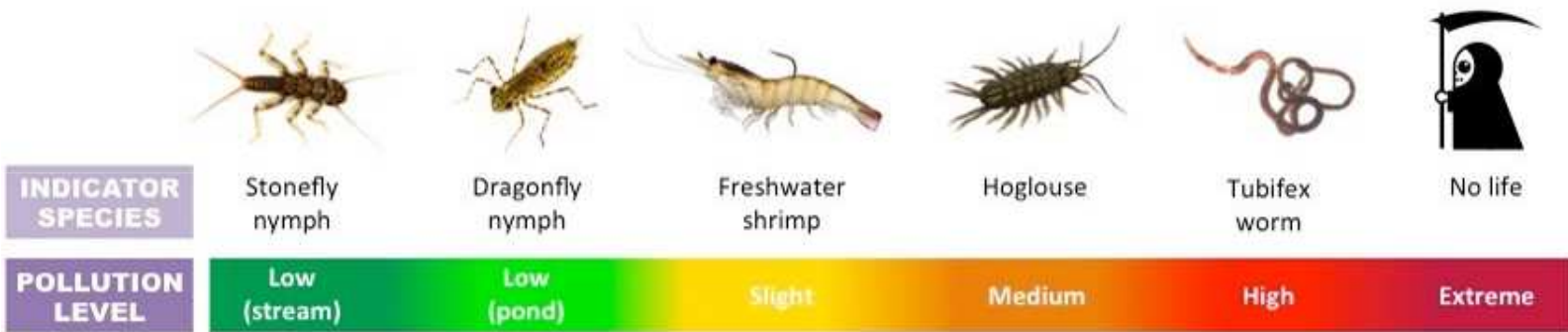




FUNGI, PLANTAE, ANIMALIA 1

se zaměřením na indikátorové druhy
(Bioindikace a biomonitoring)



Co je bioindikátor?

- Bioindikátory zahrnují **ekologické procesy, druhy nebo společenstva**; slouží k posouzení stavu kvality životního prostředí a/nebo jeho změn v průběhu času
- Živý organismus (či společenstvo organismů), z jejichž **přítomnosti, kondice či chování** je možno usuzovat na přítomnost určitého faktoru prostředí i na stav a změnu prostředí
- Typy bioindikátorů:
 - **Sentinely** (hlídky) – citlivé organismy zaváděné do prostředí úmyslně, aby indikovaly jeho okamžité změny
 - **Detektory** – organismy vyskytující se přirozeně a reagují na změnu prostředí
 - **Exploatátory** (vykořisťovatelé) – organismy, jejichž přítomnost indikuje narušení a znečištění prostředí
 - **Akumulátory** – organismy, které přijímají a hromadí škodlivé látky z prostředí

společenstva;
jeho změn

přítomnosti,
jeho faktoru

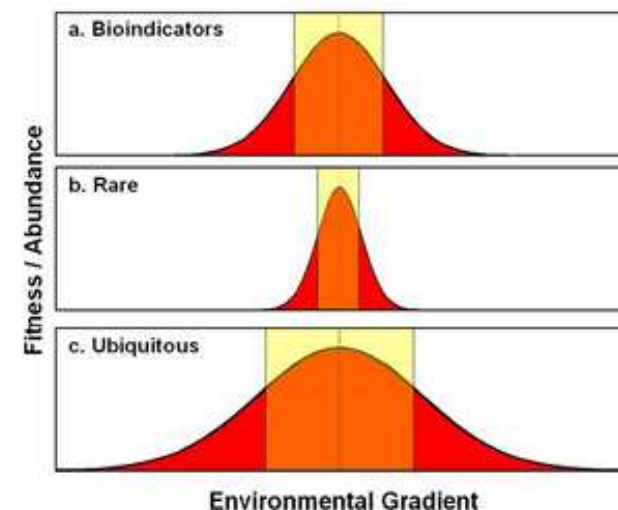
úmyslně, aby

do prostředí
indikuje

látky z prostředí

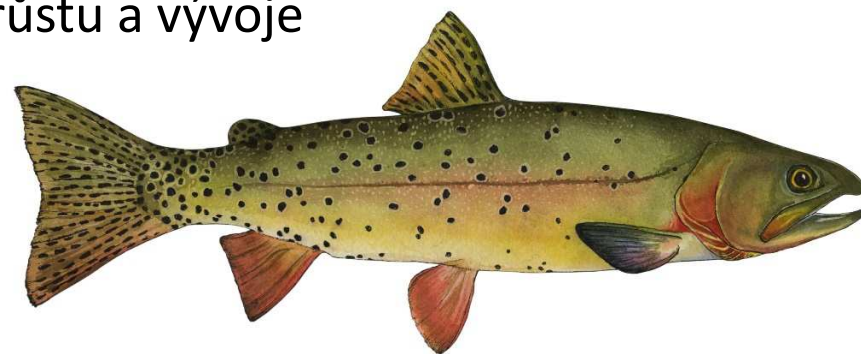
Co může být vhodným bioindikátorem?

- Biotické a abiotické podmínky prostředí se liší, stejně tak se liší druhy v toleranci ke změnám (vybočení z optima)
- Nejlepšími bioindikátory jsou **organismy (druhy)** se střední mírou tolerance ke změnám prostředí (citlivost vůči změnám x odolnost vůči výkyvům a obecným biotickým změnám)
- Bioindikátorem může ale být i **celé společenstvo**, které zahrnuje celou škálu typů environmentální tolerance → více zdrojů dat pro posouzení stavu prostředí
 - Biotické indexy
 - „Multimetrický“ přístup (abundance, diverzita, míra tolerance, ...)



Co může být vhodným bioindikátorem?

- **Biologické procesy** – např. termální tolerance pstruha žlutohrdlého (*Oncorhynchus clarkii*) využívána jako indikátor teploty vody, resp. k hodnocení míry antropogenních disturbancí v daném ekosystému – měření hsp (heat shock proteins) v tělech jednotlivců
 - krátkodobá expozice;
 - behaviorální a fyziologické změny – změna růstu a vývoje
 - lokální extinkce – dlouhodobá expozice

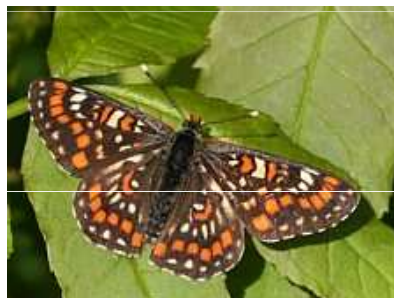


Deštníkový druh (*umbrella species*)

- živočišný či rostlinný druh, jehož ochrana zastřešuje ochranu celého souboru dalších druhů či společenstva
 - musí existovat statisticky významná pozitivní korelace mezi výskytem deštníkového druhu a výskytem druhů, které se pod jeho deštník mají skrýt
 - musejí být dobře známy biotopové nároky deštníkového druhu, protože na nich je postaven management lokalit s jeho výskytem
 - musí být atraktivní pro veřejnost



Modrásek černoskvrnný (*Maculinea arion*)
deštníkový druh pro valašské ovčí pasíanky
(ochrana saranče vrzavé a desítek druhů
denních motýlů)



Hnědásek osikový (*Euphydryas maturna*)
deštníkový druh pro světlé nížinné lesy
(důkaz šetrného lesního hospodaření)

Sysel obecný (*Spermophilus citellus*)
deštníkový druh mozaikovitě zemědělské
krajiny
(ochrana zlatohlávka skvostného, roháče
obecného...)



Sysel obecný (*Spermophilus citellus*)

deštníkový druh mozaikovitě zemědělské krajiny
(ochrana zlatohlávka skvostného, roháče obecného...)



Rýhonosec *Pseudocleonus cinereus*
- Okraje vinogradů a polních cest



Stepní vegetace s třešní křovitou,
obklopena vinicemi



Soumračník slézový
- *Pestrá stepní stanoviště,*
okraje polních cest



Kriticky ohrožený
listovník trávový (lesní
trávníky a lesostepi)



Silně ohrožený
modřelec hroznatý
(okopávané a naorávané
vinice a sady)

Deštníkový druh (*umbrella species*)



Koncept populární ve 2. polovině 20. století, nyní se od něj upouští – ochrana celých společenstev a ekosystémů, komplexně

Bioindikace a biomonitoring

- **Bioindikace:** metoda používaná k získání rychlé biologické informace s minimální časovou prodlevou
- **Biomonitoring:** použití živých organismů k získání kvantitativních a kvalitativních informací o určitých charakteristikách biosféry
- **Biomonitoring:** dlouhodobé a systematické sledování vývoje nebo prostorového rozložení bioindikačních znaků
- **Bioindikátory:** organismy nebo společenstva organismů, jejichž životní funkce jsou korelovány s faktorem prostředí tak těsně, že mohou sloužit jako jejich ukazatele
- 3 hlavní funkce bioindikátorů:
 - Monitoring životního prostředí (fyzikální a/nebo chemické změny)
 - Monitoring ekologických procesů
 - Monitoring biodiverzity

Kritéria vhodného bioindikátoru

- Nelze vybrat jeden organismus, který bude schopen indikovat všechny typy disturbancí či stresu v každém typu prostředí
- Napříč geografickými oblastmi, typy indikovaných disturbancí, životního prostředí či používaných organismů, dobré bioindikátory sdílejí tyto hlavní znaky:

1. Dobrá schopnost indikace

- Poskytuje měřitelnou odpověď (senzitivní vůči disturbancím nebo stresu, ale ne příliš)
- Jeho odpověď reflektuje odpověď celé populace/společenstva/ekosystému
- Reaguje úměrně stupni degradace nebo kontaminace

Kritéria vhodného bioindikátoru

2. Početnost a rozšířenost

- Přiměřená hustota místní populace (vzácné druhy nejsou optimální)
- Běžný, s ohledem na rozšíření v zájmové oblasti
- Relativně stabilní i přes mírnou proměnlivost klimatu a prostředí

3. Prostudovanost

- Se známou ekologií a životní historií
- Taxonomicky dobře známý a stabilně zakotvený (v systému)
- Sbíratelný/zkoumatelný jednoduše a nenákladně

4. Ekonomický význam

- Druh se již využívá pro jiný účel
- Veřejný zájem / popularita druhu

Výhody využití bioindikátorů

Oproti tradičním metodám (měření chemických/fyzikálních charakteristik prostředí – teploty, salinity, obsahu živin, polutantů, světla, rozp. kyslíku apod.)

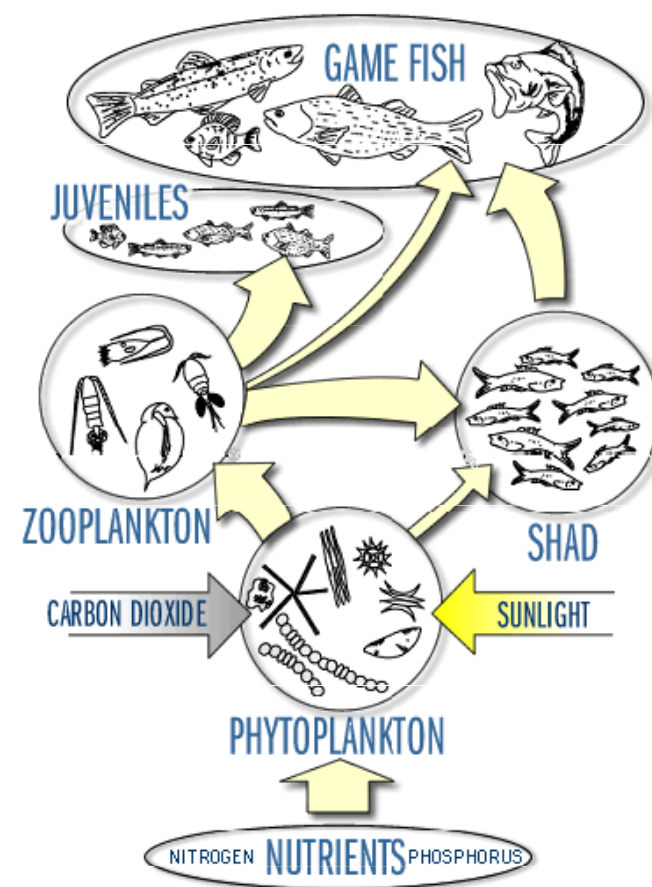


- posouzení **kumulativních dopadů** jak chemických znečišťujících látek, tak změn stanovišť **v průběhu času**
 - přidávají časovou složku odpovídající délce života nebo době pobytu organismu v konkrétním systému, což umožňuje zohlednění současných, minulých nebo budoucích podmínek prostředí
- Náklady na chemické analýzy jsou často vysoké, zejména při nízkých koncentracích polutantů
- rozsah tolerance bioindikátorů poskytuje obrázek o **biologicky smysluplných úrovních polutantů**

Výhody využití bioindikátorů

Oproti tradičním metodám (měření fyzikálních charakteristik prostředí – teploty, světla, rozp. kyslíku apod.)

- schopnost indikovat **nepřímé biotické účinky znečišťujících látek** (např. bioakumulace – kovy kumulující se v tělech organismů směrem k vyšším trofickým úrovním)
- Mnoho látek a faktorů, které je potřeba monitorovat – **biota je nejlepším prediktorem reakce ekosystémů na disturbance/stres**
- U diverzifikovaných biotopů (např. tropické pralesy) neodrážejí fyzikální/chemická měření komplikovanost systému (interakce faktorů), bioindikátory ano



Problémy spojené s využitím bioindikátorů

- **Přírozená variabilita vs. antropogenní změny** – omezená možnost využití bioindikátorů v heterogenním prostředí
 - Populace indikátorových druhů mohou být ovlivněny jinými faktory (např. nemoc, parazitismus, konkurence, predace)
- Indikátorová schopnost organismů je **závislá na měřítku**
 - např. velcí obratlovci nemusí indikovat změny hmyzích společenstev, apod.
- Biotopové požadavky bioindikátorů se nemusí shodovat (a neshodují) s ostatními druhy v ekosystému
 - selhání ochrany vzácných druhů
- Použití jednoho druhu (nebo malé skupiny druhů) k posouzení kvality prostředí (či změny v čase) může představovat **hrubé zjednodušení složitého systému**

Výhody vs. nevýhody – shrnutí

- Výhody využití bioindikátorů **jasně převažují jejich omezení**
- Využití od buněčné až po ekosystémovou úroveň, k hodnocení stavu konkrétního ekosystému
- Shromažďují informace o biologických, fyzikálních a chemických složkách prostředí, které se projevují jako změny individuální fitness, hustoty populace, složení společenstva a ekosystémových procesů
- Z pohledu managementu bioindikátory informují o našich aktivitách ohledně toho, co je a co není biologicky udržitelné

Řasy a sinice jako bioindikátory

- Reagují velice rychle na změnu chemického složení vodního toku či nádrže
- Odrážejí míru eutrofizace (proces obohacování vod o živiny, zejména dusík a fosfor) → změny složení řasové flóry
- Eutrofizace: přirozená (výplach živin z půdy a rozklad mrtvých organismů) vs. nepřirozená (antropogenní)

Zařazení v systému:

Doména: Bacteria (bakterie)

Kmen: Cyanobacteria (sinice)

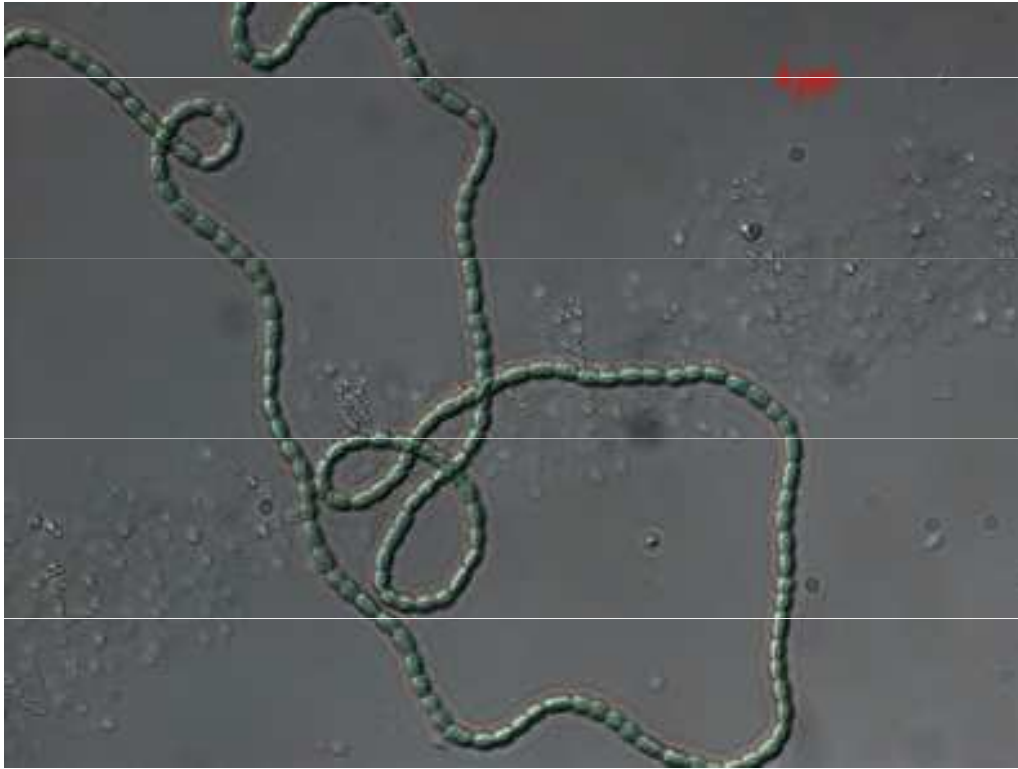
Třída: Cyanophyceae (sinice)

Řasy: seskupení nepříbuzných skupin organismů

Autotrofní fotosyntetizující organismy vyjma vyšších rostlin



Řasy a sinice jako bioindikátory



Anabena flos-aquae – vodní květ,
znečištění



Aphanizomenon flos-aquae – vodní květ,
znečištění

Aphanizomenon flos-aquae



kolonie podobné kouskům trávy nebo
modřínovému jehličí



Řasy a sinice jako bioindikátory



Microcystis aeruginosa –
vodní květ, znečištění



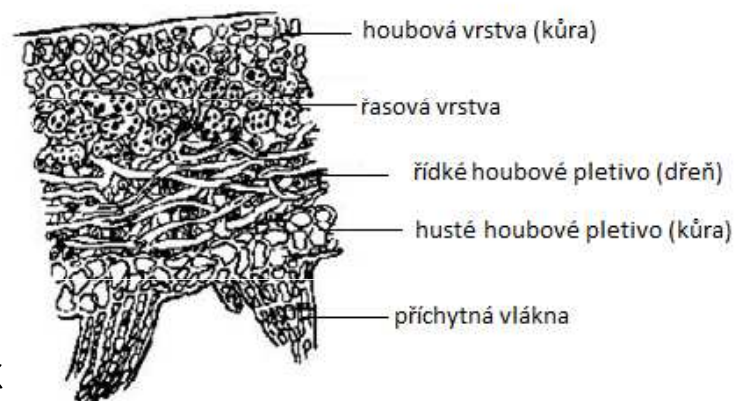


Homogenní zákal v celém objemu
drobné řasy (Chlorophyceae)



Lišejníky jako bioindikátory

- Podvojný organismus (mykobiont – houba, fotobiont – řasa či sinice), ne mutualismus v klasickém smyslu – specifický lichenismus
- Obě složky v ideální rovnováze → i malá změna může vést k úhynu
- **Odolné vůči klimatickým extrémům** (sucho, nadmořská výška, vysoký obsah dusíku, ...)
- Většina lišejníků **vysoce citlivá ke znečištění ŽP** (kyselé deště, nadměrná depozice prachu, polutanty)
- **Stélka nemá kutikulu** → snadné pronikání látek z ŽP (neregulovaný příjem vody povrchem – není půdní filtrace)
- **Pomalý, ale nepřetržitý růst** – nepřetržitý monitoring
- **Dlouhověkost** – desítky až stovky let → dlouhodobá akumulace škodlivin
- **Levný sampling** – stačí zkušený lichenolog monitorující společenstvo lišejníků



Lišejníky jako bioindikátory

- **Zařazení v systému:**

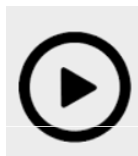
Říše: Fungi (lichenizované houby)

Podříše: Dikarya (jakožto lišejníky netvoří společně žádnou přirozenou skupinu)

Oddělení: Ascomycota (vřeckovýtrusé, 98 %), příp. Basidiomycota (stopkovýtrusé)

- **Lišejníky a toxiny:**

- Vysoce citlivé k SO_2 – již malé koncentrace způsobují změny chloroplastů a trvalou plazmolýzu buněk
 - Destrukce chlorofylu v řase – porušení symbiózy (cukry z fotosyntézy jsou pro houbového partnera nenahraditelné)
 - Tolerance vůči SO_2 se liší – např. důlkatec plicní (*Lobaria pulmonaria*) hyne již při malých koncentracích
- Citlivé vůči expozici fluoru (úhyn – lišejníkové pouště, deformace stélky)
- Citlivé k expozici ozonu
- Citlivé k obsahu kovů v půdě



Why is lichen important?



Lobaria pulmonaria

Lišejníky jako bioindikátory

- Nejčastěji využívány epifytické druhy (standardizace substrátu – eliminace vnějších vlivů)
- Standardizovaná metoda využití lišejníků jako bioindikátorů (1970, širší spektrum lišejníků)
- Kvantitativní (měření lišejníkové vegetace, modelování) vs. kvalitativní (druhové zastoupení, stav) metody
- Indexy hodnotící celé společenstvo (IAP (Index of Atmospheric Purity), LDV (Lichen Diversity Value))
- Zkoumání *in situ* vs. metoda transplantace (přenesení na zájmové území a sledování přežívání)
- Sledování fyziologického stavu lišejníků (intenzity fotosyntézy, dýchání nebo čisté produkce, stanovení obsahu chlorofylu, pH a vodivosti vodního výluhu lišejníkové stélky)
- Morfologicko-anatomické metody (fotograficky viditelné změny odumírajících stélek)

Lišejníky jako bioindikátory

Tolerance ke znečištění SO₂

- *Buellia punctata* (buelie tečkovaná)
- Tolerantní druh
- *Parmelia sulcata* (terčovka brázditá)
- Málo citlivá



Lišejníky jako bioindikátory

Tolerance ke znečištění SO₂

- *Evernia prunastri* (větvičník slívový)
- Středně citlivý

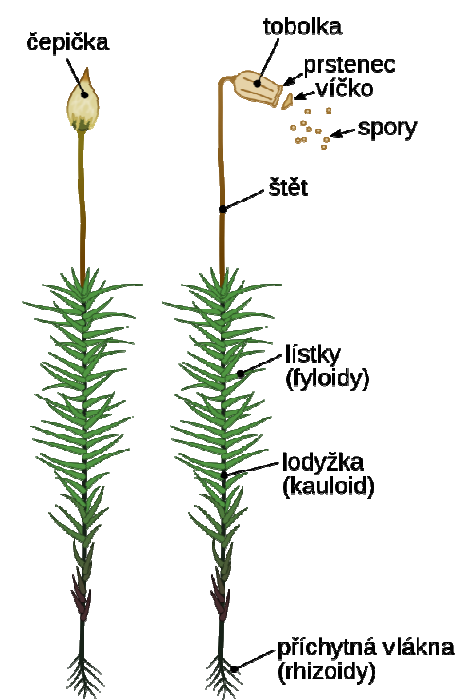


- *Usnea filipendula* (provazovka obecná)
- Velmi citlivý

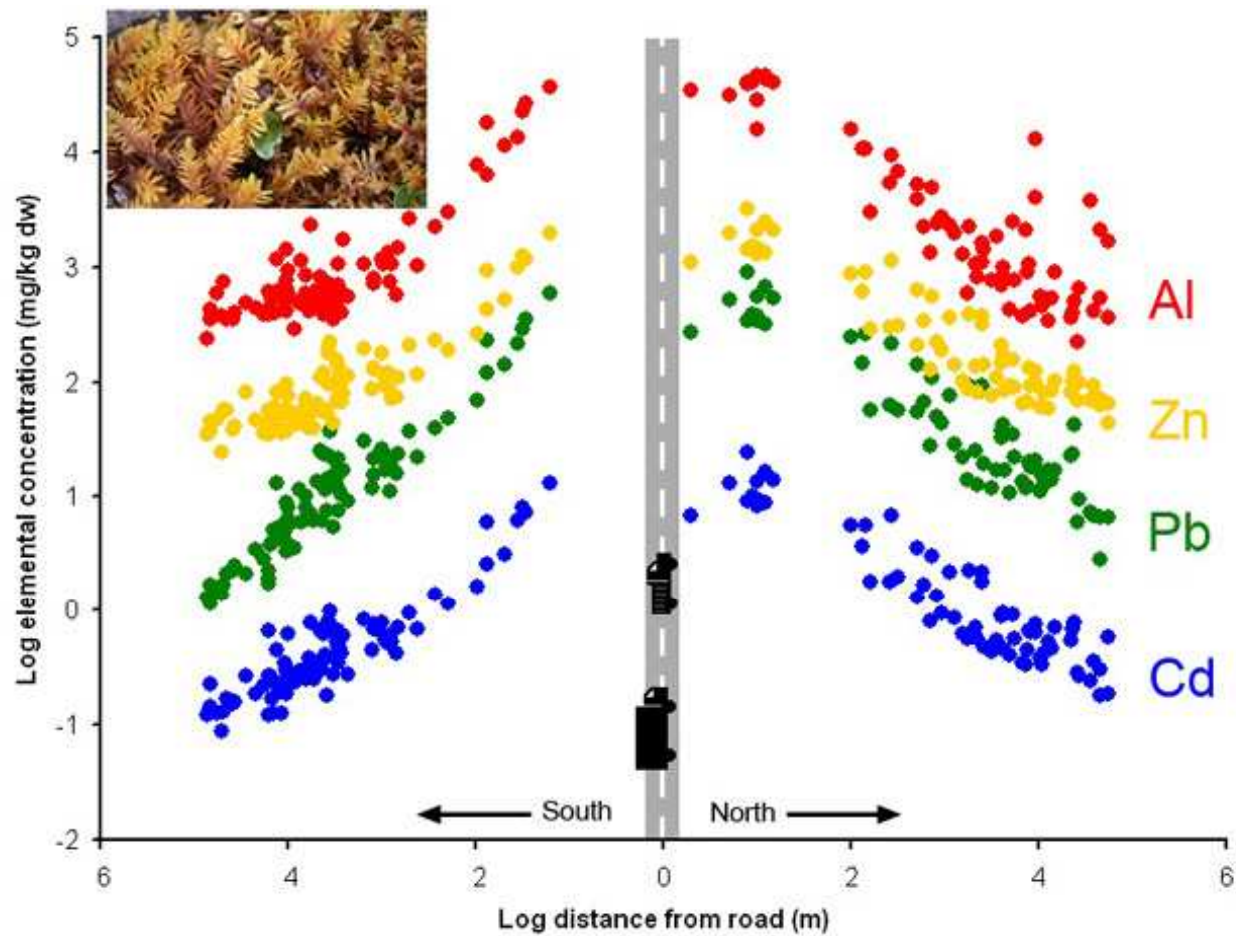


Mechorosty jako bioindikátory

- Mechorosty nemají kořeny → není filtrace půdou → korelace obsahu látek v atmosféře a v pletivech
- Při známé účinnosti mechu přijímat prvky z atmosférické depozice lze na základě obsahu prvku v mechu a znalosti ročního přírůstku biomasy odhadnout i absolutní hodnoty průměrného spadu prvků
- živé části mechu jsou max. tříleté → analýza příslušných koncových segmentů lodyžek → průměrné jedno, dvou nebo tříleté úrovně spadu prvků v místě růstu
- **Celoevropský biomonitoring** (např. UN/ECE ICP-Vegetation). Od 1990/1991 v pětiletých cyklech v ČR biomonitoring aktuální úrovně atmosférické depozice prvků → obsah prvku v mechu násobený příslušným koeficientem → odhad průměrné roční depozice daného prvku v místě růstu analyzovaného mechu



Mechorosty jako bioindikátory



Vztah mezi koncentrací kovů v pletivech mechů a vzdáleností od hlavní silnice (Aljaška, USA)

Mechorosty jako bioindikátory

- Kromě kovů citlivé vůči oxidům síry, dusíku a halogenovodíkům (látky znečišťující ovzduší)
- Nejcitlivější k tomuto typu znečištění jsou epifyty – játrovky čeledi rožeňkovitých (Lejeuneaceae) a kovancovitých (Frullaniaceae) a mechy z čeledi šurpkovitých (Orthotrichaceae)
- 2. pol. 20. st. drastický ústup epifytických druhů, zejm. S a Z pohraničí; posledních 10–20 let postupný návrat

Zařazení do systému:

Říše: Plantae

Nadoddělení: Bryophyta *sensu lato*

Oddělení: Marchantiophyta (játrovky)

Říše: Plantae

Nadoddělení: Bryophyta *sensu lato*

Oddělení: Bryophyta (mechy)



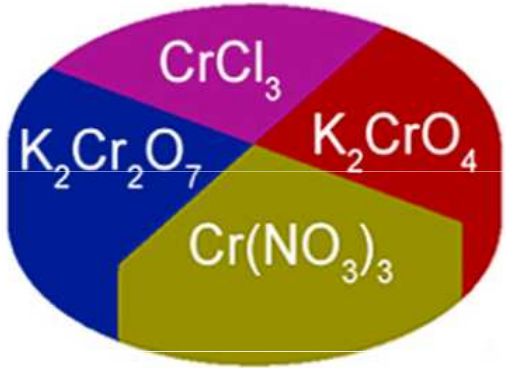
Orthotrichum patens (šurpek otevřený)



Játrovka z čeledi rožeňkovitých

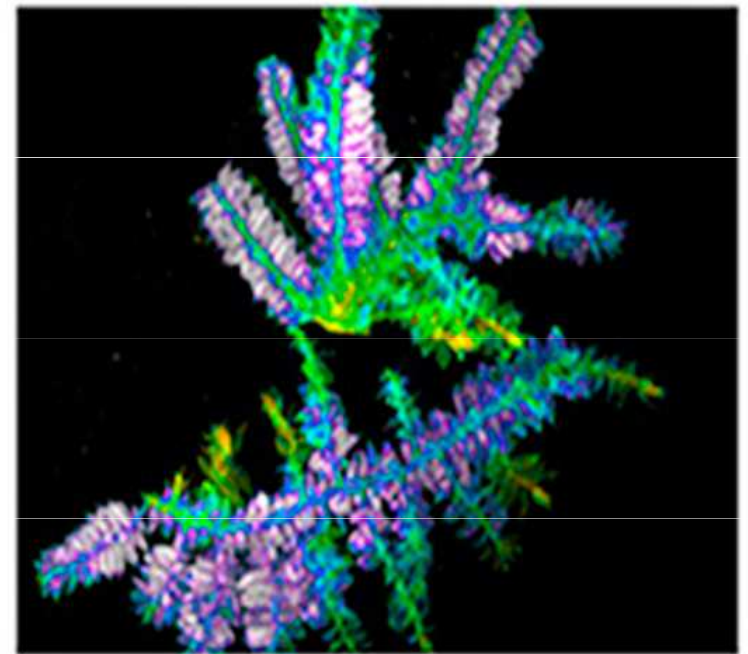
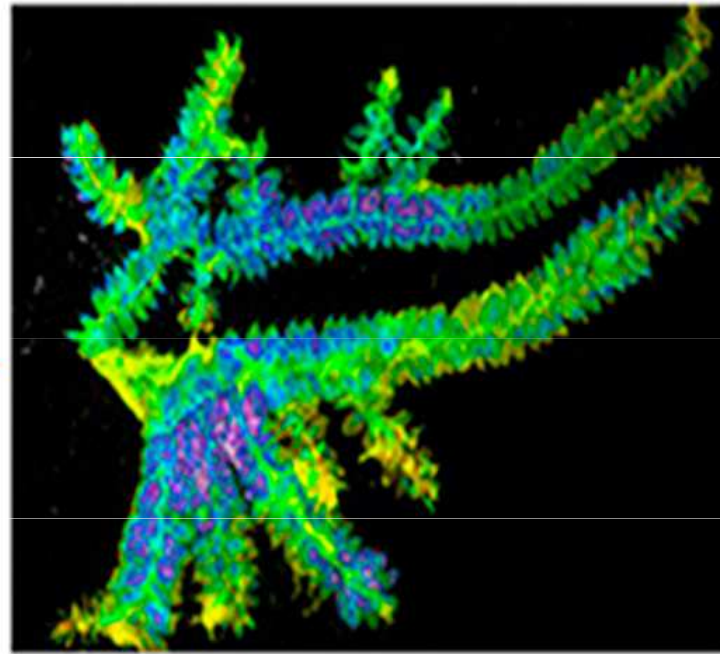


Játrovka z čeledi kovancovitých

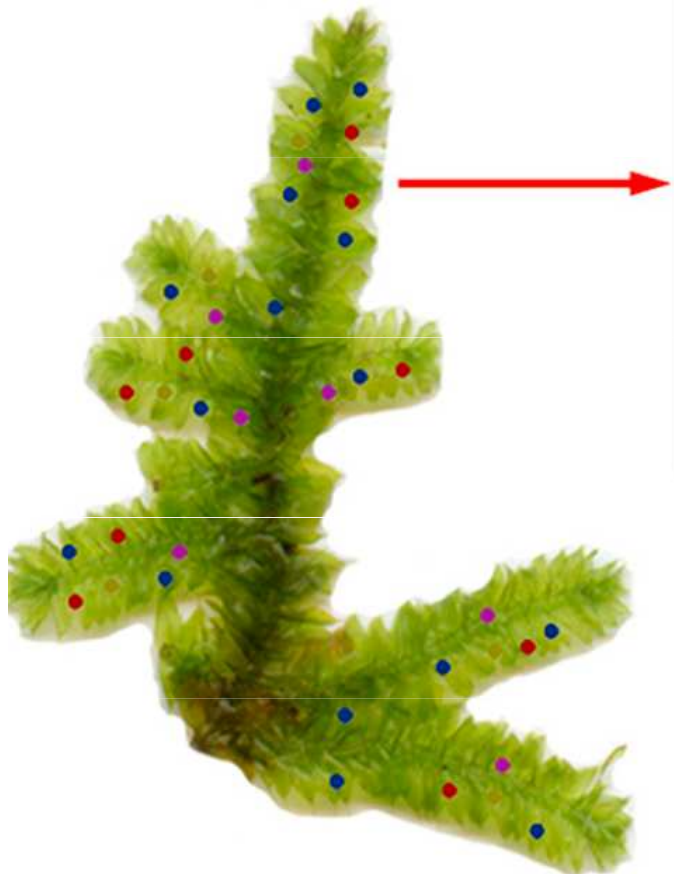


Cr(III)

Cr(VI)



Chl fluorescence



Low
Cr



High
Cr

Houby jako bioindikátory

- Těžké kovy a radioaktivní látky

A) Saprofytické houby

- Živí se látkami z odumřelých těl rostlin a živočichů
- Velmi citlivé na přítomnost těžkých kovů (Cu, Pb, Hg, Cd, ...)
- Těžké kovy se vážou na povrch houbových vláken, ale i v buňkách
- Význam má pH prostředí, vlhkost a geologický podklad
- Obsah těžkých kovů vyšší v klobouku než ve třeni

B) „Kloboukaté“ houby

- nejbohatším zdrojem As, Cu – bedla vysoká (*Macrolepia procera*), a holubinky (*Russula* spp.)
- Cd – muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*)
- Cr – hřib smrkový (*Boletus edulis*), suchohřib hnědý (*Xerocormus badius*)
- Hg - hřib smrkový (*Boletus edulis*), muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*)
- Zn - holubinky (*Russula* spp.)
- Ni, Pb, Mn – lištička pomerančová (*Hygrophoropsis aurantiaca*)





Bedla vysoká – As, Cu



Holubinky – As, Cu, Zn



Hřib smrkový – Cr, Hg



Muchomůrka růžovka – Cd, Hg



lištička pomerančová – Ni, Pb, Mn



Suchohřib hnědý – Cr

Zařazení do systému:

Říše: Fungi

Oddělení: Basidiomycota (stopkovýtrusné houby)



Klouzek kravský (velmi citlivý ke znečištění ovzduší)

Houby jako bioindikátory

C) Dřevokazné houby

- mají obsah těžkých kovů je v plodnicích nižší a homogennější (existence přirozených bariér – půda--kořeny, dřevo--mycelium)
- Indikátory přirozenosti lesa
- Lze použít jako bioindikátory i ve velmi znečištěných oblastech (tolerují SO_x a NO_x)
- Laboratoř biochemie dřevokazných hub (Mikrobiologický ústav AVČR): dlouhodobé sledování Šumava a Praha (obsah kovů v plodnicích dřevokazných hub):
 - troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*)
 - sítkovec dubový (*Dadalea quercina*)
 - pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*)
 - ucho jidášovo (*Hirneola auricula – judae*)
 - klanolístka obecná (*Schizophyllum commune*)
 - v 80. letech v těchto druzích objeveno velké množství radionuklidů (Cs, Pb) z místní automobilové dopravy, a Cd, Al, Cu, Be (spalování minerálních olejů, odpadů a nekvalitního uhlí)



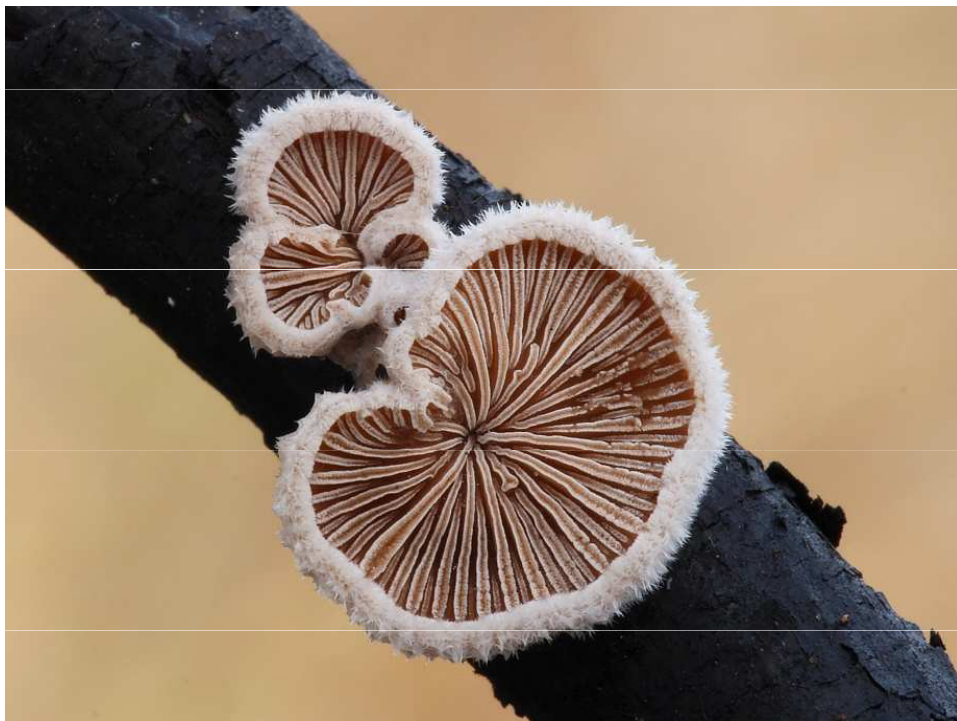
Troudnatec pásovaný



Sítkovec dubový



Pevník chlupatý



Klanolístka obecná



Ucho jídášovo

Zařazení do systému:

Říše: Fungi (houby)

Oddělení: Basidiomycota (stopkovýtrusné)

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

- Jsou snadno určitelné, viditelné a díky své nepohyblivosti mají stálé stanoviště
- Podle místa výskytu a celkového stavu rostliny lze určit např. složení půdy a přibližný obsah látek v ní obsažený, znečištění ovzduší či vývoj osídlení
- Rostlinné biologické testy často citlivější než jiné dostupné systémy
- druhy mimořádně odolné fungují jako akumulátory (tj. rostliny, které hromadí velké množství škodlivin, aniž by byly poškozovány)
- Sledují se koncentrace PCB (polychlorované bifenyly), PAH (polycyklické aromatické uhlovodíky), rizikové prvky, chloridy, dusičnany, dusitany a močovina
- vyhodnocovány transfery mezi jednotlivými složkami životního prostředí a mezi jednotlivými články potravních řetězců biotických indikačních systémů

Zařazení do systému:

Říše: Plantae (rostliny)

Podříše: Tracheophyta (cévnaté rostliny)

(Oddělení: Magnoliophyta (krytosemenné rostliny))



Petunie, indikátor znečištění oxidy dusíku a fytogenním smogem (peroxiacetylnitrát, ozón)

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

A) Rostliny kulturní

- Mají vztah k příslušným lokalitám – hodnocení úrovně znečištění běžných ekosystémů
- Pšenice, olejniny (řepka, slunečnice, hořčice), vojtěška



B) Travní porosty

- jako součást potravního řetězce

Cévnaté rostliny jako bioindikátory



© Pavel Veselý

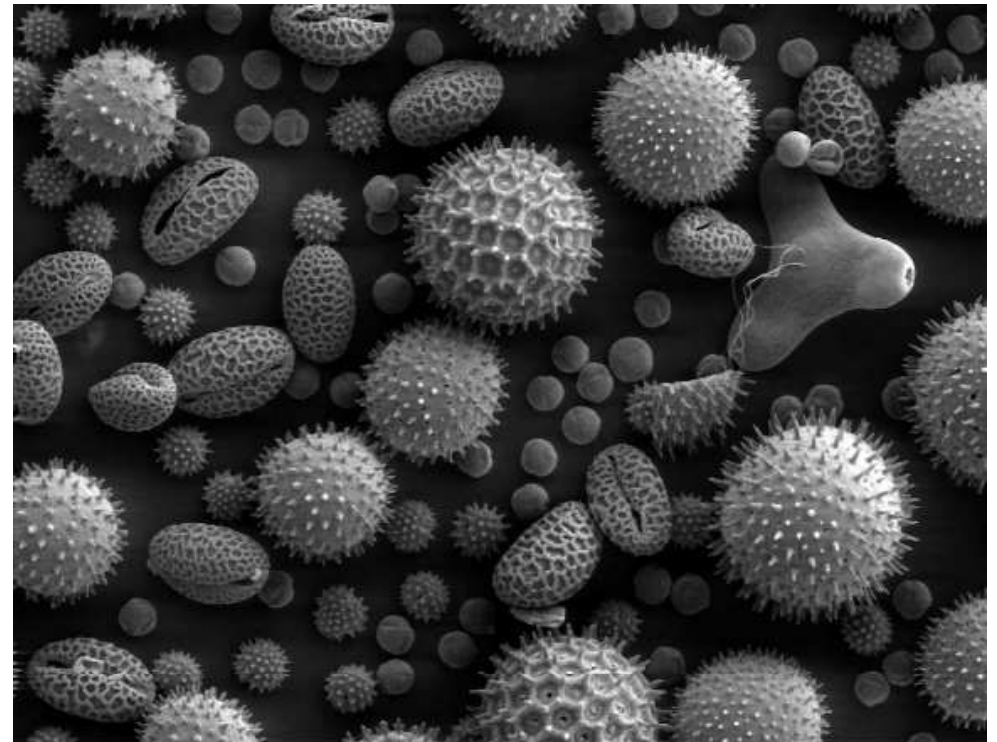
C) Rostliny rumištní

- Hodnocení starých zátěží
- Stanoviště ovlivněná lidskou činností (znečištění, extrémní teploty, sešlapávání, nedostatek vody, zvýšený obsah chemických látek, zejm. N)
- Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*)
- rmen rolní (*Anthemis arvensis*)
- svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*)
- lebeda rozkladitá (*Atriplex patula*) (skládky)

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

D) Pyl

- Odolnost a variabilita – indikátor změn prostředí na dlouhodobé bázi (palynologie)
- K základním složkám plástového pylu patří voda, celulóza, cukry, sporopolenin, bílkoviny a lipidy.
- S jejich obsahem souvisí akumulace PCB (polychlorované bifenyly)
- vhodný pro monitoring kontaminace lokality o ploše asi 70 km²
- Díky neustálé tvorbě nového pylu je tato matrice schopna zachytit akutní kontaminaci dané lokality PCB



Cévnaté rostliny jako bioindikátory

E) Jehličí

- obsahuje poměrně silnou vrstvu epikutikulárního vosku → shromažďování stopových množství organických polutantů
- Indikace imisní zátěže je poměrně rychlá, celoroční sledování



Cévnaté rostliny jako bioindikátory

Indikace zvýšeného obsahu dusíku v půdě



Kopřiva dvoudomá



Bez černý

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

Indikace sešlapávaných půd



Jitrocel větší



Jílek vytrvalý

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

Indikace čistých podzemních a pramenitých vod



Skřípina lesní



Řeřišnice hořká

Bezobratlí jako bioindikátory

Půda

- Půdní bezobratlí – hojní, rychlé vzorkování, reagují na narušení půdy a struktury stanovišť
 - Žížala obecná (*Lumbricus terrestris*)
 - Bioakumulace těžkých kovů (Cd, Pb)
 - Průchod půdy trávicím traktem, pokožka v neustálém kontaktu s půdou
 - Tvoří 60 – 80 % celkové půdní biomasy
 - Důležitá součást potravního řetězce (ptáci, savci)



Zařazení do systému:

Říše: Animalia (živočichové)

Kmen: Annelida (kroužkovci)

Podkmen: Clitellata (opaskovci)

Třída: Oligochaeta (máloštětinatci)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

A) Ploštěnci

- Indikátory čistých tekoucích vod, pod kameny



Ploštěnka potoční (*Dugesia gonocephala*)
potoky, řeky

Říše: Animalia (živočichové)
Kmen: Platyhelminthes (ploštěnci)



Ploštěnka horská (*Crenobia alpina*)
prameniště

Pít nebo nepít?



Ploštěnka *Crenobia alpina*

Pít!
delicious



Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

B) Kroužkovci



Nitěnka obecná (*Tubifex tubifex*) – indikátor vod silně znečištěných organickými látkami

Zařazení do systému:

Říše: Animalia (živočichové)

Kmen: Annelida (kroužkovci)

Podkmen: Clitellata (opaskovci)

Třída: Oligochaeta (máloštětinatci)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

C) Korýši – indikátory čistých vod

Zařazení do systému:

Říše: Animalia (živočichové)

Kmen: Arthropoda (členovci)

Podkmen: Branchiata (žabernatí)

Třída: Crustacea (korýši)



Blešivec potoční (*Gammarus fossarum*) –
povrchové tekoucí vody (potoky, prameniště)



Blešivec studniční (*Niphargus aquilex*) – podzemní
vody, studny

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

D) Hmyz

- **Skupina EPT** (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) – **jepice, pošvatky, chrostíci**
 - Indikátory čistých a dobře okysličených vod
 - Jepičí pásma (druhy seřazeny podle tolerance k antropogenním disturbancím)
 - Indexy založené na zastoupení druhů jednotlivých taxonů
- **Vážky**
 - Druhy přirozených (zachovalých) stanovišť / druhy pozměněných, degradovaných stanovišť
 - Indikují jak změny vodního, tak i terestrického prostředí
 - Lze sbírat jako dospělé

Zařazení do systému:

Říše: Animalia (živočichové)

Kmen: Arthropoda (členovci)

Podkmen: Hexapoda (šestinozí)

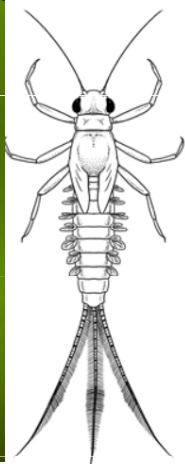
Třída: Insecta (hmyz)

Bezobratlí jako bioindikátory

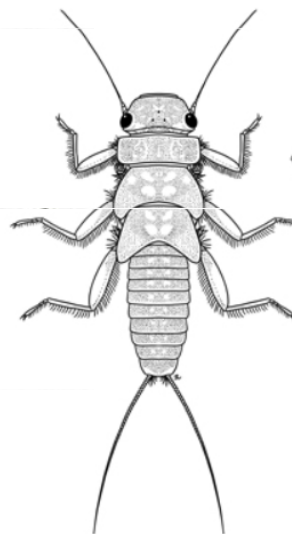
Voda



Jepice (Ephemeroptera)



Skupina EPT

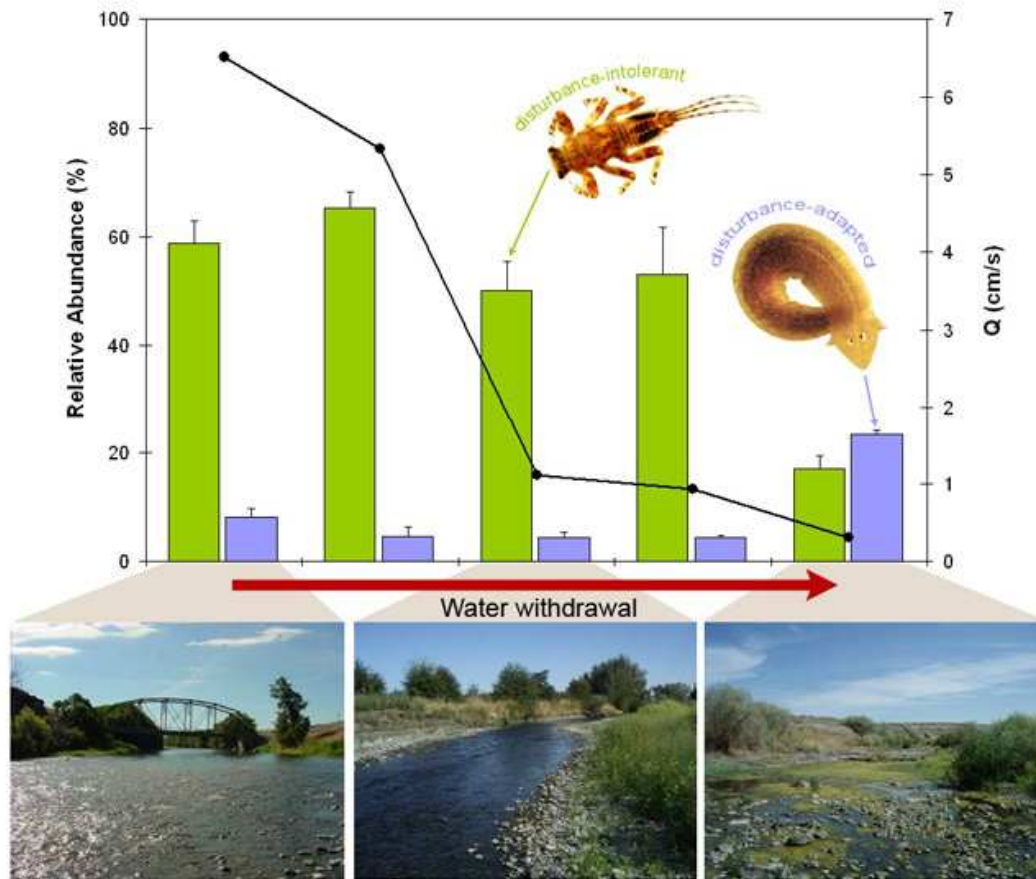


Chrostíci (Trichoptera)

Pošvatky (Plecoptera)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda



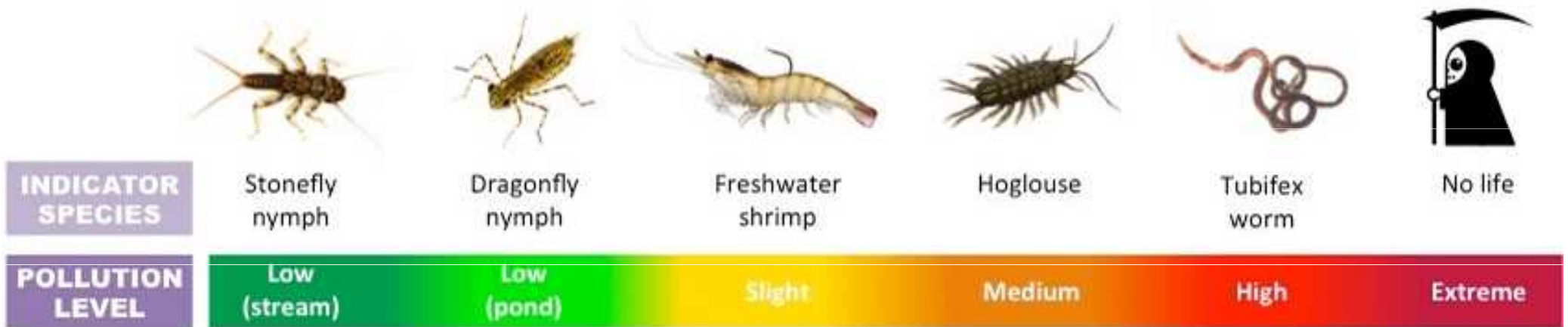
Posun ve složení společenstev bezobratlých v závislosti na antropogenním zatížení (snižování průtoku)

Zeleně – taxony citlivé k antropogenním disturbancím (EPT)

Modře – taxony tolerující antropogenní disturbance (jiné než hmyz)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda



Vážky jako bioindikátory

Proč jsou vážky ideálními bioindikátory?

- Obojživelný způsob života (larvy vodní, dospělci terestričtí)
- Vysoce citlivé na změny vodního i terestrického prostředí – reagují změnami abundance a druhového složení
- Známá a vyřešená taxonomie
- Biotopy snadno lokalizovatelné
- Relativně dlouhověké
- Dospělci nápadní, denní aktivita
- Biotopové nároky dobře známé
- Neinvazivní metody sběru



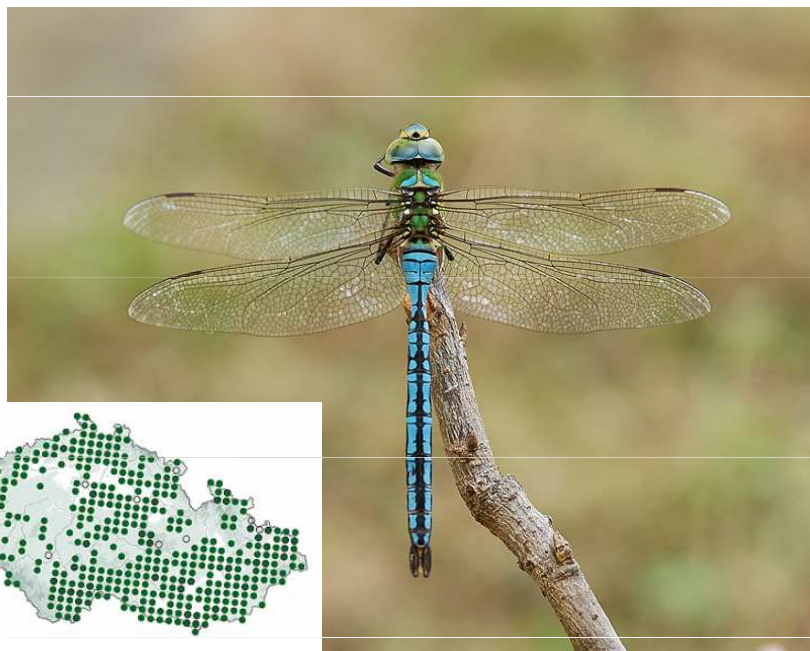
⇒ **Informace o kvalitě biotopu a o stavu hůře sbíratelných taxonů (např. vodních)**

Vážky jako bioindikátory

- **Biotický index (Dragonfly Biotic Index, DBI)**

- spojuje 3 subindexy – rozšíření, riziko vyhynutí, citlivost ke změnám prostředí, každý nabývá hodnoty 0–3
- Celkem tedy DBI daného druhu nabývá hodnot 0–9
- **DBI = 0** mají druhy široce rozšířené, **generalisté**, tolerantní ke změnám prostředí (0 + 0 + 0)
- **DBI = 9** mají vzácné druhy, citlivé ke změnám prostředí, **specialisté** (3 + 3 + 3)
- Pomocí indexu lze porovnat sladkovodní biotopy z hlediska zachovalosti nebo sledovat dlouhodobé změny (celkový součet DBI všech druhů na lokalitě vážený počtem druhů)

Vážky jako bioindikátory - DBI



Šídlo královské (*Anax imperator*)

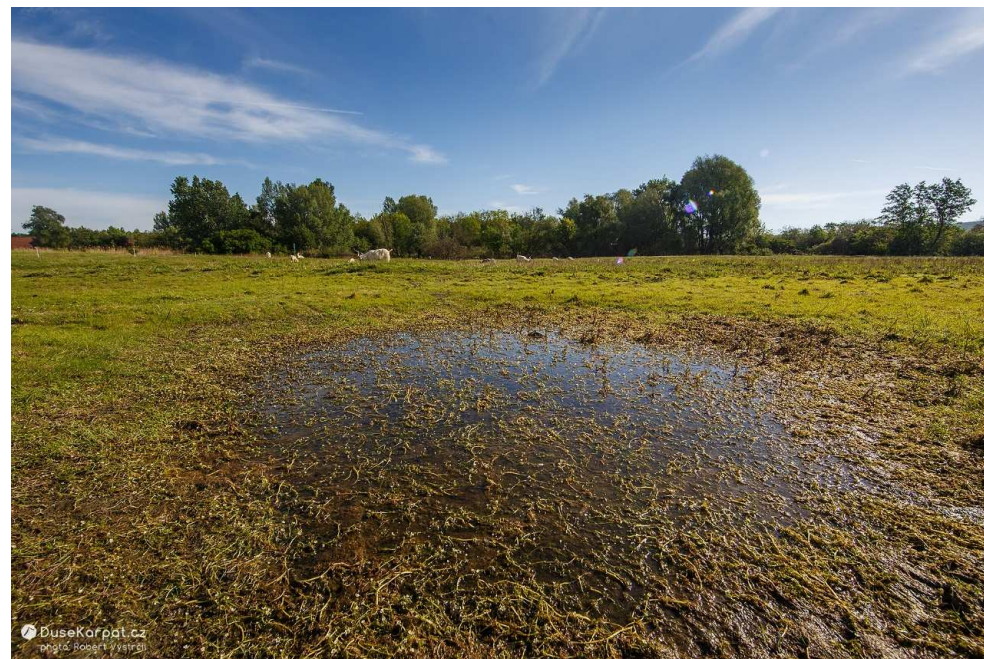
DBI = 0, široce rozšířený druh, všechny typy stojatých vod



Šídlatka páskovaná (*Lestes sponsa*)

DBI = 0, široce rozšířený druh, všechny typy stojatých vod

Vážky jako bioindikátory

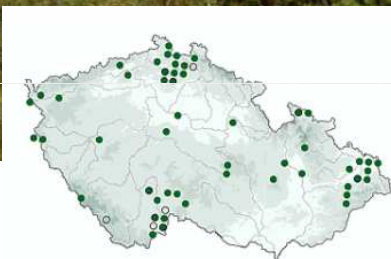
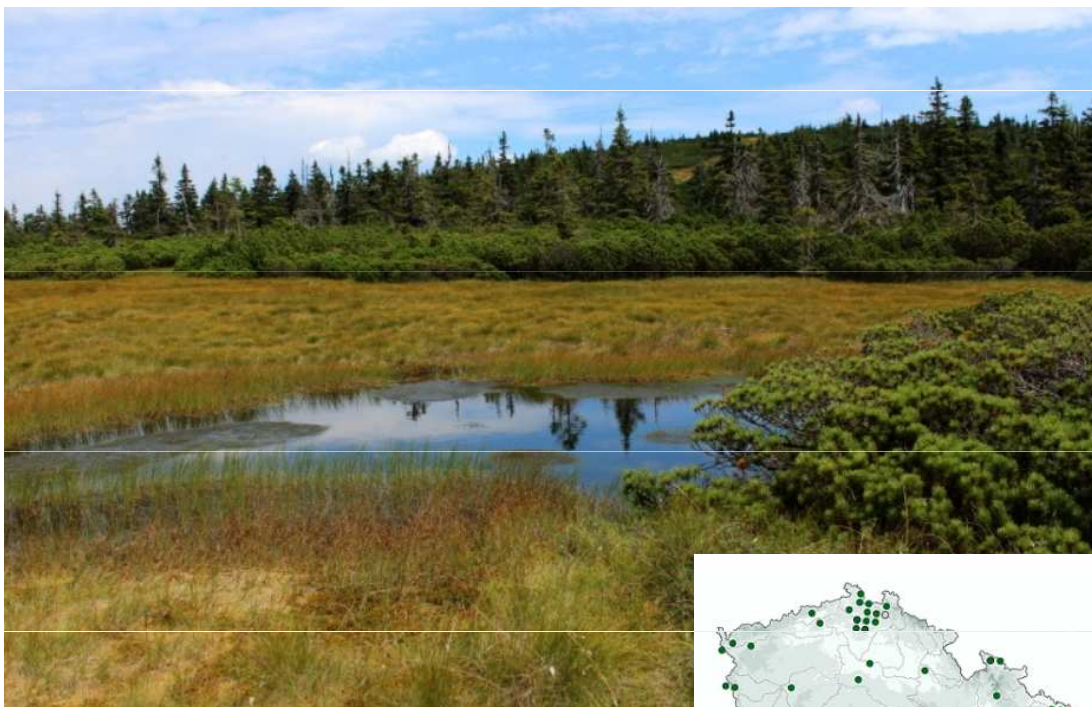


Šídlatka velkoskvorná (*Lestes macrostigma*)

DBI = 8, indikátor zasolených stanovišť



Vážky jako bioindikátory



Vážka temnoskvrnná (*Leucorrhinia rubicunda*)

DBI = 8, rašelinné biotopy

Vážky jako bioindikátory



Šídlo horské (*Aeshna caerulea*)

DBI = 9, horská vrchoviště Krkonoš, Šumavy,
glaciální relikv

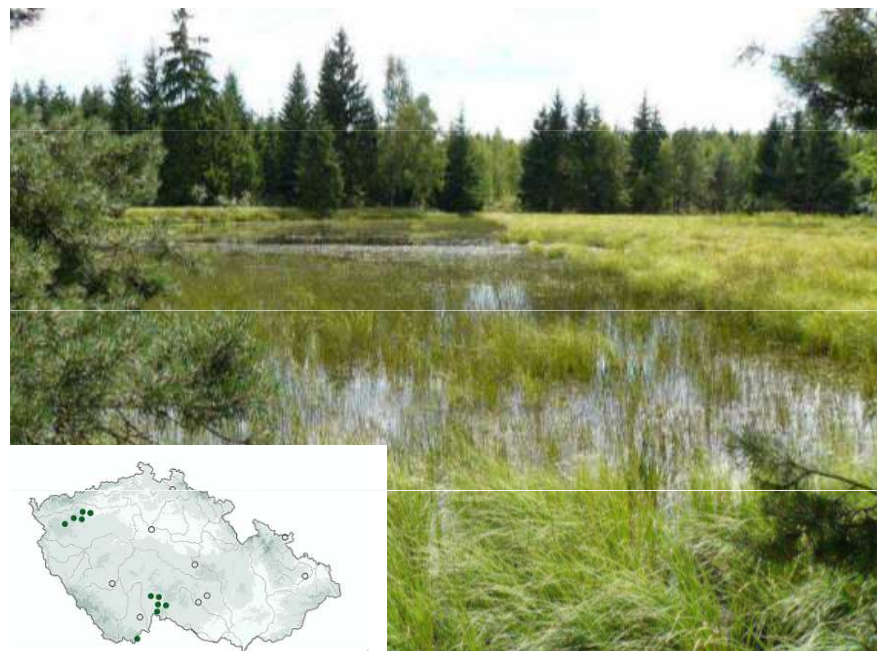


Vážky jako bioindikátory



Šidélko lesklé (*Nehalennia speciosa*)
DBI = 9, rašeliniště, slatiniště, jediná
lokalita výskytu v ČR (slatiniště Kramářka)

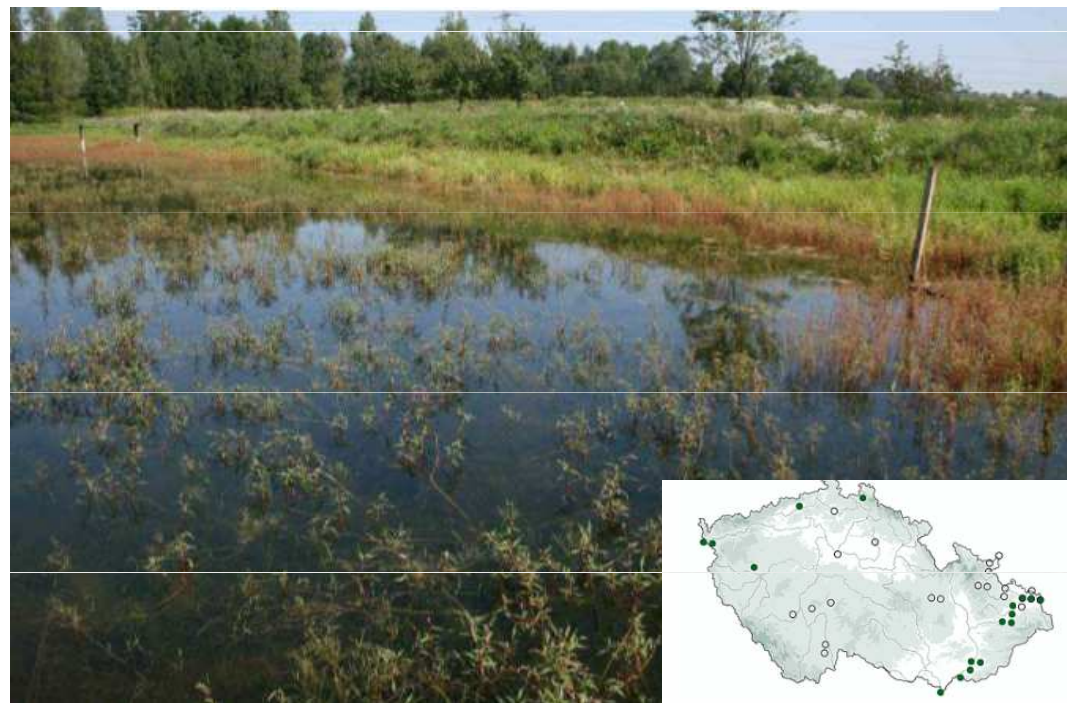
Vážky jako bioindikátory



Šidélko jarní (*Coenagrion lunulatum*)

DBI = 9, menší mezotrofní extenzivně využívané rybníčky

Vážky jako bioindikátory



Vážka rumělková (*Sympetrum depressiusculum*)

DBI = 8, podmáčené nivní louky, extenzivně využívané rybníky



DBI = 8

DBI = 9

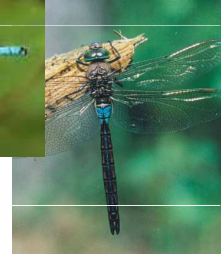
DBI = 6

$DBI_{sum} = 23$

$DBI_{mean} = 7.6$



DBI = 0



DBI = 3



DBI = 0



DBI = 0

$DBI_{sum} = 3$

$DBI_{mean} = 0.75$

Vážky jako bioindikátory

- **Indikace míry degradace tropického deštného lesa**
 - Založeno na rozdílných biotopových nárocích obou podřádů
 - Zygoptera (stejnokřídlice, „šidélka“) – sedavé druhy, drobné tělo, křídla skládají, citlivé k přehřívání
 - Anisoptera (různokřídlice, „vážky“) – letci, druhy otevřených stanovišť, potřebují teplo a prostor
- ⇒ **Poměr Zygoptera/Anisoptera se bude s rostoucí mírou odlesňování snižovat... ?**

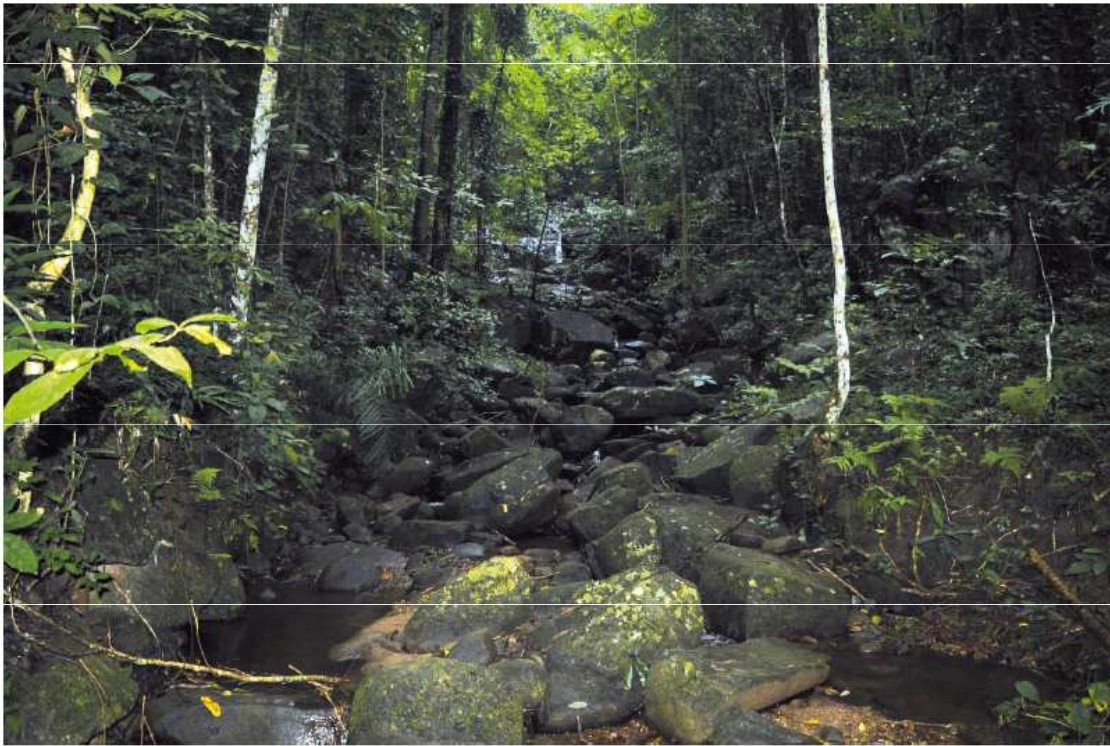


Podřád: Zygoptera



Podřád: Anisoptera

Vážky jako bioindikátory



1 – Primární les



3 – Sekundární les

Vážky jako bioindikátory



4 – pastvina/zemědělská plocha s okrajovou zónou lesa



5 – bezlesí

Vážky jako bioindikátory

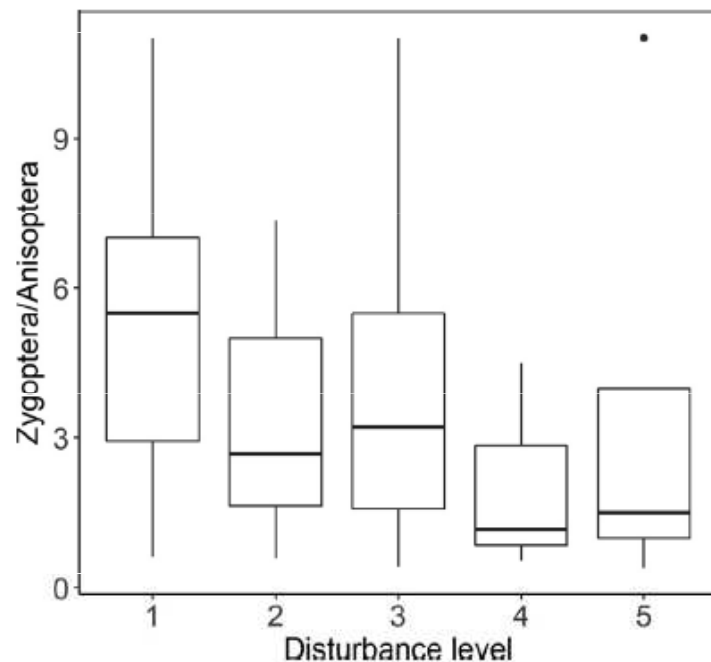


Fig. 1. Zygoptera/Anisoptera ratio along a disturbance gradient. 1 – primary forest; 2 – slightly degraded primary forest; 3 – secondary forest; 4 – pasture or agricultural land with buffer; 5 – agricultural and urban habitats (non-forest). Values of species richness were predicted by the linear mixed-effect model with the source study used as random effect.

Zygoptera/Anisoptera

- 1 – primární les
- 2 – mírně degradovaný primární les
- 3 – sekundární les
- 4 – pastvina, zemědělská plocha s okrajovou zónou lesa
- 5 – bezlesí

Nevychází signifikantní trend – ALE!

Vážky jako bioindikátory

- Existují rozdíly v nárocích v rámci jednotlivých čeledí:
- Dvě největší čeledi, **Coenagrionidae** (šidélkovití, Zygoptera) a **Libellulidae** (vážkovití, Anisoptera) zahrnují druhy s velkou migrační kapacitou, které dominují v otevřených nezastíněných biotopech



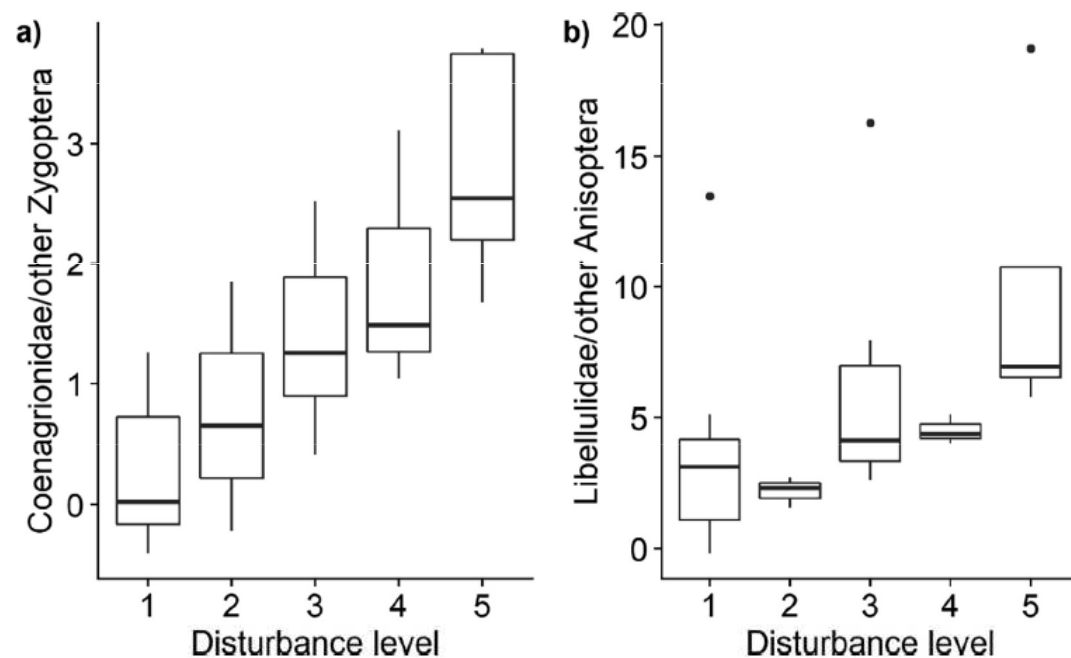


Fig. 2. Coenagrionidae/other Zygoptera (a), and Libellulidae/other Anisoptera (b) ratios along a disturbance gradient. 1 – primary forest; 2 – slightly degraded primary forest; 3 – secondary forest; 4 – pasture or agricultural land with buffer; 5 – agricultural and urban habitats (non-forest). Values of species richness were predicted by the linear mixed-effect model with the source study used as random effect.

- Funguje poměr **Coenagrionidae/ostatní Zygoptera** a **Libellulidae/ostatní Anisoptera**
- V praxi se počítá jako:
 - počet druhů čeledi Coenagrionidae/počet ostatních druhů z podtřídy Zygoptera
 - Počet druhů z čeledi Libellulidae/počet ostatních druhů z podtřídy Anisoptera

Obratlovci jako bioindikátory

Ryby

- Bioakumulace škodlivých látek – použitelnost k analýze kontaminace vod PCB, PAH
- Pomalý růst – dlouhodobé zatížení
- Štika obecná (*Esox lucius*)
- Pstruh duhový (*Onkorhynchus mykiss*)
- Jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*)
- Cejn velký (*Abramis brama*)

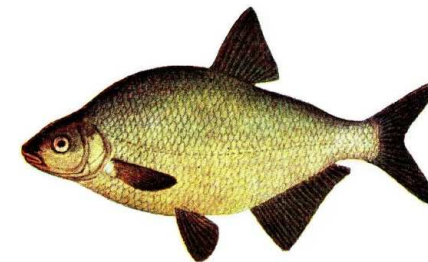
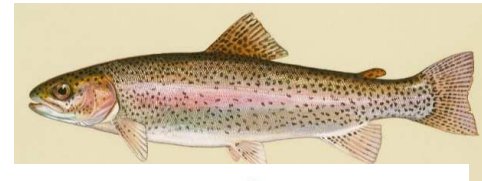
Zařazení do systému:

Říše: Animalia

Kmen: Chordata (strunatci)

Podkmen: Vertebrata (obratlovci)

Nadtřída: Osteichthyes (Ryby)



Obratlovci jako bioindikátory

Obojživelníci

- Ovlivnění z akvatického i terestrického prostředí
- Sleduje se morfologie (malformace) dospělců i larev (pulců) – kontaminace těžkými kovy, pesticidy a dalšími látkami (PCB, CFC)
- Sledují se změny výskytu (úbytek) jednotlivých druhů

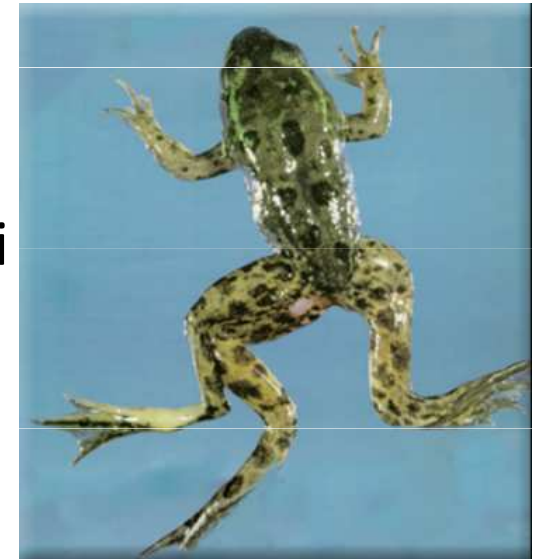
Zařazení do systému:

Říše: Animalia

Kmen: Chordata (strunatci)

Podkmen: Vertebrata (obratlovci)

Třída: Amphibia (obojživelníci)



Obratlovci jako bioindikátory

Ptáci

Zařazení do systému:

Říše: Animalia

Kmen: Chordata (strunatci)

Podkmen: Vertebrata (obratlovci)

Třída: Aves (Ptáci)

• Zemědělská krajina

- Semenožravé druhy, dravci
- Bažant obecný (*Phaseanus colchicus*)
- Sokol stěhovavý (*Falco peregrinus*)



• Vodní prostředí

- Bioakumulace PCB, PAU, na souši i ve vodě – transfer polutantů do terestrických ekosystémů
- Dospělci, obsah xenobiotik v nevylíhlých vejcích
- Volavka popelavá (*Ardea cinerea*)
- Roháč velký (*Podiceps cristatus*)
- Husa velká (*Anser anser*)
- Kachna divoká (*Anas platyrhynchos*)
- Racek chechtavý (*Larus ridibundus*)
- Lyska černá (*Fulica atra*)
- Orlovec říční (*Pandion haliaetus*)

Obratlovci jako bioindikátory

Ptáci



Orlovec říční

Obratlovci jako bioindikátory

Savci

Zařazení do systému:

Říše: Animalia

Kmen: Chordata (strunatci)

Podkmen: Vertebrata (obratlovci)

Třída: Mammalia (savci)

- Využívání zejména drobní zemní savci
- Kontaminace agrárních ekosystémů, sledování koncentrace xenobiotik v kůži, svalovině a játrech (příp. trávicí soustavě)
- Na základě zhodnocení typu stravy vybraných druhů a obsahu lipidů v kůži a ve tkáních byly vybrány následující druhy drobných zemních savců:
 - hraboš polní (*Microtus arvalis*)
 - norník rudý (*Clethrionomys glareolus*)
 - myšice lesní (*Apodemus flavicollis*)
 - myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*)

Obratlovci jako bioindikátory

Savci



Hraboš polní



Norník rudý



Myšice lesní



Myšice křovinná

Literatura

- Carignan, V. & M.-C. Villard. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Environmental Monitoring and Assessment* **78**, 45–61 (2002).
- Hasselbach, L. *et al.* Spatial patterns of cadmium and lead deposition on and adjacent to National Park Service lands in the vicinity of Red Dog Mine, Alaska. *Science of the Total Environment* **348**, 211–230 (2005).
- Iwama, G. K. *et al.* Heat shock protein expression in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **8**, 35–56 (1998).
- Miller, S. W. *et al.* Resistance and resilience of macroinvertebrates to irrigation water withdrawals. *Freshwater Biology* **52**, 2494–2510 (2007).
- Rainio, J. & Niemelä, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* **12**, 487–506 (2003).
- Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York, NY: Chapman and Hall, 1992.
- Tanabe, S. & Subramanian, A. *Bioindicators of POPs: Monitoring in Developing Countries*. Kyoto, Japan: Kyoto University Press, 2006.
- Skalka, M. Lišejníky jako bioindikátory. *Živa* **3**, 107 (2004).