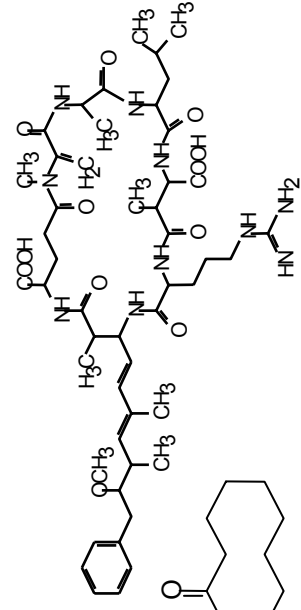
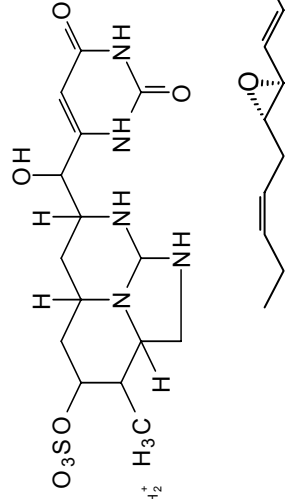
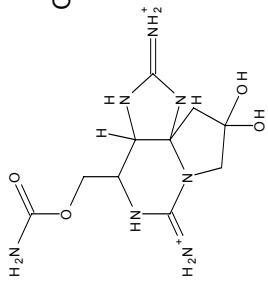
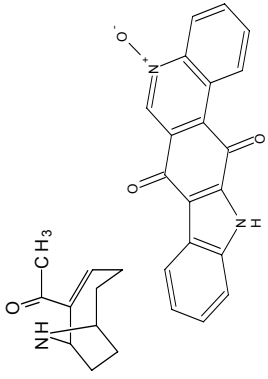


# MASOVÉ ROZVOJE SINIC

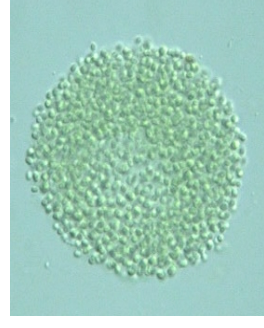
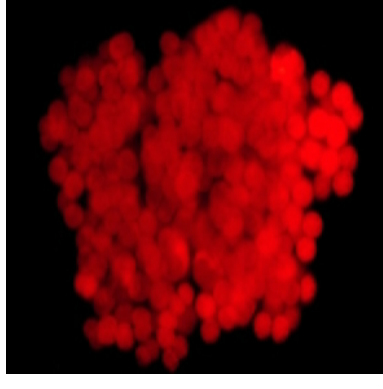
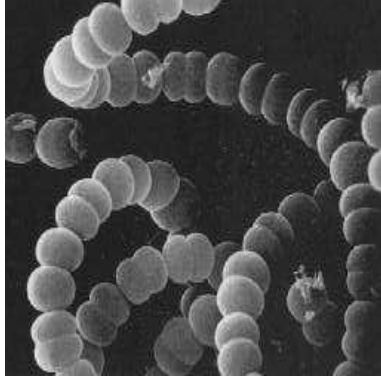
---



# SINICE (CYANOBAKTÉRIE)

---

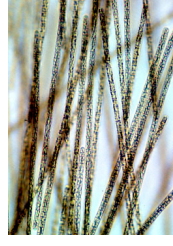
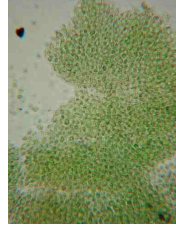
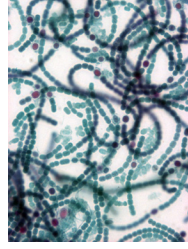
- fotosyntetizující prokaryota
- osidlují **rozmanité biotopy** (sladké i slané vody, vlhká půda, ledovce, kůra dřevin, fykobionti v lišejnících...)
- **většina druhů se vyskytuje ve vodních ekosystémech**
- **produkce toxických metabolitů**
- cca 3.5 mld let staré
- vytvoření kyslíkové atmosféry Země



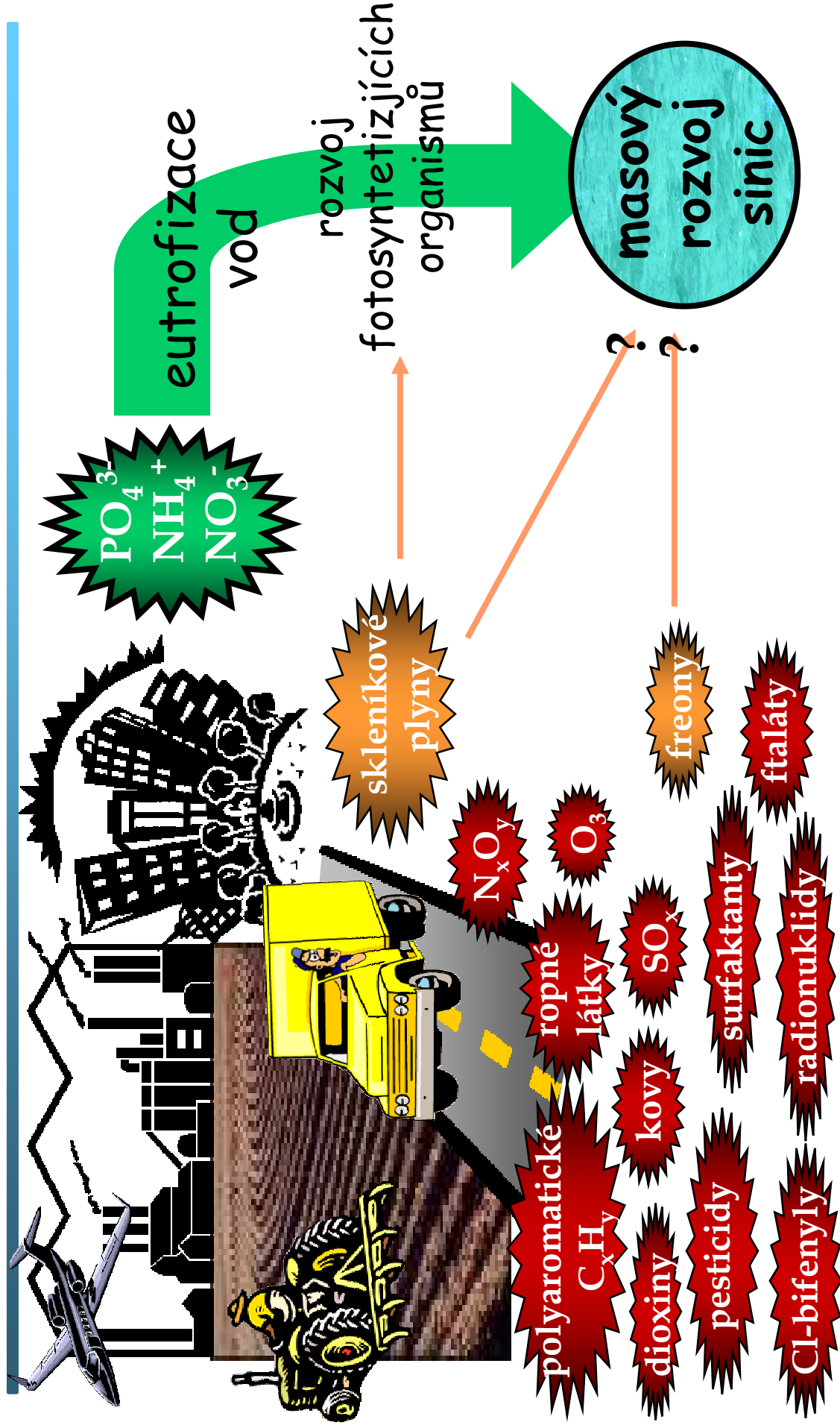
# Sinice = cyanobakterie

- Během rozvoje vodního květu - dominantní planktonní druhy v řadě nádrží na celém světě
- Producenti řady biologicky aktivních látek
- Nejvýznamnější producenti:

Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Planktothrix, Nodularia, Cylindrospermopsis



# Masový rozvoj sinic - antropogenní příčiny





# Masový rozvoj sinic - globální problém



Upper Saranac River, USA



Bedetti Lake, Argentina



ASM MicrobelLibrary.org © Paerl

Neuse River, USA

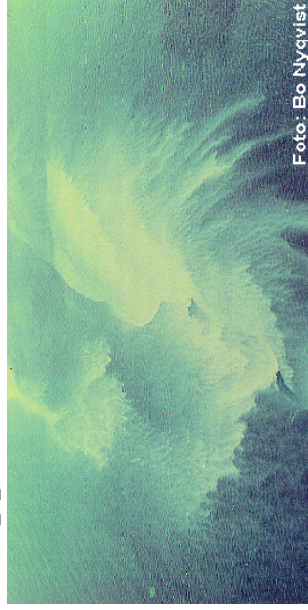


Foto: Bo Nyeqvist

Baltské moře, Evropa



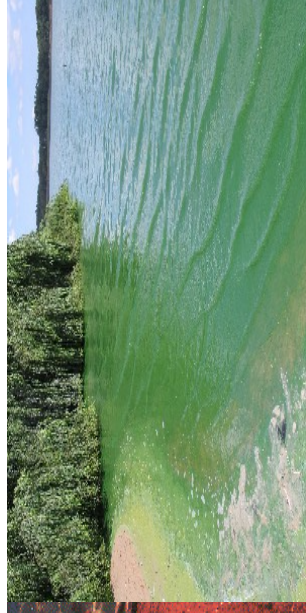
Nové Mlýny, Česko



Žluté moře, Čína



Lake Mokoan, Austrálie



Jihoafriická republika

# CYANOTOXINY

**! LIDSKÉ AKTIVITY !**

nárůst koncentrace  
CO<sub>2</sub> v atmosféře,  
nárůst UV radiace



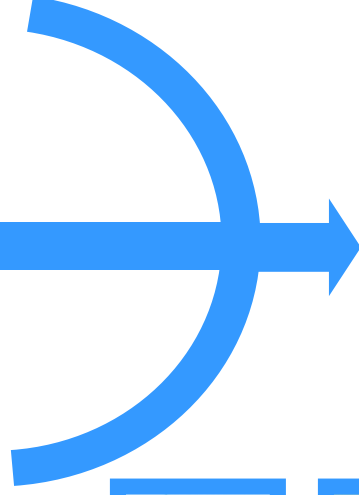
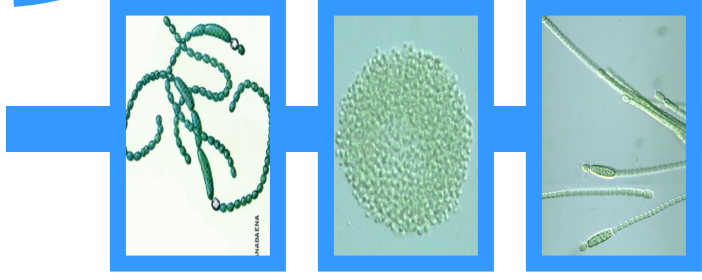
spalování

zemědělství,  
odpadní vody

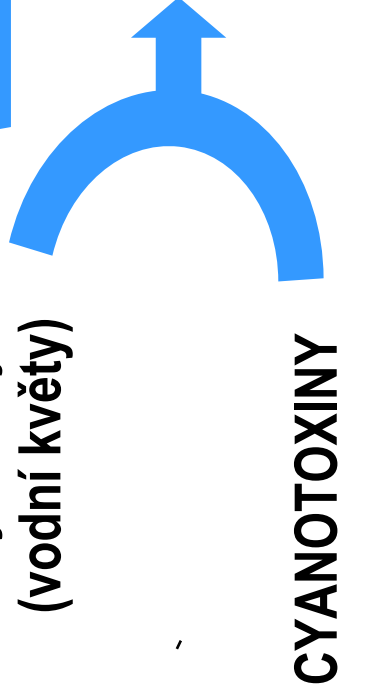
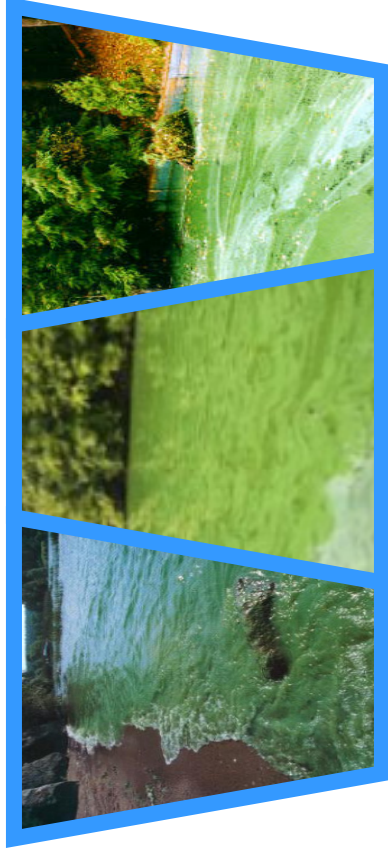


eutrofizace vodních  
ekosystémů

sinice  
(cyanobaktérie)



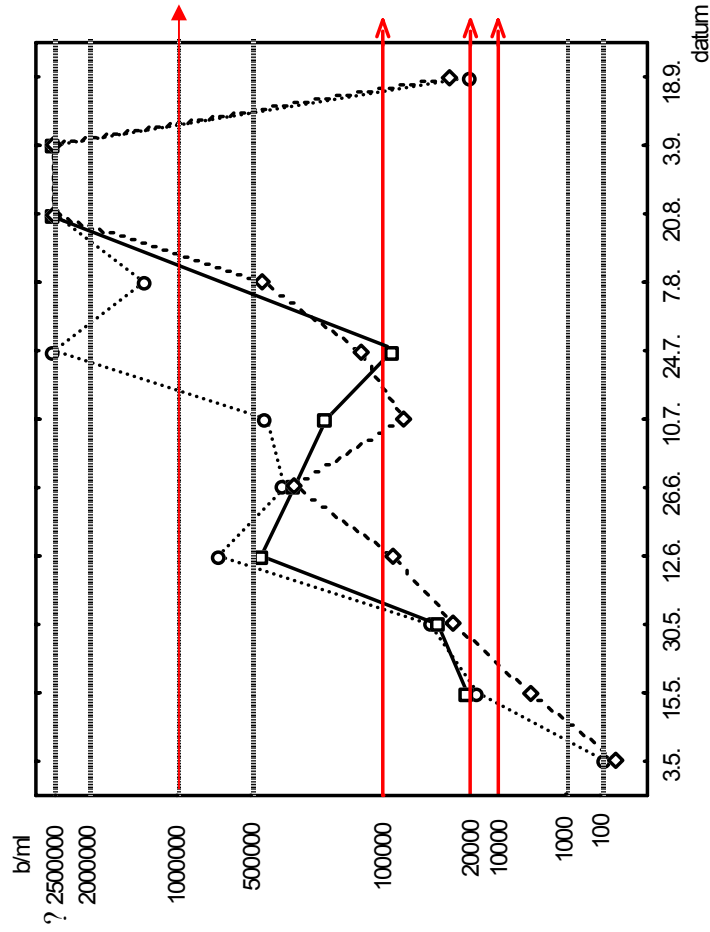
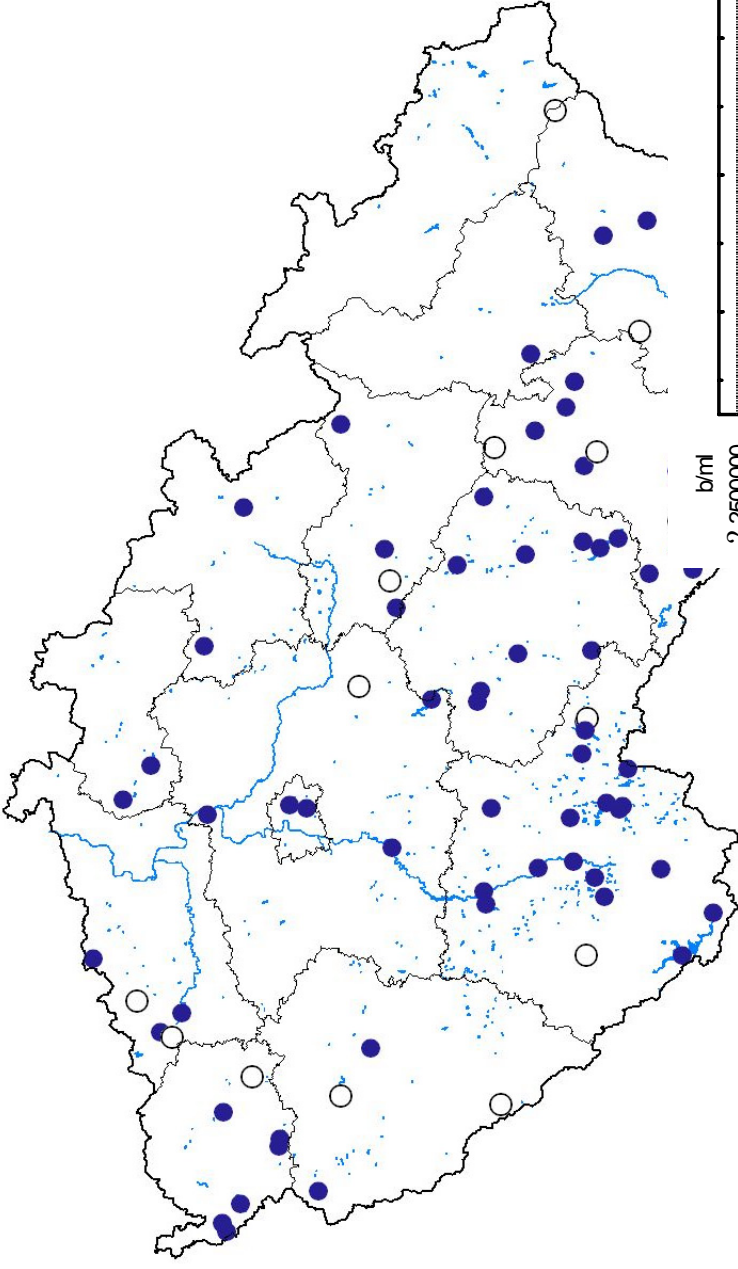
masový rozvoj sinic  
(vodní květy)



CYANOTOXINY



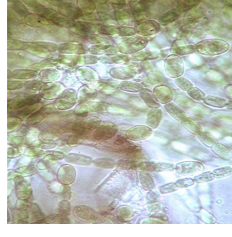
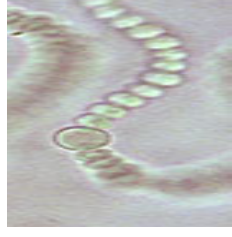
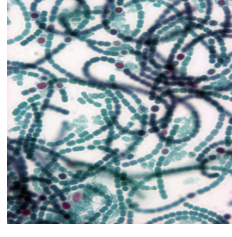
● Toxické VKS  
**80%** nádrží a  
 rybníků v ČR





## **SINICE**

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



**BIOTOXINY** - vysoká akutní toxicita pro savce

- **MICROCYSTINY A NODULARINY**
- **ANATOXINY, SAXITOXINY, ANATOXIN-a(S)**
- **CYLINDROSPERMOPSIN**
- lipopolysacharidy

**CYTOTOXINY** – biologická aktivita, nízká akutní toxicita





# 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)

# další CYANOTOXINY

- desítky biologicky aktivních nebo toxických látek sinicového původu (cyklické a lineární peptidy a depsipeptidy, heterocyklické látky, lipidické látky)
- 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

TOXIN	STRUCTURE	STRUCTURE VARIATION	LD50* (µg.kg <sup>-1</sup> )	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



# Hypotézy o vzniku cyanotoxinů

## 1% suché váhy - microcystiny

### 1. Role v metabolismu živin

- Zásoba dusíku? Skladování železa (chelatace)

### 2. Vnitrodruhová komunikace a signalizace

- Geny ovlivněny světlem, hustotou kultury
- Spojitost s látkami účastnících se na shlukování buněk (formování / rozpad kolonií) – migrace ve vodním sloupci
- **Protein pro transport MC z buňky, ale 90% v buňce**

**Fce MC extracelulární ?**

# Hypotézy o vzniku cyanotoxinů

## 3. Obrana proti predátorům

- Zooplankton (přirodní koncentrace rozpuštěného MCs neúčinné)
- Synergické působení více toxinů
- Produkce zvyšována v prostředí s predátory (nebo látkami které vylučují)
- Eukaryota později (MC cíl je Protein fosfatázy)
- Sinice bez MC odolávají predáční tlakům
- Je to varovný signál ? Organismy jej nejsou schopny rozlišit

# Hypotézy o vzniku cyanotoxinů

## 4. Alelopatické působení

- Jen některé fotoautotrofní organismy jsou ovlivněny již v přírodních koncentracích MC
- Inhibice růstu, fotosyntézy, ox.stres, inhibice enzymu a buněčných procesů
- Řada z fotoautotrofů ovlivnitelná až při vysokých koncentracích
- Hlavní konkurenti řasy – žádné účinky v přírod. podmínkách
- Řasy = eukaryota
- Většina MCs uvnitř buněk sinic

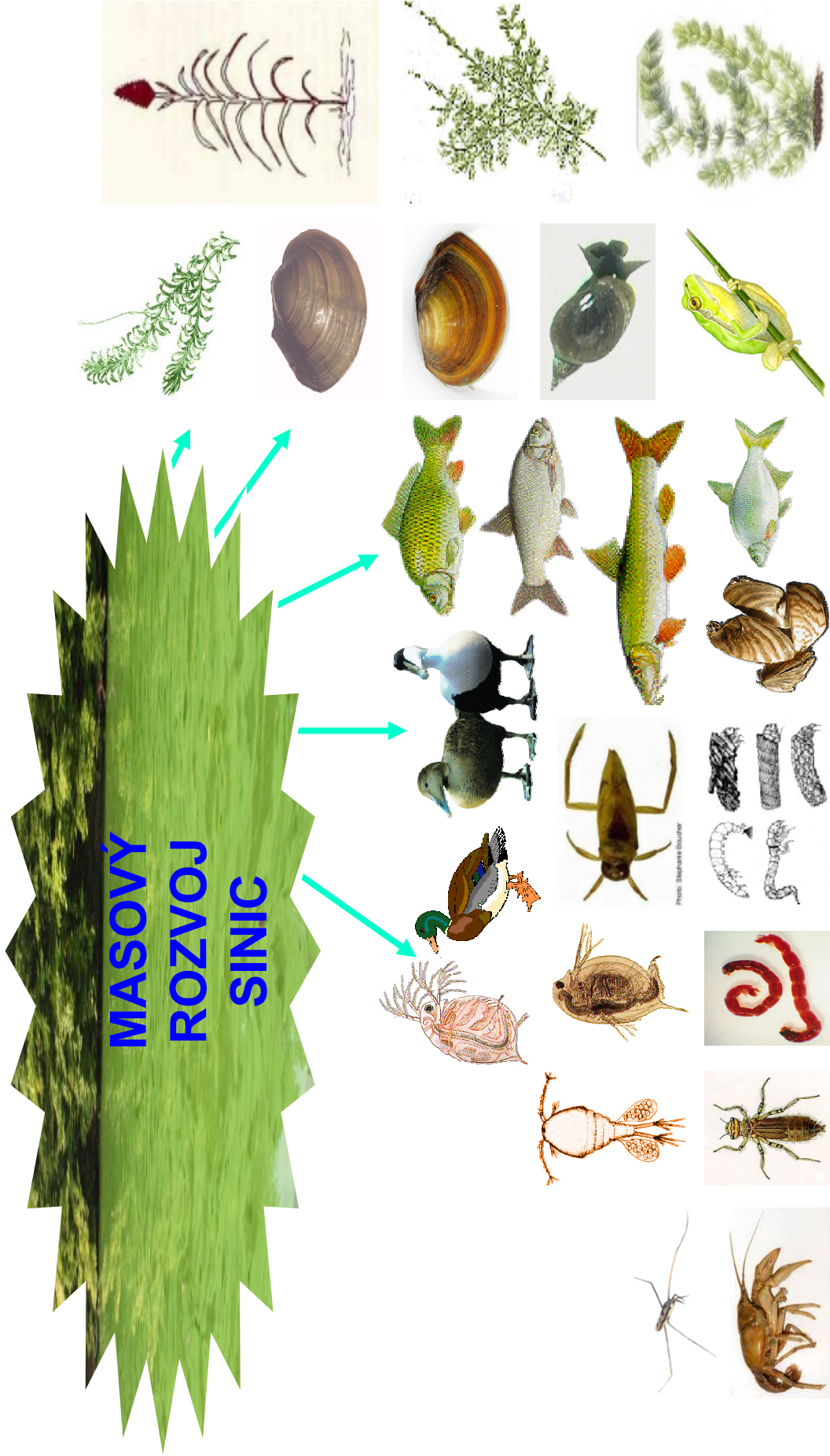
# „Nové“ cyanotoxiny

ohromné množství sloučenin (anagnostec.com: 5000 látek)

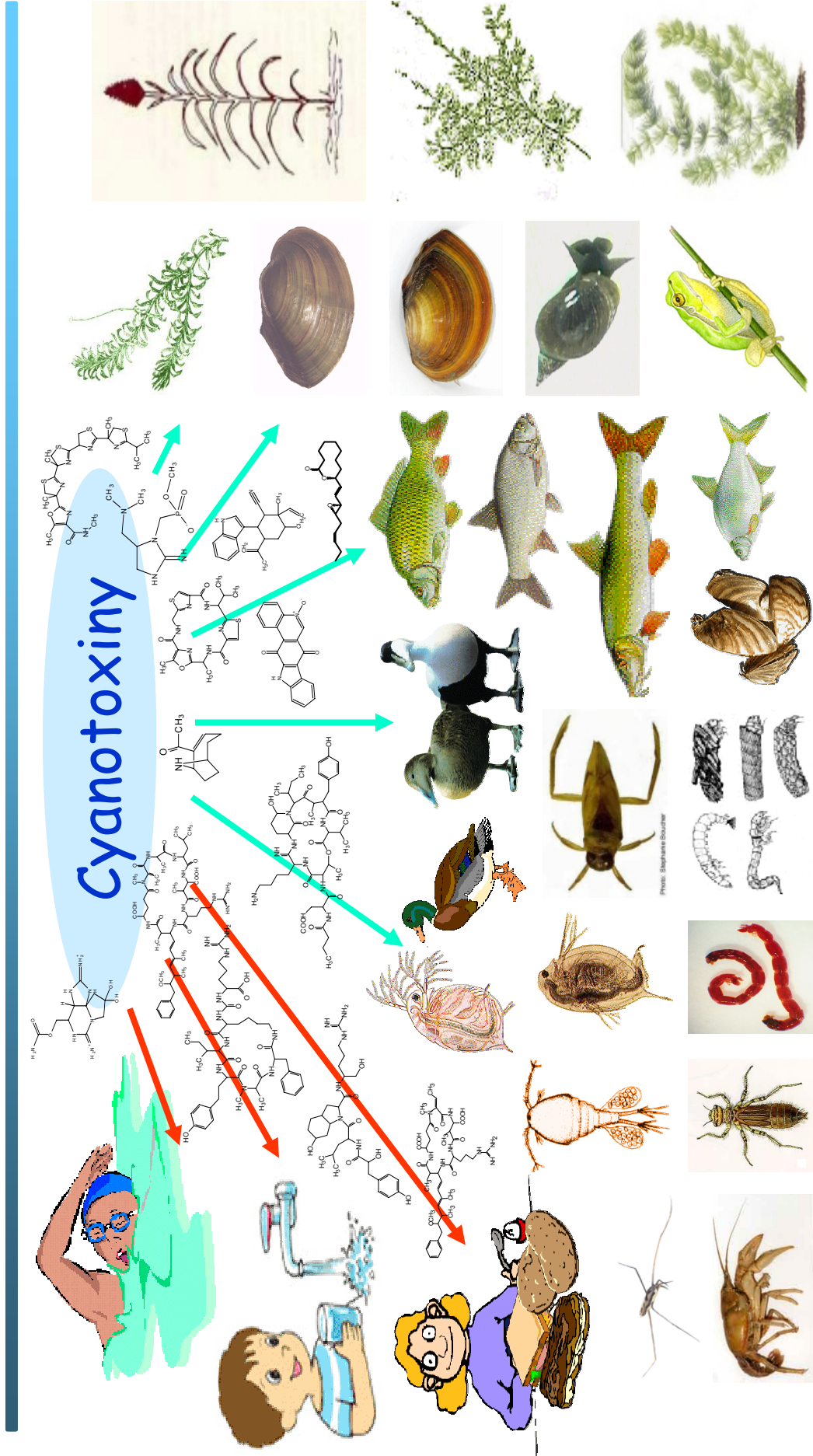
- minimum informací:
  - toxikologie ?
  - výskyt a osud v prostředí ?
  - vliv na volně žijící organismy ?
  - účinky složitých směsí ?
  - přirozená funkce těchto látek ?
- často pozorovány biologické efekty extraktů sinic, ale odpovědná sloučenina(y) neidentifikována
- detailní studium – nutnost LC/MS instrumentace



# Sinice & ekosystém



# Cyanotoxiny - zdravotní a ekologická rizika ?

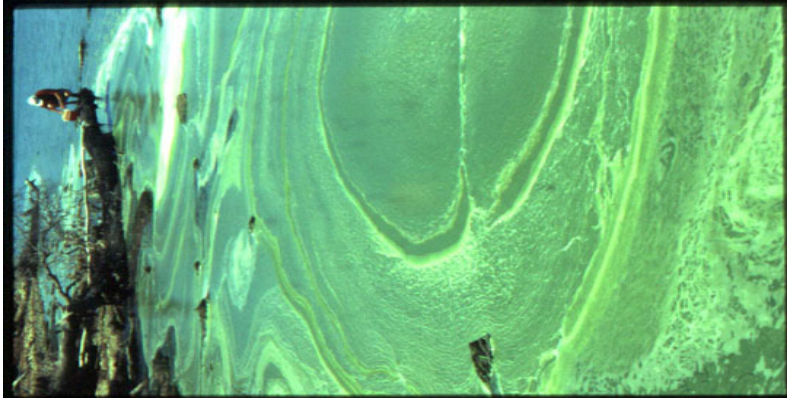


# CYANOTOXINY

- sekundární metabolity sinic s různými typy biologické aktivity
- rozmanitá skupina látek
  - chemicky (heterocykly, lineární a cyklické peptidy, lipidické sloučeniny...) i
  - toxikologicky - široká škála mechanismů účinku - vliv na základní procesy buňkách nebo i na specifické fyziologické pochody - přenos nervového vzruchu apod.) - základní členění:

„klasické cyanotoxiny“ (microcystiny, nodulariny, anatoxiny, saxitoxiny, cylindrospermopsin, lipopolysacharidy)

Ostatní cyanotoxiny - mají nízkou akutní toxicitu, ale vykazují různé typy biologické aktivity - antivirální, antibakteriální, alelopatická, protinádorová, inhibice různých enzymů a buněčných procesů



# Specifické toxické účinky

- **Neurotoxiny** – narušení nervového systému
  - Anatoxin-a
  - Anatoxin-a(s)
  - Saxitoxin
  - Neosaxitoxin
- **Hepatotoxiny** – poškození jater
  - Microcystiny
  - Nodulariny
  - Cylindrospermopsin
- **Promotory nádorů** – podporují nádorové bujení
  - Microcystiny

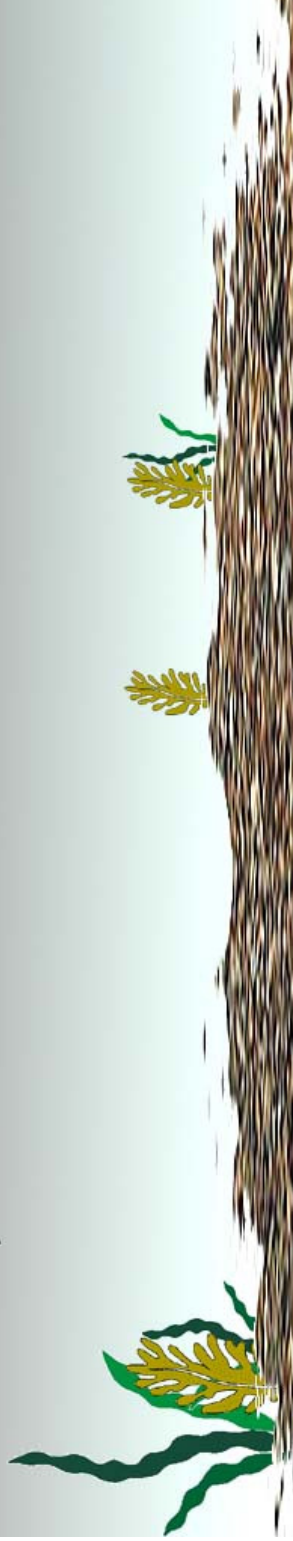
Lipopolysacharidy – narušení gastrointestinálního traktu





# Bioakumulace

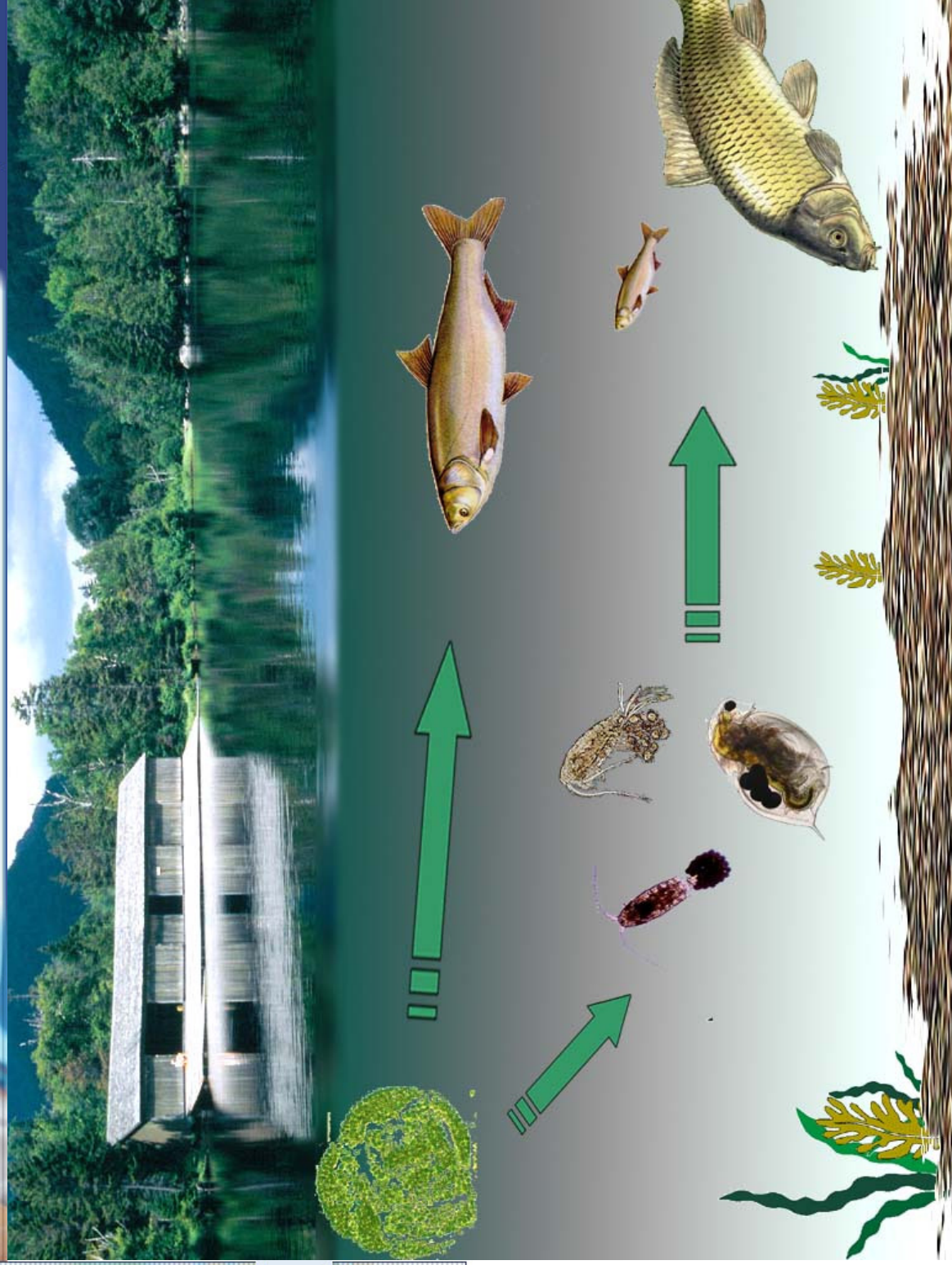
# CYANOTOXINŮ??



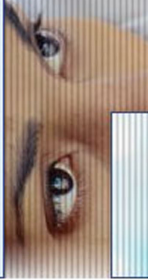


# Bioakumulace

# MICROCYSTINU

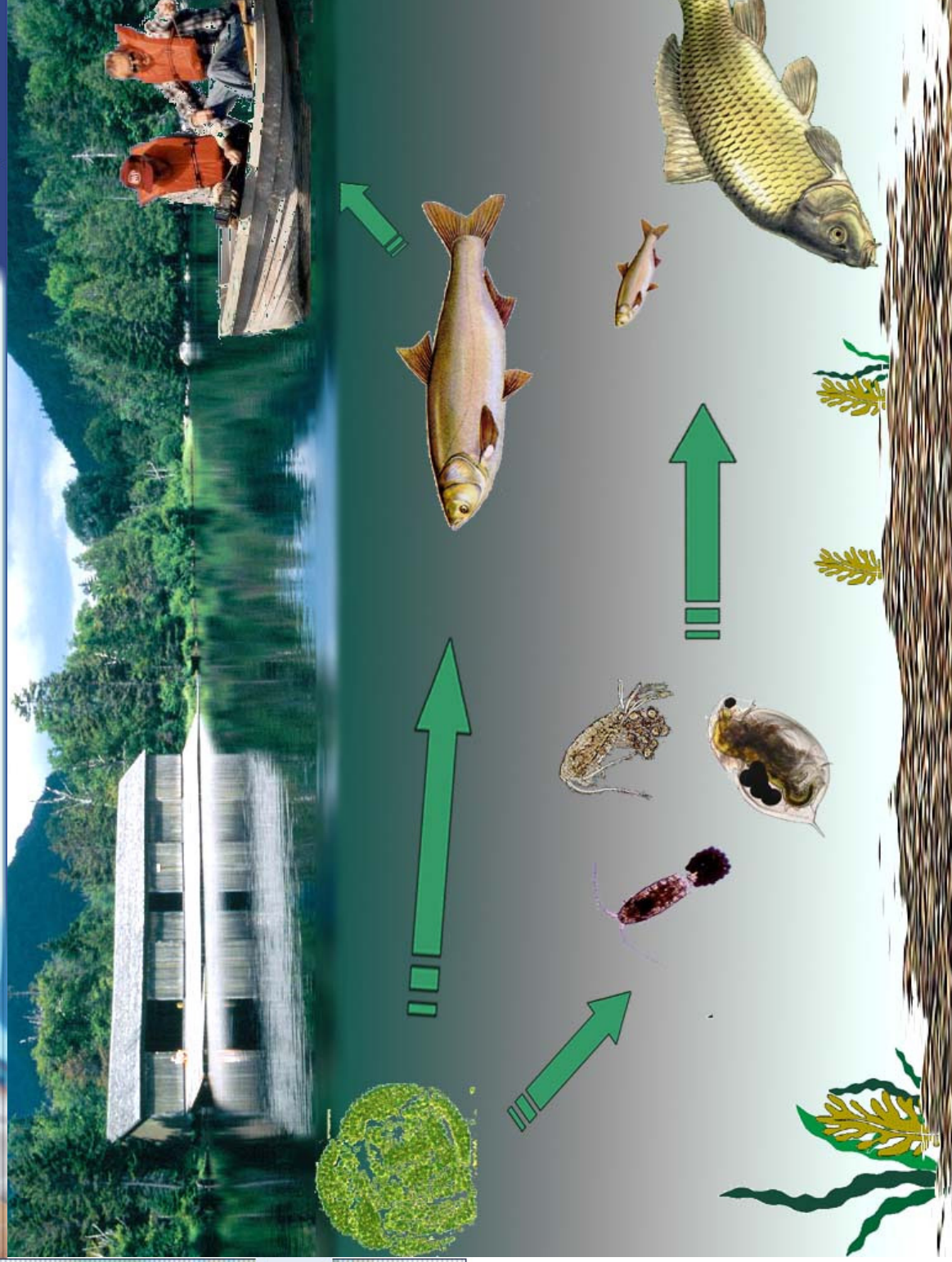






# Bioakumulace

# MICROCYSSTINU



# Toxins

## Animal Health Effects

### Country

- Argentina
- Australia
- Canada
- England
- USA

### Species Killed

- cattle
- cattle, sheep
- cattle, waterfowl
- dogs, fish
- dogs, cattle, human?

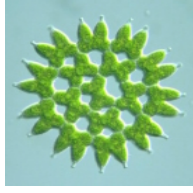
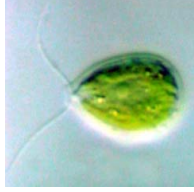
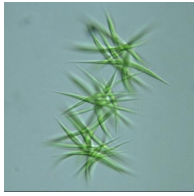
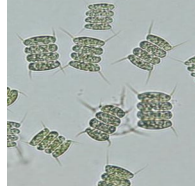
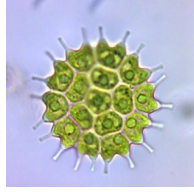
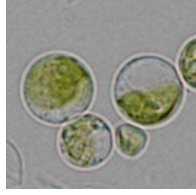
In July 2002, a Wisconsin teenager died two days after swimming in a golf-course pond that had a bloom of *Anabaena flos-aquae*. A year later, an autopsy reported the death was due to cyanotoxins in the pond water (Anatoxin-a).

# Účinky na fotoautotrofní organismy

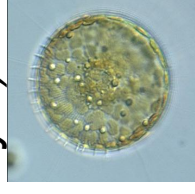
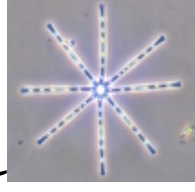
---

- studium alelopatických interakcí
- objasnění možné funkce některých cyanotoxinů

Zelené řasy (*Chlorophyta*)



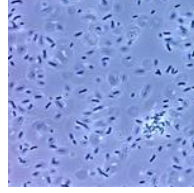
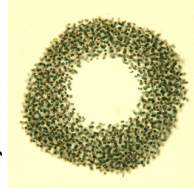
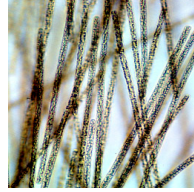
Rozsivky (*Chromophyta*)



Skryténky (*Cryptophyta*)



Sinice (*Cyanophyta*)

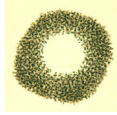
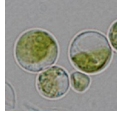
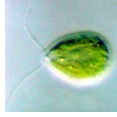
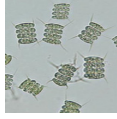
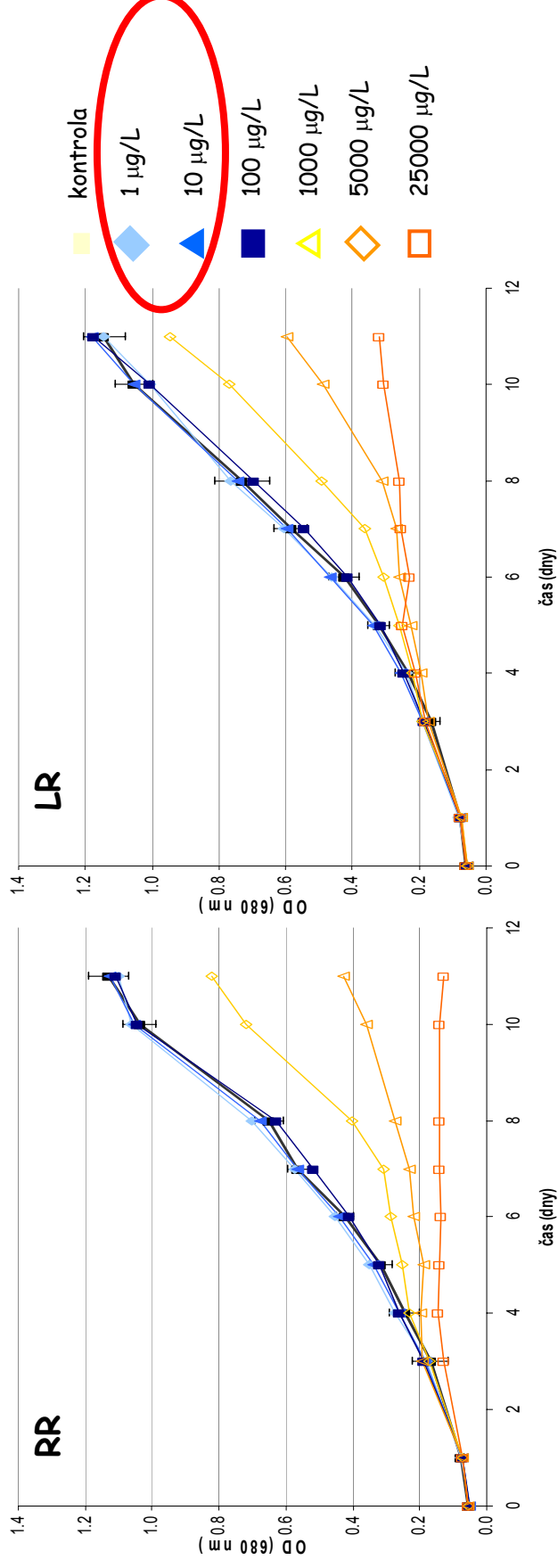




# Sinice, cyanotoxiny a řasy

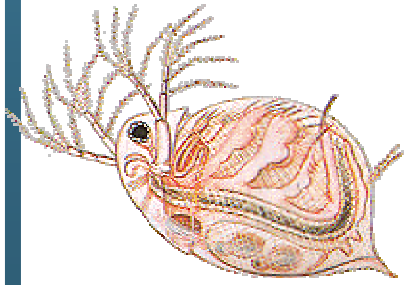


## Pseudokirchneriella subcapitata



# Účinky na živočichy

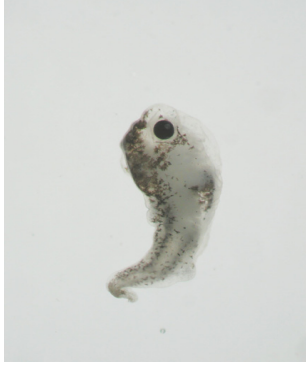
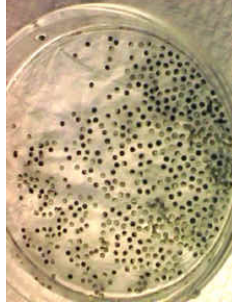
---



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



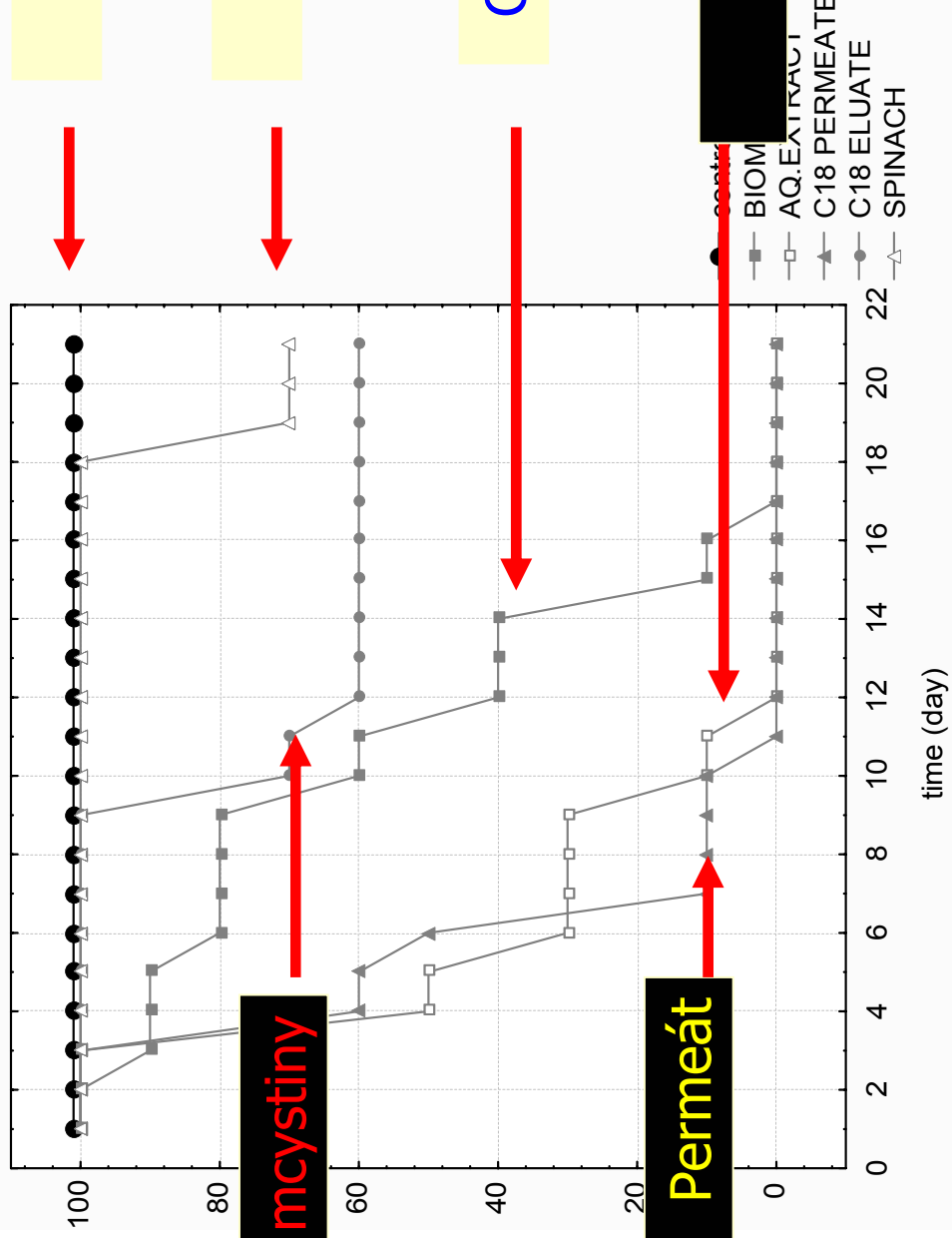
- embrya drápatek (*Xenopus laevis*)
- embryotoxicita, teratogenita



# Sinice, cyanotoxiny a zooplankton

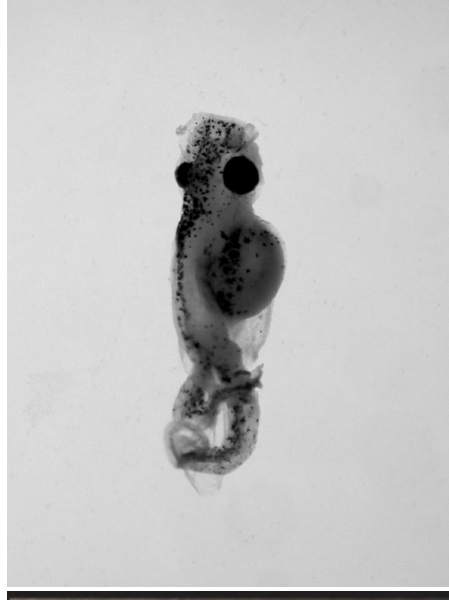
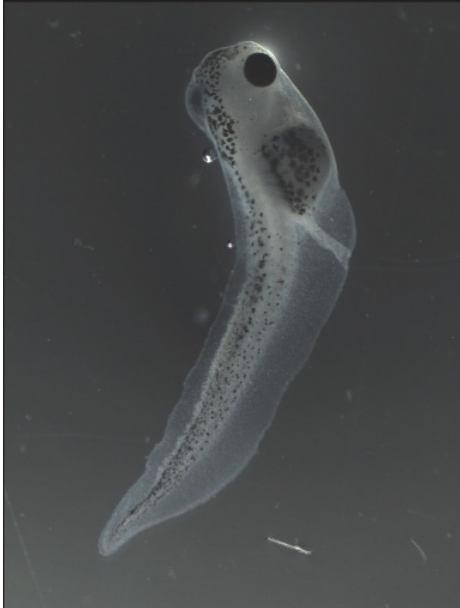
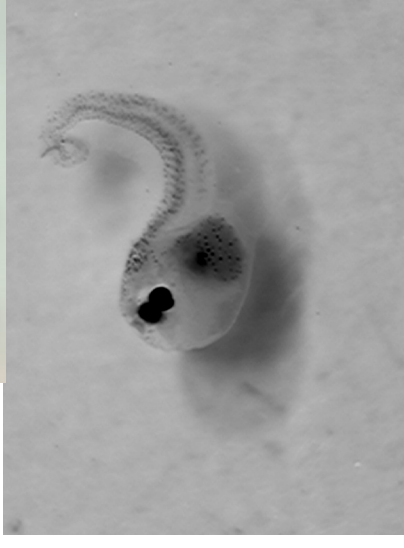
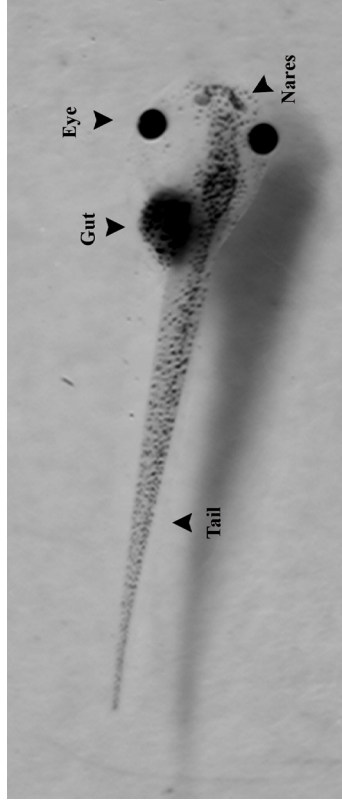


Reprodukce

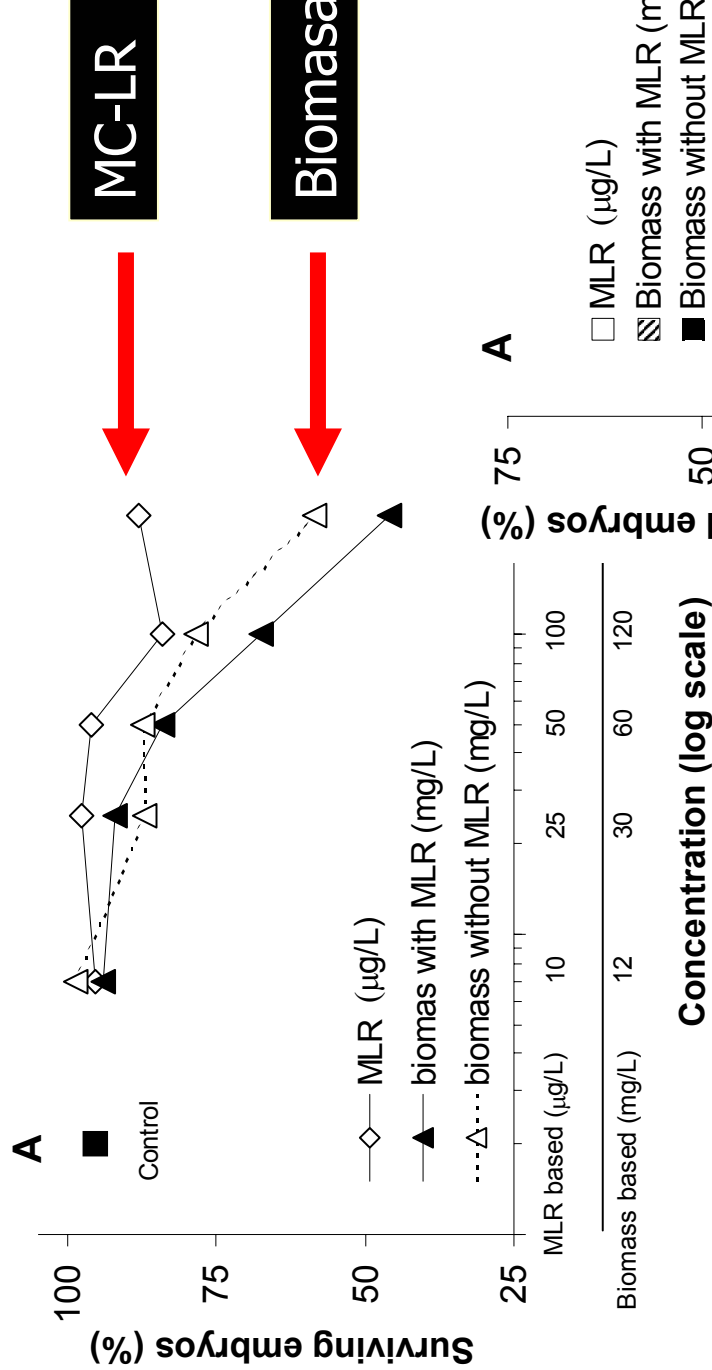


# Sinice, cyanotoxiny a vodní obratlovci

- embryotoxicita, teratogenita

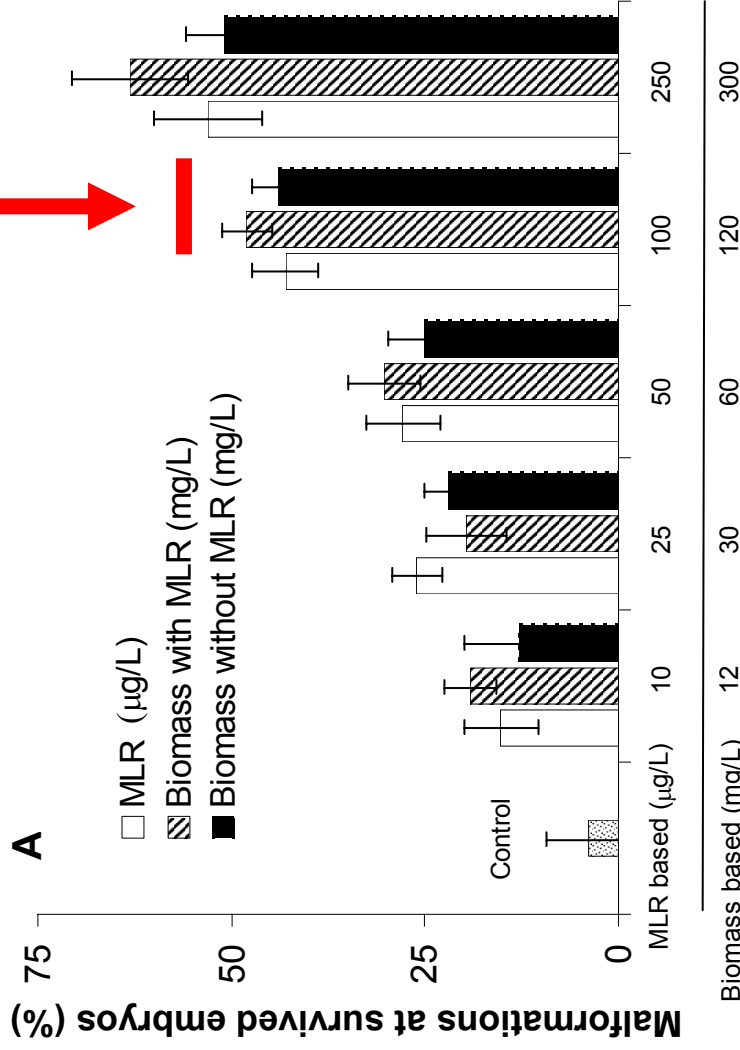


# Sinice, cyanotoxiny a vodní obratlovci



MC-LR

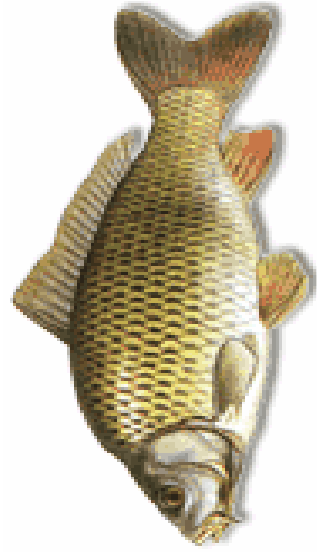
Biomasa s / bez MC



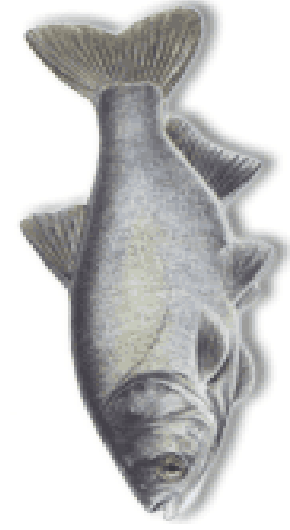


# Účinky na obratlovce

---



- 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



# Jak na toxické sinice ?

- Omezení přísunu **živin**
- **Cyanocidy** (chemické i přírodní)
- **Biologická kontrola**  
(biomanipulace, využití živých organismů)
- **Ostatní** (mechanické odstranění, ekotechnické zásahy)

# Jak na toxické sinice ?

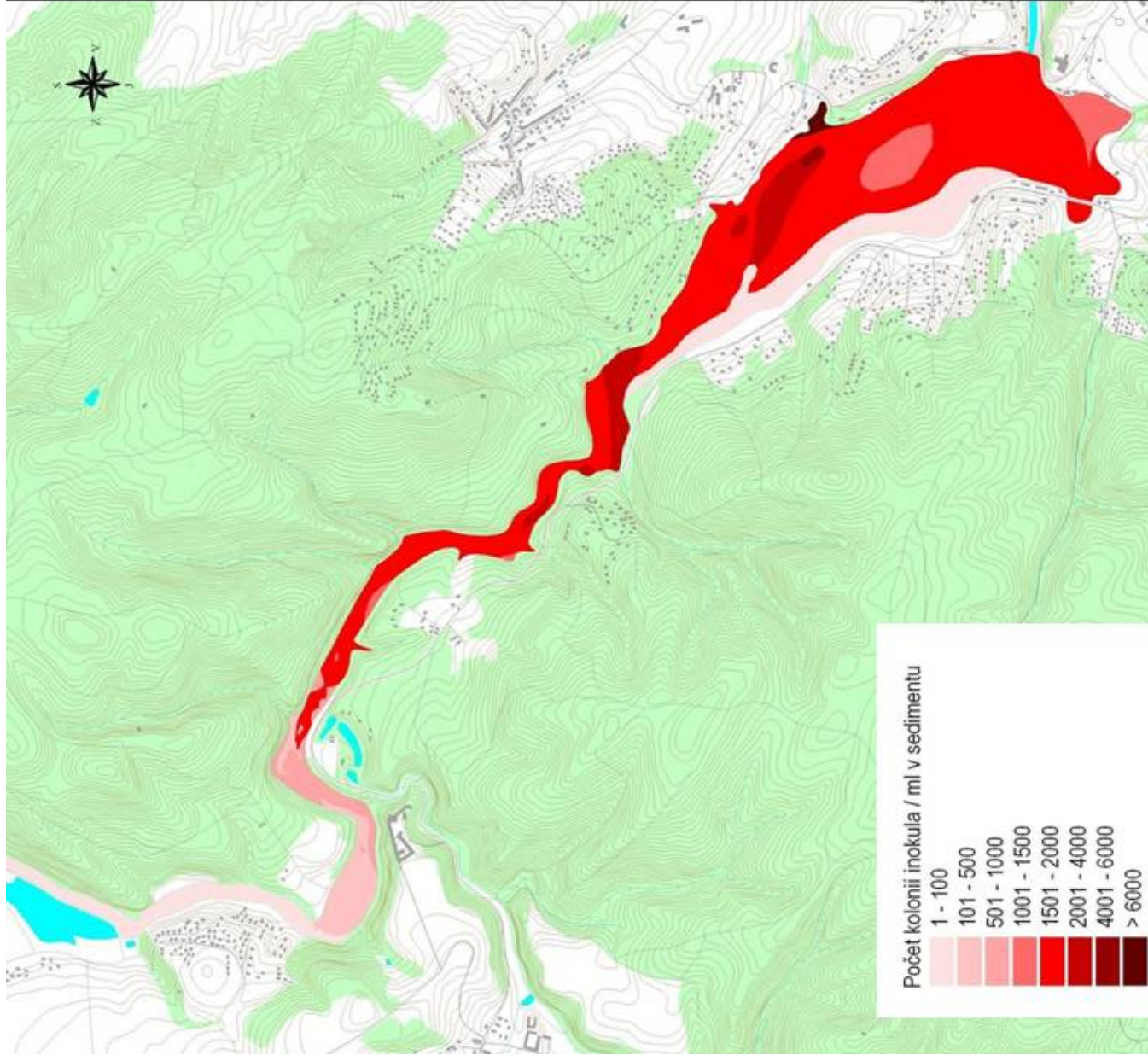
- Neexistuje univerzální návod
- - kombinace metod
- - „specifický problém“ podle nádrže

# Zdroje sinic

Zdroje živin

... v nádrži

... nad nádrží

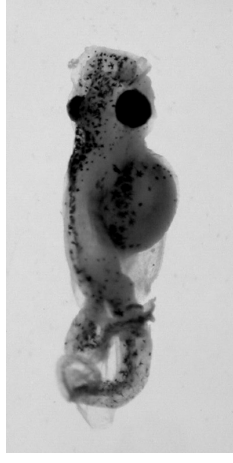


# Podmínky masového rozvoje

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



# Ekologie a vodní květy sinic



- **Sinice ovlivňují vodní organismy**

- změny chemie vody
- reprodukční toxicita, embryotoxicita
- degradace: kyslíkový deficit



- **Přímý vliv toxinů na ostatní vodní organismy ?**

