooplankton



Reprodukce



Frakce - mcystiny

Permeát

Kontrola

Extrakt z řas

Celý vod. květ

Extrakt

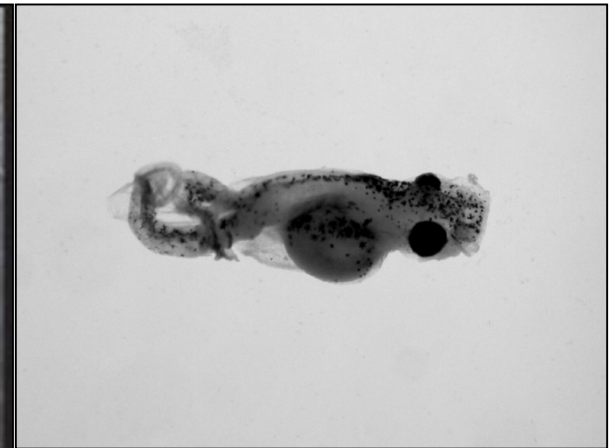
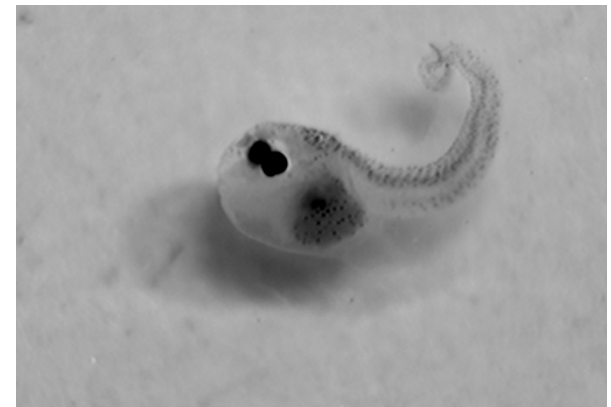
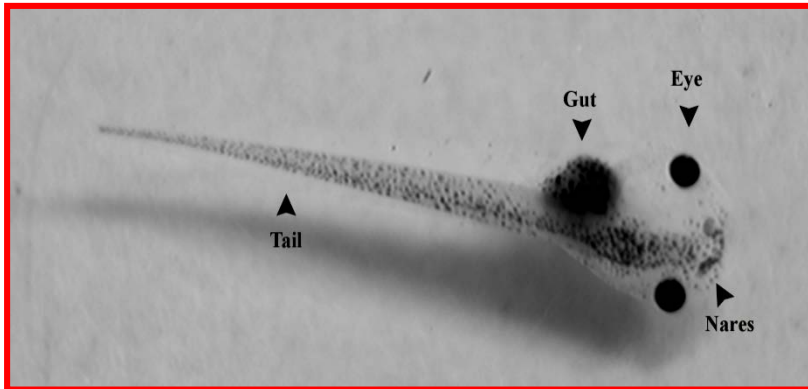
- kontrola
- BIOM
- AQ.EXTRACT
- ▲ C18 PERMEATE
- C18 ELUATE
- △ SPINACH

Sinice, cyanotoxiny a vodní obratlovci

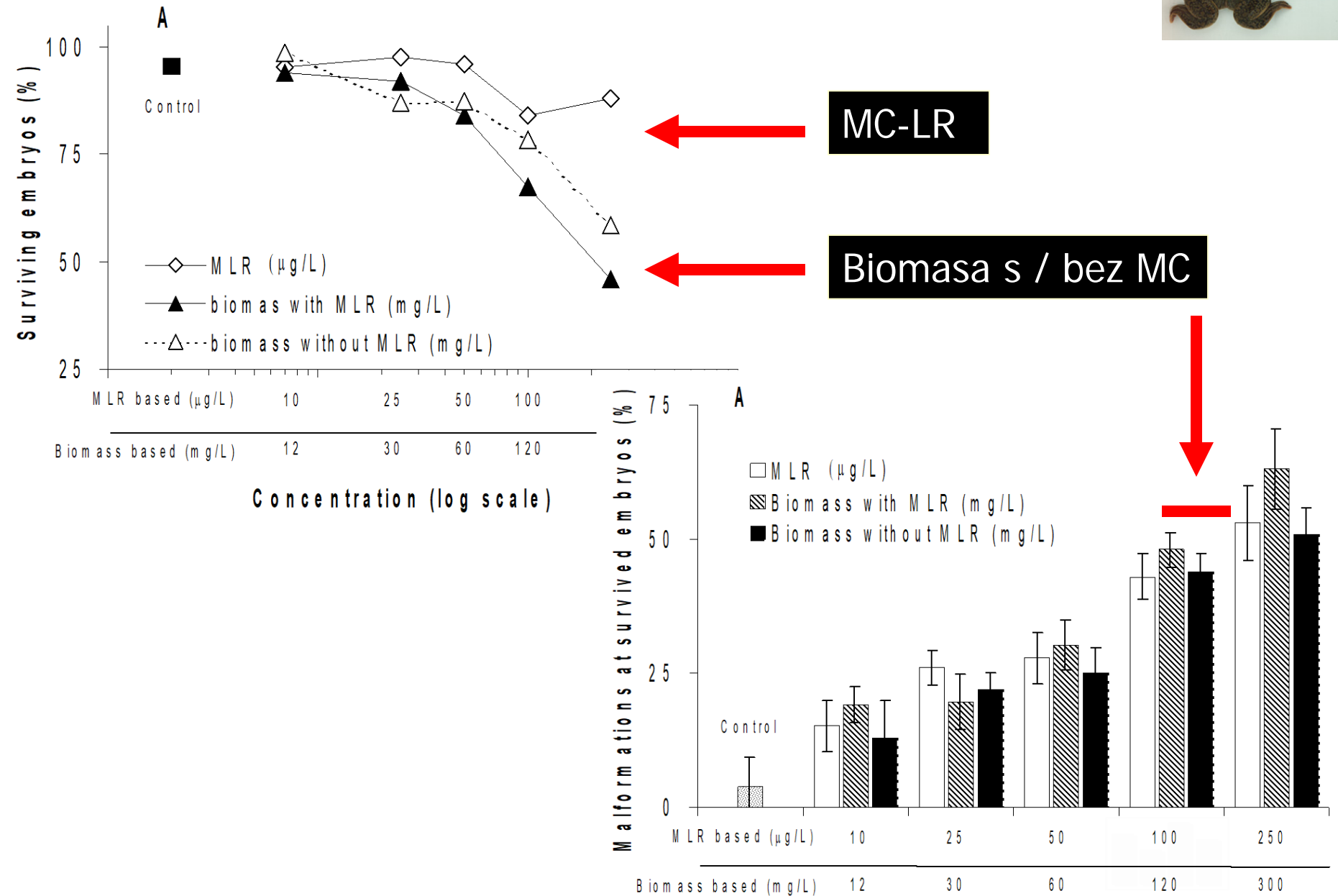
- embryotoxicita, teratogenita



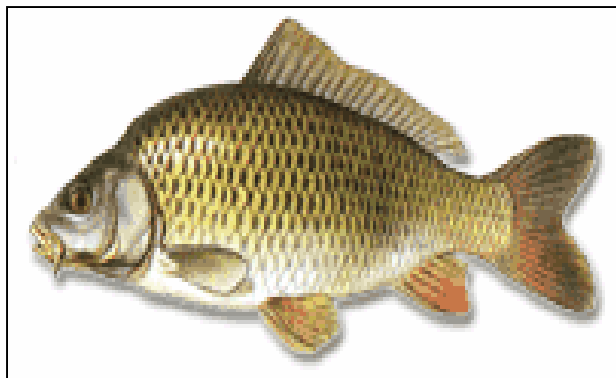
Kontrola



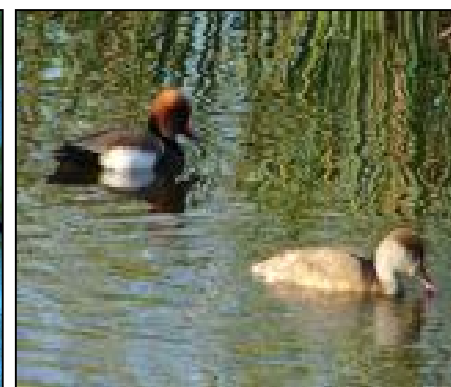
Sinice, cyanotoxiny a vodní obratlovci



Účinky na obratlovce



- Úhyny ryb spojené především se **snížením obsahu kyslíku**



- **Hromadné úhyny ptáků** v různých částech světa spojovány s masovými rozvoji sinic - nejednoznačné důkazy

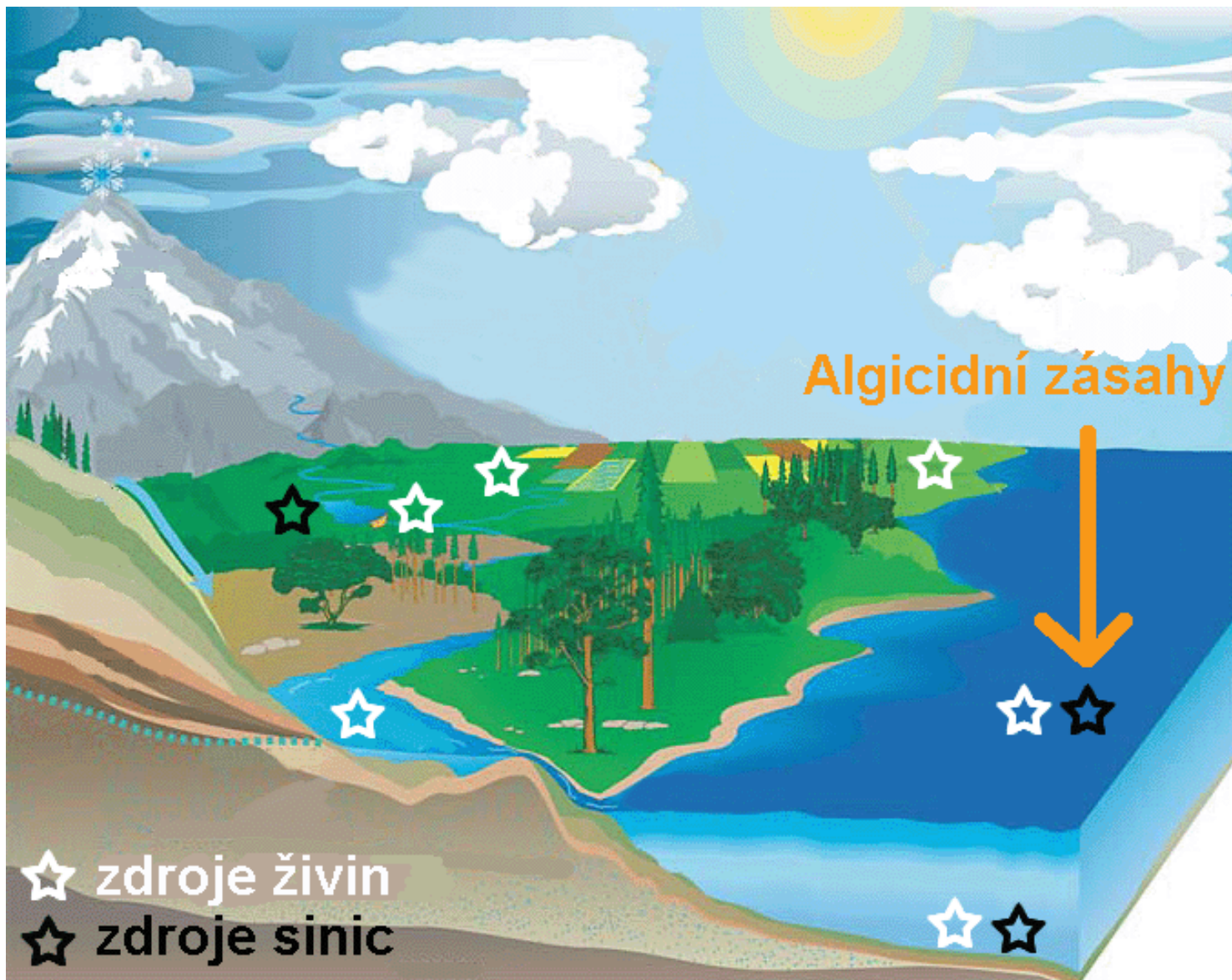
- Většinou **souhrn více faktorů** - paraziti, UV, sinice, patogeny - oslabení populací

Potlačování eutrofizace

Metody omezení masového rozvoje sinic

- Snížení koncentrace živin v povodí nad nádrží -
Odstranění zdrojů z povodí
 - Bodové zdroje - ČOV, odpadní vody
 - Plošné zdroje - eroze půdy, znečištění ovzduší
 - Zákaz fosfátových detergentů (prací prášky ČR 2006, EU 2013)
 - Omezení užití umělých hnojiv
- Snížení koncentrace živin v nádrži
- Odstraňování inokula sinic ze sedimentů, odtěžení sedimentů z nádrží
- Regulace rybí obsádky, Biomanipulace
- Rozšiřování makrofyt (vyšší vodní rostliny)
- Algicidní zásahy

Zdroje fosforu a sinic (nejen) v nádržích



Zdroje fosforu v povodí nad nádrží

Bodové zdroje - lidská sídla (města, vesnice)

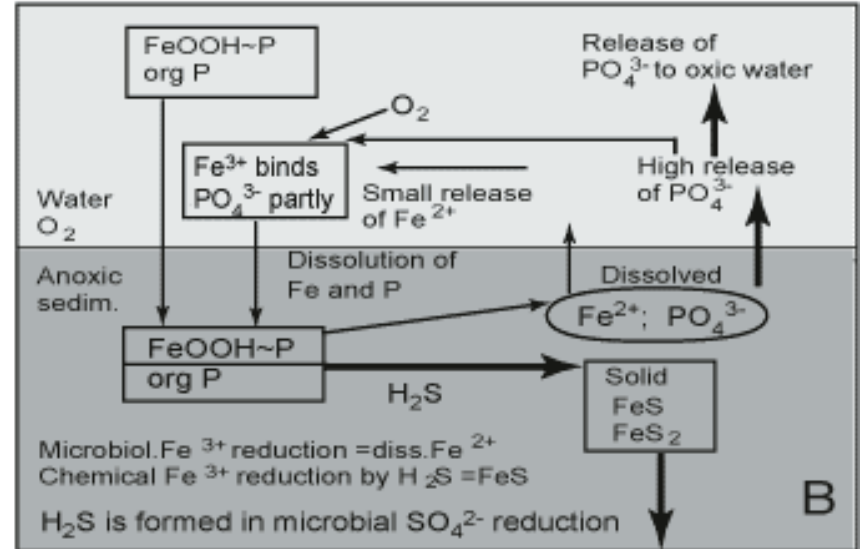
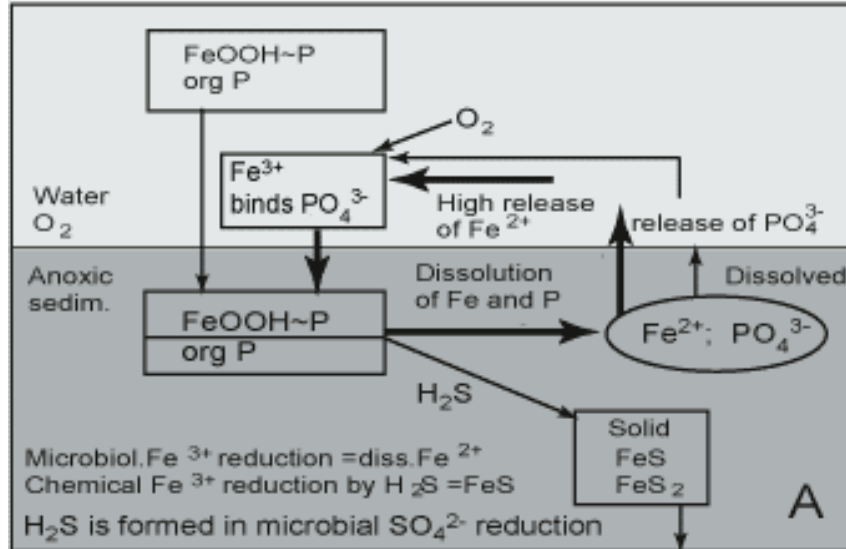
- průmyslové závody
- zemědělské objekty
- čistírny odpadních vod!
- rybníky... atd.

Difuzní zdroje - atmosferický spad

- geologické podloží
- roztroušená sídla
- pole ... atd

Zdroje fosforu v nádrži

- Biomasa - řasy, rostliny, sinice, zooplankton, ryby ...
- Sediment - zásobárna fosforu nádrží
 - zpětné uvolňování do vodního sloupce za anoxických podmínek (role dusičnanů)

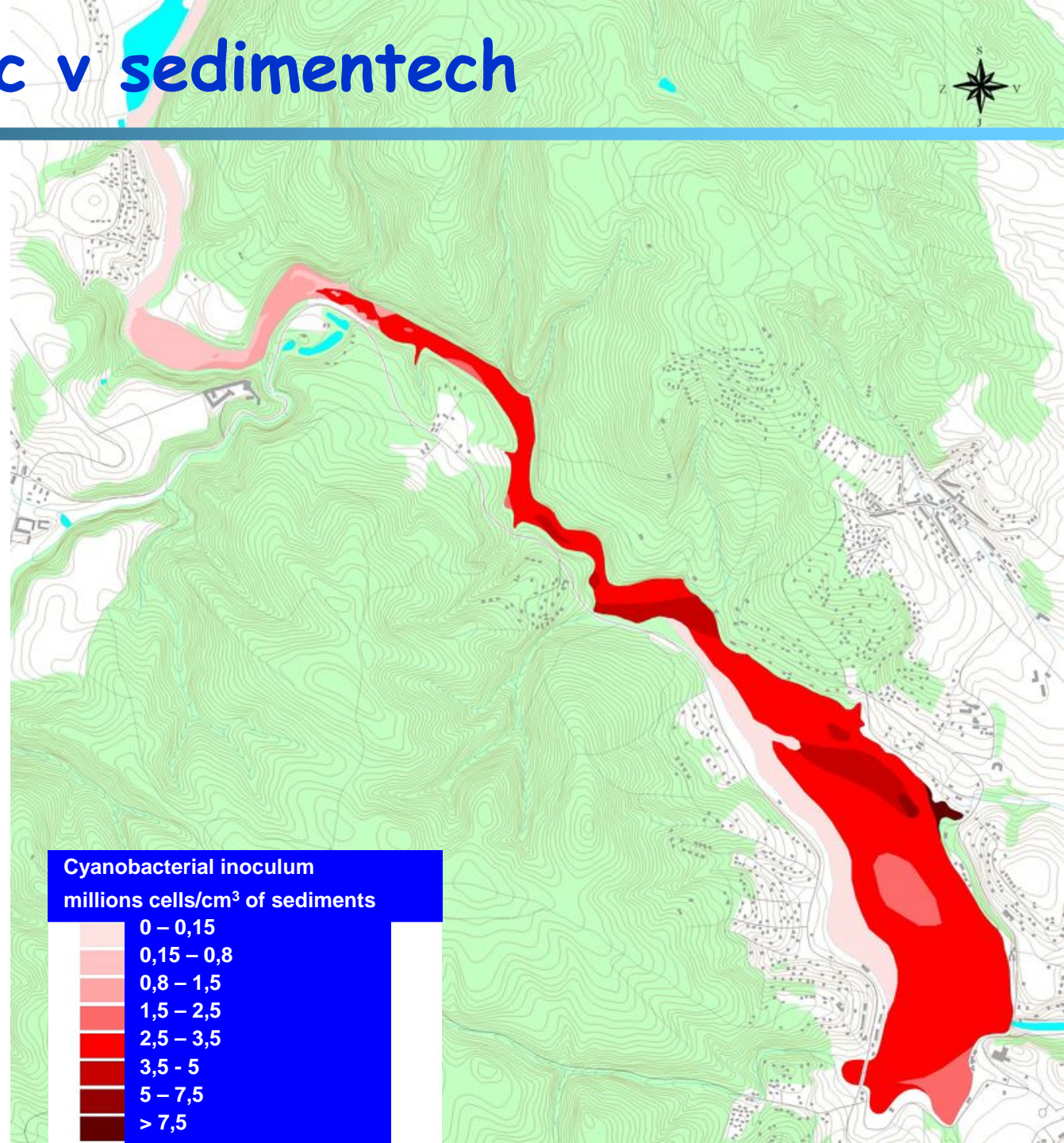


Zdroje sinic

- Sinice jsou přirozenou součástí nádrží, avšak bez „pomoci“ člověka by se nikdy **znovu** nestaly dominantní skupinou autotrofů
- Povodí nad nádrží - rybníky, přehradý s masovým rozvojem sinic
- Sedimenty v nádržích s masovým rozvojem sinic

Inokulum sinic v sedimentech

Brněnská
Přehrada
2002



Snižování koncentrace fosforu v povodí

- Výstavba ČOV s terciálním stupněm čištění
- Zákaz používání fosfátových prášků a mycích prostředků
- Technická protierozní opatření
- Vrstevnicové hospodaření
- Ochranné travní pásy
- Zajištění úniků živin z farem
- Terasy a meze
- Decentralizované čištění odpadních vod
- Nevegetační stabilizace půdy
- Protipovodňová opatření v citlivých oblastech

Snižování koncentrace fosforu v nádrži

- Aplikace železa/hliníku
- Aplikace vápna
- Využití jílu



Látky vážící fosfor aplikovány přímo do vodní nádrže. Fosfor deaktivují a snižují tak jeho dostupnost pro primární producenty.

- řada komerčně využívaných látek ke srážení fosforu z vodního sloupce.
 - založeny na reakcích fosforu s hliníkem, železem, kalcitem (uhličitan vápenatý), hašeným vápnem (hydroxid vápenatý) nebo jílovými částicemi (bentonity, zeolity, modifikované jíly, kaolíny apod.)
- Hypolimnické odpouštění
 - - snížení obsahu živin v nádrži odpouštěním na živiny bohaté hypolimnické vody, i zlepšení kyslíkových poměrů u dna

Ošetření sedimentů

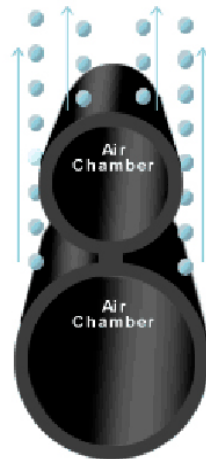
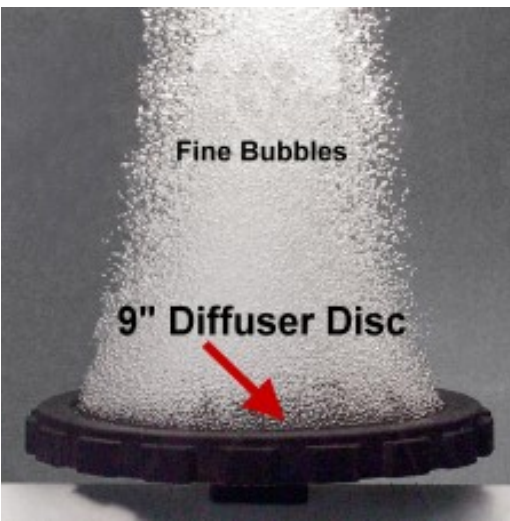
- Překrývání sedimentů
 - aktivní bariéry - materiály které mohou aktivně adsorbovat fosfor (jíly, vápence)
 - pasivní bariéry - inertní materiály, geotextílie, izolační fólie, surový popel, rozdrčené cihly...
- Odstraňování sedimentů - sací bagry
- Oxidace sedimentů - provzdušňování
- Aplikace bakterií

Ošetření sedimentů

Provzdušňovací a okysličovací techniky

teplotní stratifikace - kvůli rozkladu organické hmoty a minimální cirkulaci vody nade dnem mohou vznikat anoxické (bezkyslíkaté) podmínky - uvolnění živin ze sedimentů

- Provzdušňovací jednotky, aerátory, aerační věže



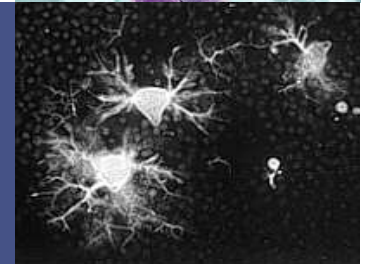
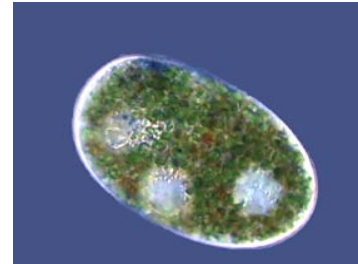
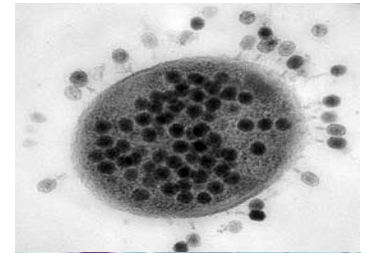
Ošetření sedimentů

- odstranění svrchní vrstvy sedimentů - nejvíc fosforu
- redukce vnitřní zásoby živin v nádrži
- odkryta vrstva s větší kapacitou pro další vázání fosforu.
- odstraněna značná část inokula (dočasně inaktivního stádia) sinic, které je v sedimentu trvale přítomno.



Regulace struktury biotických vztahů

- Využití mikroorganismů pro omezení masového rozvoje sinic
- Viry
- Bakterie
- Řasy
- Prvoci
- Houby a houbové organismy



Biotechnologie sedimentů:

- Mikroorganismy rozkládají organické látky v sedimentech a zvyšují nitrifikaci

Regulace struktury biotických vztahů

- Využití rybí obsádky
- Přímá predace planktofágních ryb - ichtyoeutrofizace (Tilapie?)
- Redukce bentofágních ryb (kapr, candát, cejn)
- Podpora dravých ryb (okoun, štika...) = podpora růstu vyšších rostlin



Regulace struktury biotický vztahů

- Využití makrovegetace
- Podpora rozvoje litorální vegetace → redukce živin (N, P), stabilizace ekosystému
- Odstranění nežádoucích látek (kumulace těžkých kovů, pesticidů aj.)
- Produkce alelopatických látek inhibujících růst sinic (*Myriophyllum* sp.)



Aplikace algicidních přípravků

Zásahy (pomocí algicidních přípravků) proti autotrofním organismům v eutrofních vodách je finančně náročný a nevede k dlouhodobým efektům pokud nejsou odstraněny živiny v povodí nad nádrží! Ale...

Proč se tedy provádí algicidní zásahy?

- Máchovo jezero
- Založeno Karlem IV 1366
- Rozloha 284 ha
- 1928 otevřena první pláž
- Denně návštěva až 30.000 lidí za účelem rekreace



Aplikace přípravků sice nemůže vyřešit problém Máchova jezera, může ovšem snížit zdravotní rizika rekreatantů a udržet turistický ruch

Algicidní zásahy

• Výhody

- Rychlý účinek
- Relativně levné
- Snadná manipulace
- Dostupnost

• Nevýhody (Rizika)

- Toxicita pro necílové organismy
- Akumulace v životním prostředí
- Vznik rezistence
- Kyslíkový deficit na dně nádrže
- Uvolňování toxinů

Algicidní látky

- Přírodní látky - ječná sláma, Myriophyllum, výluhy rostlin (listový opad)
- Algicidy první generace - skalice modrá, dusičnan stříbrný, manganistan draselný
- Algicidy druhé generace - většinou komerční přípravky biologicky rozložitelné, selektivní vůči řasám/sinícím, nezanechávají rezidua v ekosystému
- Koagulanty - síran hlinitý, polyaluminium chlorid, síran železitý (snižují obsah živin ve sloupci, schopny i odstraňovat buňky sinic)

Jak na toxické sinice ?

Neexistuje univerzální návod

- kombinace metod

- „specifický problém“ podle nádrže