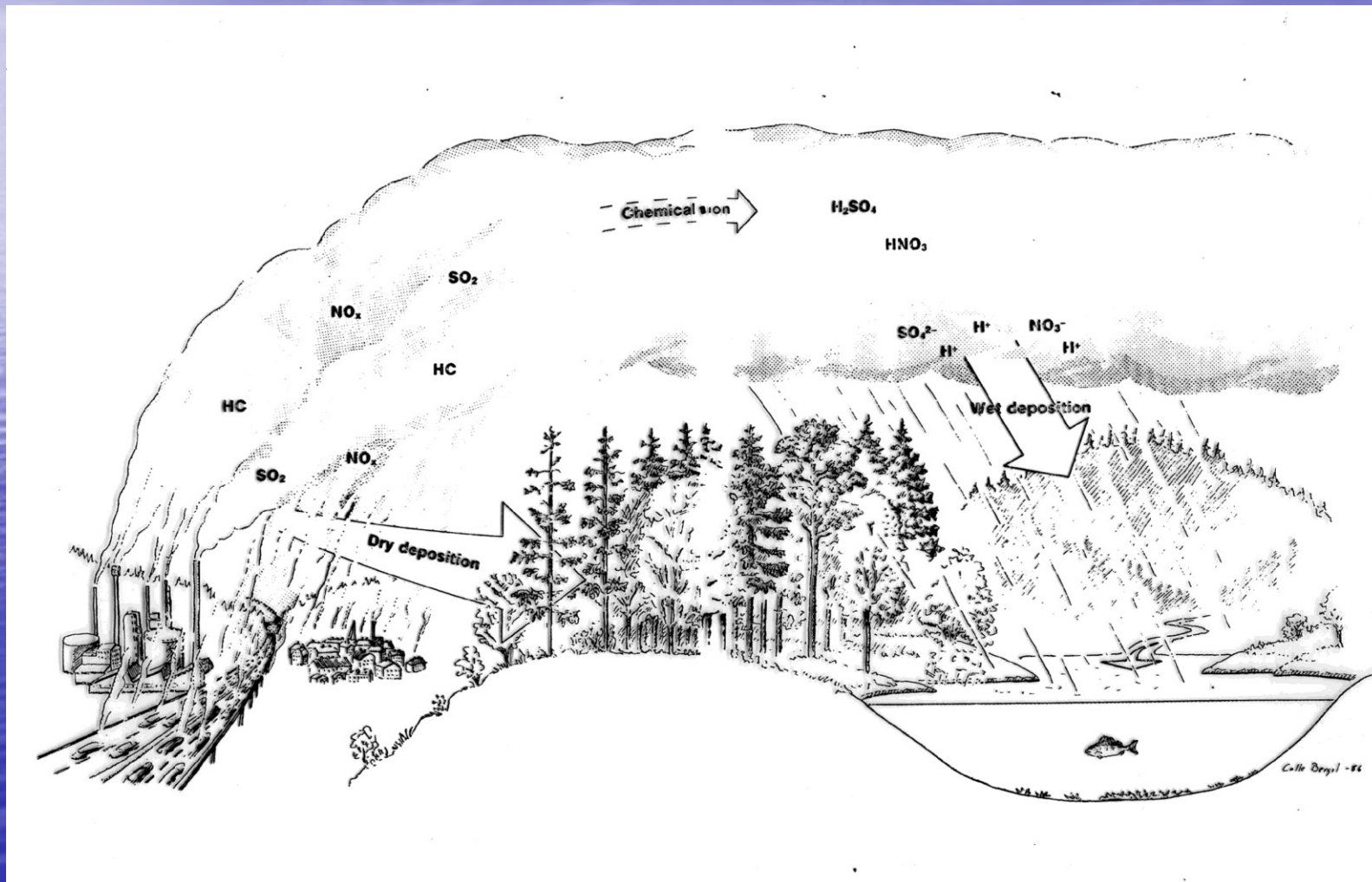


# Znečišťování vod

- Globální znečištění
  - Acidifikace vodních ekosystémů
  - Eutrofizace vodních ekosystémů
  - Globální oteplování
  - UV záření
  - Globální znečišťující látky a radionuklidy
- Lokální – bodové a liniové znečištění
  - Tepelné znečištění

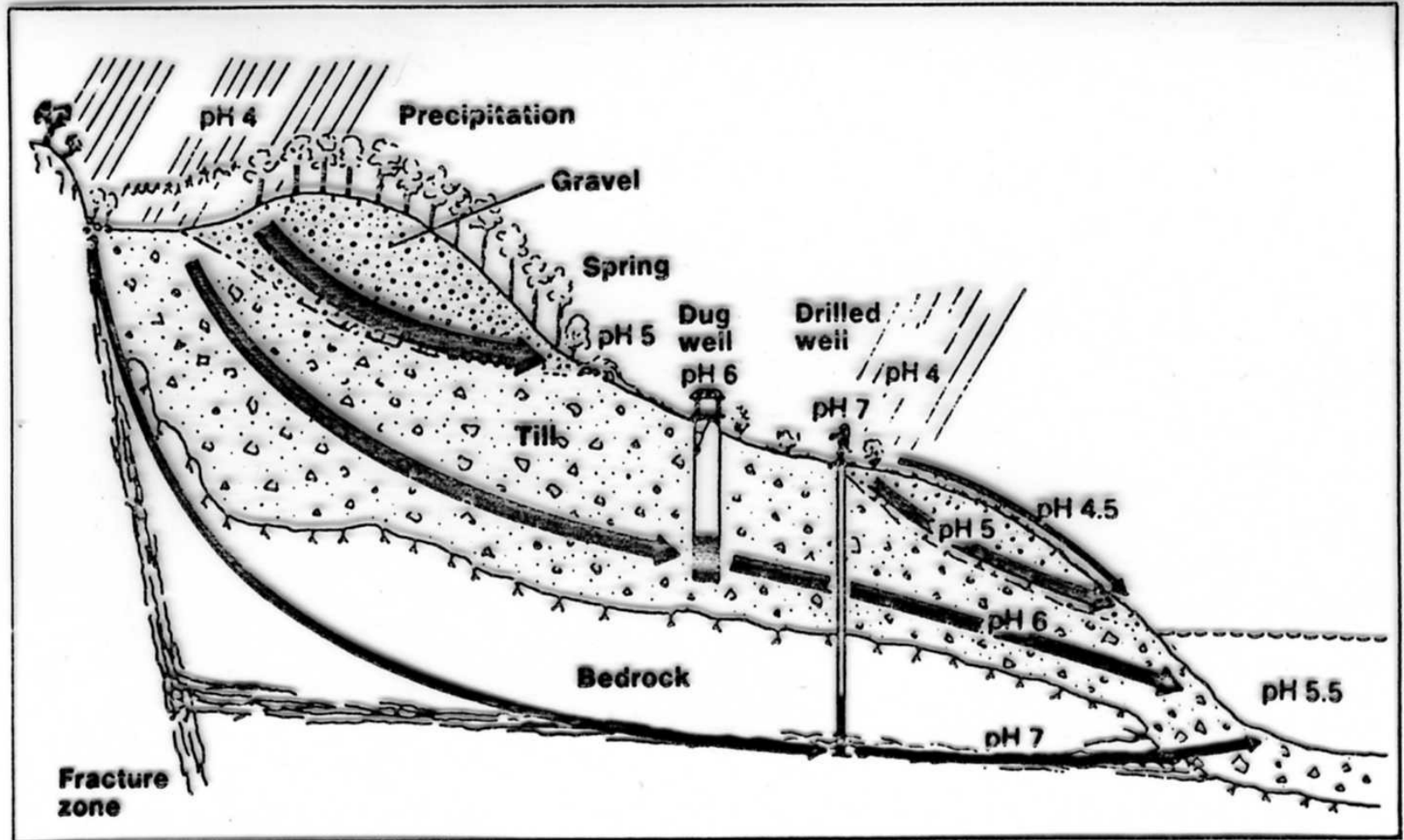
# Acidifikace vodních ekosystémů

## Identifikace zdrojů

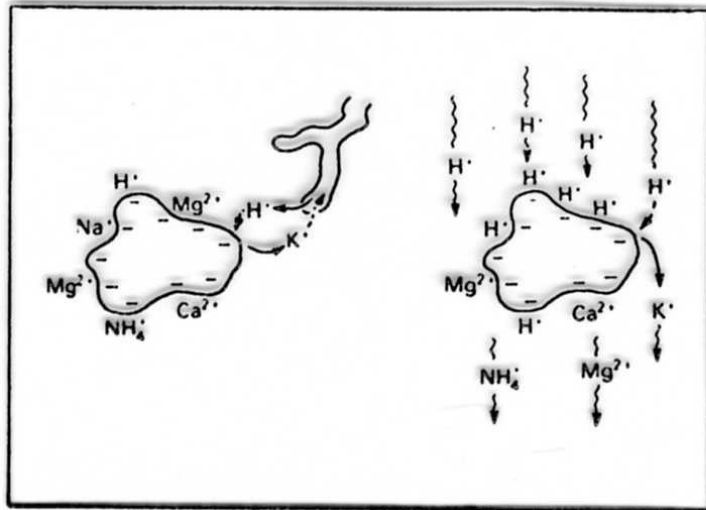




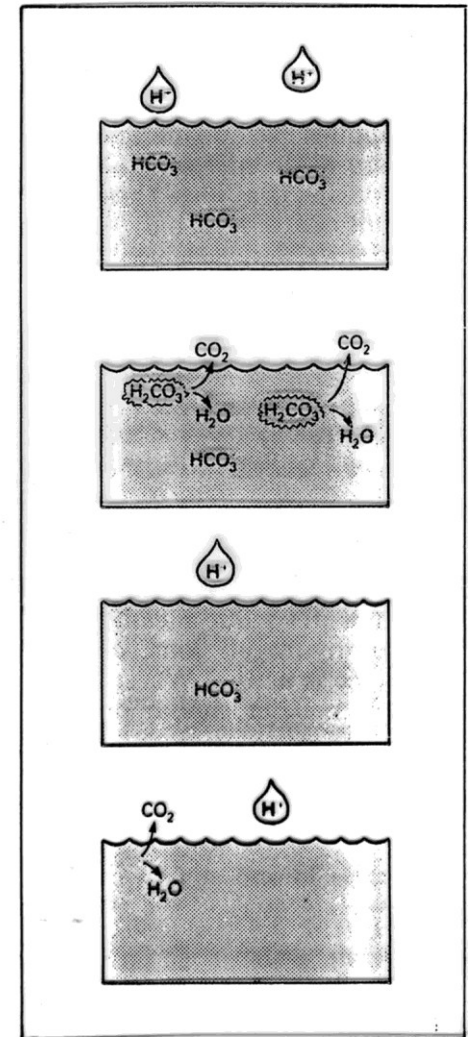
# Acidifikace - procesy



# Acidifikace - procesy



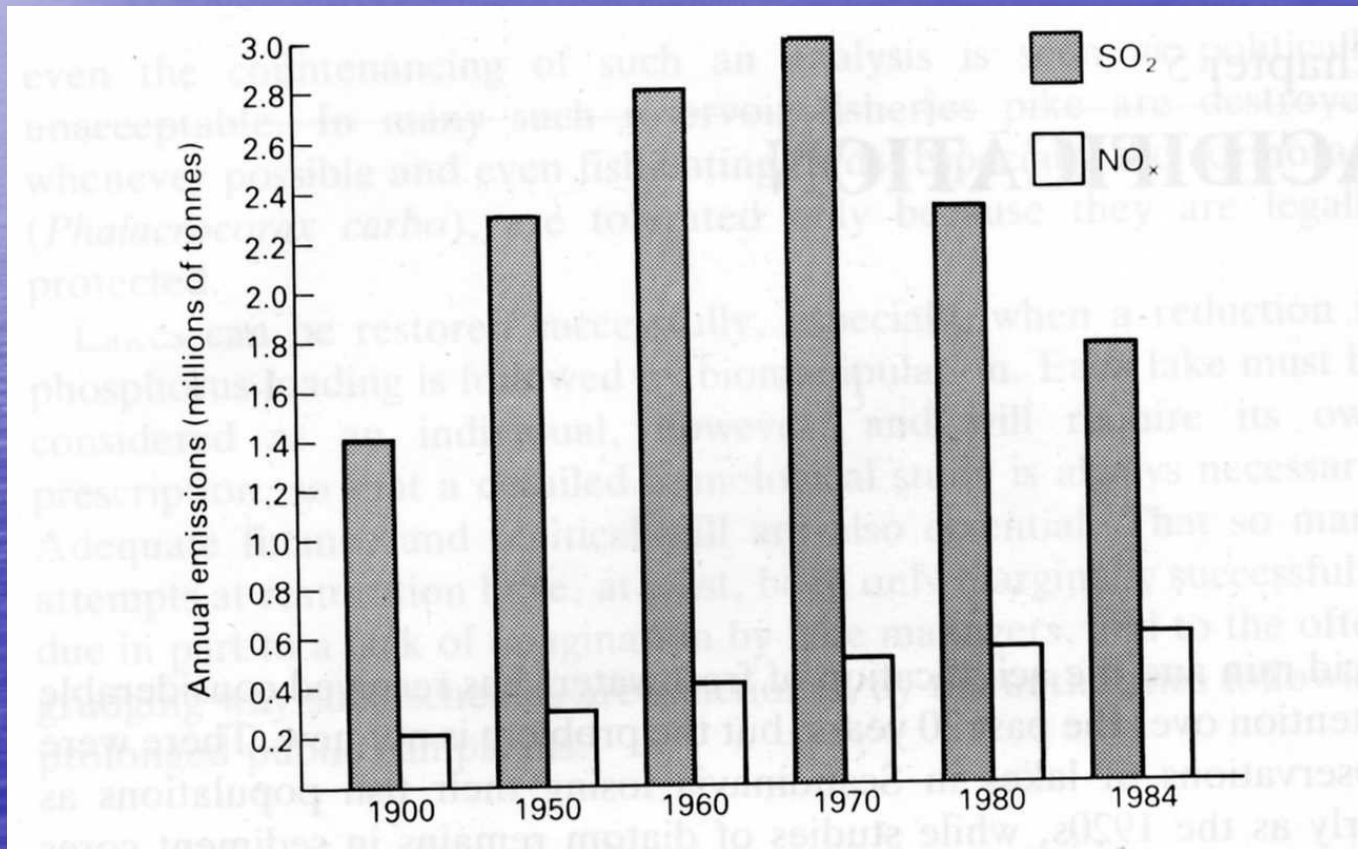
Normally great quantities of metallic ions such as calcium ( $\text{Ca}^+$ ) and magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) are attached to the surface of the soil particles. Incoming hydrogen ions ( $\text{H}^+$ ) detach the metal ions and attach themselves to the soil particles instead. Until this happens, the soil water is relatively well protected against acidification.



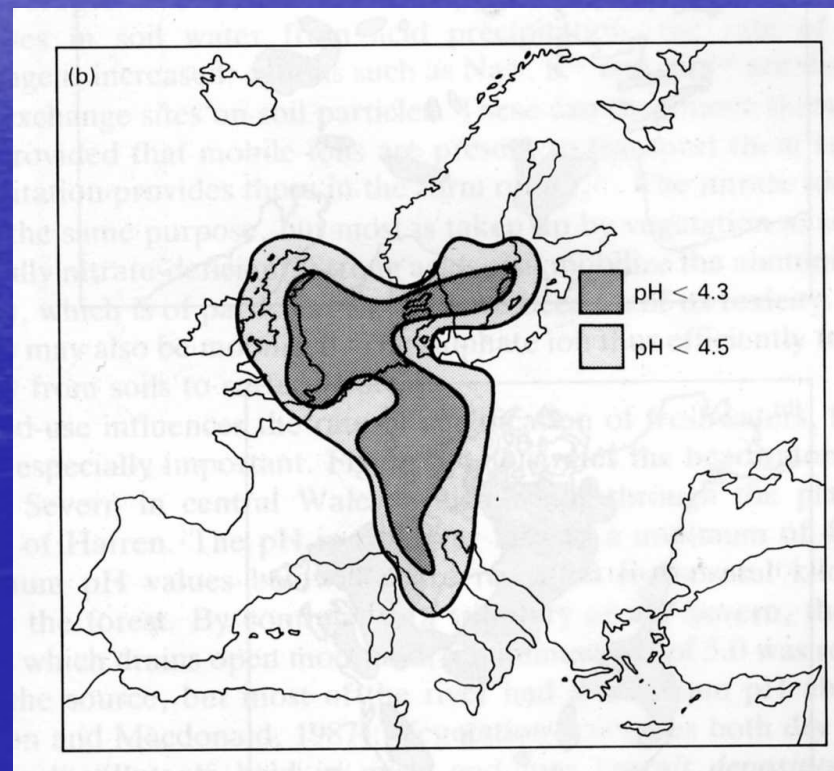
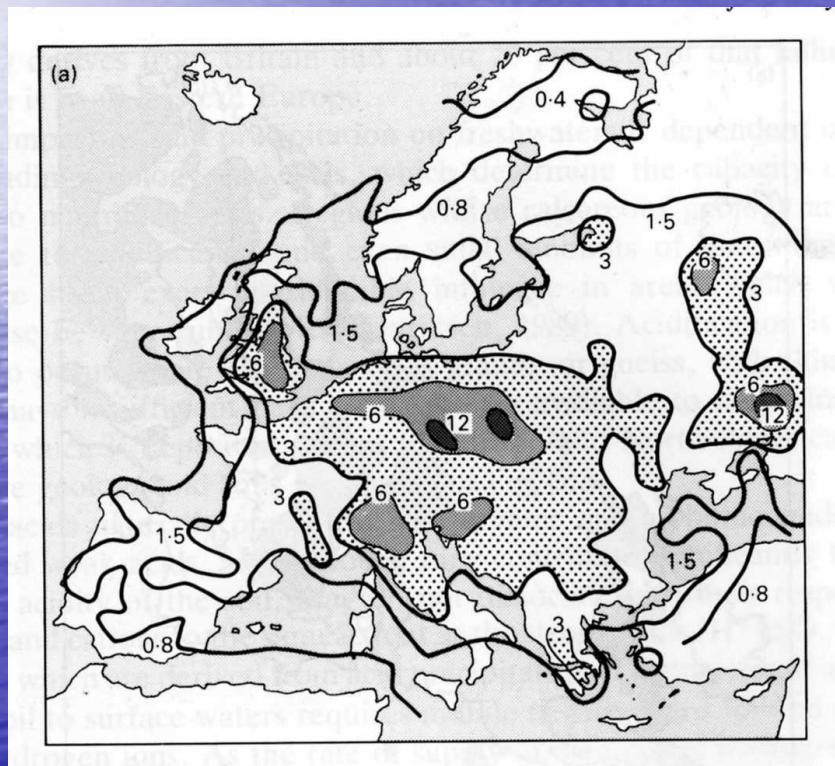
Acidification is held back by the natural buffering capacity of lake water. Inflowing hydrogen ions ( $\text{H}^+$ ) react with the bicarbonate ions ( $\text{HCO}_3^-$ ) of the water to form carbonic acid, which is weak and does not appreciably affect the pH value. A continued deposition of acid will however cause the water's defensive capacity to break down.



# SO<sub>2</sub> + NO<sub>x</sub> (N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>)



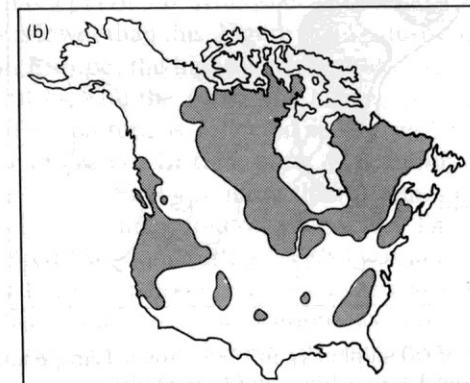
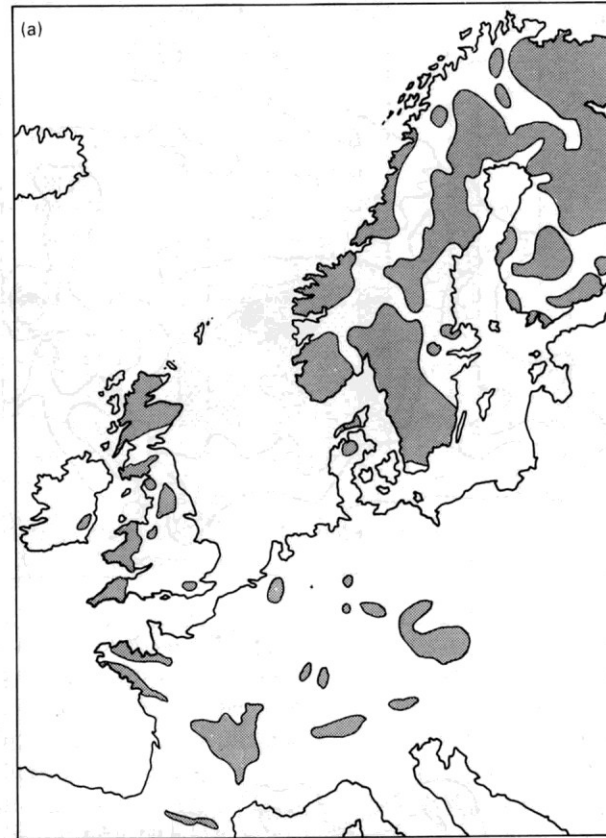
# Koncentrace S ve vzduchu a kyselost srážek



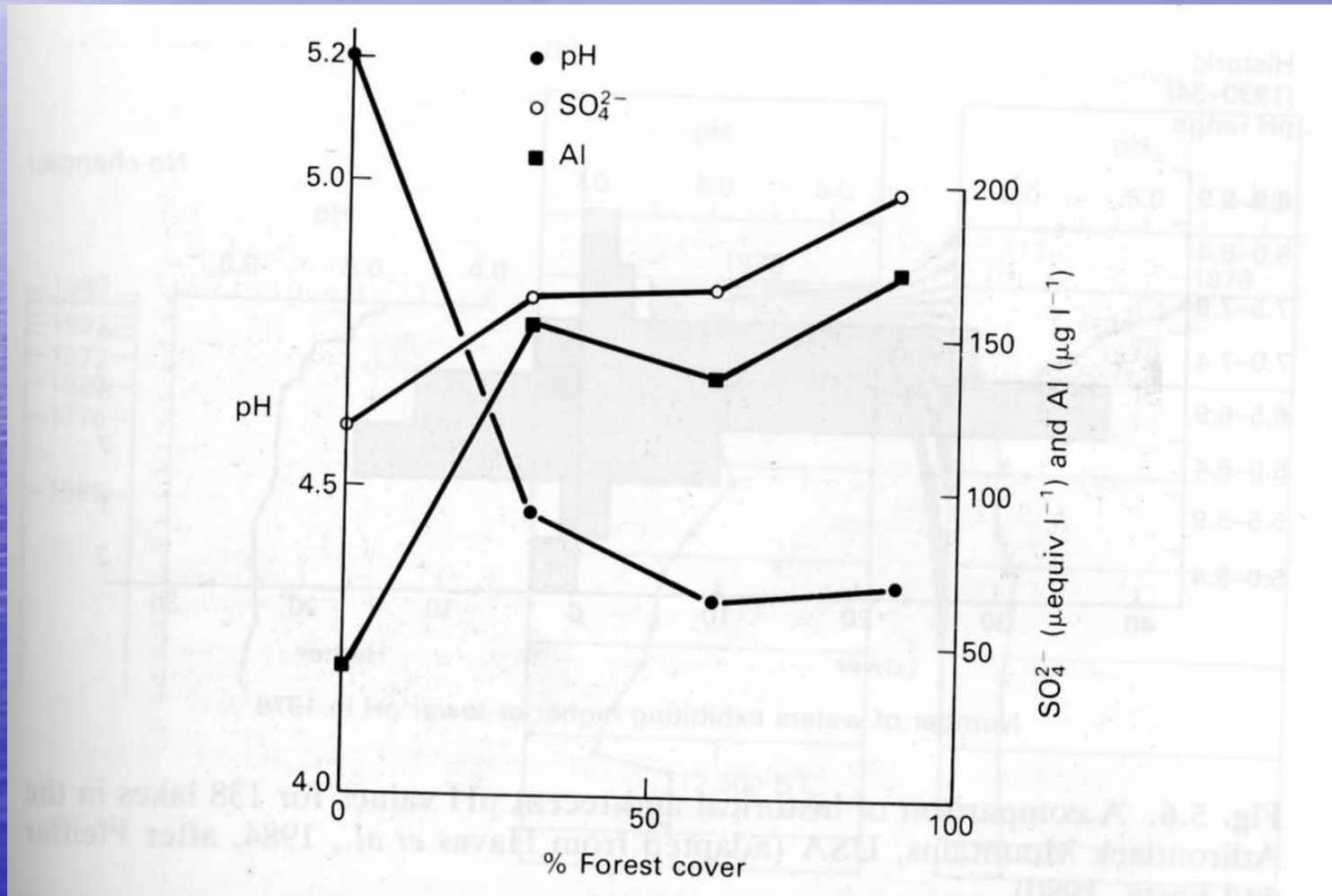


# Vliv geologických podmínek

Kyselé horniny – žuly (granity,  
granodiority), některé metamorfity

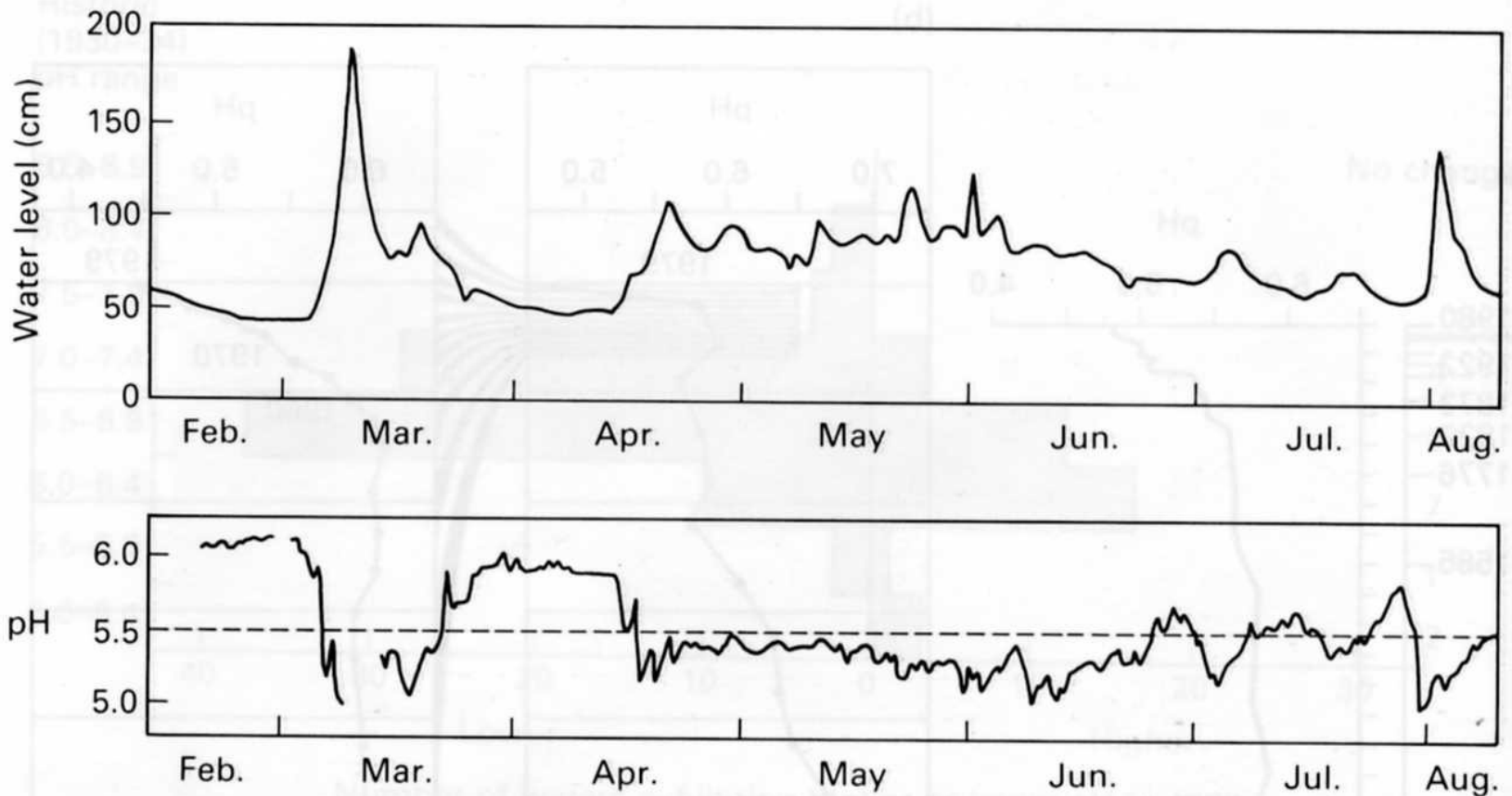


# Vliv vegetačního krytu – typ lesa, luk a orné půdy

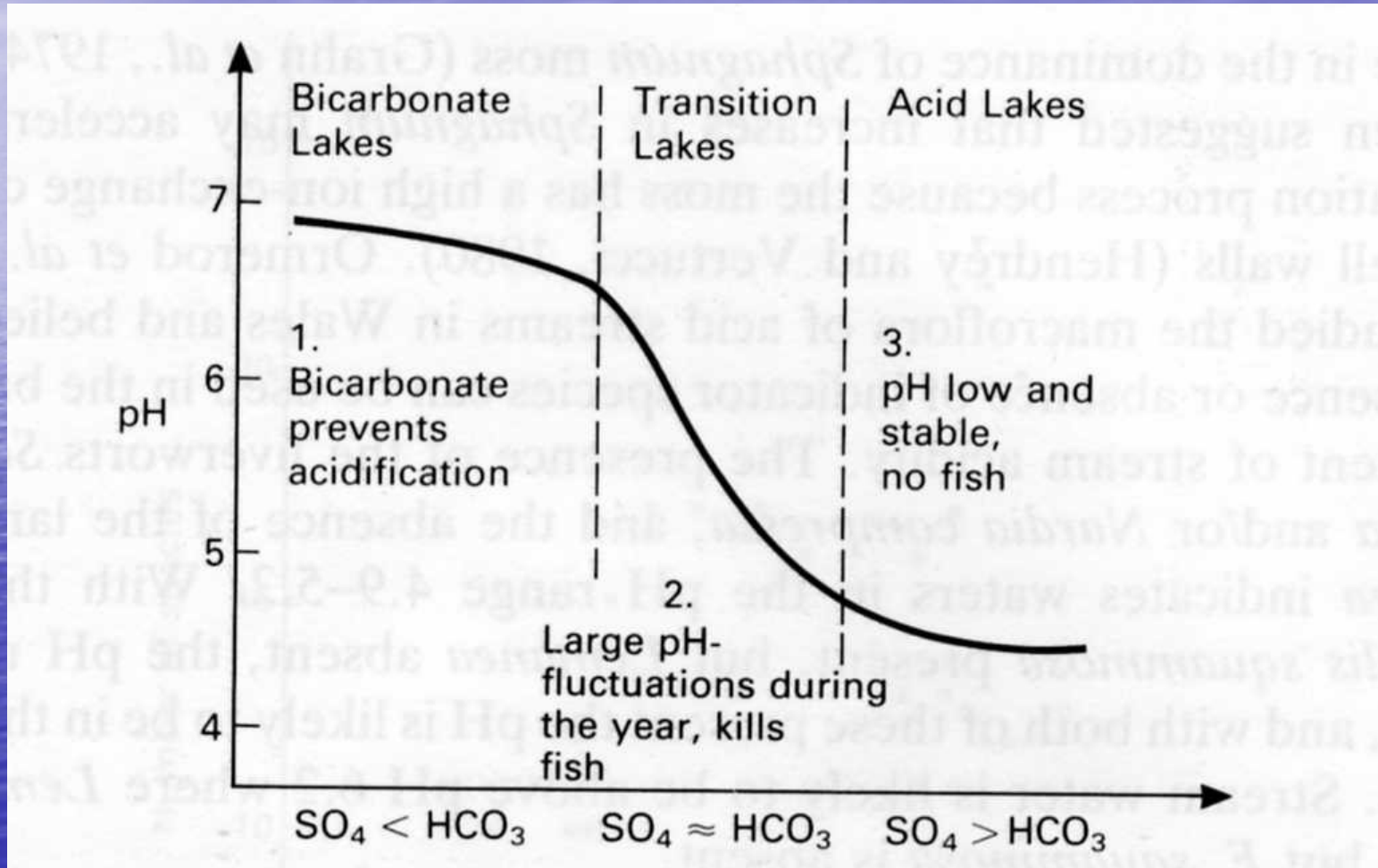




# Sezónnost – tání sněhu, přívalové srážky, podzemní odtok



# Acidifikace jezer





# Acidifikace řek v Evropě

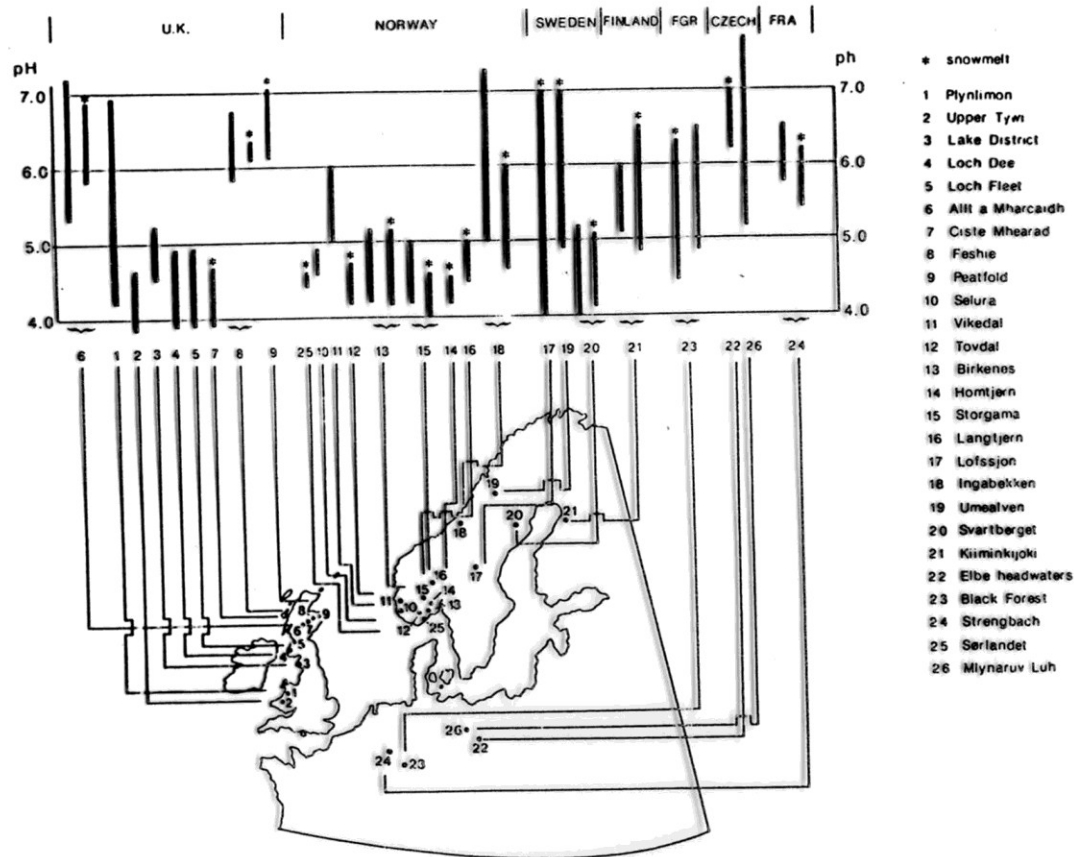
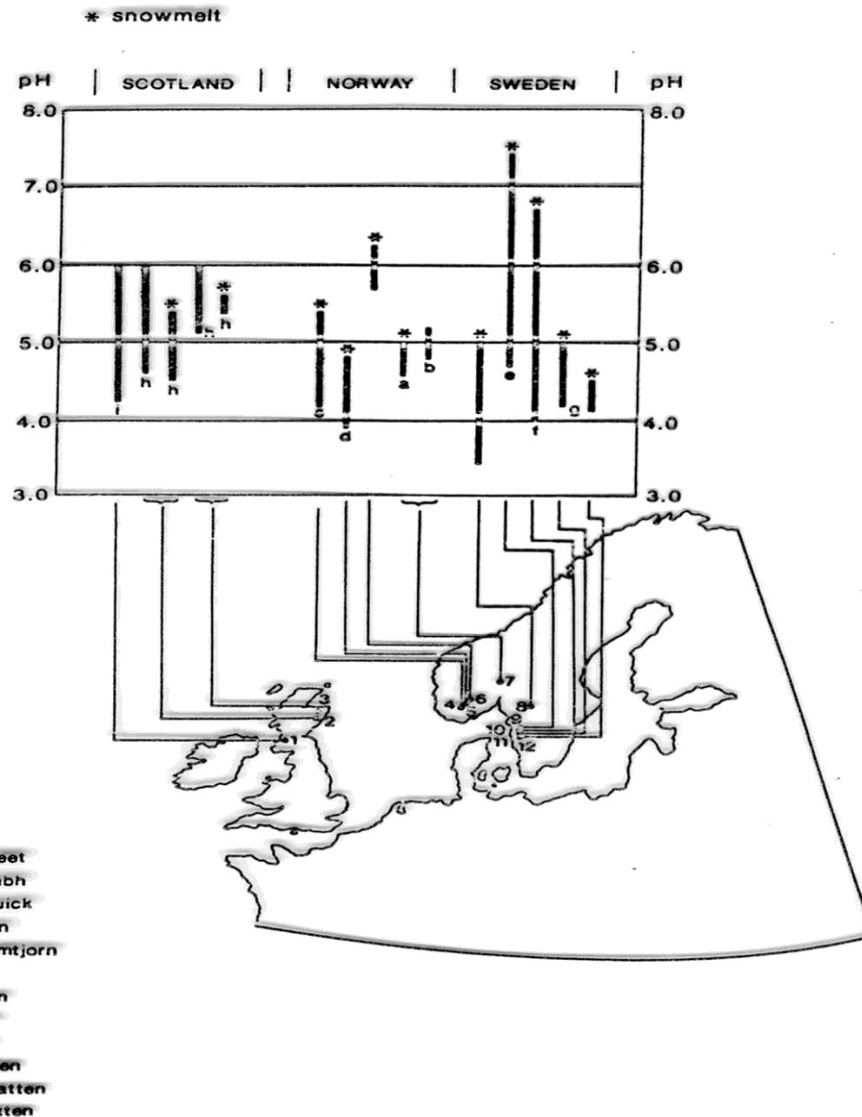


Fig. 2. Episodes in streams and rivers in Europe. The upper end of the bar represents the 'pre-episode' pH value and the lower end of the bar represents the minimum pH value during the most severe episode (see text) reported in various study catchments. The star denotes an episode induced by snowmelt.

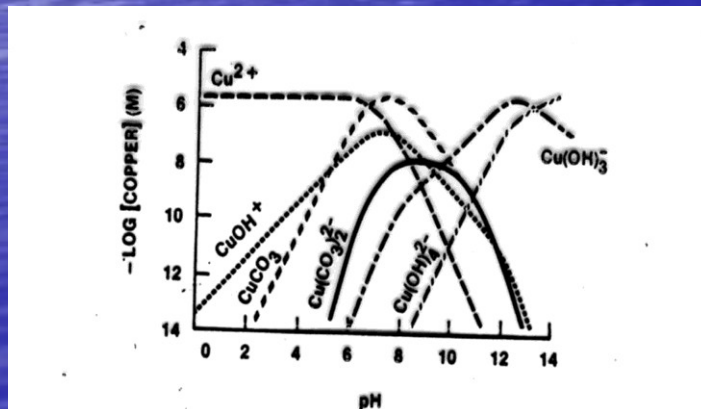
# Acidifikace jezer v Evropě





# Acidifikace a chemie vody

- Vysrážení Ca a Mg – sírany – nedostupné pro organismy
- Porušený hydrogen-karbonátový ústojný systém
- Speciace a změna rozpustnosti kovů a solí kovů, biodostupnost toxických kovů – Al, Cu, Zn aj.

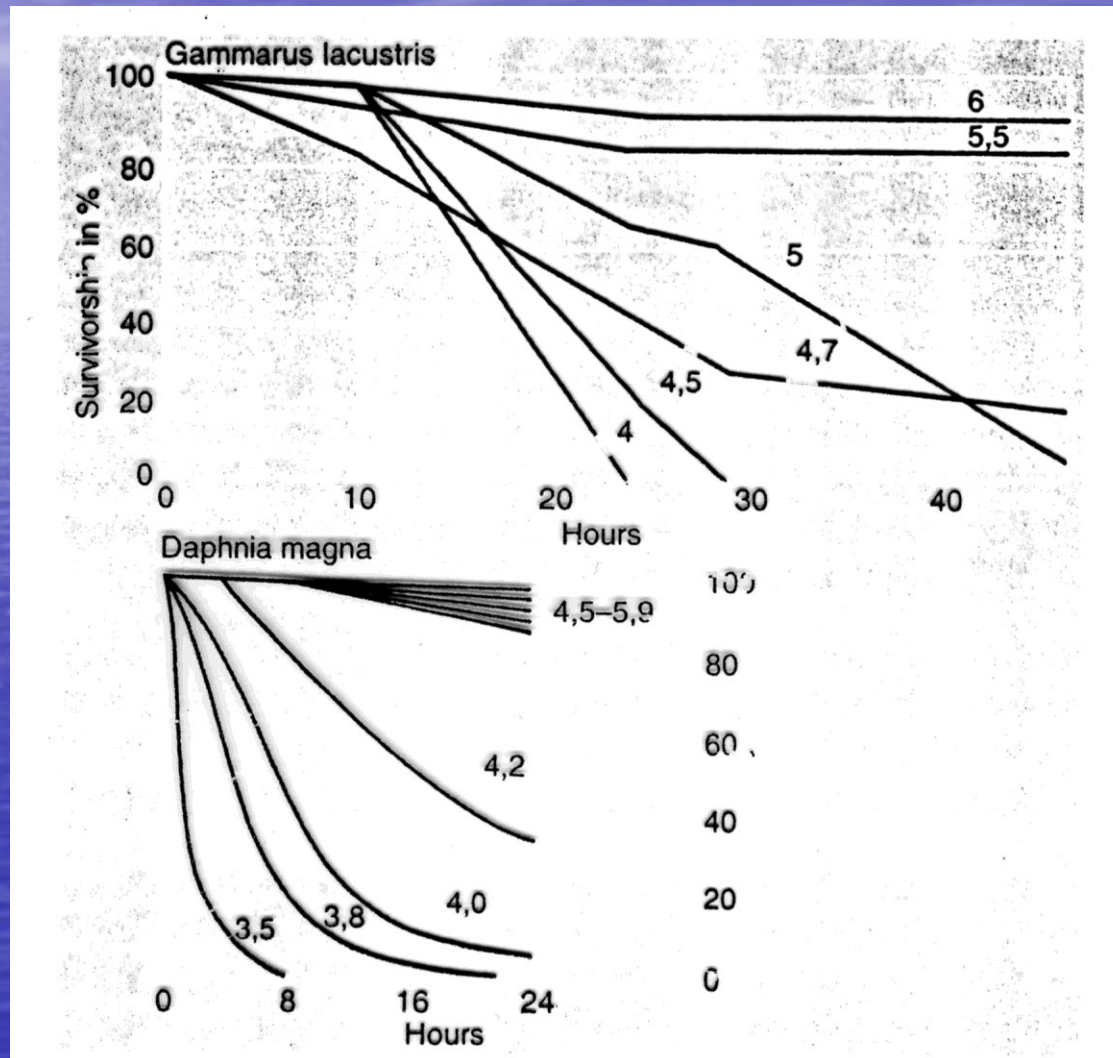


# Acidifikace a organismy

- Acidosenzitivní organismy
  - Vápenité vnější schránky a kostry, vnější žábra, nechráněná vývojová stádia, zpravidla permanentní organismy
- Acidotolerantní organismy
  - Dýchání celým povrchem těla, plastronové dýchání a nebo vzdušný kyslík, temporální organismy
- Domluvená hranice acidifikace povrchových vod pH 5.5, silná acidifikace pod pH 4.5



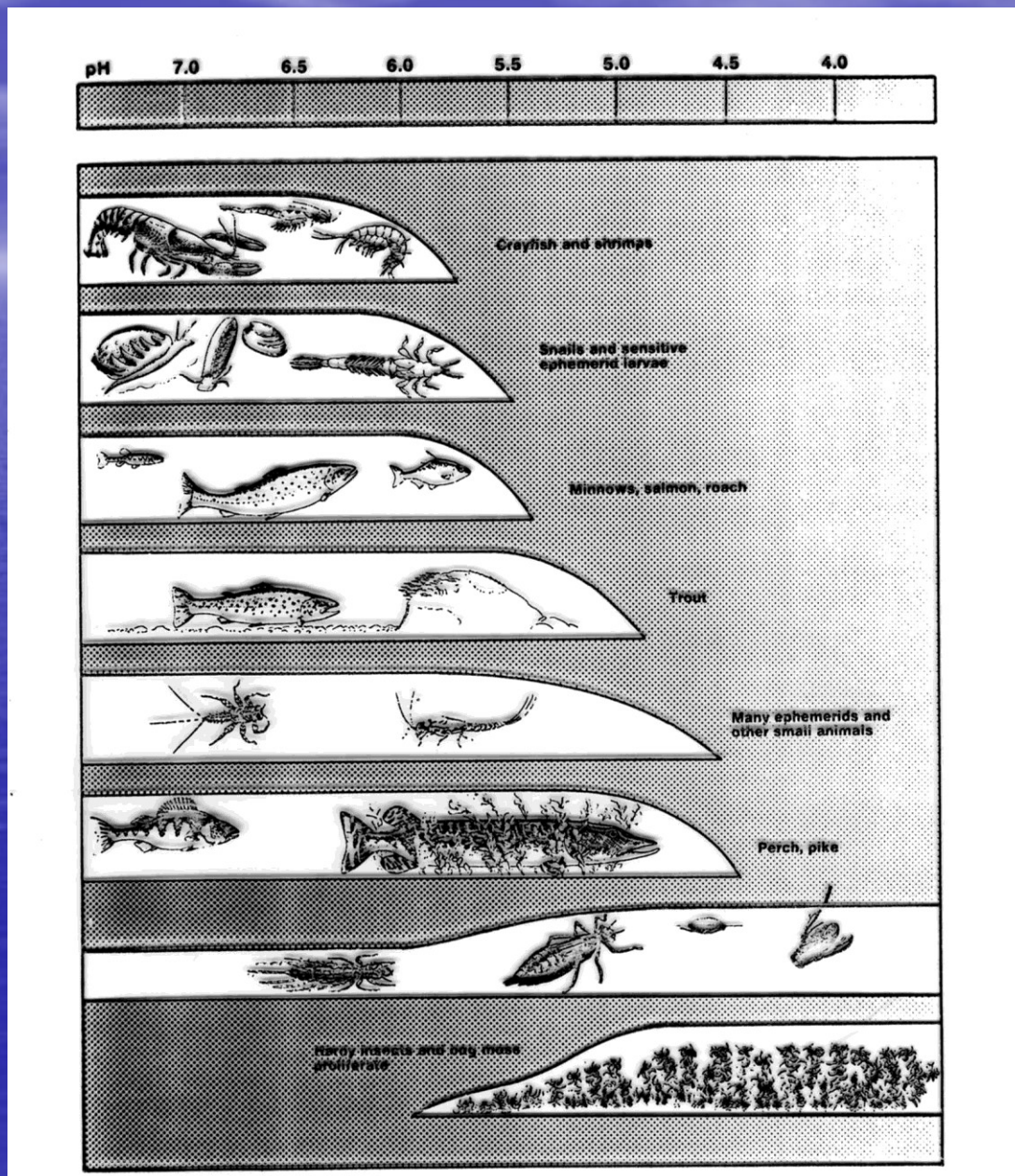
# Acidifikace a organismy





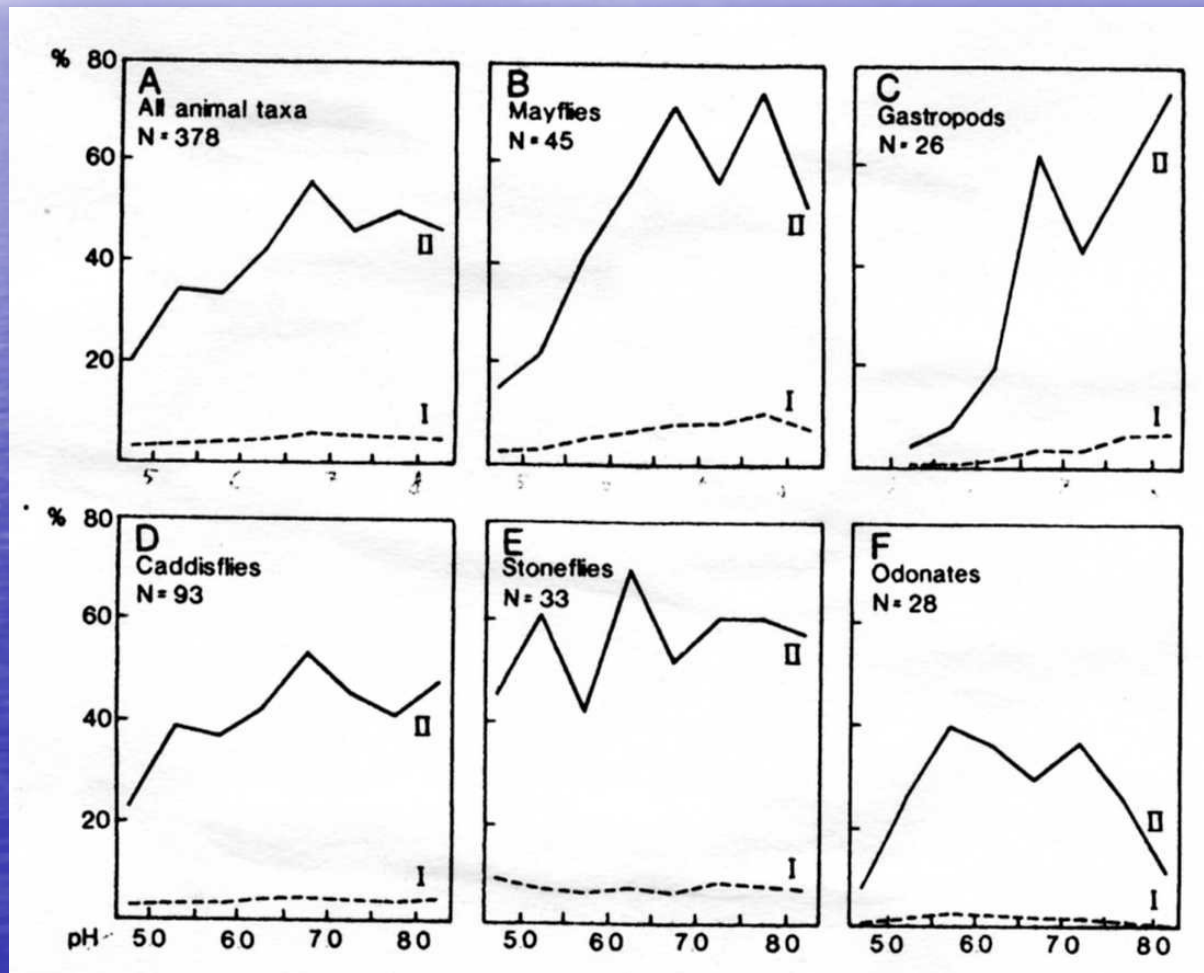
# Acidifikace a organismy

úroveň rod  
– druh



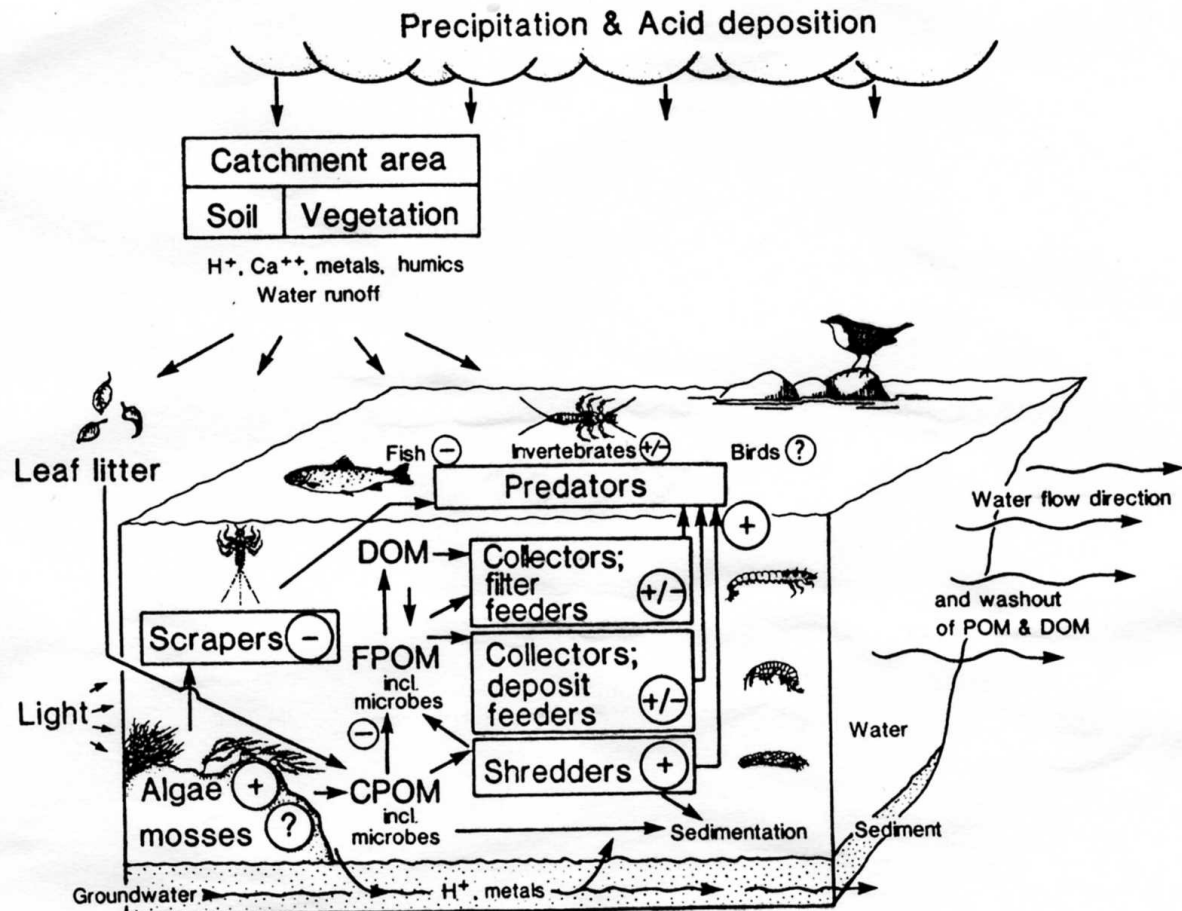


# Acidifikace a organismy – úroveň vyšší taxonomické jednotky



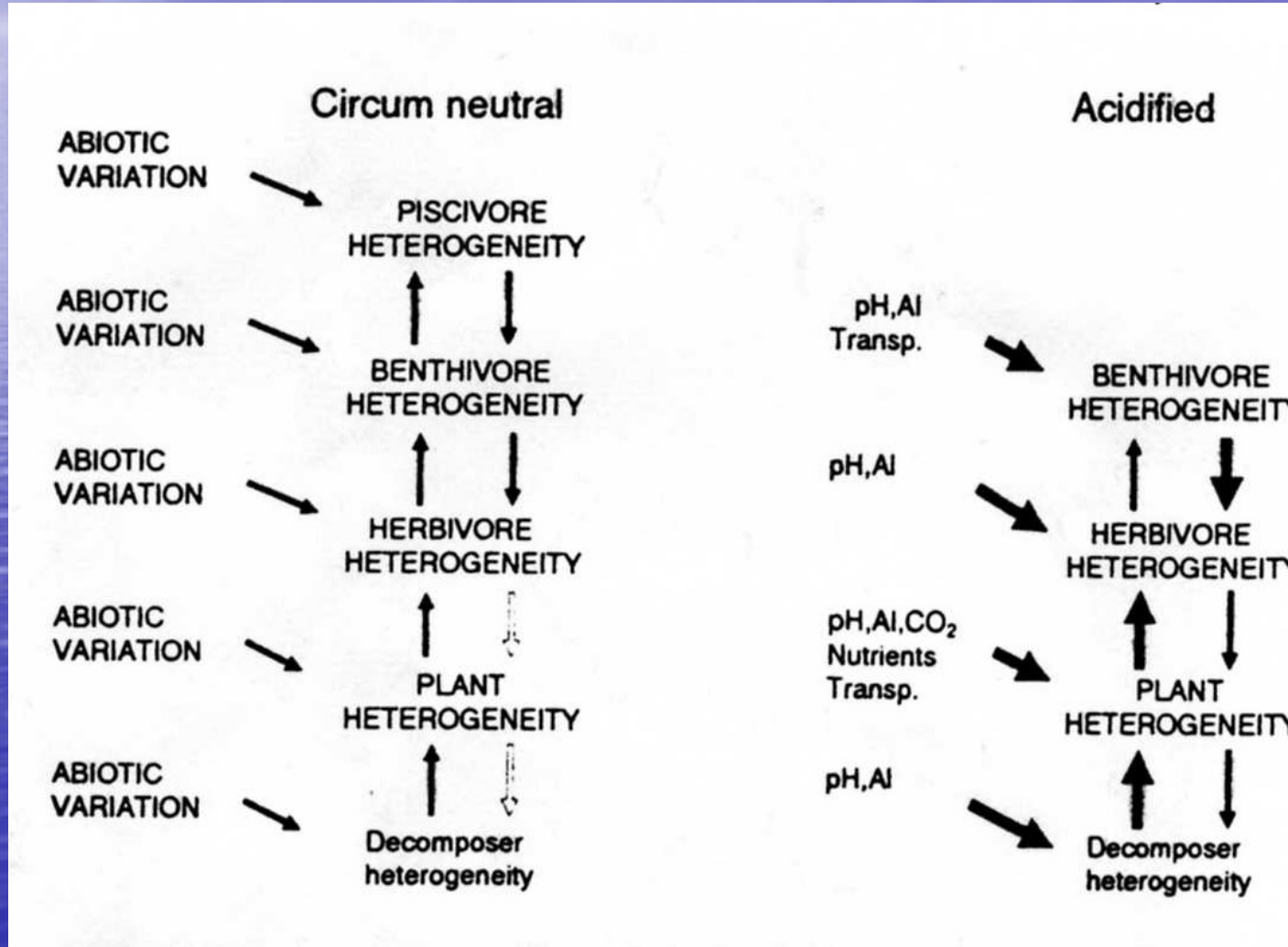
# Acidifikace a organismy – úroveň společenstva

Figure 1. A stream section, showing the functional feeding groups and the flow of organic matter between these. CPOM = coarse particulate organic matter, FPOM = fine particulate organic matter, DOM = dissolved organic matter. The functional-feeding groups; *Scrapers* consume periphyton from stones and leaves; *shredders* consume CPOM; *deposit feeders* consume settled FPOM; *filter feeders* consume suspended FPOM, incl. small organisms and colloidal DOM; and *predators* consume animals. Known or supposed effects of acidification on the functional feeding groups indicated by + and - signs. Drawn by G. Marklund from ideas by A. Gerhardt and J. Herrmann.

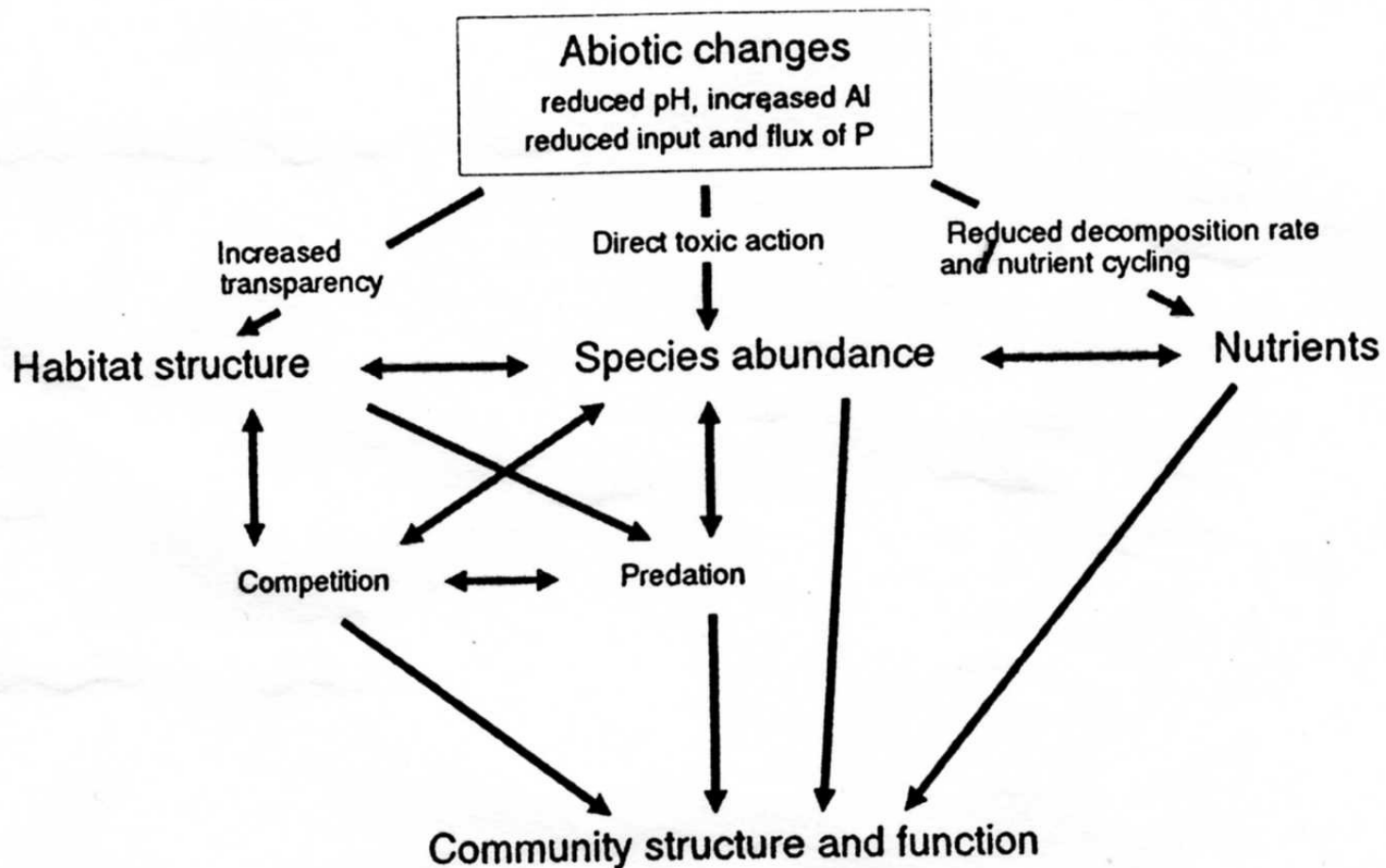




# Acidifikace a organismy - společenstva



# Acidifikace a organismy - společenstva





# Bioindikace acidifikace

- Skóre systém
  - nad pH 5,5: 1 bod acidosenzitivní org.
  - pH 4,5- 5,5: 0,5 bodu acidotoleratní org.
  - pod pH 4,5: 0 bodu silně acidotoleratní org.
- Acidifikační index lokality – průměrná hodnota = rozmezí 0 - 1
- Acidifikační indexy organismů místě a geograficky závislé

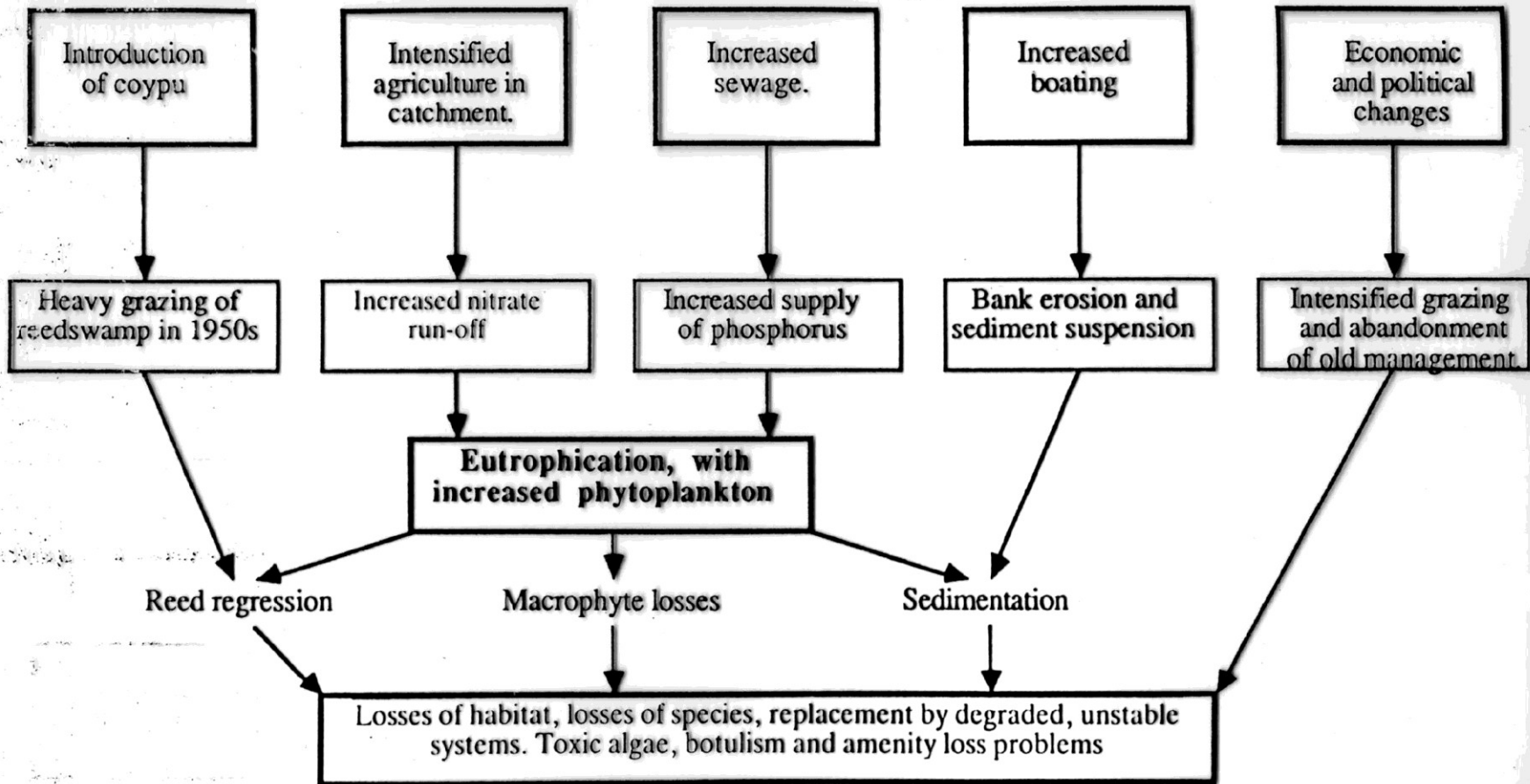
# Eutrofizace

Zvyšování úživnosti ekosystémů



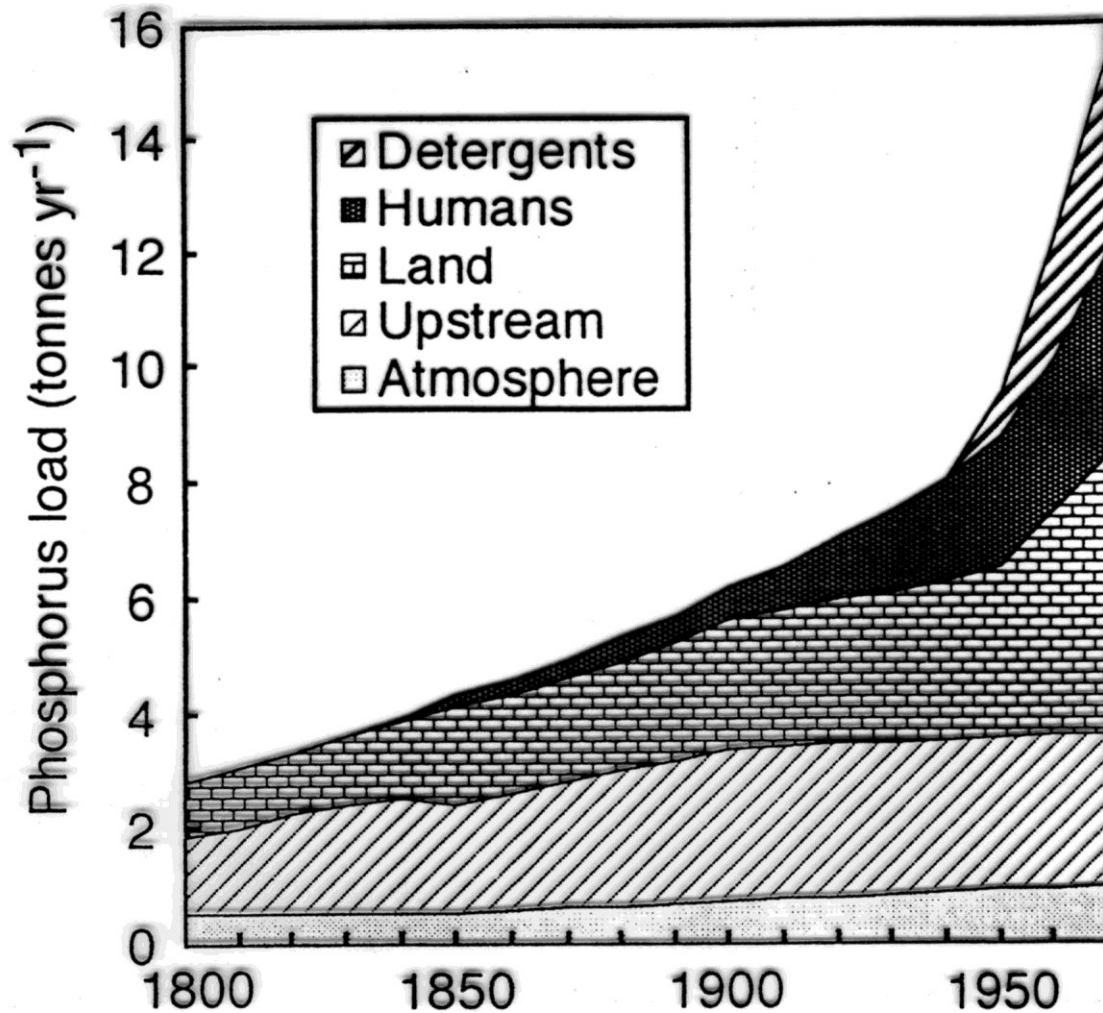
# Zdroje živin

- Autochtonní
  - rozklad organické hmoty
  - vyluhování sedimentů a hornin
  - biogenní fixace dusíku – bakterie a cyanobakterie
- Allochtonní
  - eroze půdy – povrchový odtok
  - znečištění atmosféry NO<sub>x</sub>
  - odpadní vody – odtoky z ČOV bez terciálního čištění





# Zdroje fosforu





# Stupně trofie

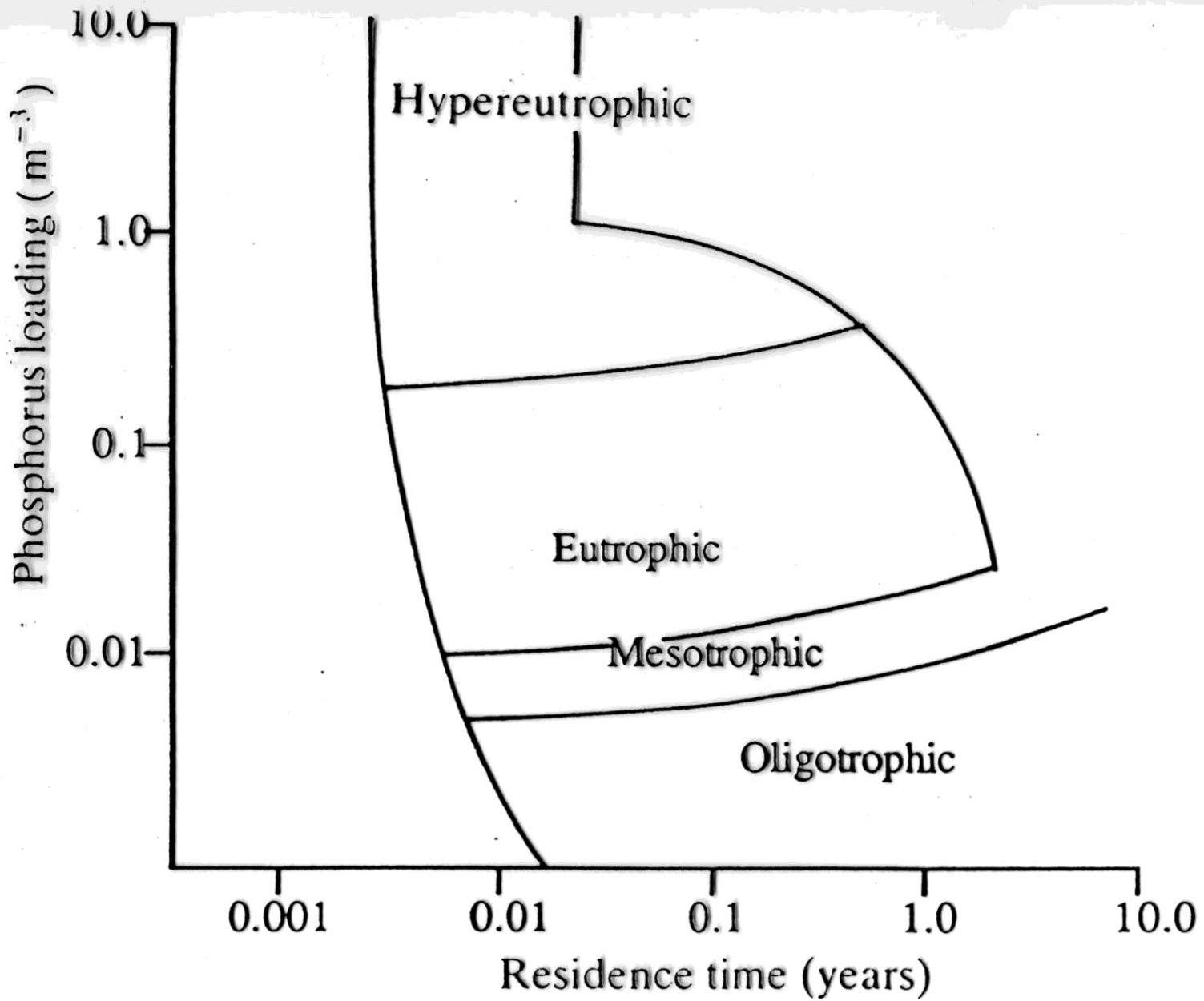
**Tab. 9.** Klasifikace stojatých vod dle úživnosti (OECD 1992)

Úživnost	Celkový P (mg.l <sup>-1</sup> ) prům.	Chlorofyl a (μg.l <sup>-1</sup> )		Průhlednost (m)	
		prům.	max.	prům.	max.
oligotrofie	< 0,010	< 2,5	< 8	> 6	> 3
mezotrofie	0,010–0,035	2,5–8	8–25	3–6	1,5–3
eutrofie	0,035–0,100	8–25	25–75	1,5–3	0,7–1,5
hypertrofie	> 0,100	> 25	> 75	< 1,5	< 0,7

**Tab. 10.** Kategorizace trofie dle různých zdrojů (upraveno)

Úroveň trofie	Abundance řas [10 <sup>6</sup> buněk.l <sup>-1</sup> ]	Chlorofyl-a [μm.l <sup>-1</sup> ]	Primární produkce [mg.C.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> ]	Celkový fosfor [μg.l <sup>-1</sup> ]
1 ultra-oligotrofní	< 0,01	< 1	< 5 β	< 4,3
2 oligotrofní	0,01–0,05	1–3	50–125	7,0–11,6
3 oligo-mesotrofní	0,05–0,1	3–10	125–250	11,6–19,1
4 mesotrofní	0,1–0,5	10–20	250–500	19,1–31,5
5 meso-eutrofní	0,5–1,0	20–50	500–900	31,5–51,9
6 eutrofní	1–10	50–100	900–1500	51,9–85,6
7 eu-polytrofní	10–100	100–200	1500–2500	85,6–141,2
8 polytrofní	100–500	200–800	2500–4000	141,2–383,8
9 hypertrofní	> 500	> 800	> 4000	> 383,8





Vegetační zákal je tvořen obvykle planktonními řasami, které nejsou viditelné pouhým okem. Výtažník MO ČRS Pardubice. Foto Z. Adámek.





Sinicový vodní květ je tvořen většinou koloniálními cyanobakteriemi (sinicemi), viditelnými pouhým okem. Brněnská přehrada, Rokle. Foto Z. Adámek





Rozklad biomasy  
cyanobakterií vyplavených na břeh  
v období maximálního rozvoje  
koncem léta. Rybník Potěšil,  
Třeboňsko. Foto Z. Adámek.





Příloha X. Typické projevy znečištění rekreačních nádrží – pevné odpady a sinicový vodní květ. Brněnská přehrada, u hráze. Foto Z. Adámek.





# (Bio) Indikace trofie

- Přímé stanovení živin – P a N, vypočet bilance vztažené na objem a čas
- Stanovení biodostupných živin
  - Metoda trofického potenciálu – laboratorní metoda, růstové testy na řase *Scenedesmus quadricauda* km. Greisfald
  - Stanovení koncentrace řas a sinic jako chlorofyl a - in situ
- Bioindikační metody – analýza společenstva řas a sinic

# Analýza společenstva

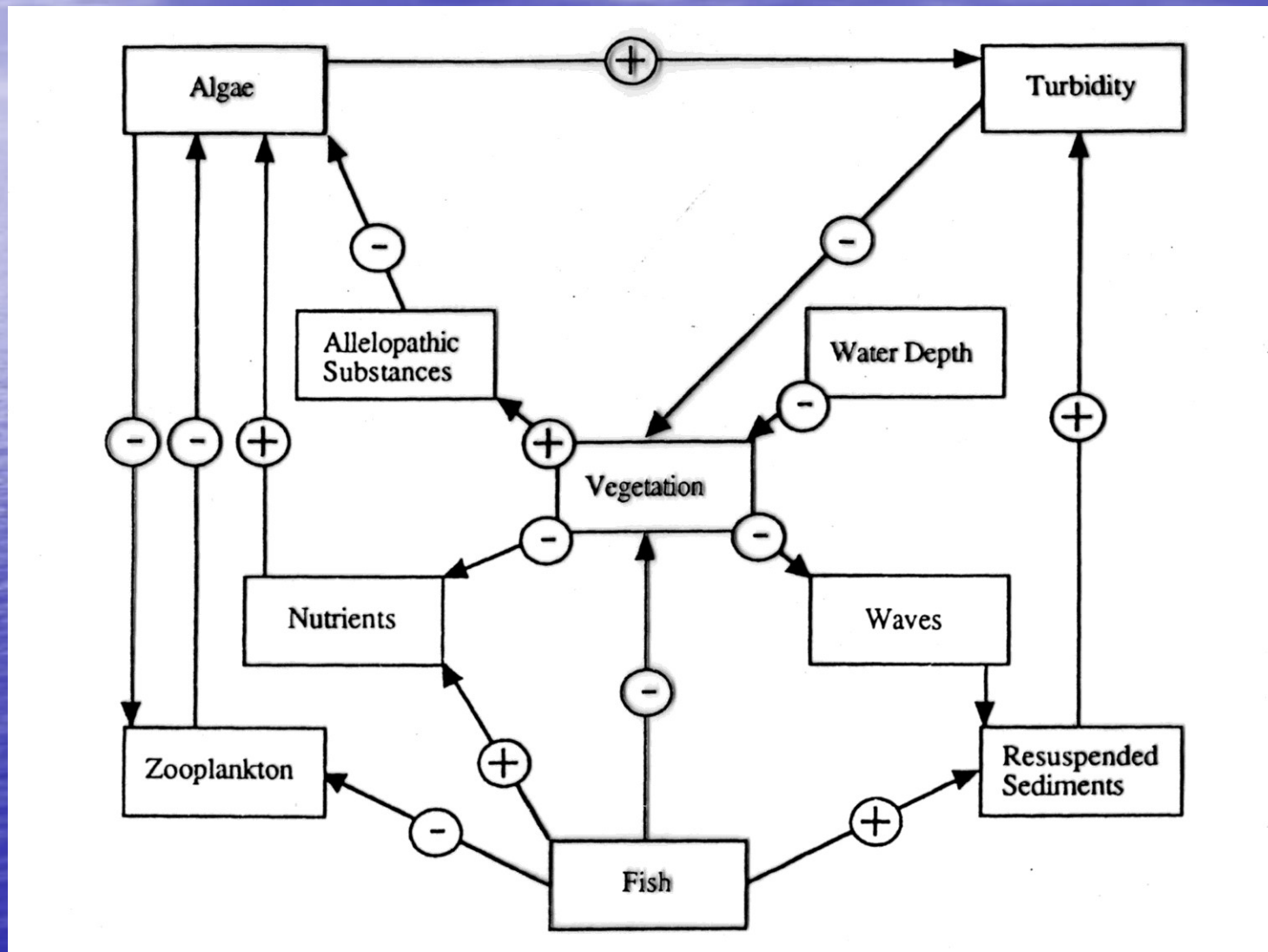
CONDITION	ENERGY LIMITED	ENERGY AND RESOURCES REPLETE	RESOURCES LIMITED
TYPICAL SEASONALITY	VERNAL PERIOD	EARLY - SUMMER PERIOD	LATE -
OLIGOTROPHIC		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Cyclotella</i> spp <i>Urosolenia</i> spp    A         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Peridinium willei</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Gomphosphaeria</i> <i>Stauroneis</i>    L, O         </div>
MESOTROPHIC	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Asterionella formosa</i> <i>Cyclotella</i> spp <i>Melosira italica</i> <i>Synedra</i> spp    B         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Dinobryon</i> <i>Mallomonas</i>    E         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Peridinium</i> <i>Ceratium</i> <i>Gomphosphaeria</i>    I, M         </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Ankistrodesmus</i> <i>Chlorella</i>    X         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Sphaerocystis</i> <i>Gemellieystis</i> <i>Coenococcus</i> <i>Oocystis lacustris</i>    F         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Asterionella</i> <i>Tabellaria f. arcuosa</i> <i>Fragilaria cotunensis</i> <i>Cosmarium</i> spp <i>Staurastrum</i> spp    N         </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Cryptomonas / Rhodomonas</i>    Y         </div>		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Planktothrix rubescens / mougeotii</i>    R         </div>		
EUTROPHIC	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Asterionella</i> <i>Fragilaria</i> <i>Stephanodiscus</i> spp    C         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Eudorina</i> <i>Rostorffia</i>    G <i>Volvox</i>    T <i>Tribonema</i> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Aphanizomenon</i> <i>Anabaena</i> spp <i>Gloeotrichia</i>    H         </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Ankistrodesmus</i> <i>Elakatothrix</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Tetrastrum</i>    X         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> e.g. <i>Ankyra</i> <i>Chromulina</i> <i>Monodus</i>    X         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Ceratium</i> <i>Microcystis</i>    M         </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Cryptomonas / Rhodomonas</i>    Y         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Asterionella</i> <i>Fragilaria</i> <i>Melosira granulata</i> <i>Closterium</i> spp <i>Staurastrum</i> </div>
HYPERTROPHIC	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Diatoma</i>    D <i>Stephanodiscus</i> spp <i>Synedra</i> spp         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Pediastrum</i> <i>Coelastrum</i> <i>Oocystis borgei</i> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Aphanocapsa</i> <i>Aphanothece</i>    K         </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Ankistrodesmus</i> <i>Crucigenia</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Tetrastrum</i> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> </div> J
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Cryptomonas / Rhodomonas</i>    Y         </div>		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <i>Planktothrix agardhii / Limnithrix</i>    S         </div>		



# Potlačování eutorfizace

- Odstranění zdrojů z povodí
  - Bodové zdroje – ČOV, odpadní vody
  - Plošné zdroje – eroze půdy, znečištění ovzduší
- Zákaz fosfátových detergentů
- Omezení užití umělých hnojiv
- Otěžení sedimentů z nádrží
- Biomanipulace

# Biomanipulace s rybí obsádkou

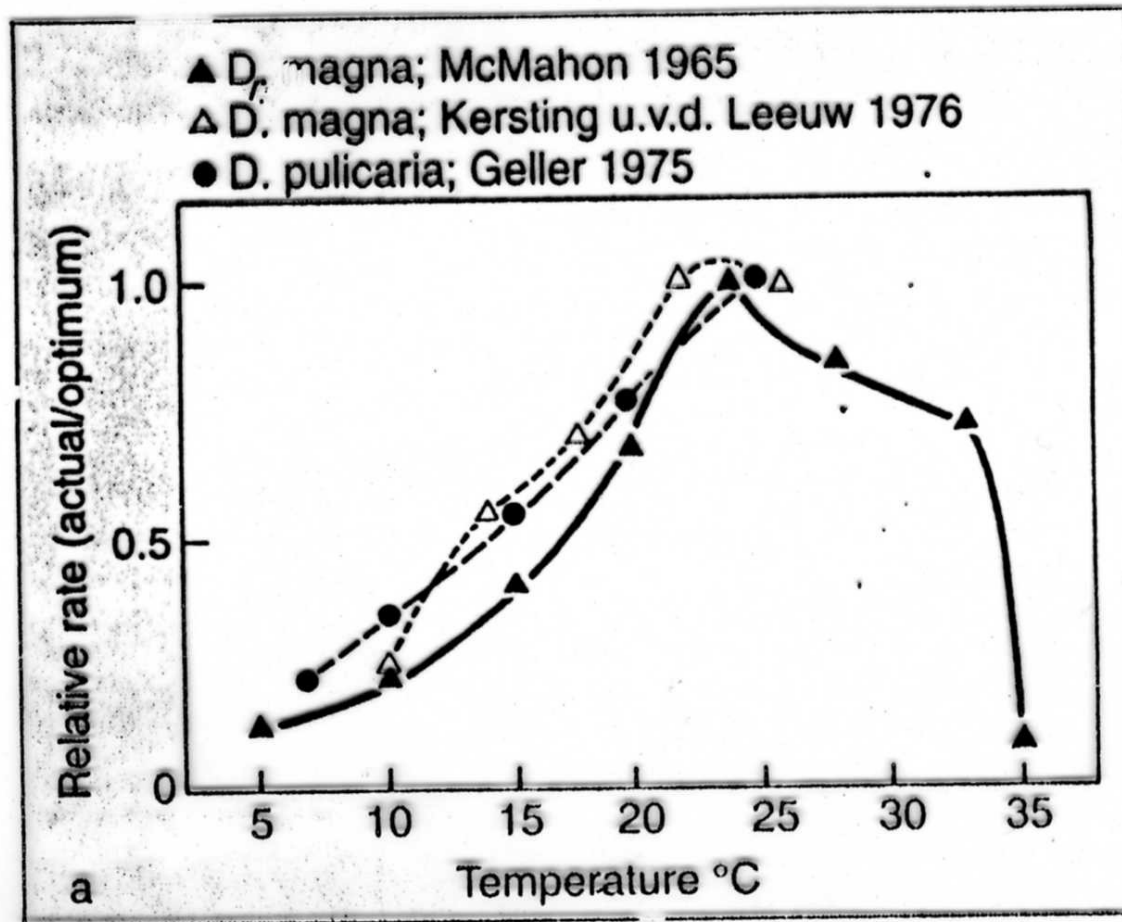




# Oteplování ekosystémů

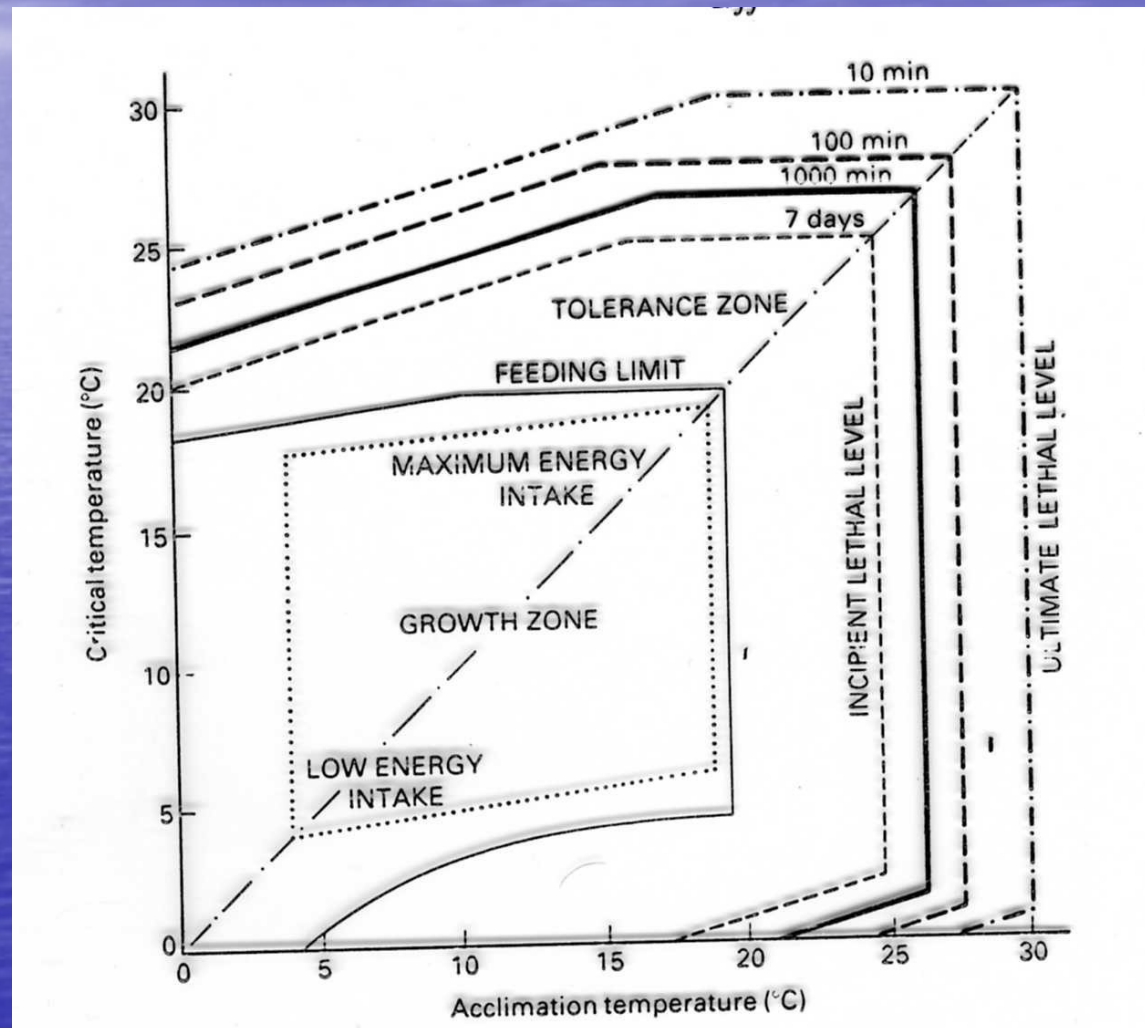
Bodové a globální

# Tolerance vodních organismů k změnám teploty

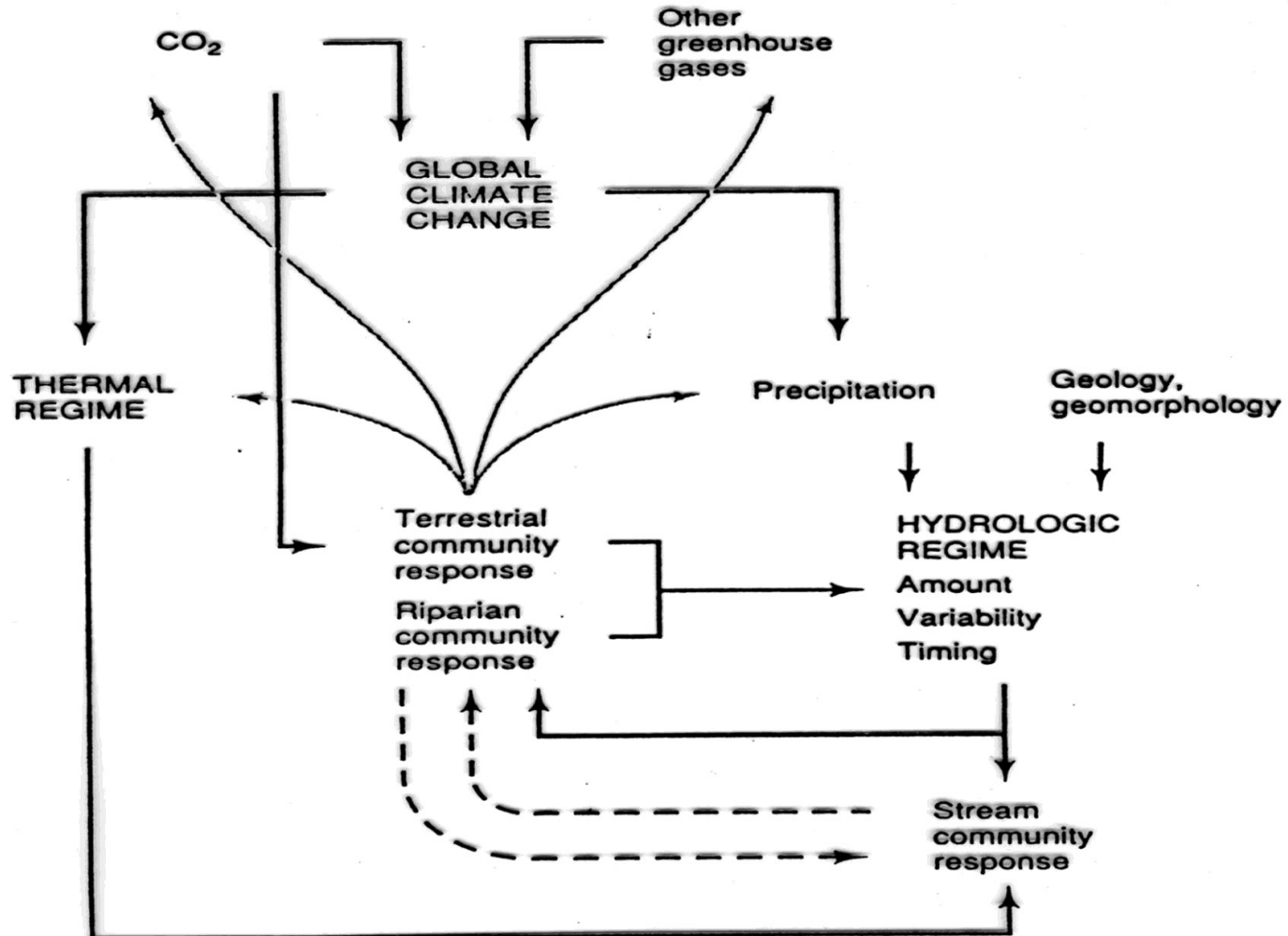




# Kritická a aklimatizační teplota



# Globální oteplování – změny klimatu





# Polutanty

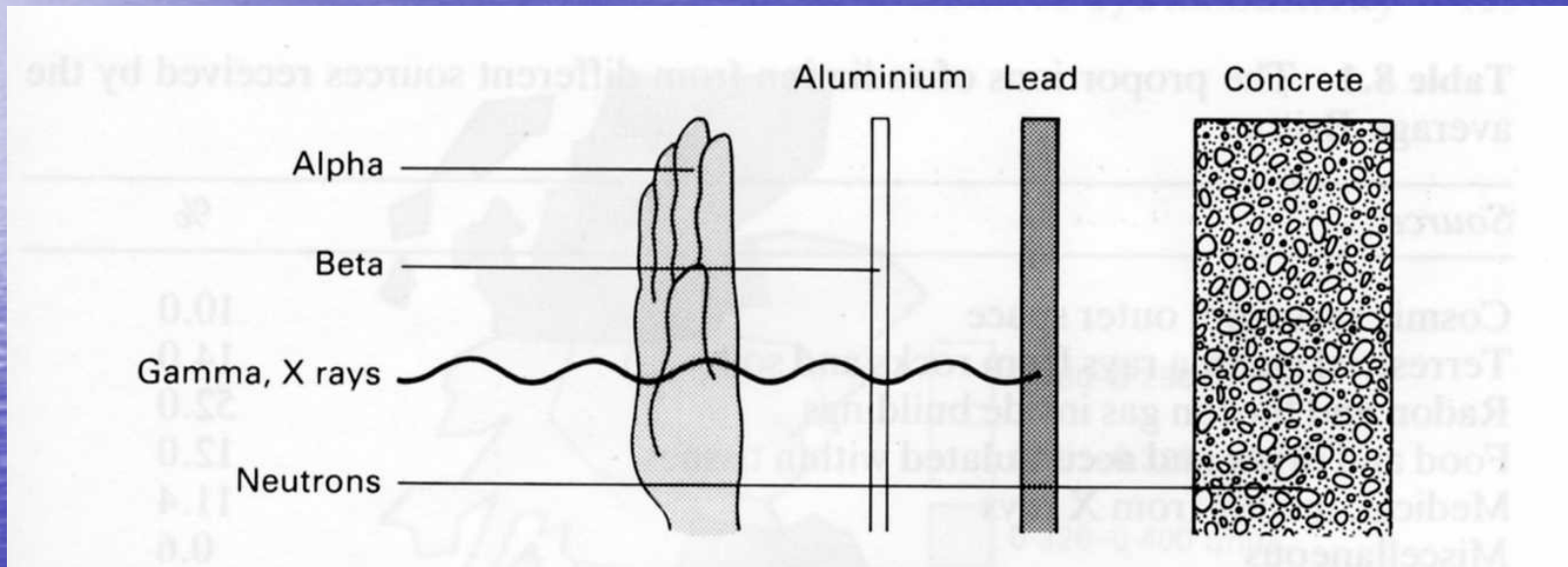
Radionuklidy

Toxické kovy

Ropné látky a polyaromatické  
uhlovodíky (PAH)

Perzistentní organické polutanty

# Radioaktivní (ionizující) záření





# Zdroje radioaktivního záření

<i>Source</i>	<i>%</i>
Cosmic rays from outer space	10.0
Terrestrial gamma rays from rocks and soil	14.0
Radon and thoron gas inside buildings	52.0
Food and drink and accumulated within tissues	12.0
Medical, mainly from X rays	11.4
Miscellaneous	0.6
Nuclear industry	0.004

# Místa akumulace a působení, poločas rozpadu

<i>Nuclide</i>	<i>Half-life</i>	
$^3\text{H}$	12.4 yr	Assimilated by body in water
$^{14}\text{C}$	5730 yr	Passed up food chain
$^{32}\text{P}$	14.3 days	Concentrated in bones
$^{40}\text{K}$	$1.3 \times 10^9$ yr	Found throughout body
$^{90}\text{Sr}$	28.9 yr	Concentrated in bones
$^{131}\text{I}$	8.1 days	Concentrated in thyroid
$^{137}\text{Cs}$	30.2 yr	Found throughout body
$^{226}\text{Ra}$	1622 yr	Concentrated in bones
$^{238}\text{U}$	$4.5 \times 10^9$ yr	Concentrated in lungs and kidney



# Kontaminace různých organismů $^{137}\text{Cs}$ po havárii v Černobylu

	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
<b>Fish</b>	
Trout ( <i>Salmo trutta</i> )	18 700
Perch ( <i>Perca fluviatilis</i> )	14 240
Grayling ( <i>Thymallus thymallus</i> )	10 590
Char ( <i>Salvelinus alpinus</i> )	9 890
Rainbow trout ( <i>Salmo gairdneri</i> )	6 280
Pike ( <i>Esox lucius</i> )	4 690
Bream ( <i>Abramis brama</i> )	3 840
Whitefish ( <i>Coregonus lavaretus</i> )	3 130
Ide ( <i>Leuciscus idus</i> )	2 840
Crucian carp ( <i>Carassius carassius</i> )	1 870
Roach ( <i>Rutilus rutilus</i> )	980
Vendace ( <i>Coregonus albula</i> )	81
Herring ( <i>Clupea harengus</i> )	23
Atlantic codfish ( <i>Gadus morhua</i> )	2
Pike perch ( <i>Stizostedion lucioperca</i> )	2
<b>Aquatic birds</b>	
Canada goose ( <i>Branta canadensis</i> )	3 840
Mallard duck ( <i>Anas platyrhynchos</i> )	1 290
Wigeon ( <i>Anas penelope</i> )	1 190
Red-breasted Merganser ( <i>Mergus serrator</i> )	110
Diver ( <i>Gavia</i> sp.)	107
Greylag goose ( <i>Anser anser</i> )	64
<b>Shellfish</b>	
Signal Crayfish ( <i>Pacifastacus leniusculus</i> )	2 280
Crayfish ( <i>Astacus astacus</i> )	1 180

# Toxické kovy

- Hg – bioakumulace v tukových tkáních, organosloučeniny – metylrtuť a etylrtuť, akutní a chronická toxicita
- Cd – bioakumulace v tukových tkáních, chronická toxicita
- Pb – dtto, metylolovo, etylolovo, chronická toxicita
- As, Co, V, Ni, Cr, Zn – biokoncentrace, přímá akutní toxicita



# Příklad – kontaminace Hg potravních řetězců v jezeře

<i>Material</i>	<i>Mercury concentration</i>
Sediment	87–114
Phytoplankton	15
Higher plants	9
Zooplankton	13
Herbivorous zoobenthos	77
Carnivorous zoobenthos	83
Herbivorous fish	332–500
Carnivorous fish	604–1510
Insectivorous duck	240
Piscivorous birds	2512–13 685

# Organické polutany

- Ropné uhlovodíky a polyaromatické uhlovodíky (PaHs)
- Polychrované bifenyly (PCBs)
- Polychrované dibenzodioxiny (PCDDs)
- Polychlorované dibenzofurany (PCDFs)
- Polybromované bifenyly (PBBs)
- Chlorované pesticidy
- Organofosforové pesticidy
- Carbamatové pesticidy
- Pyretroidy
- Fenoxxy herbicidy
- Chlorfenoly a chlorkresoly
- .....