

E2240 Účinky stresorů v ekosystémech

01 Úvod

Jakub Hofman

Případová studie 1

Minamata



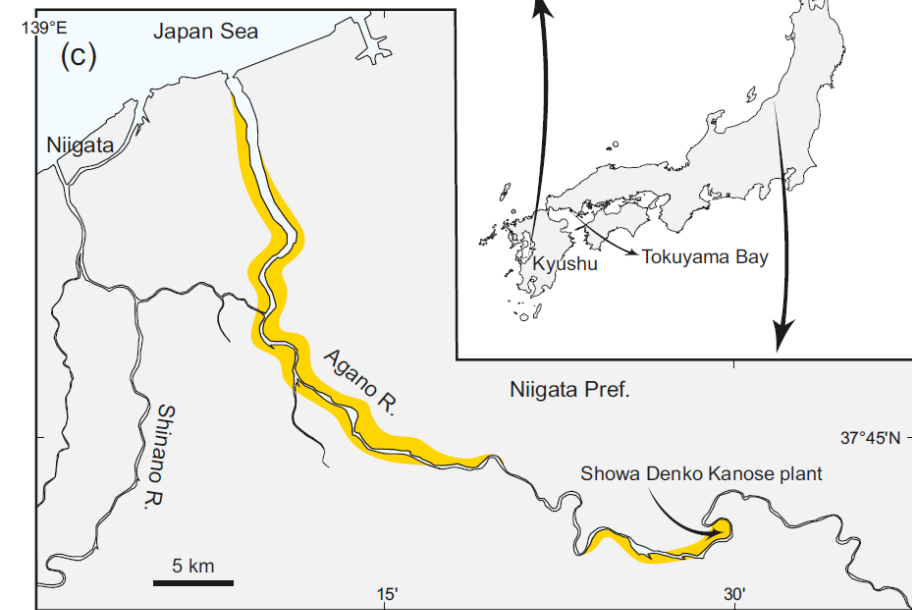
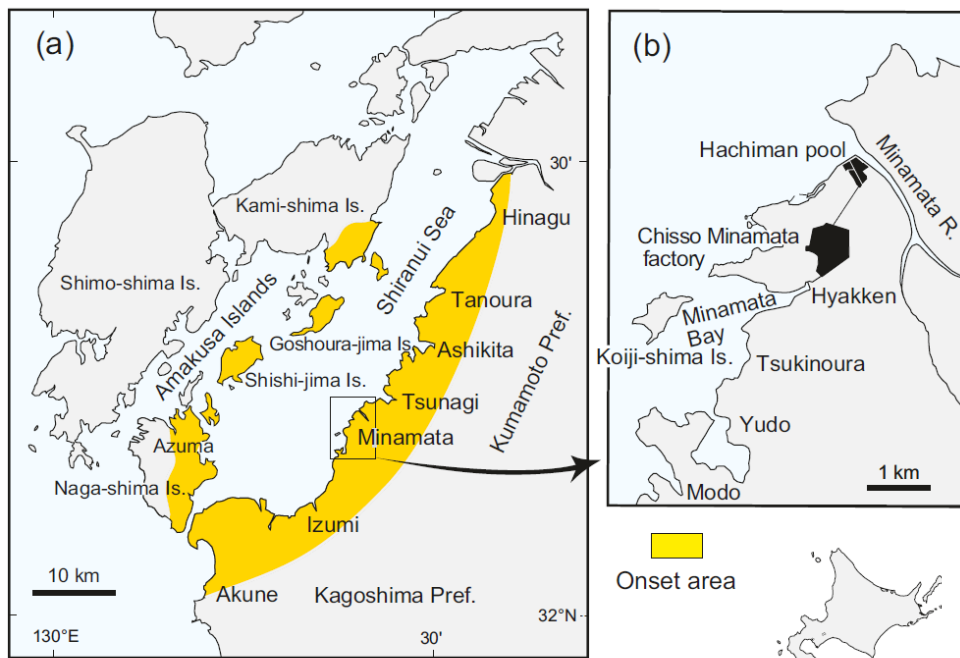
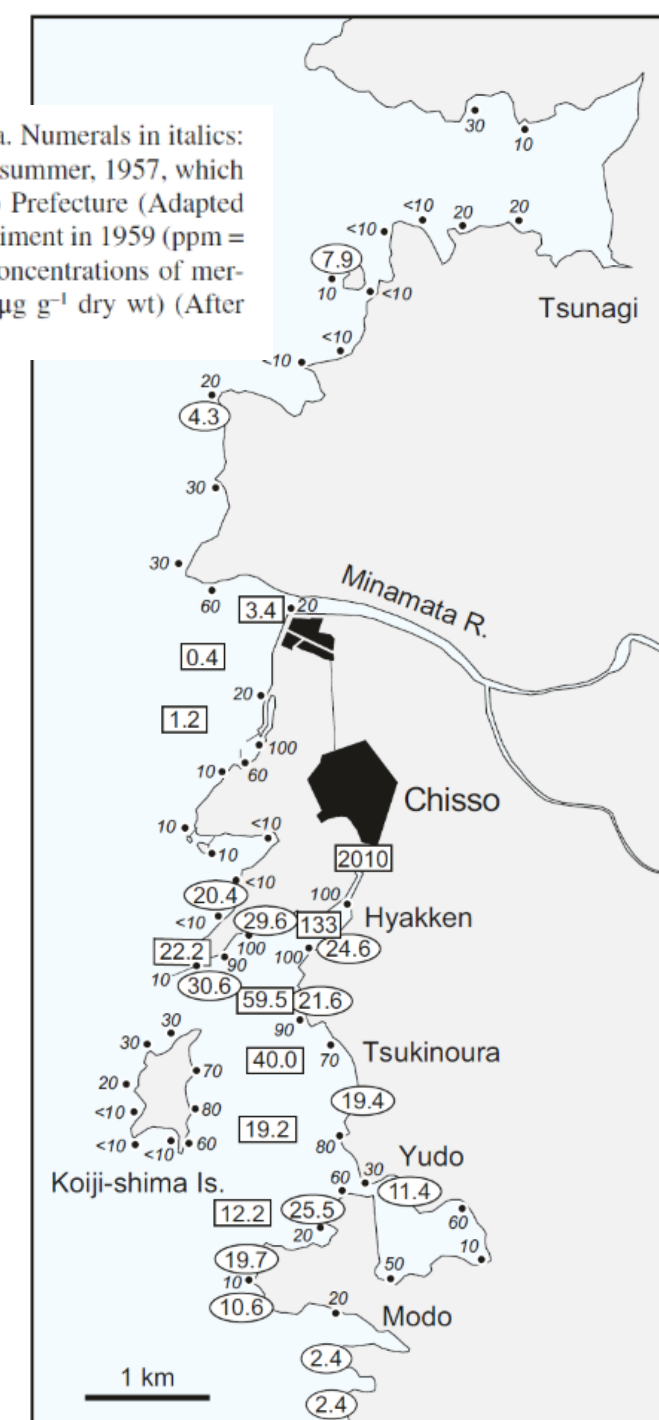


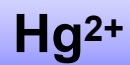
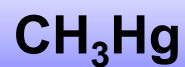
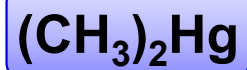
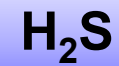
Fig. 2.1 Map showing areas where methylmercury poisoning through environmental contamination occurred. (a) The Shiranui Sea (Yatsushiro Sea). (b) Minamata area. (c) Agano River area. Residential areas of certified patients are shown by yellow (Data source: Harada 1972 and Masano 2013)

Fig. 2.3 Effects of mercury on the biota and sediment in the Minamata area. Numerals in italics: mortality (%) of oysters distributed along the shore of the Minamata area in summer, 1957, which was shown by the survey of Fisheries Experimental Station of Kumamoto Prefecture (Adapted from Fukai 1999). Numerals in squares: concentrations in mercury in the sediment in 1959 (ppm = $\mu\text{g g}^{-1}$ wet sediment) (After Kitamura et al. 1960b). Numerals in ellipses: concentrations of mercury in soft tissues of the mussel, *Hormomya mutabilis*, in 1959 (ppm = $\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt) (After Kitamura et al. 1960b)



Yokoyama (2018)

**přírodní i umělé
zdroje**



**toxické
účinky**

plankton

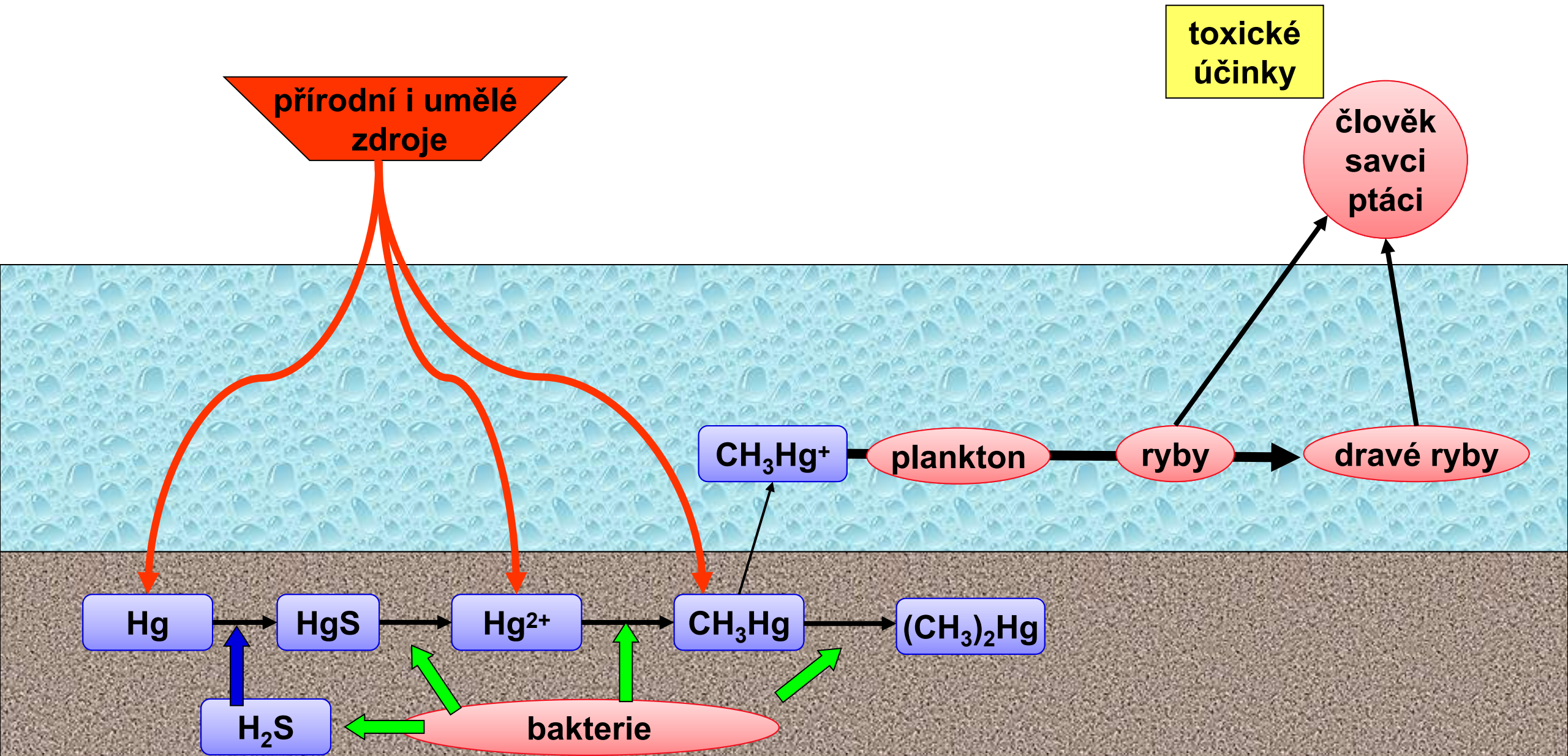
bakterie

ryby

člověk
savci
ptáci

dravé ryby





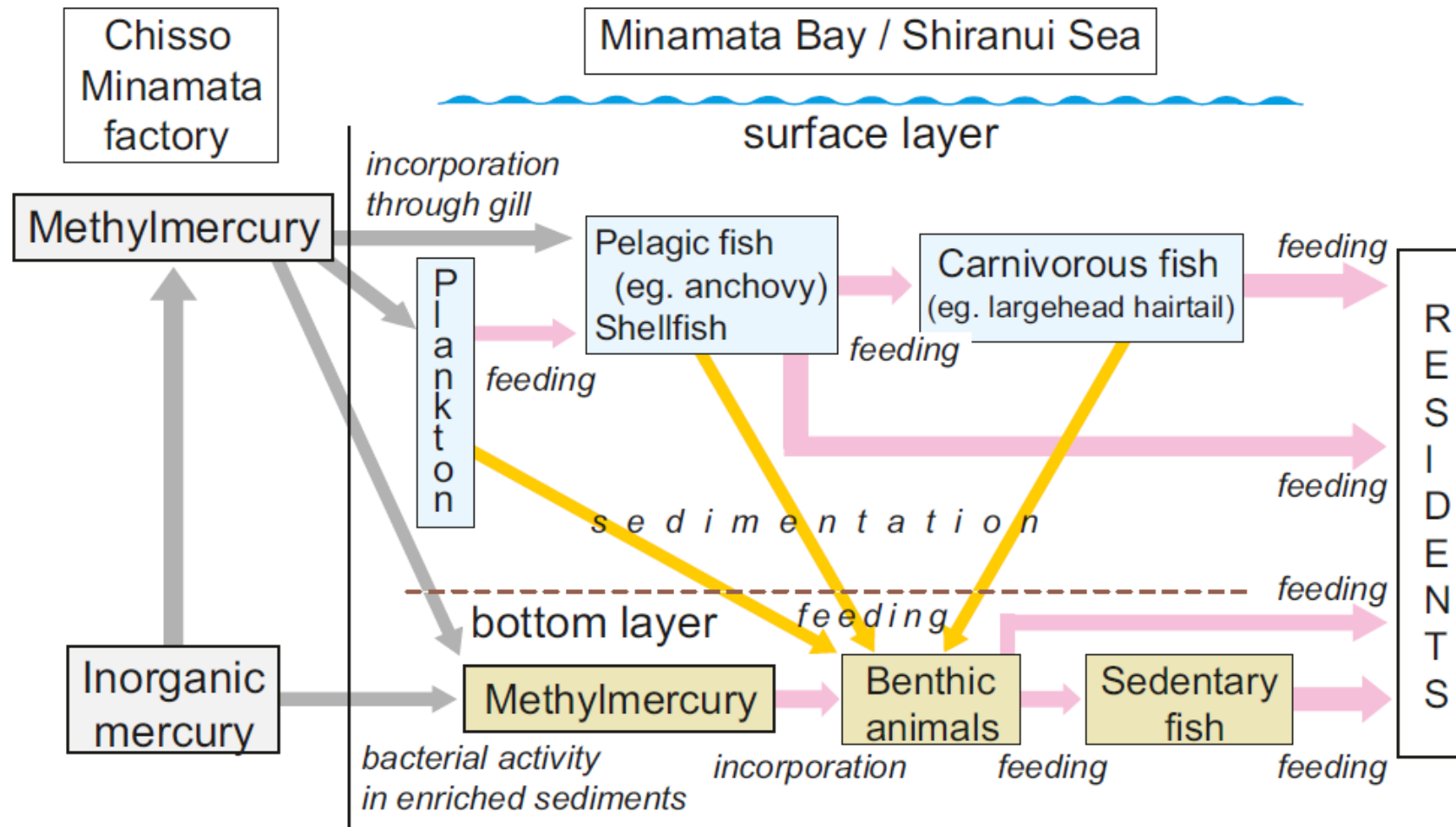
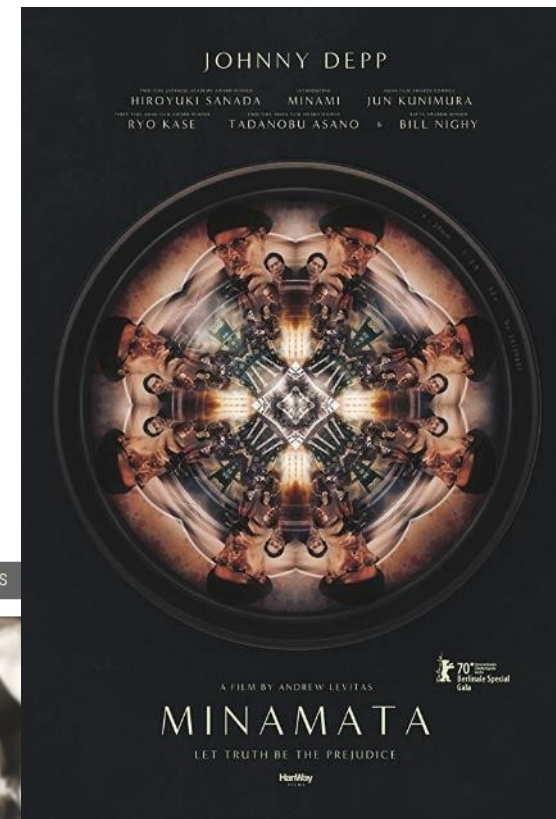


Fig. 2.17 Schematic drawing of the estimated flow of methylmercury from the Chisso Minamata factory, through Minamata Bay and the Shiranui Sea, and finally to residents mainly based on Nishimura and Okamoto (2001)


Minamata

- <https://www.youtube.com/watch?v=ihFkyPv1jtU>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Sf6FHMR7LVQ>
- <http://www.mercuryconvention.org/>
- <https://www.imdb.com/title/tt9179096/>




Information for Reporting under Article 21

The purpose of this document is to provide information to assist Parties in reporting under Article 21 of the Minamata Convention. It is available in 6 languages.



Minamata, Berlin Film Festival World Premiere

Minamata, a film featuring the Minamata Disease, a debilitating illness caused by mercury poisoning, premieres at the Berlin International Film Festival. Johnny Depp stars as W. Eugene Smith, a US war photographer, who with his wife Aileen Smith, doc...



Guidance on contaminated sites available in 6 languages

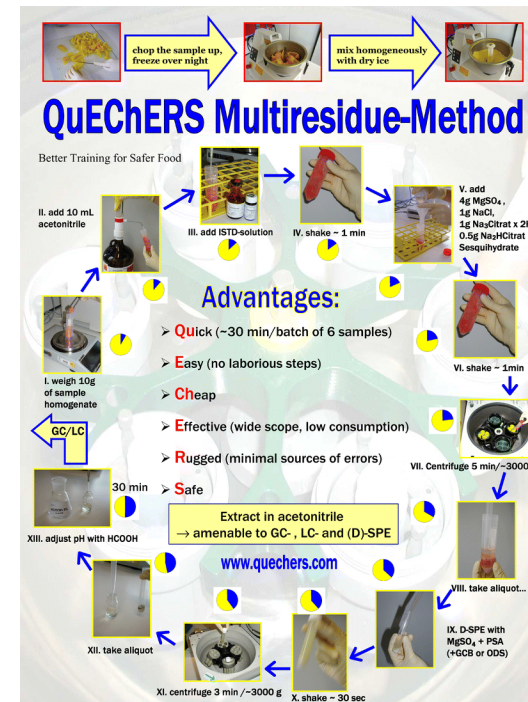
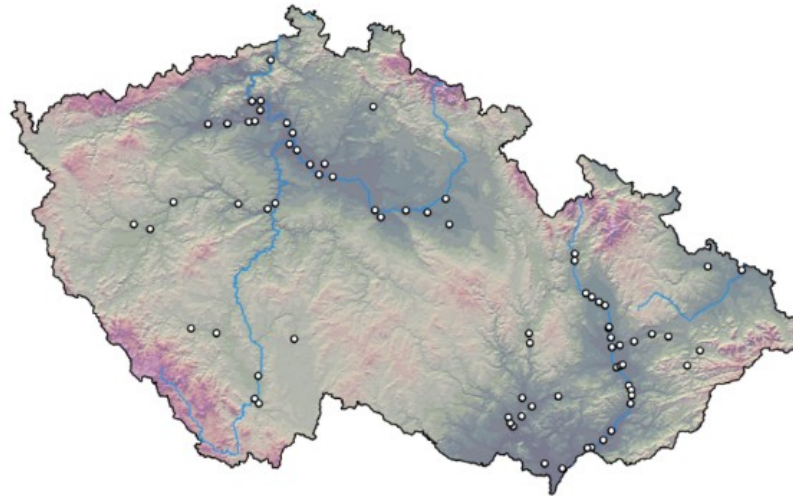
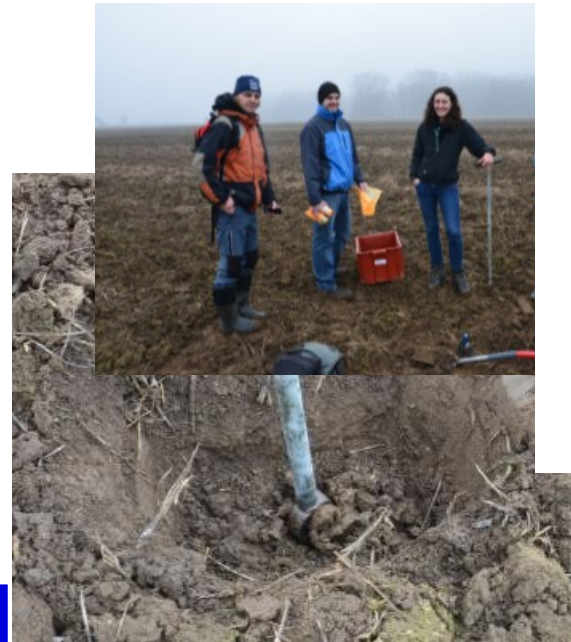
The Conference of the Parties adopted this guidance at its third meeting and encouraged the parties to take it into account in identifying, assessing and managing sites contaminated by mercury.

Případová studie 2

Rezidua pesticidů v orných půdách ČR

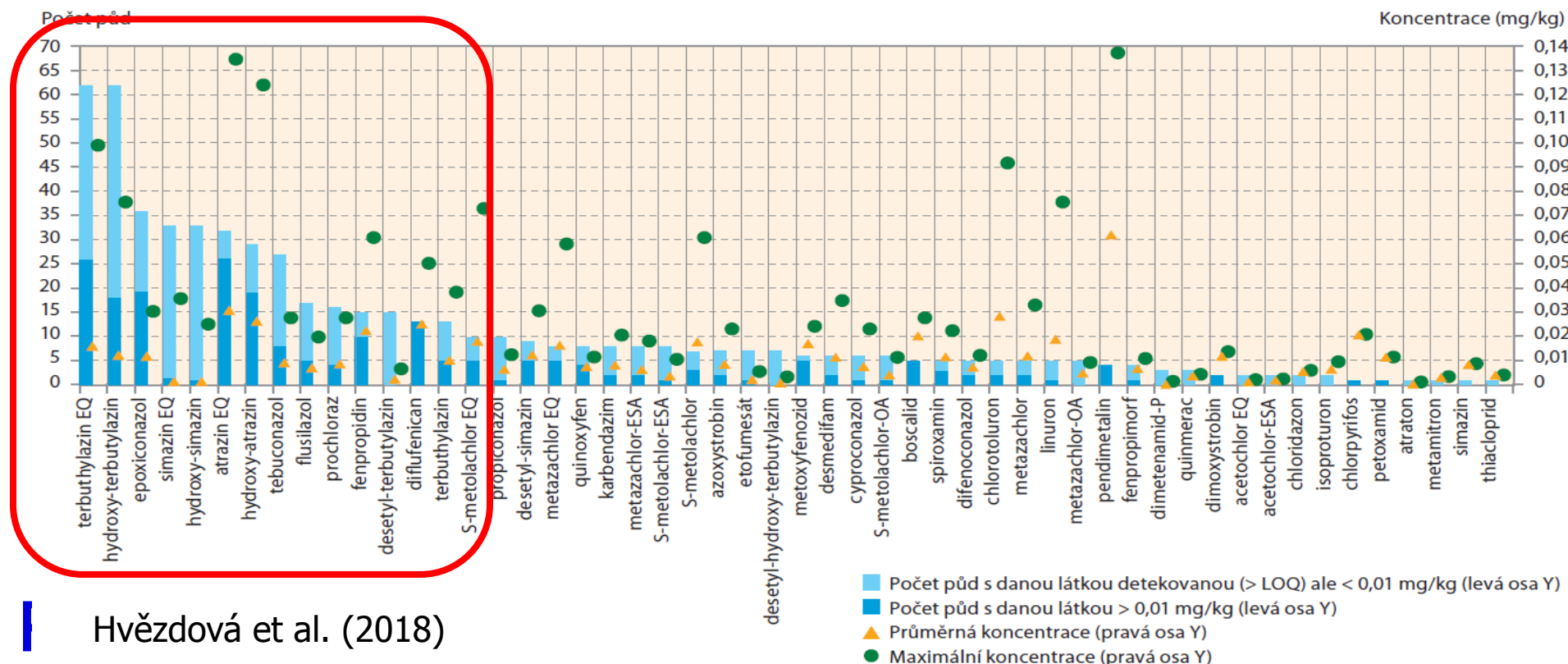
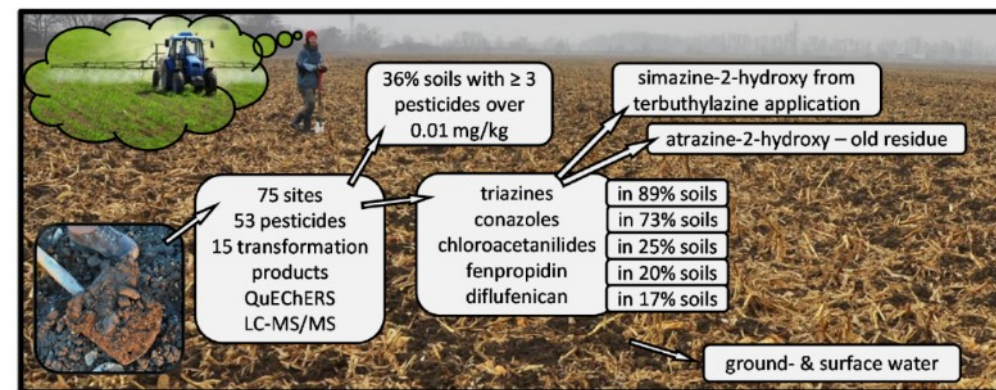
Pesticidy v orné půdě ČR

- únor–březen 2015 = dlouhodobá rezidua CUPs
- 75 orných půd, 0-25 cm, vysušení, mělnění, přesátí, archivování, analýzy ...
- půdní vlastnosti (TOC, CEC, pH, textura, HA/FA ...)
- QuEChERS extrakce + LC/MS/MS analýza 53 CUPs a 15 TPů včetně 2 zakázaných t ... tovaným výskytům ve vodách



Pesticidy v orné půdě ČR

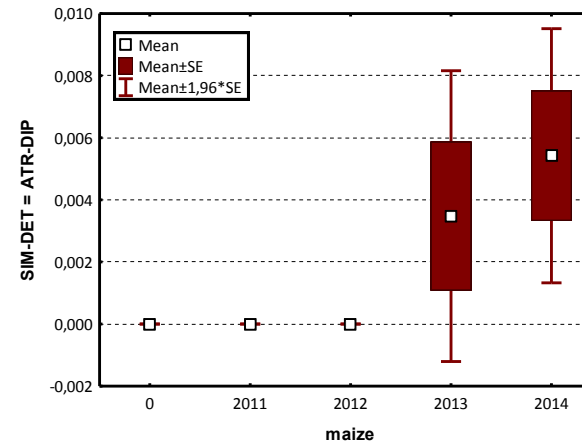
- 99% půd s alespoň jedním pesticidem > LOQ
- 51% půd s ≥ 5 pesticidy > LOQ
- **81% půd s alespoň jedním pesticidem nad 0.01 mg/kg**
- **36% půd s ≥ 3 pesticidy nad 0.01 mg/kg**



Pesticidy v orné půdě ČR

- Simazine nemůže být dědictvím minulosti (před 2005 jen 200-300 kg/rok)
- ALE (!!):
- simazin je povolená nečistota přípravků s terbuthylazinem – až 3% (!)
- od 2006 se aplikuje až 110 t/rok TER = až 3.3 t/rok simazinu (!!)
- potvrzeno i korelacemi SIM a TER a asociací s výskytem kukuřice

Common name, identification numbers	IUPAC name	Purity (!)
Terbuthylazine CAS No 5915-41-3 CIPAC No 234	N2-tert-butyl-6-chloro-N4-ethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine	≥ 950 g/kg Impurities: Propazine not more than 10 g/kg Atrazine not more than 1 g/kg Simazine not more than 30 g/kg



- **Atrazine** – nemůže pocházet z 0.1% nečistot – permanentní dědictví (v podobě hydroxy-atrazinu) vysokých spotřeb před 2006

Pesticidy v půdě ČR

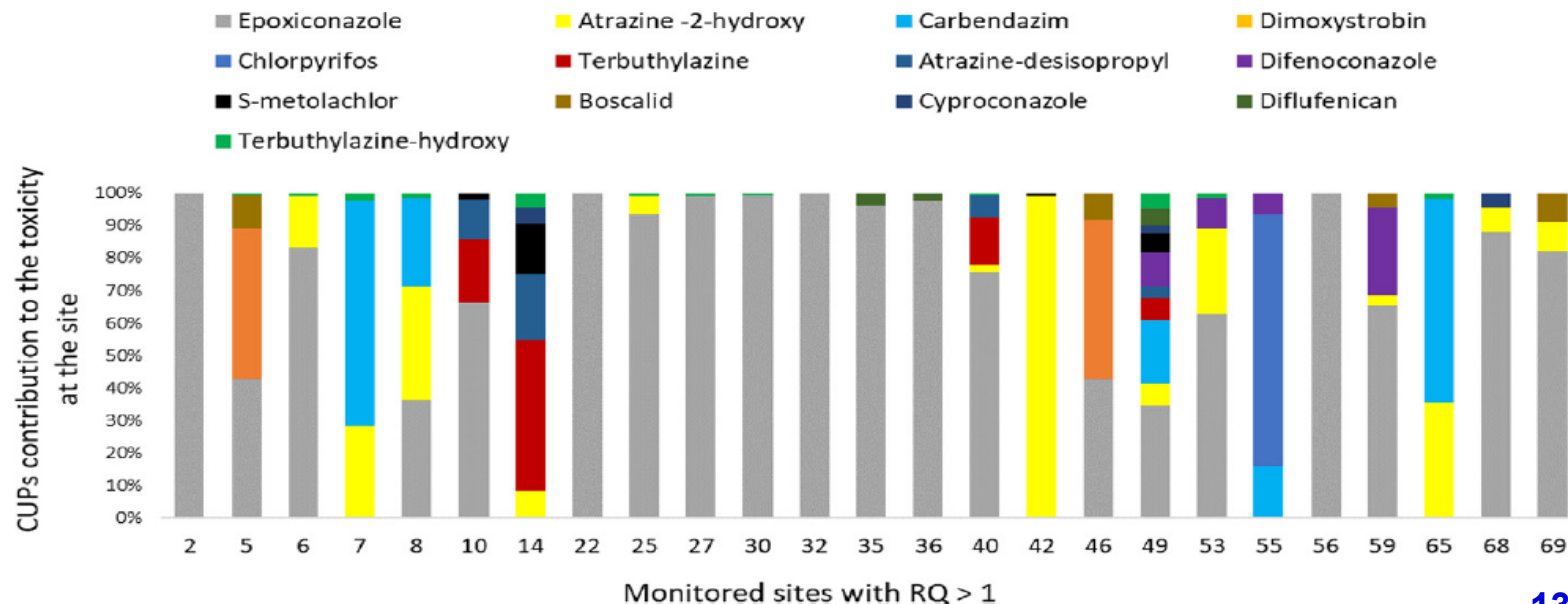
- výsledky zaslouží pozornost z hlediska možných dopadů
 - dle provedené analýzy ekologických rizik je v **35% půd významné riziko pro půdní biotu** (RQ > 1)
 - také zahraniční limity založené na výpočtu rizik byly často překročeny

Table 3

Total sum of the risk for all 75 monitored sites in the soil survey [Hvězďová et al. \(2018\)](#). The sum of risk quotients (ΣRQ_{site}) for a given site was calculated by summing up all risk quotients for each pesticide residue quantified in the soil sample. The calculated ΣRQ_{site} were classified into four risk levels: high risk ($\Sigma RQ_{site} \geq 1$), medium risk ($0.1 \leq \Sigma RQ_{site} < 1$), low risk ($0.01 \leq \Sigma RQ_{site} < 0.1$) and negligible risk ($\Sigma RQ_{site} \leq 0.01$) ([Sánchez-Bayo et al., 2002](#)).

	Number of sites
High risk ($\Sigma RQ_{site} \geq 1$)	26
Medium risk ($0.1 \leq \Sigma RQ_{site} < 1$)	34
Low risk ($0.01 \leq \Sigma RQ_{site} < 0.1$)	9
Negligible risk ($\Sigma RQ_{site} \leq 0.01$)	8

Vašíčková et al. (2019)



Pesticidy v půdě ČR

Science of the Total Environment 613-614 (2018) 361-370
Contents lists available at ScienceDirect
Science of the Total Environment
Journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Currently and recently used pesticides in Central European arable soils
Martina Hvězdová^a, Petra Kosubová^b, Monika Košíková^c, Kerstin E. Scherr^{a,d}, Zdeněk Šimek^a, Lukáš Brodský^e, Marek Šudoma^a, Lucia Škulcová^a, Milan Sáhka^a, Markéta Svobodová^a, Lucie Krkošková^a, Jana Vašíčková^a, Natálie Neuwirthová^a, Lucie Bielská^a, Jakub Hofman^{a,*}

HIGHLIGHTS

- 53 pesticides and 15 transformation products analysed in 75 arable soils
- Multiple pesticide residues with noticeable levels were found in a high number of soils
- Triazines and conazoles are most frequent and present at high concentrations
- Significant simazine entry to soils as parent and significant imipryd entry to soils as transformation product
- Links found to the results of CR water monitoring

GRAPHICAL ABSTRACT

^a Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX), Faculty of Science, Masaryk University, Kamenice 753/5, Brno 602 00, Czech Republic
^b Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Hvoždová 2, Brno 602 00, Czech Republic
^c AQUATEST s.r.o., Geologická 4, Praha 5 152 00, Czech Republic
^d Institute for Environmental Biotechnology, Department for Agrobiotechnology (IPA-Talín), University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Konrad-Lorenz-Strasse 70, A-2490 Tulln, Austria
^e Department of Applied Geochemistry and Cartography, Faculty of Science, Charles University in Prague, Albertov 6, Praha 2, 128 43, Czech Republic

Ochrana

Rezidua pesticidů v orných půdách České republiky

Doc. RNDr. Jakub Hofman, Ph.D., Ing. Martina Hvězdová, Mgr. Petra Kosubová, Ph.D., Ing. Petra Dirliková, Doc. RNDr. Zdeněk Šimek, CSC*, Ing. Lukáš Brodský, Ph.D., Mgr. Marek Šudoma, Mgr. Lucia Škulcová, Ing. Milan Sáhka, Dr., Mgr. Markéta Svobodová, Bc. Lucie Krkošková, Mgr. Jana Vašíčková, Ph.D., Mgr. Natálie Neuwirthová, Mgr. Bc. Lucie Bielská, Ph.D., Mgr. Masarykova univerzita, Brno, * Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, AQUATEST s.r.o., Praha, Univerzita Karlova, Praha
foto: J. Hofman

Alarmující výsledky z monitoringu reziduí pesticidů v podzemních a povrchových vodách vyvolávají otázku, zda i orná půda může obsahovat významnou kontaminaci pocházející z intenzivního používání pesticidů v současnosti či minulosti. Na tento problém se zaměřil výzkum týmu z Centra pro výzkum toxických látek v prostředí (RECETOX), publikovaný v renomovaném odborném časopise Science of the Total Environment. Výsledky přezkoumání nastavují strategii českého zemědělství. Proto

živé Brno

Půda zamořená pesticidy
Jakub Hofman Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Recetox
14:51 OBLAČNO, MÍSTY AŽ POLOJASNO, NA HORÁCH OJEDINĚLE SLABÝ DĚŠT.

stream.cz

Zamořená půda. Alarmující výsledky testů půdy v Česku

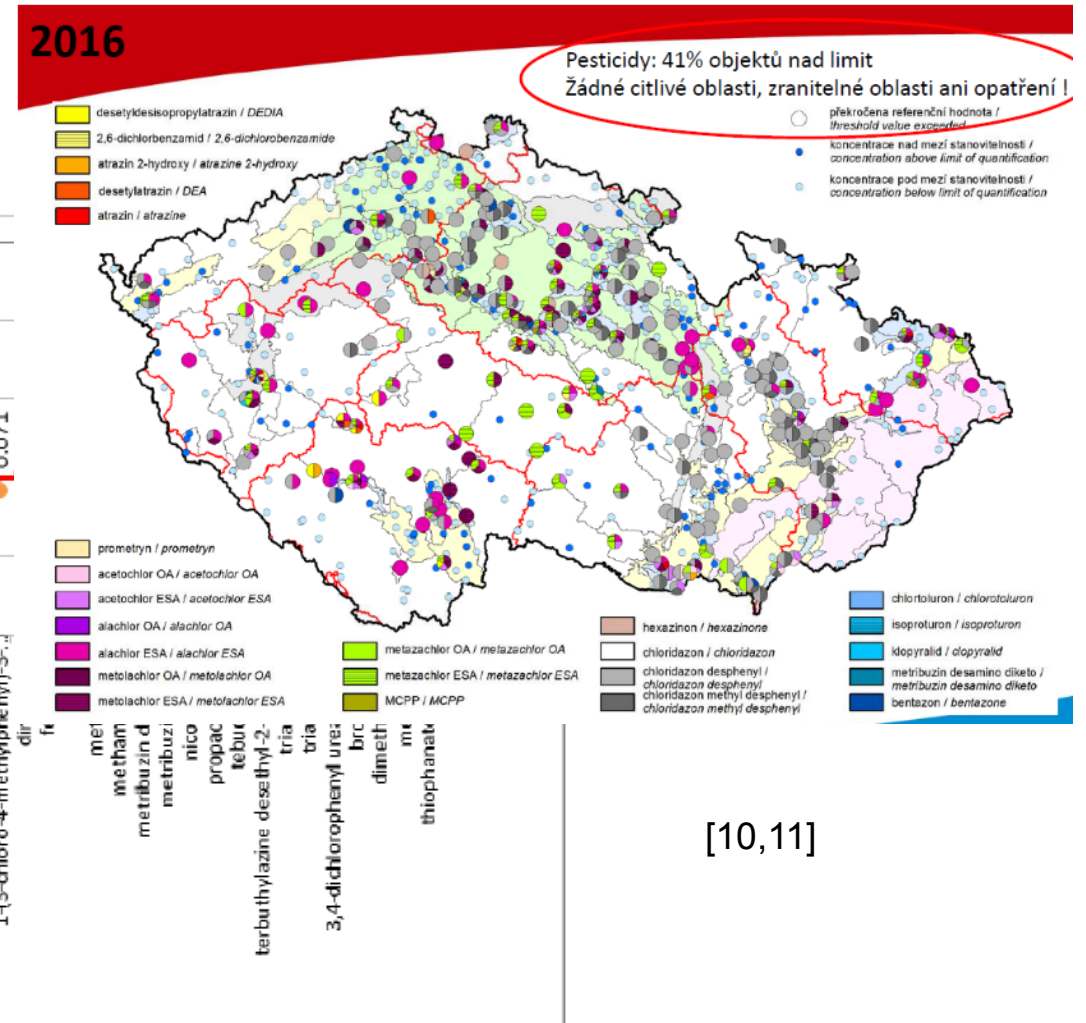
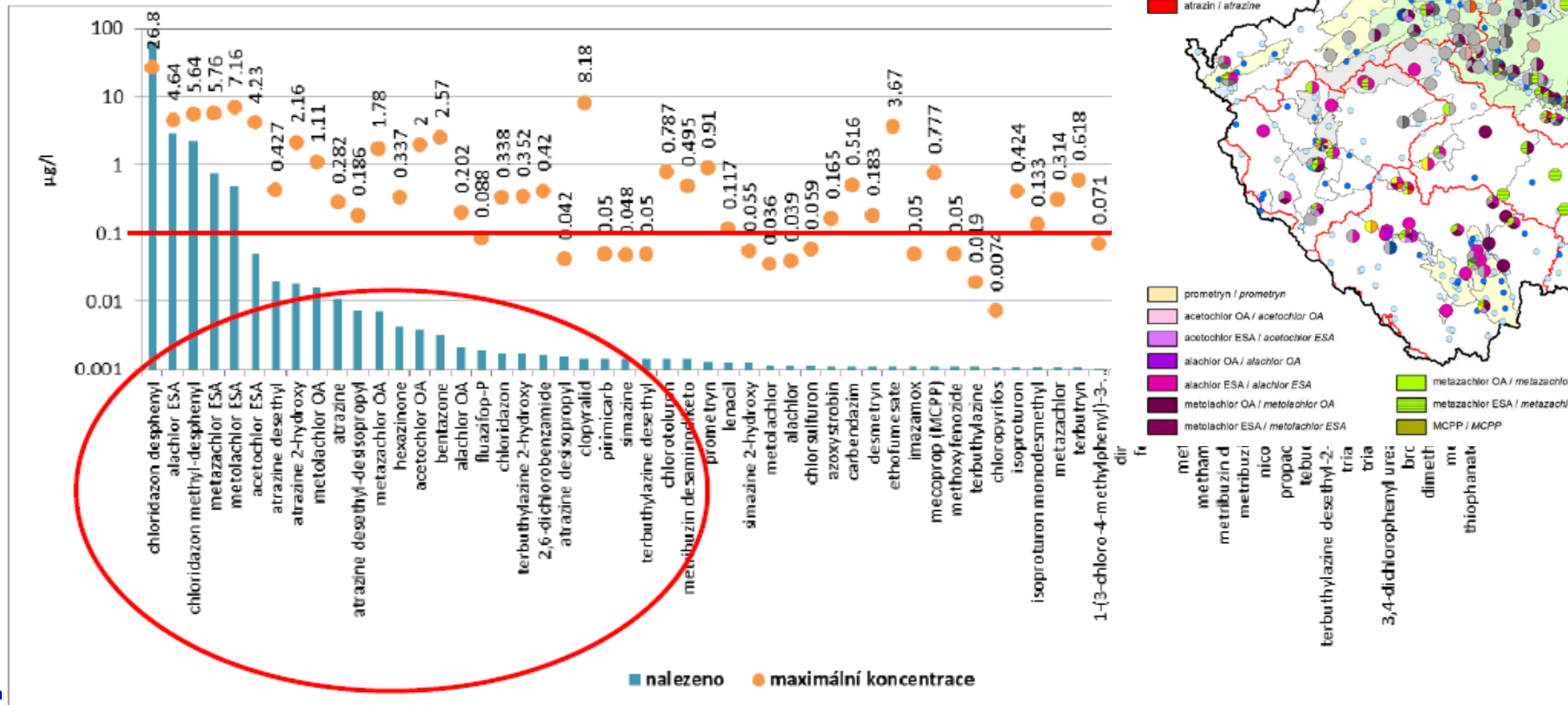
<https://www.stream.cz/adost/10028599-zamorena-puda-alarmujici-vysledky-testu-pudy-v-cesku>

<https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2376595-ceska-zemedelska-puda-je-plna-pesticidu-vcetne-10-let-zakazaneho-toxickeho-simazinu>

Pesticidy v podzemní vodě ČR

ČHMÚ, dr. Vít Kodeš, 2014-2016:

- 63% z cca 660 objektů – nalezen alespoň jeden pesticid
- 43% objektů – nad limit 0.1 µg/L pro jednotlivý pesticid**
- 31% objektů – nad limit pro sumu pesticidů



[10,11]

Pesticidy v podzemní vodě ČR

- https://www.lidovky.cz/domov/zasoby-pitne-vody-zamorila-chemie-nejproblematictejsi-jsou-pesticidni-latky.A181103_122800_In_domov_rsa
- <https://domaci.ihned.cz/c1-65848450-pesticidy-nici-ceskou-vodu-dokazuje-rozsahla-studie-muze-za-to-pestovani-repky-naprava-prijde-na-miliardy>
- <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2612102-v-ceske-podzemni-vode-jsou-pesticidy-zamorily-uz-vetsinu-pramenu-40-procent-ma>
- <https://www.stream.cz/adost/10019123-otravena-voda-alarm>
- <http://hydro.chmi.cz/isarrow>
- <http://hydro.chmi.cz/pasporty>

y-v-cesku

HOSPODÁŘSKÉ NOVINY
14. listopad 2017 #Pocpovířte počasí
www.hn.cz

Varovná studie ČHMÚ: Většina podzemní vody v Česku je znečištěna nebezpečnými pesticidy. Experti je našli i ve zdrojích pitné vody

Martin Bilben - redaktor 17. 8. 2017 11:15 (aktualizováno 12:19)

- Podzemní voda v Česku je znečištěna pesticidy, které ve značné míře pocházejí z pěstování řepky a kukuřice jako biopaliv. Ukázalo to rozsáhlé čtyřleté sledování téměř sedmi stovek zdrojů.
- Pesticidy, často v množství překračujícím normy, byly ve více než polovině z nich.
- Na problém upozorňuje i vládou schválená koncepce boje proti suchu.
- Stát proto chce nyní zemědělcům zpřísnit podmínky jejich využívání.

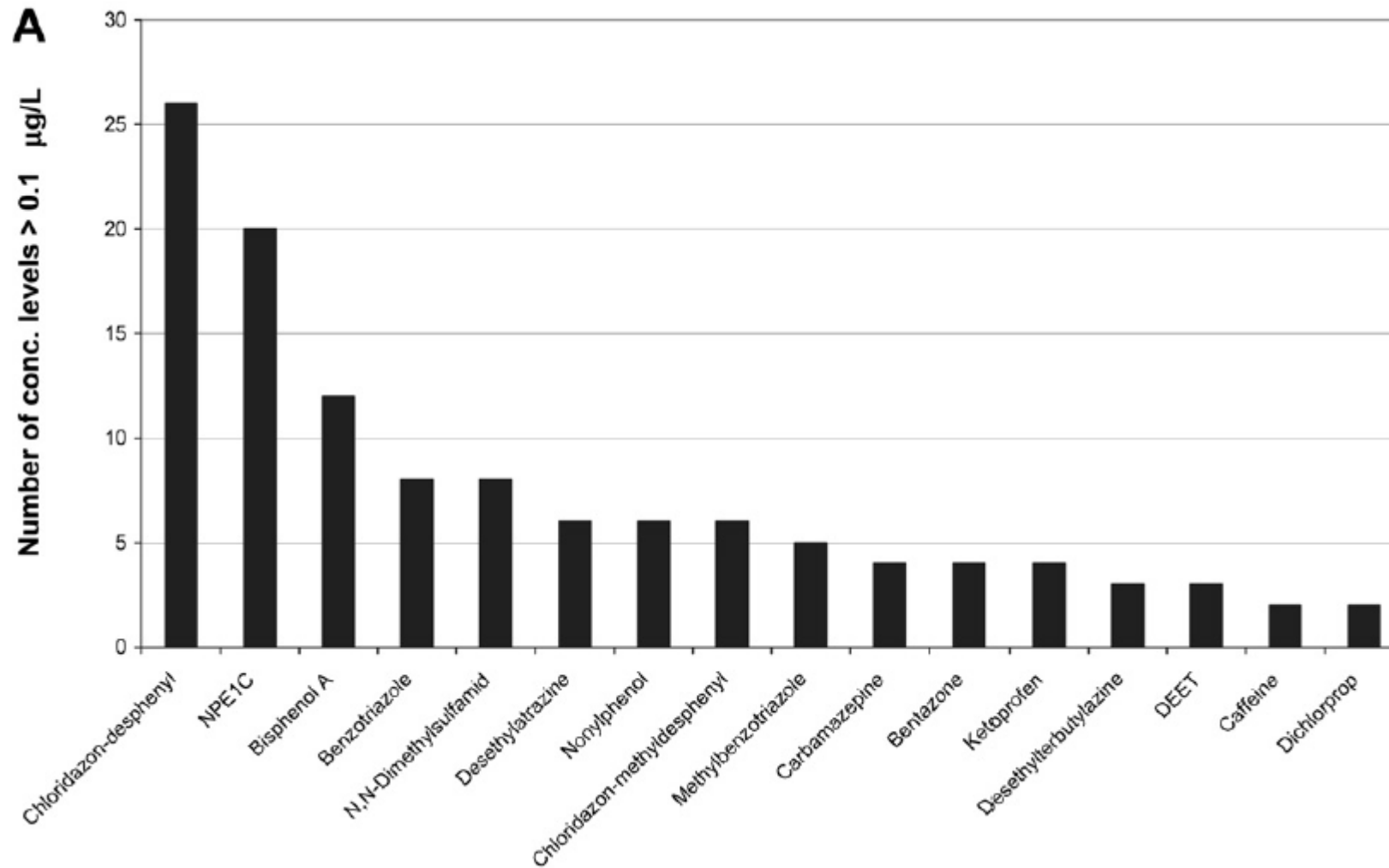
Otrávená voda. Alarmující výsledky testů vody v Česku

stream.cz

Seznam látek

VÝTAH	EBCIC No.	M. ČÍSLO	ČÍSLO	STANOVISKO
72101-41-2	249-102-2	PE1438	456	skladba
171201-17-2	PE1532	702	skladba	
133101-20-7	PE1095	419	skladba	
84-10-7	205-589-7	PE2062	492	skladba
2425-81-3	254-899-3	PE2078	496	skladba
18702-21-5	PE1051	406	skladba	
18492-41-4	PE1072	408	skladba	
133101-04-2	429-089-0	PE1160	410	skladba
30304-08-6	256-024-3	PE1435	457	skladba
74020-08-6	277-094-1	PE1436	458	skladba
181807-00-1	PE1078	407	skladba	
18810-01-8	PE1050	404	skladba	
142301-01-0	PE1062	405	skladba	
171201-17-2	PE1091	418	skladba	
145101-01-0	PE1064	404	skladba	
110-05-3	204-123-3	PE1070	415	skladba
1849-75-3	215-799-5	PE1074	416	skladba
1849-87-3	256-87-3	PE1071	417	skladba
1849-88-4	218-718-6	PE1072	418	skladba
30304-01-2	204-113-4	PE1073	419	skladba
8020-11-4	228-029-5	PE1074	420	skladba
80-10-4	202-988-4	PE1075	421	skladba
134-10-7	205-138-7	PE1076	422	skladba
2405-81-3	249-724-4	PE1077	423	skladba
5181-79-3	PE1078	424	skladba	
828-12-6	212-024-7	PE1079	425	skladba
133021-21-7	401-189-0	PE1080	426	skladba

Podzemní voda - EU



Loos et al. Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water (Water Research 44, 2010, 4115-4126)

Případová studie 3

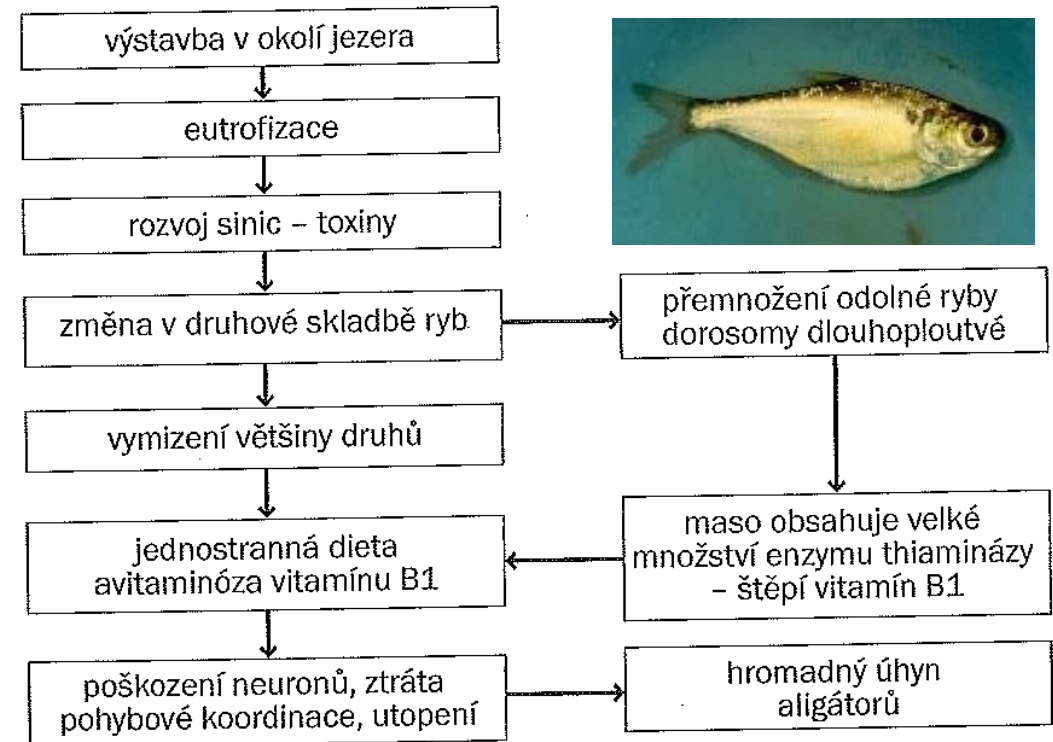
Úhyn aligátorů v roce 1997

Úhyn aligátorů v roce 1997

- Griffin, Florida, USA, 1997 – náhlé úhyny stovek aligátorů
- letargie, narušení nervové koordinace, nepohyblivost, utopení
- 6 let výzkumu, poškození neuronů v mozku
- NE – infekce, intoxikace pesticidy, Hg, toxiny sinic
- ANO – nedostatek thiaminu (vitamin B1)



Anděl (2001)



O co tedy jde v předmětu E2240?

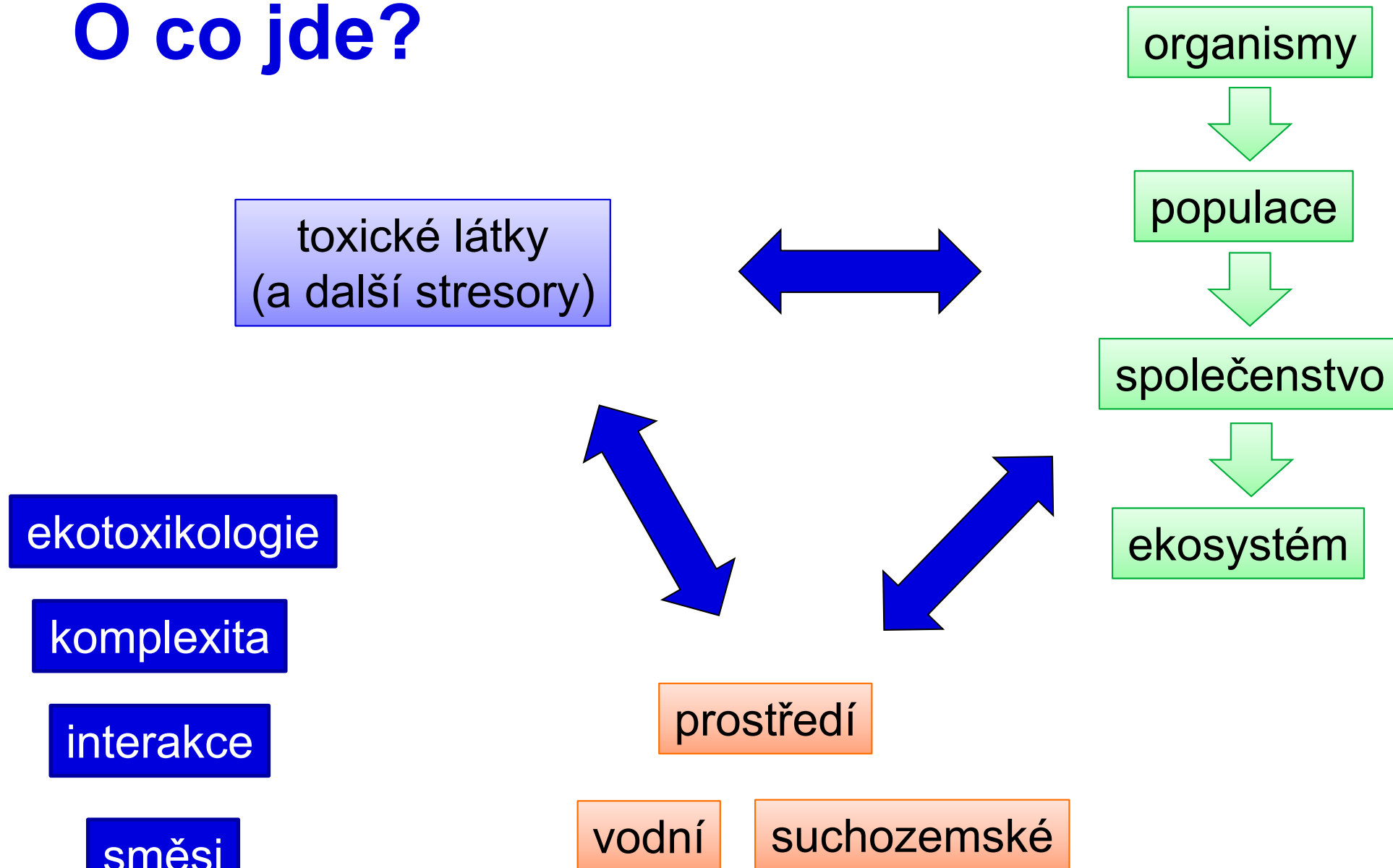
Působení stresorů v ekosystémech

Jaké rysy na těchto příkladech pozorujeme?

Jaká hlavní klíčová slova?

- komplexnost – prostředí a biosystémy
- interakce – polutanty s prostředím, biodostupnost, transformace
- vztahy – trofické řetězce (bioakumulace), zpětné vazby
- směsi – mnoho polutantů, různé formy, vztahy přirozených stresorů a polutantů
- přímé a nepřímé účinky ...
- terénní studie ... vyšší realita a variabilita ...
- ...

O co jde?



O co jde?

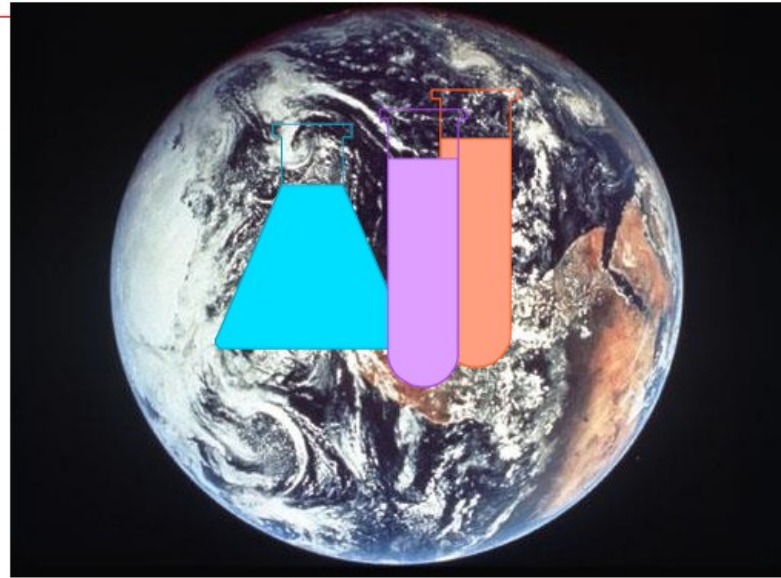
- **NELZE ZANEDBAT PROSTŘEDÍ, VE KTERÉM SE ODEHRÁVÁ SLEDOVANÝ VZTAH POLUTANT – ORGANISMUS**
- komplexními vztahy nejen mezi **organismy a kontaminanty**, ale také mezi **prostředím a organismy** a **prostředím a kontaminanty**



O co jde?

- působení **toxických látek a dalších stresorů** na **živé soustavy** ve **vodních a suchozemských ekosystémech**
- **komplexní interakce** polutanty - prostředí - organismy
- **směsi** polutantů, polutanty a jiné stresory
- **vliv prostředí** na rizikovost toxikantů
- účinky na **vyšších úrovních** biologické organizace
- **bioindikační metody**, hodnocení **biologické kvality ekosystémů**, **biodiverzita**, stav populací a **ekosystémové funkce**

O co jde?

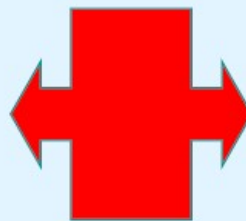


Reakční nádoba ↔ Prostředí

Látky

Známé účinky

Známé problémy



Směs(y) látek

Neznámé účinky

Neznámé problémy

O co jde?

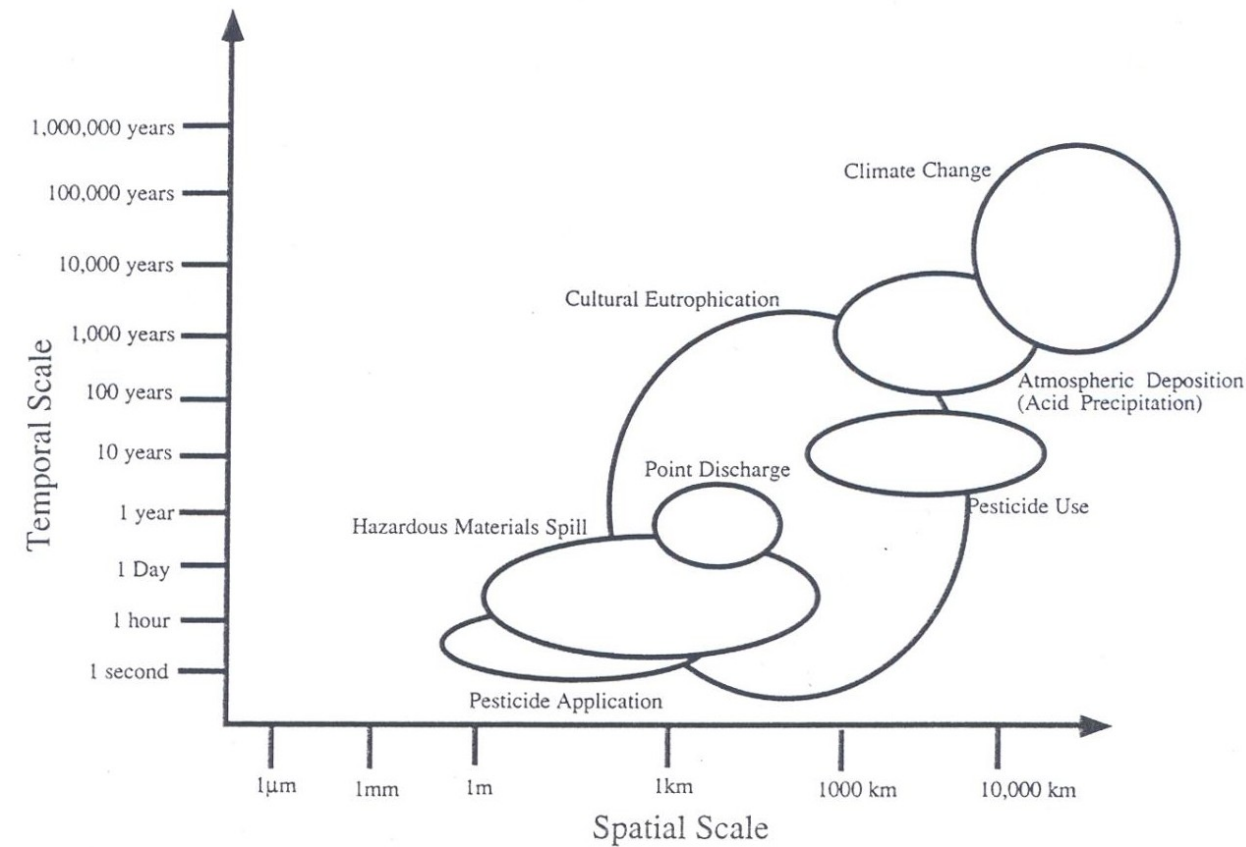


Figure 2.4 The overlap of spatial and temporal scales in chemical contamination. Just as there are scales of ecological processes, contamination events also range in scale. Pesticide applications can range from small-scale household use to large-scale agricultural applications. The addition of surplus nutrients and other materials due to agriculture or human habitation is generally large scale and long lived. Acid precipitation generated by the tall stacks of the midwestern United States is a fairly recent phenomena, but the effects will likely be long term. However, each of these events have molecular scale interactions.

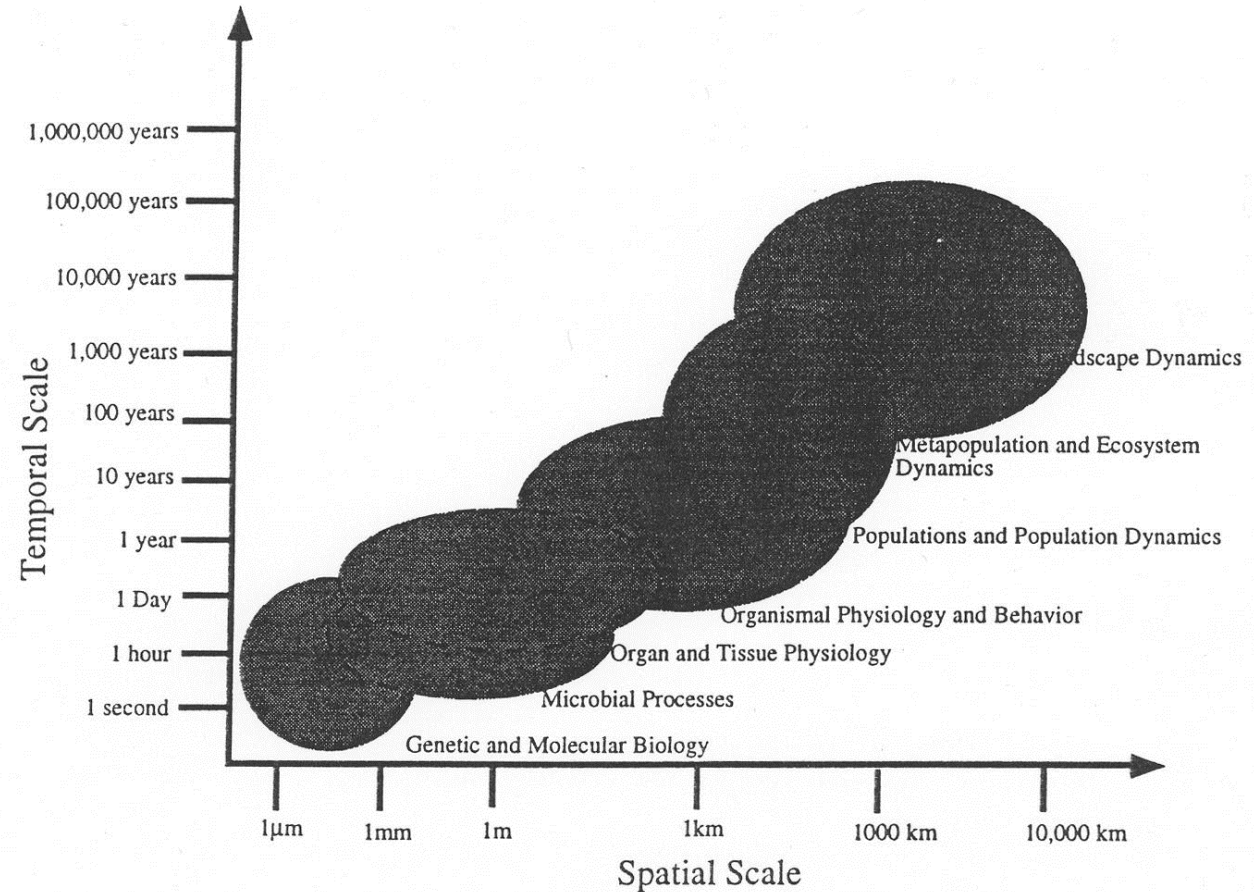


Figure 2.3 The overlap of spatial and temporal scales in environmental toxicology. Not only are there scales in organization, but scales over space and time exist. Many molecular activities exist over short periods and volumes. Populations can exist over relatively small areas, even a few square meters for microorganisms, and thousands of square kilometers for many bird and mammal populations. Although often diagrammed as discrete, each of these levels are intimately connected and phase one into another along both the space and time scales.

Návaznost

- Složky ŽP (Vrana, Hofman)
- Environmental Pollutants (Melymuk)
- Obecná ekotoxikologie (Bláha)
- Exp. a apl. toxikologie a ekotoxikologie (kolektiv)
- semináře

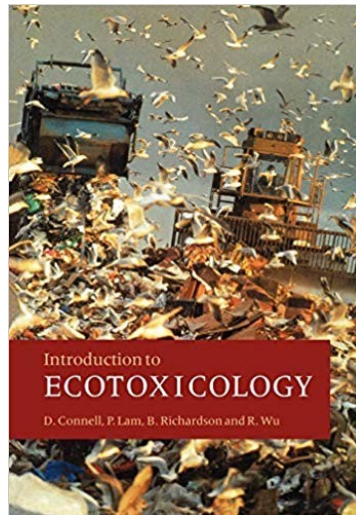
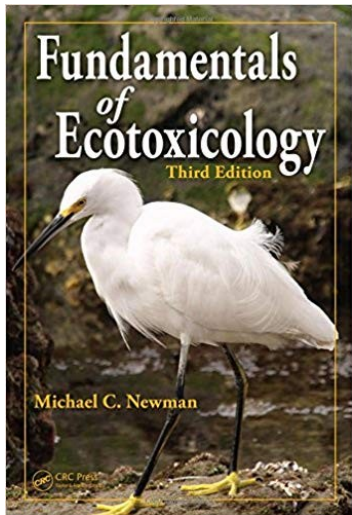
Povinná literatura

- Anděl (2011): Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring



Doporučená literatura

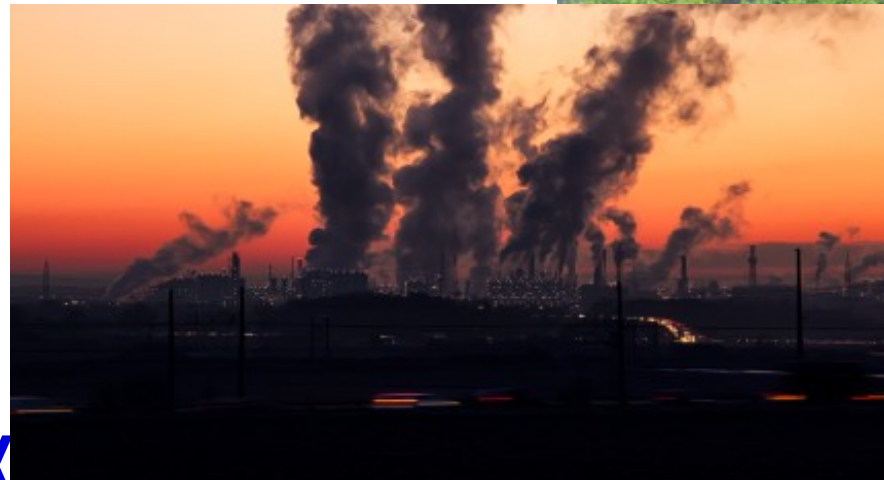
- Newman M.C. (2009): Fundamentals of Ecotoxicology, Third Edition 3rd Edition
- Connel et al. (1999): Introduction to Ecotoxicology
- EEA (2001): Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000
- EEA (2013): Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation
- a další ... viz jednotlivé přednášky



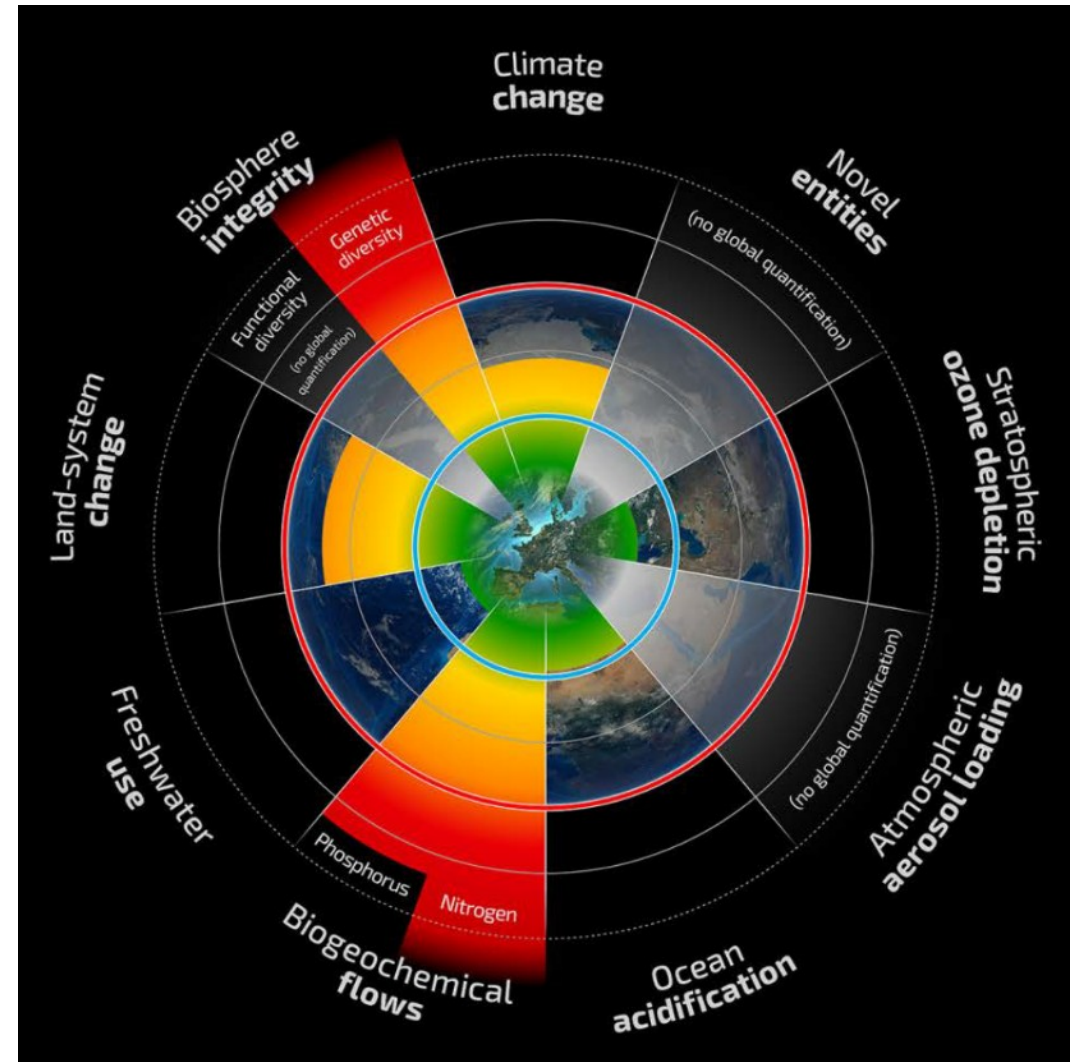
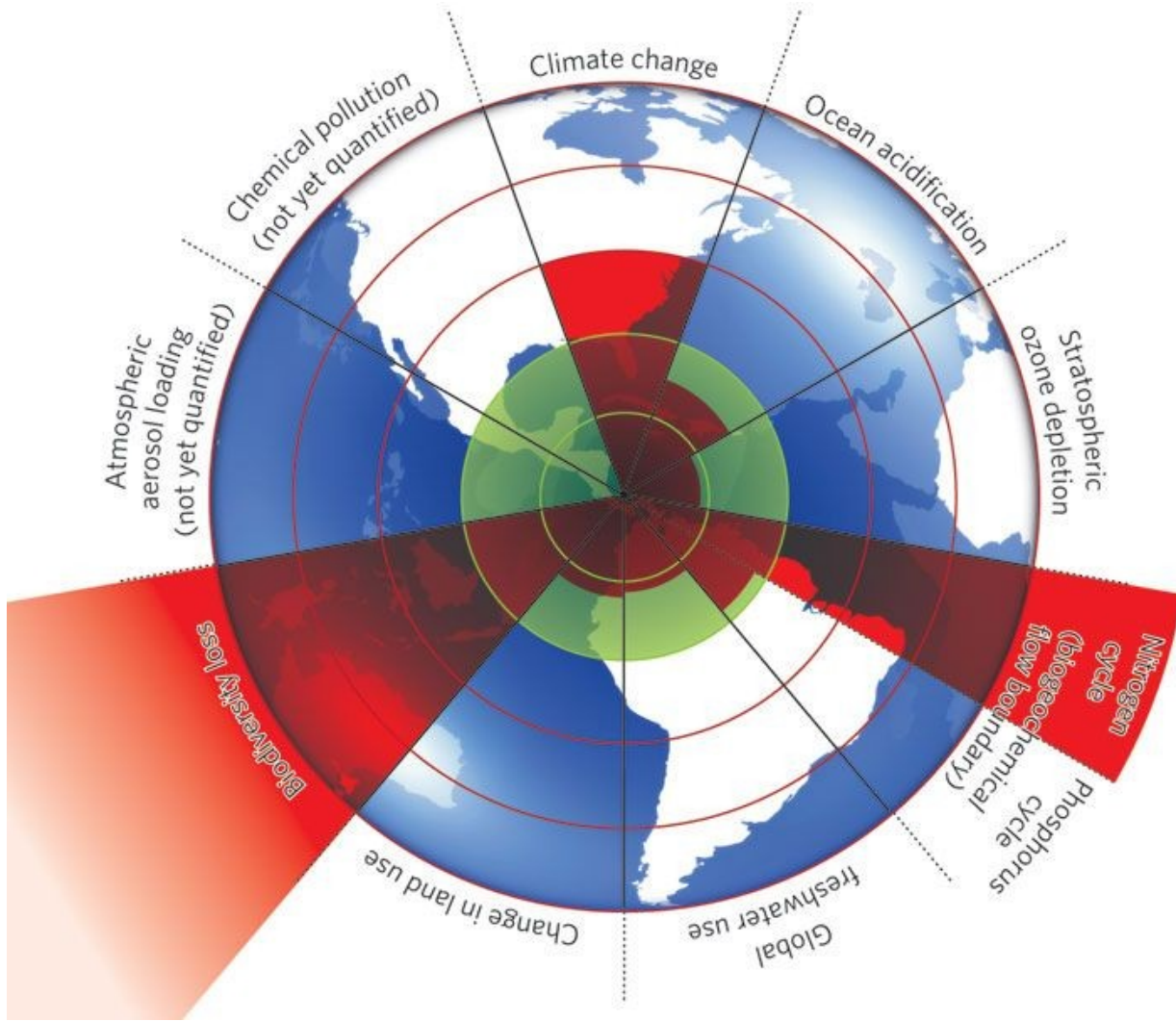
Úvod do problematiky

Degradace ŽP, hlavní problémy

- voda, půda, ovzduší
- viz přednášky složky ŽP (Vrana, Hofman)
- semináře E1000
- *jaké vidíte hlavní problémy?*



Degradace ŽP, hlavní problémy



Rockström et al. (2009)

Degradace ŽP, hlavní problémy



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD



Degradace ŽP, globální chemické znečištění



Průmyslové chemikálie



Pesticidy



Odpady



Léky



Plasty

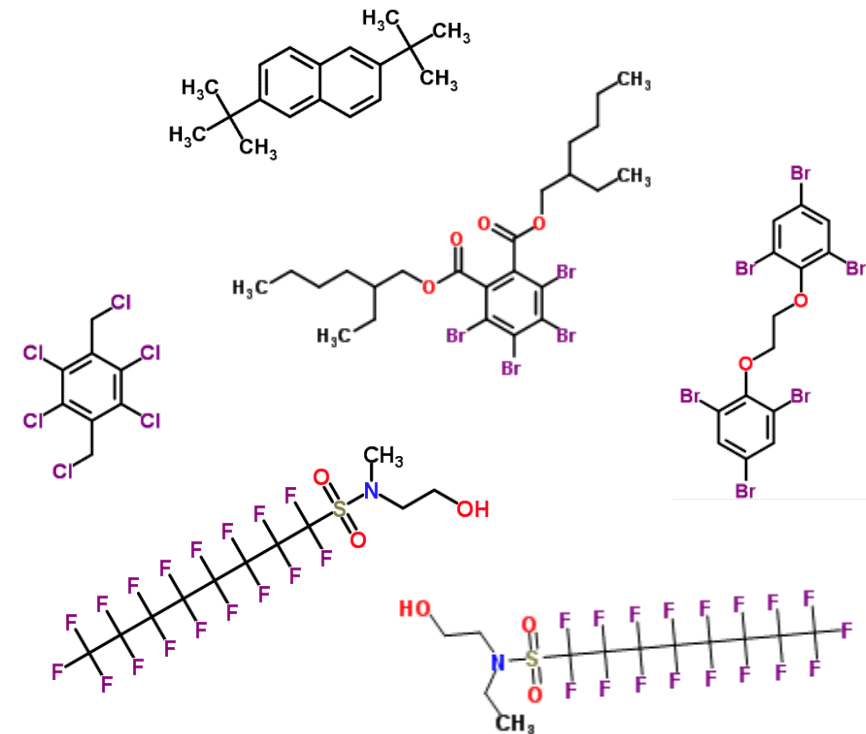
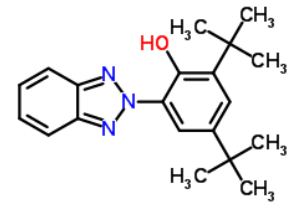
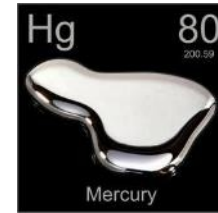


Vedlejší produkty činností



Produkty denní spotřeby

atd



Skupiny znečišťujících látek

- anorganické plyny
- kovy
- průmyslové kyseliny
- radionuklidy
- nutrienty (živiny, anorganická hnojiva)
- organické (degradabilní, komunální, fekální) znečištění
- komunální chemie – PCPs, detergenty, mýdla, změkčovadla ...
- nehalogenovaná rozpouštědla (alkoholy, etery, BTEX ...)
- halogenované alifatické uhlovodíky (freony ...)
- látky průmyslu gumy a plastů (ftaláty, polybromované difenylethery, PFAS ...)
- persistentní organické látky (POPs), halogenované [produkty průmyslu (PCBs, PBBs) a vedlejší produkty (PCDD/Fs, PBDD/Fs)]
- pesticidy [insekticidy – nehalogenované vs. halogenované (patří mezi POPs), herbicidy]
- farmaka, léčiva
- produkty denní spotřeby (PCPs)
- PAHs – polycyklické aromatické uhlovodíky
- ...

Terminologie

- kontaminant
- polutant
- xenobiotikum
- toxikant
- toxin
- bodový / difúzní zdroj
- HPVC
- POPs
- PBTs
- PAHs, PCBs, PCDDs/Fs, OCPs
- BTEX
- VOCs
- PCPs
- PPPs
- EDCs
- emerging pollutants

Směsi stresorů a polutantů

- **faktory prostředí:** teplota, EM záření, voda, chemismus, radioaktivita, hluk ...
- přírodní chemické látky a jejich degradační produkty
- cizorodé chemické látky a jejich degradační produkty

- *domácí úkol - interakce – příklady ?*

Příklad interakce

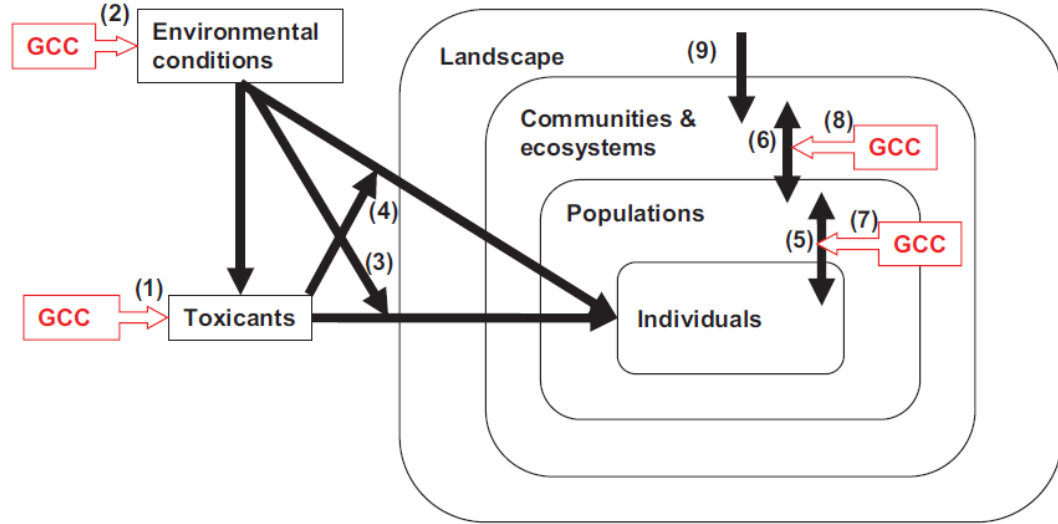


Fig. 1. We address combined impacts of global climate change (GCC) and chemical stressors across biological levels of organization in the following way: The term GCC represents climatic drivers (temperature, precipitation, etc.). Environmental conditions represent other abiotic factors (hydrologic regimes, ultraviolet radiation, nutrient concentrations, etc.). Global climate change can affect the fate and exposure of toxicants directly (arrow 1) or through altered environmental conditions (arrow 2) [9]. Individuals can be impacted by GCC-related changes in toxicant exposure and/or other environmental conditions; interactions between these factors can result in climate-induced toxicant sensitivity (arrow 3) or toxicant-induced climate-sensitivity (arrow 4) [13]. When the combined toxicant and GCC impacts on individuals propagate higher levels, they can be modified by population-level (arrow 5) and community-level (arrow 6) processes. Such population- and community-level processes can in turn be impacted by GCC, directly or indirectly (arrows 7 and 8). Finally, landscape properties may influence the responses of populations and communities to combine toxicant and GCC effects (arrow 9). [Color figure can be seen in the online version of this article, available at wileyonlinelibrary.com]

Moe et al. (2013)

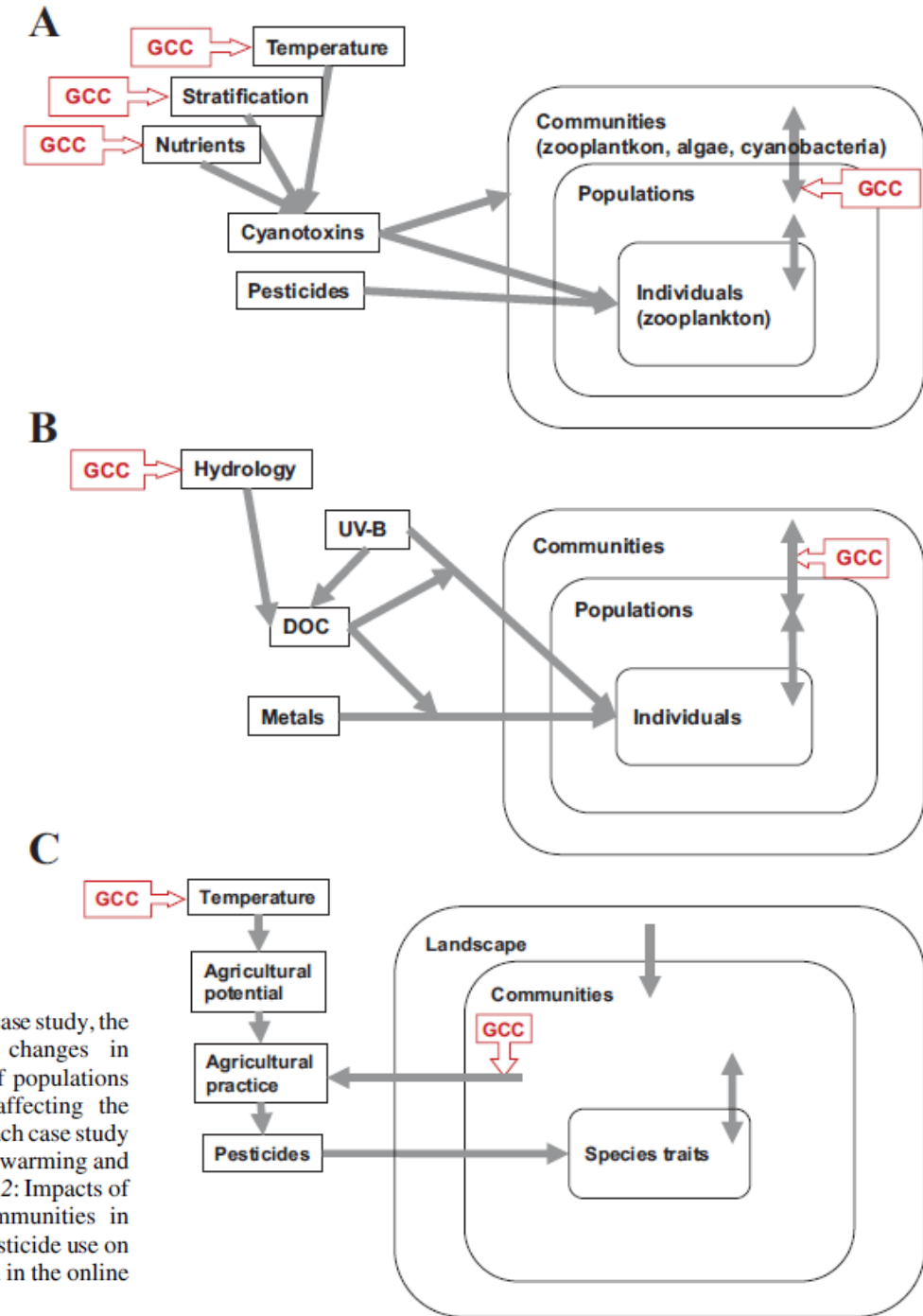
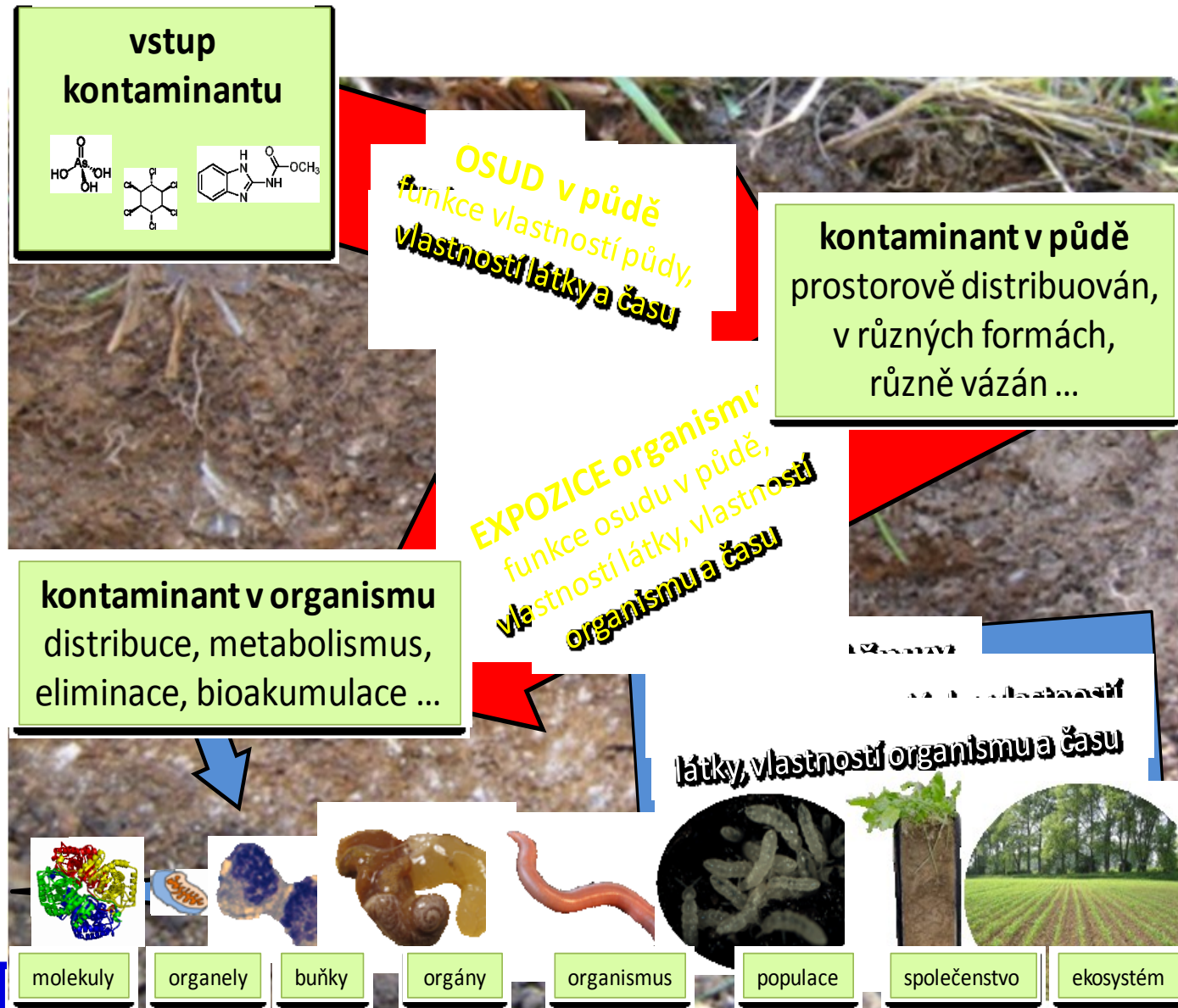


Fig. 2. Illustration of case studies, based on Figure 1. For each case study, the figure indicates global climate change (GCC)-related changes in environmental conditions that may affect the vulnerability of populations and communities to toxicants and ecological processes affecting the population- and community-level responses. More details on each case study are given in the main text. (A) *Case study 1*: Impacts of global warming and cyanotoxins on plankton communities in lakes. (B) *Case study 2*: Impacts of ultraviolet (UV) radiation and metals on invertebrate communities in streams. (C) *Case study 3*: Impacts of future climate-related pesticide use on invertebrate communities in streams. [Color figure can be seen in the online version of this article, available at wileyonlinelibrary.com]

Vliv prostředí na polutanty



Vliv prostředí na polutanty

- **Vlastnosti prostředí**

- složení půdy, organická hmota, zrnitost, pH, CEC, vlhkost, teplota, struktura půdy - velikost pórů

- **Vlastnosti látek**

- Chemická struktura, Kow, Sw, Koc, pKa, MW, H, pv

- **Vlastnosti organismů**

- Fyziologie (příjem, metabolismus, eliminace), morfologie, ekologie (chování)

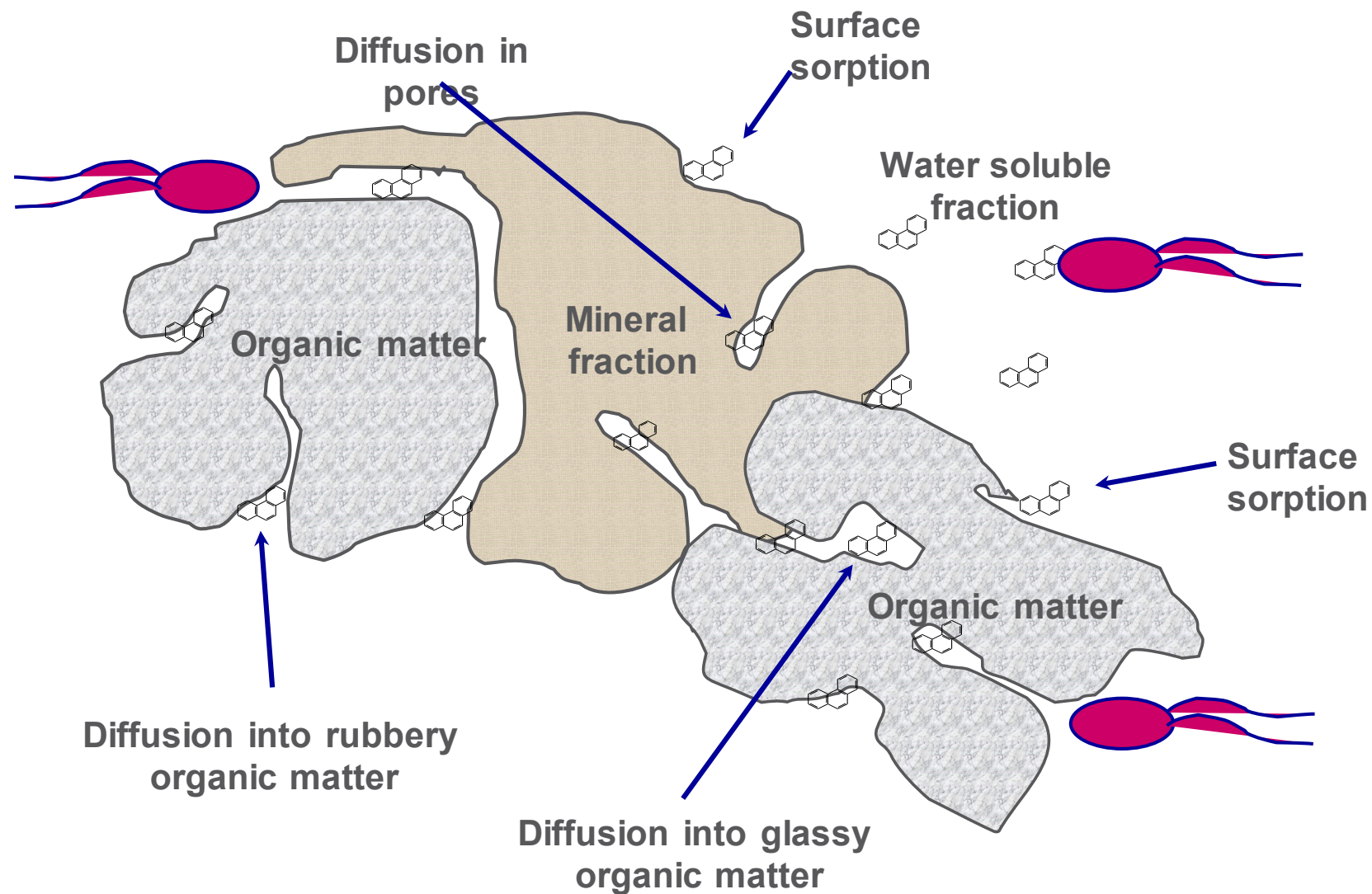
- **Vliv času**

- Aging, sekvestrace

- **Přítomnost jiných chemikálií** (např. NAPL) a interakce

Výsledkem jsou **PROCESY**, které mění biodostupnost

Příklad - situace v pevných maticích



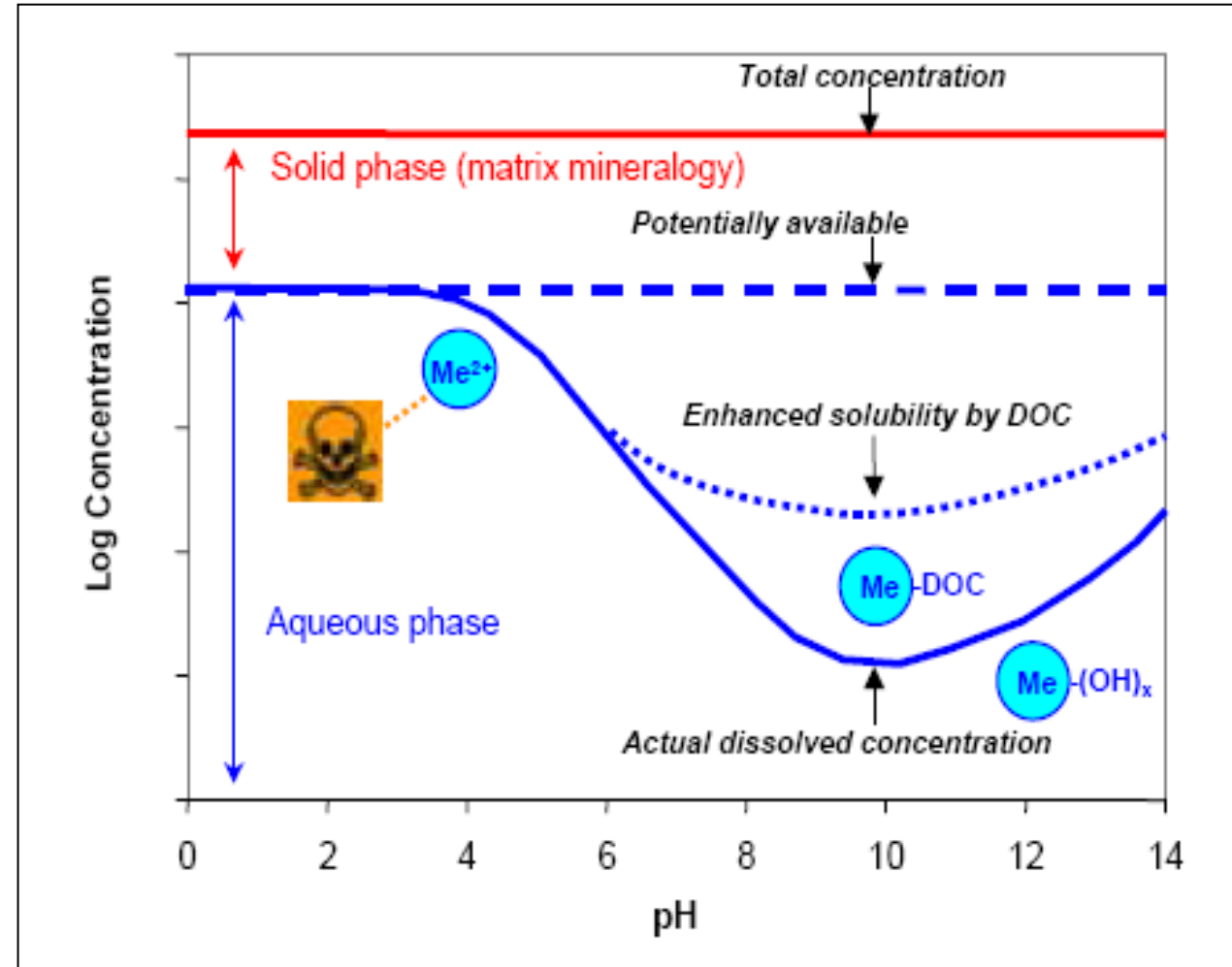
Příklad - kovy a biodostupnost

Redox

- při aerobních podmínkách (0-800 mV) jsou kovy ve formě volného kationtu
- při anaerobních podmínkách (-400-0 mV) jsou vysrážené, např. v sulfidech, uhličitanech

pH

- vyšší pH – kovy jsou ve formě nerozpustných fosfátů a uhličitánů, také se snižuje kapacita pH-dependentní CEC
- nižší pH – volné kationty nebo rozpustné organokovy, stoupá rozpustnost, naopak vyšší sorpce aniontových specií



Příklad - interakce organických polutantů s MO

- evoluční strategie MO v kontaminovaném prostředí = interakce a transformace chemikálie s „cílem“ energetického profitu, růstu či snížení toxicity resistance → celá řada kontaminantů je transformována MO

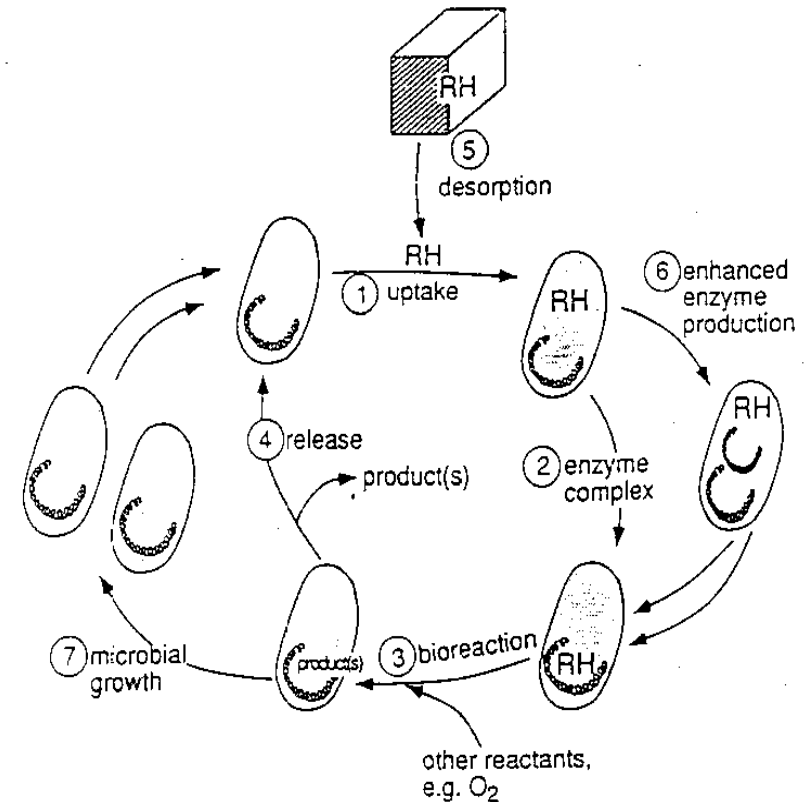
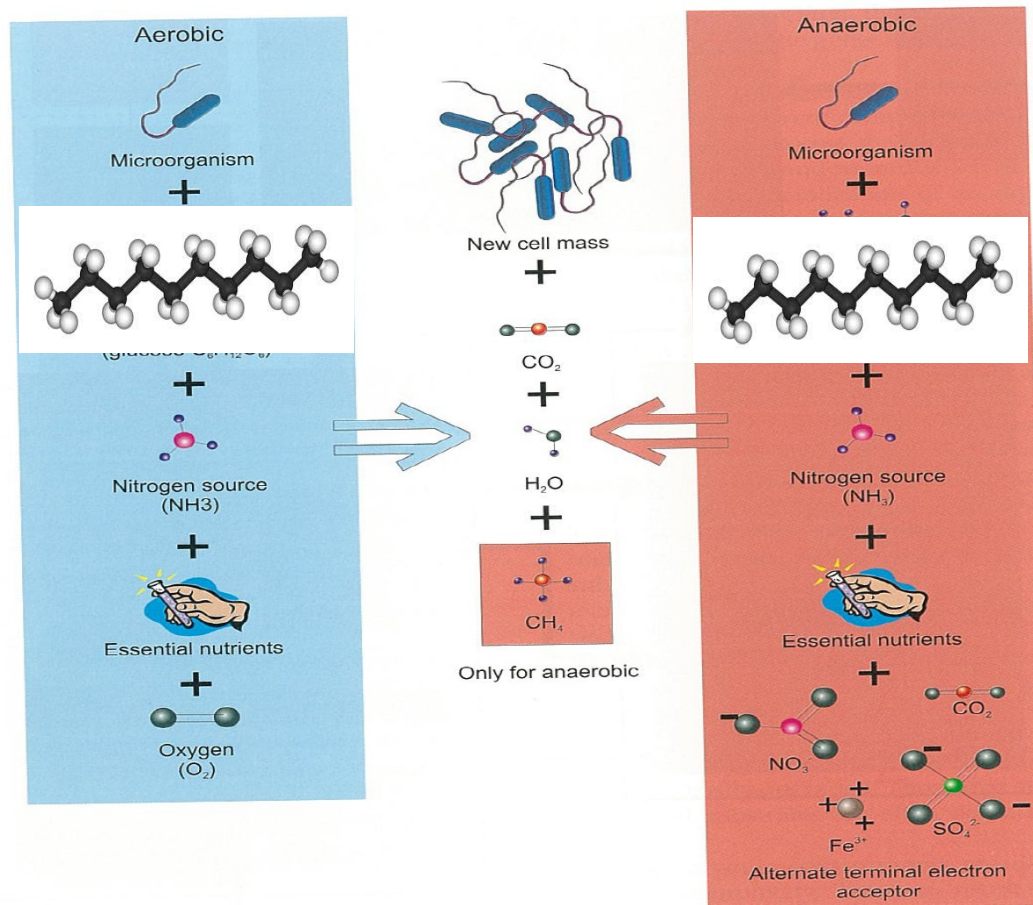


FIGURE 16.3 Aerobic (blue) or anaerobic (red) mineralization of an organic compound.

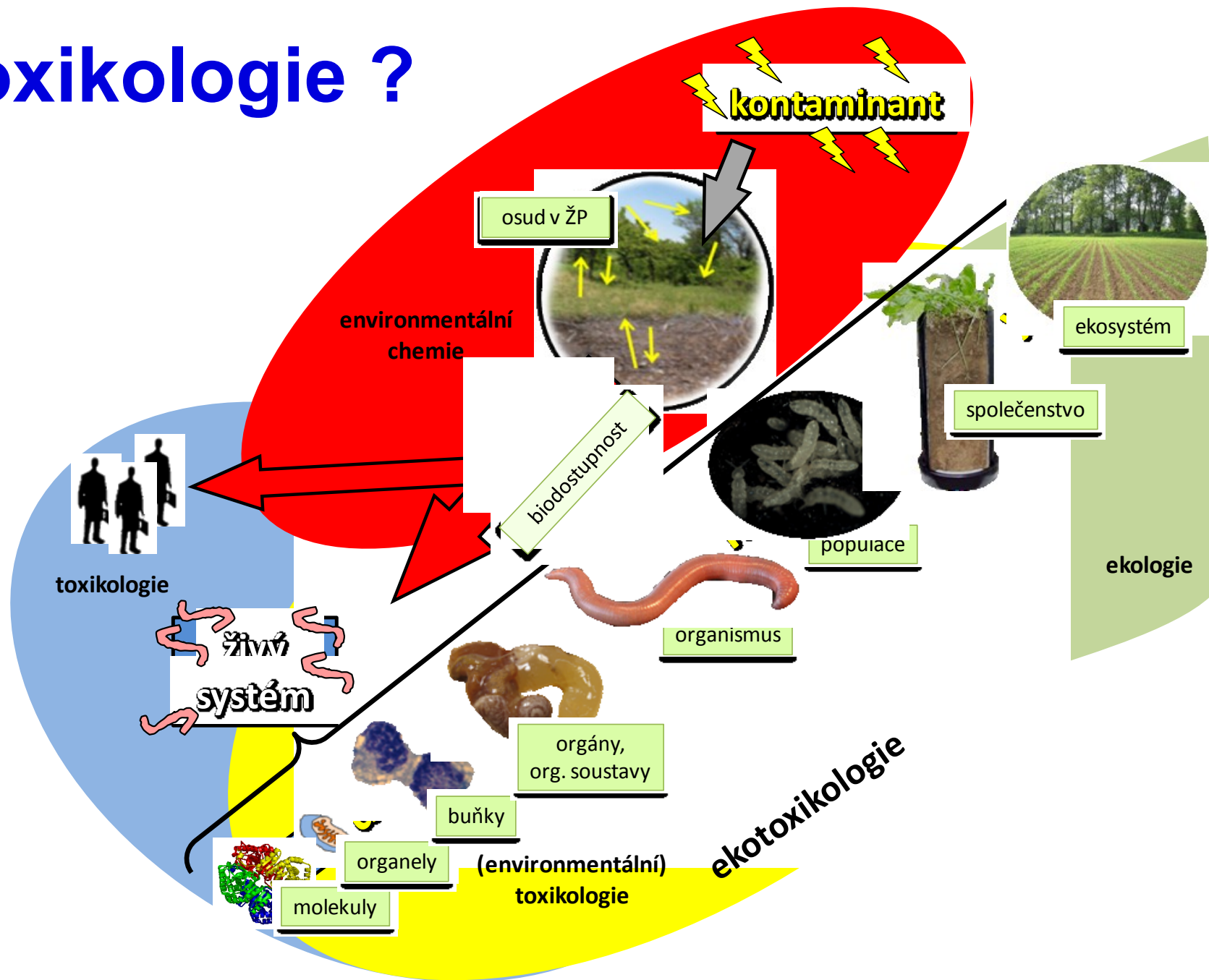
Příklad - interakce kovů s MO

Table 7.1 Microbial Transformation of Multivalence Metals

Metals	Possible Reactions	Microorganisms Involved	References
As	Reduction of As(V) to As(III)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Shewanella</i> sp. strain ANA-3, etc.	Stolz et al. (2006)
	Oxidation of As(III) to As(V)	<i>Hydrogenophaga</i> sp. NT-14, <i>Rhizobium</i> sp. NT-26, etc.	Stolz et al. (2006)
	Methylation of As(V) or As(III) to methylated As compounds	<i>Desulfovibrio gigas</i> , <i>Methanobacterium formicicum</i> , etc.	Stolz et al. (2006)
Cr	Reduction of Cr(VI) to Cr(III)	<i>Pseudomonas maltophilia</i> O-2, <i>Shewanella putrefaciens</i> MR-1, etc.	Cheung and Gu (2003)
Fe	Reduction of Fe(III) to Fe(II)	<i>Geobacter merallireducens</i> , <i>Desulfuromonas acetoxidans</i> , <i>Shewanella putrefaciens</i> , etc.	Nealson and Saffarini (1994)
Hg	Oxidation of Fe(II) to Fe(III)	<i>Leptothrix ochracea</i> , <i>Gallionella ferruginea</i> , etc.	Emerson (2000)
	Methylation of Hg(II) to methylated Hg compounds	<i>Desulfovibrio desulfuricans</i> LS	Barkay et al. (2003)
	Reductive or oxidative demethylation of CH ₃ Hg(I) to Hg(0) or unidentified Hg compounds	<i>Desulfovibrio gigas</i> , <i>Escherichia coli</i> , etc.	Barkay et al. (2003)
	Reduction of Hg(II) to Hg(0)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> PU21	Barkay et al. (2003)
Mn	Oxidation of Hg(0) to Hg(II)	<i>Escherichia coli</i>	Barkay et al. (2003)
	Reduction of Mn(IV) to Mn(II)	<i>Geobacter merallireducens</i> , <i>Desulfuromonas acetoxidans</i> , <i>Shewanella putrefaciens</i> , etc.	Nealson and Saffarini (1994)
Se	Oxidation of Mn(II) to Mn(IV), or oxidation of Mn(II) to Mn(III) and then Mn(IV)	<i>Leptothrix discophora</i> strain SS-1, <i>Bacillus</i> sp. SG-1, etc.	Tebo et al. (2005)
	Reduction of Se(VI) to Se(IV), Se(0), or even Se(-II)	<i>Thauera selenatis</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> SLD1a-1, <i>Desulfomicrobium</i> sp., etc.	Schröder et al. (1997); Hockin and Gadd (2006)
	Reduction of Se(IV) to Se(0)	<i>Thauera selenatis</i>	Schröder et al. (1997)
	Oxidation of Se(0) to Se(VI) or Se(VI)	<i>Bacillus megaterium</i>	Sarathchandra and Watkinson (1981)
	Methylation of Se(VI) or Se(VI) to methylated Se(-II) compounds	<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Pseudomonas</i> strain Hsa.28, etc.	Ranjard et al. (2003)
U	Reduction of U(VI) to U(IV)	<i>Geobacter</i> , <i>Shewanella</i> , <i>Desulfovibrio</i> , etc.	Wall and Krumholz (2006)
	Oxidation of U(IV) to U(VI)	<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> , <i>Thiobacillus denitrificans</i>	DiSpirito and Tuovinen (1982); Beller (2005)

Co je to ekotoxikologie ?

Věda na průniku ekologie a toxikologie studující a hodnotící přímé i nepřímé účinky přírodních i uměle vytvořených škodlivých chemických látek a případně dalších stresorů na živočichy (kromě člověka), rostliny a mikroorganismy na všech úrovních biologické organizace.



Ekotoxikologie

- široká škála přístupů

Rozdělení podle použití modelových nebo reálných systémů		BIOSYSTÉM	
		modelový	přirozený
TOXIKANT	modelový	A toxikologické testy	B terénní pokusy
	přirozený	C transplant. pokusy	D terénní studie bioindikace

Cíle ekotoxikologie

vědecké cíle:

- získání znalostí a vědomostí, popis a analýza, poznání a porozumění dějům, procesům, zákonitostem a mechanismům týkajících se účinků kontaminantů (případně dalších stresorů) na biotu, osudu a biodostupnosti kontaminantů v prostředí a expozice organismů
- chápání příčin a následků škodlivých účinků

praktické cíle:

- využít získané poznání a vytvořené metody k efektivní a racionální ochraně ŽP a bioty před účinky chemických látek a dalších stresorů
- charakterizace rozsahů účinků, škodlivosti a nebezpečnosti kontaminantů (stresorů) – jednotlivých i směsí
- predikce a modelování škodlivých účinků

technické cíle:

- tvorba nových metod, testů a nástrojů pro hodnocení škodlivosti chemických látek (a dalších stresorů) a pro bioindikaci kvality ŽP
- návrhy limitů a nové legislativy

Ekotoxikologie versus ekologie

Ekologie	Ekotoxikologie
Velmi široký záběr (vztahy mezi organismy navzájem a organismy a prostředím)	Zúžený zájem – organismy vs. prostředí, resp. negativní vlivy změn prostředí (vyvolané člověkem)
Studuje spíše "fyziologické" (přirozené) stavy - vlivy běžných faktorů prostředí – teplota, vlhkost, světlo	Studuje nefyziologické stavy – nepřirozené látky v prostředí, nadměrné působení fyzikálních stresorů (hluk, záření, stavby ...)
Ekologie vychází z polních (ekologických) studií	Více informací o jednotlivých druzích, polní studie jen v omezeném množství, často nejednoznačné výsledky

Interakce toxikantu a biosystému

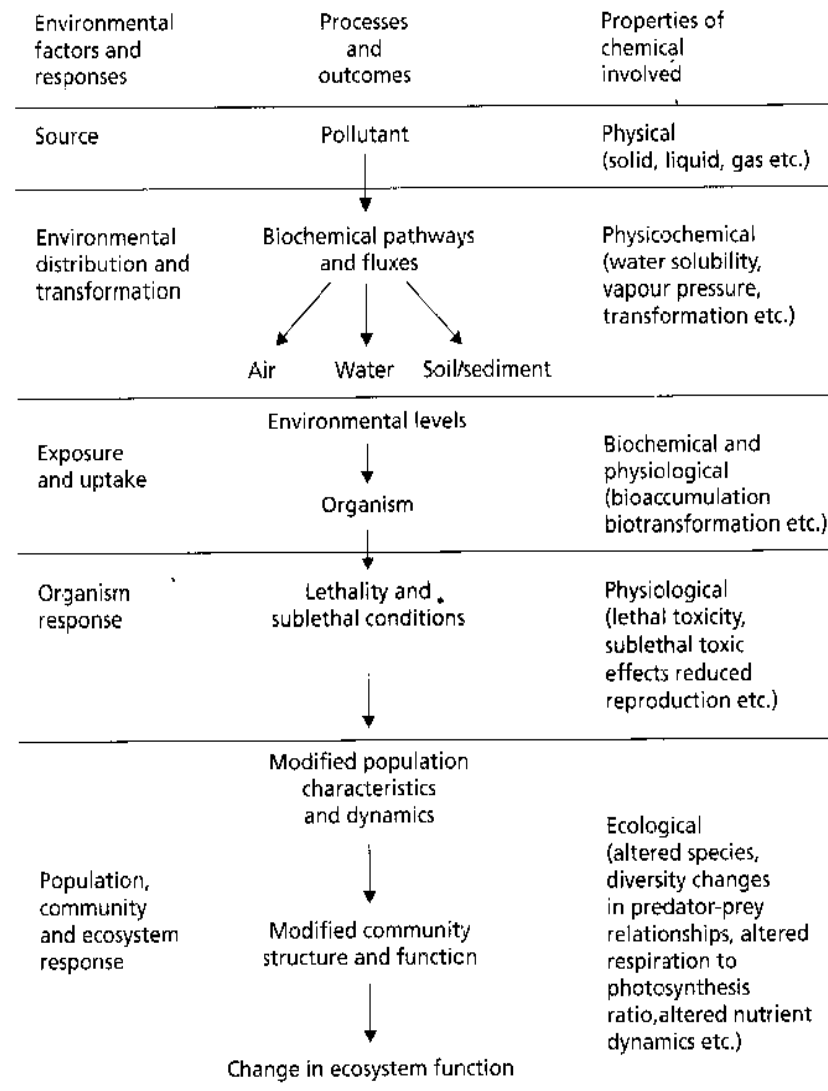
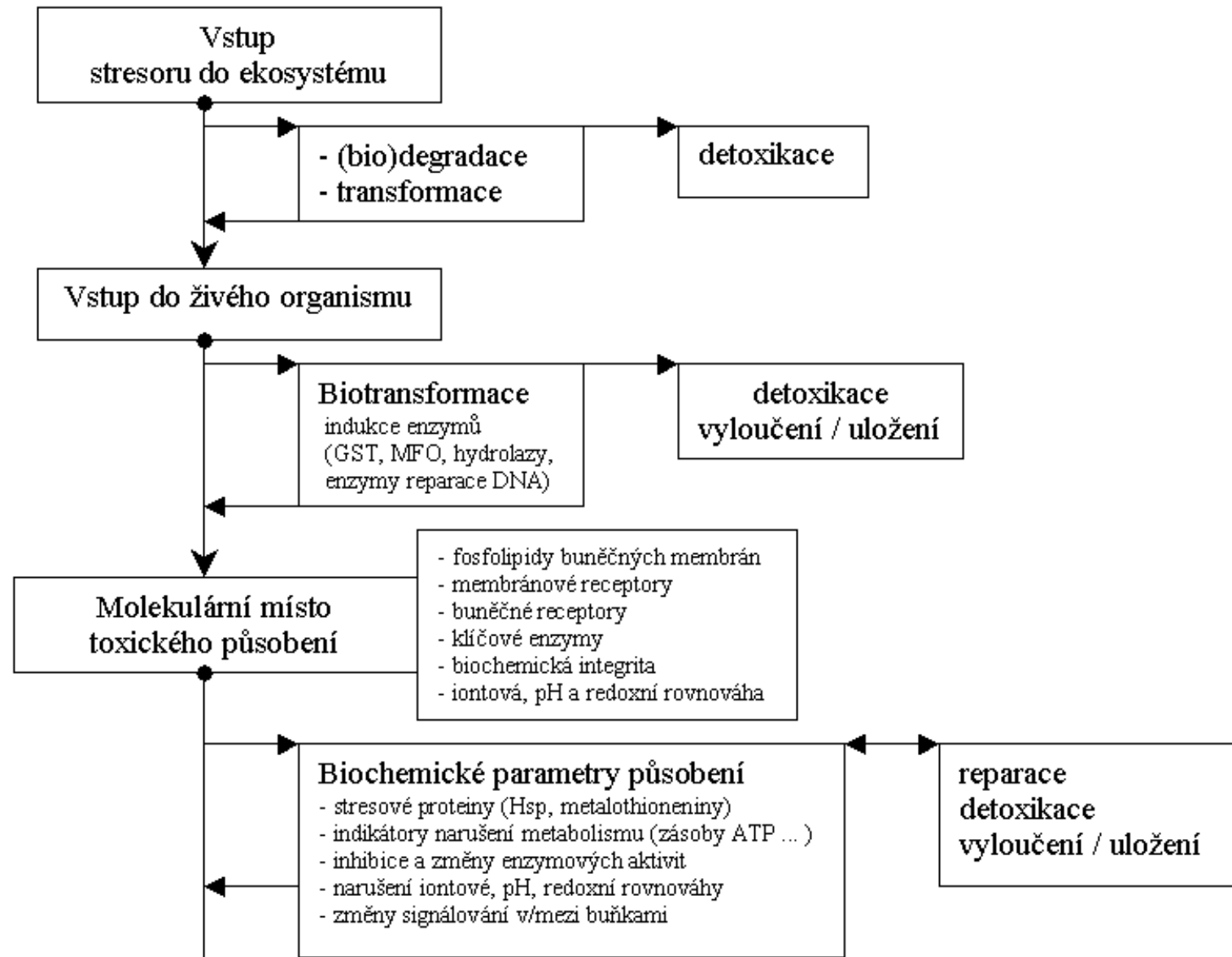
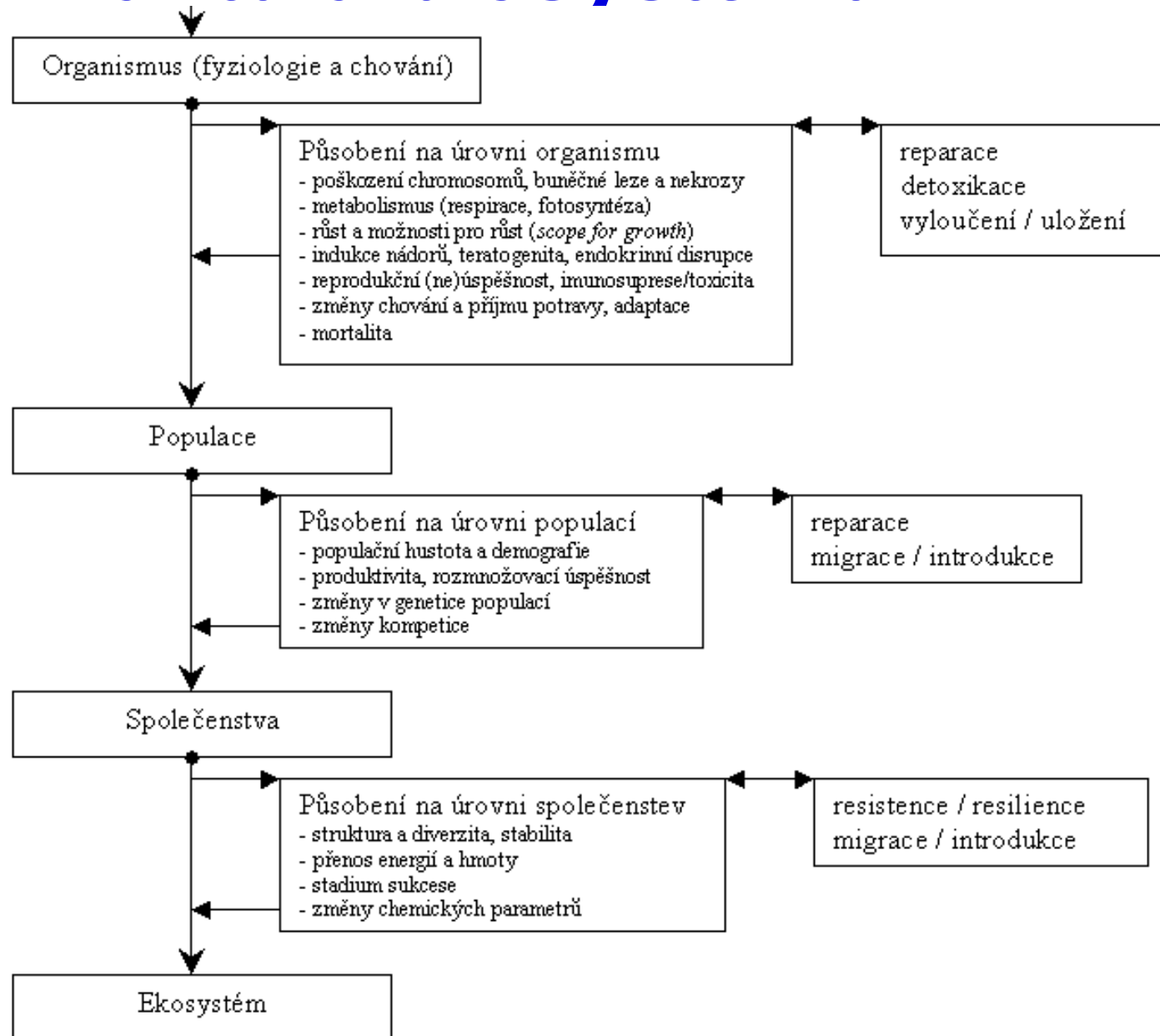


Fig. 2.1 Relationship between the properties of an ecotoxicant and its interaction with ecosystems.

Interakce toxikantu a biosystému



Interakce toxikantu a biosystému



Typy efektů a úrovně působení

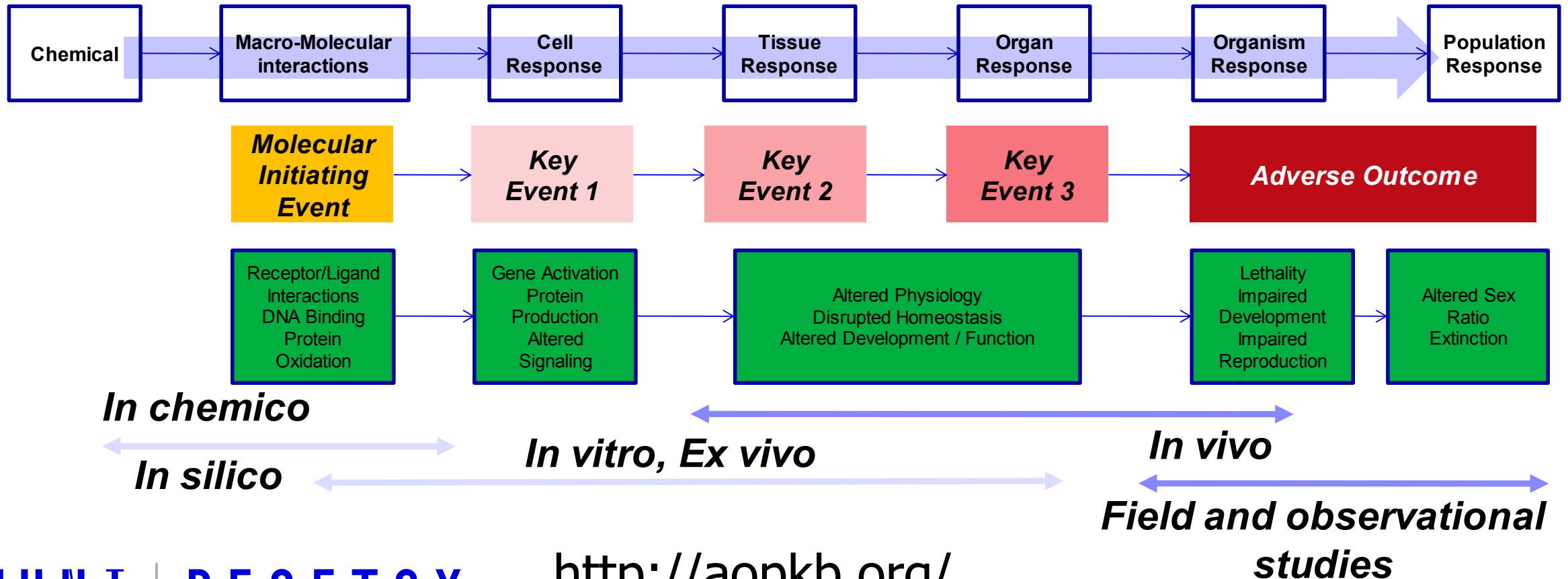
Úroveň	Příklady typů účinků a hodnocených parametrů (endpointů)
biochemická/ molekulární	<ul style="list-style-type: none"> interakce s enzymy (dehydrogenáza, β-glukosidáza, nitrogenáza, acetylcholinesteráza, glutathion-S-transferáza, peroxidáza...) oxidativní stres (glutathion, lipidní peroxidace...) biochemické markery (heat shock proteiny, cytochrom P450, etoxyresorufin-O-deetyláza - EROD, metalothioneiny...) genotoxicita (testy genotoxicity s mikroorganismy, rostlinami, živočichy) narušení membrán (integrita a fluidita membrán nepolární narkózou, narušení iontových pump či transportních systémů...) interakce s receptory (AhR receptor...)
buněčná	<ul style="list-style-type: none"> vitalita a funkce buněk (studium hemocytů, coelomocytů, počítání buněk, dělení a růst mikroorganismů, hodnocení spermií ...) buněčné dělení narušení proteosyntézy
individuální	<ul style="list-style-type: none"> přežívání (testy mortality, testy klíčivosti...) nekrózy, léze, onemocnění (pozorování organismů na konci testů...) přijímání potravy fyzilogie (hodnocení neurotoxicity ...) energetický metabolismus chování (únikové testy...) aktivita (měření fotosyntézy u rostlin...) růst (testy inhibice růstu ...) bioakumulace
populace	<ul style="list-style-type: none"> populační dynamika – mortalita, natalita, reprodukce (reprodukční testy toxicity ...) fitness populace (vícedruhové kompetiční testy...) růst populace (růst specifických skupin mikroorganismů, více-generační testy...) prostorový výskyt populace v terénu, bioindikace
společenstva	<ul style="list-style-type: none"> biodiverzita a struktura společenstva vztahy fungování stabilita společenstva selekce rezistentních druhů, vznik tolerance využití indikátorových druhů – citlivé druhy na daný typ stresu
ekosystému	<ul style="list-style-type: none"> cykly C, N, P, S (měření respirace, nitrifikace, denitrifikace...) dekompozice (měření rozkladu organických reziduí...) energetické toky bilance (uhlík vázaný v biomase...) vývoj (hodnocení sukcese...) hodnocení ekosystémových služeb („ecosystem services“) a funkcí (produktivita, výnos, schopnost biodegradace polutantů...)

AOP – adverse outcome pathways

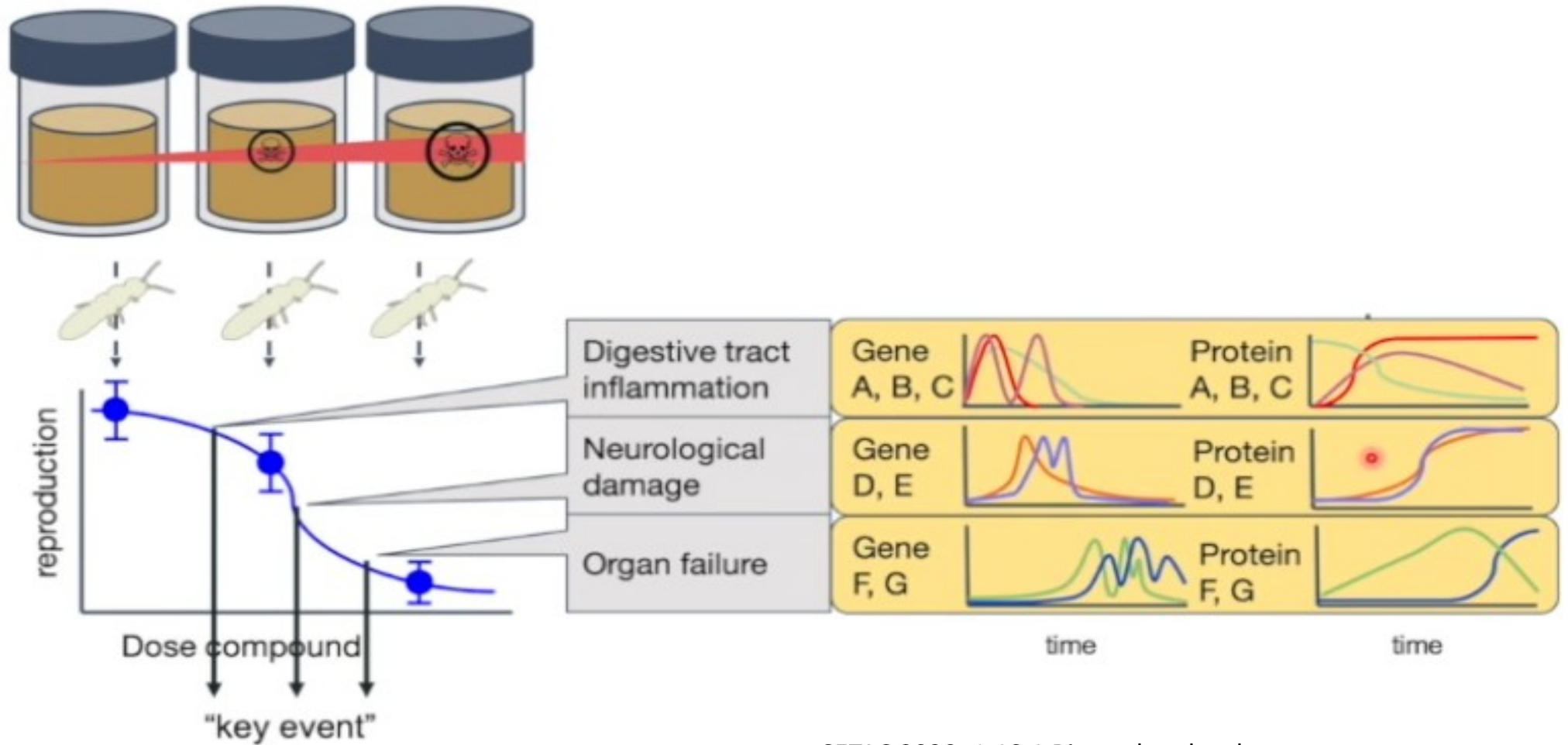
The existing **KNOWLEDGE** is organized **to link the** two anchor points:

Molecular Initiating Event (MIE) and **Adverse Outcome (AO)**

via a series of intermediate steps: **Key Events** through **Key Event Relationships (KERs)**



AOP – adverse outcome pathways



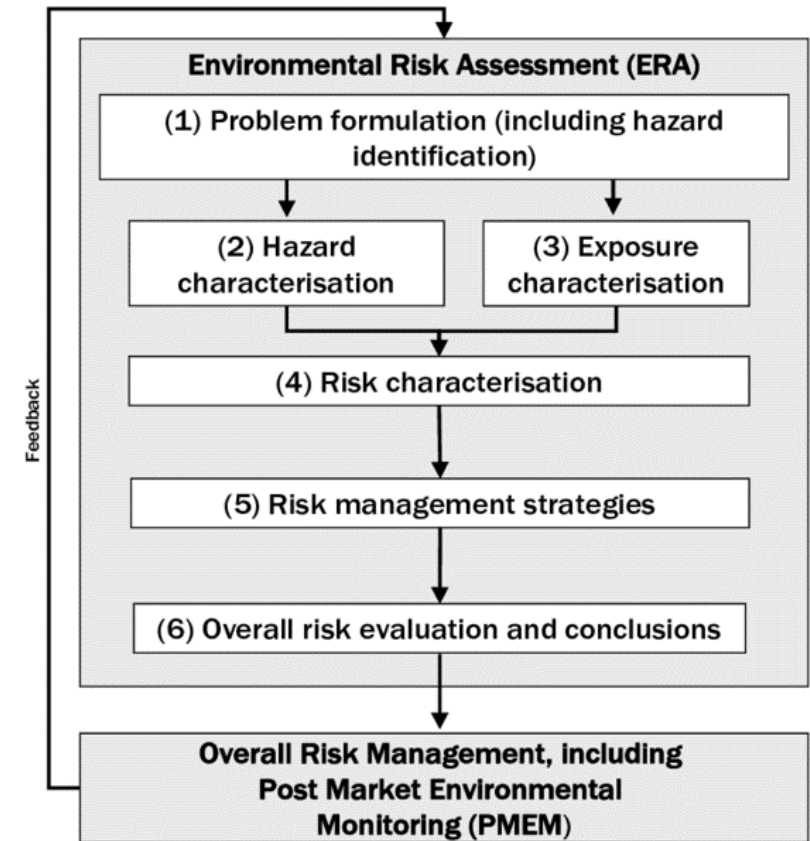
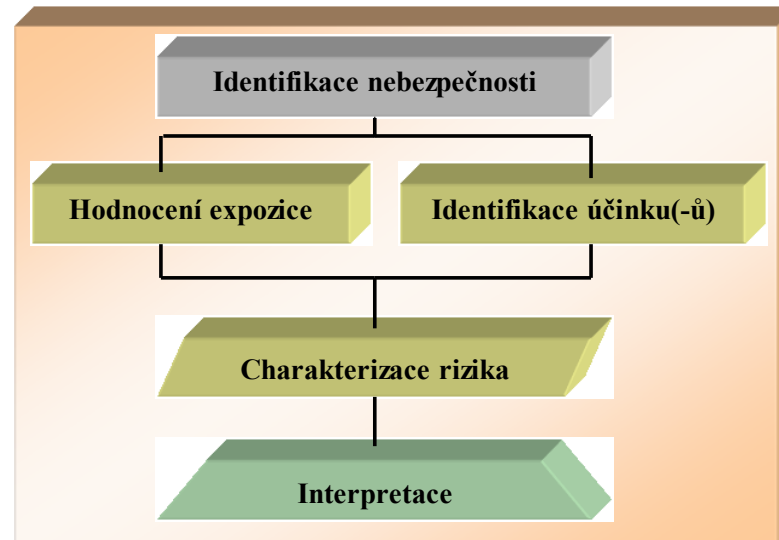
SETAC 2020: 1.10.1 Biomarker development
for neonicotinoid exposure in the soil
dwelling *Folsomia candida*

Terminologie

- biokoncentrace, bioakumulace, bioobohacování
- toxikokinetika vs. toxikodynamika
- ADME
- ...

Nebezpečnost versus riziko

- Riziko = pravděpodobnost, že za dané situace dojde ke škodlivému (negativnímu) působení na hodnocený systém



Systemový přístup

- systém = soubor pravidelně na sebe působících a vzájemně na sobě závislých složek, které tvoří jeden celek
- celek je víc než součet částí
- stupňovité (hierarchické) uspořádání
- celek i jeho části se vzájemně ovlivňují
- systém má vstup a výstup a s okolím si vyměňuje energii, hmotu, informace

Ekosystém

- Ucelený soubor organismů (**biocenoza**) a jejich prostředí (**ekotop**) – prostředí je zpravidla primární a určující.
- Tvoří základní **strukturně funkční jednotku** krajiny i celé biosféry
- Je prostorový útvar, v němž biotické (živé) a abiotické (neživé) složky jsou vzájemně propojené rozmanitými **vztahy**
- **Terestrický (suchozemský)** - louky, lesy, pole, půda
- **Akvatický (vodní)** - mořský - sladkovodní - řeky, rybníky, podzemní vody, močály

Studium ekosystémů je multidisciplinární

Vědy studující biotické složky ŽP:

- ekologie, biologie (hydrobiologie, taxonomie ...), atd...

Vědy o abiotických složkách:

- meteorologie, geologie, hydrologie, geografie atd...

Vliv člověka, antropogenní zásahy:

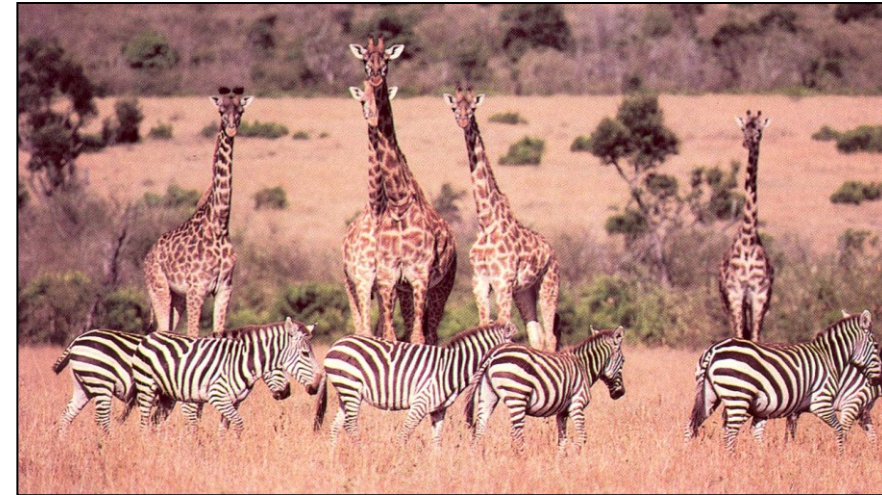
- environmentální chemie (CHŽP), ekotoxikologie, technologie, remediace atd...

Hlavní pojmy

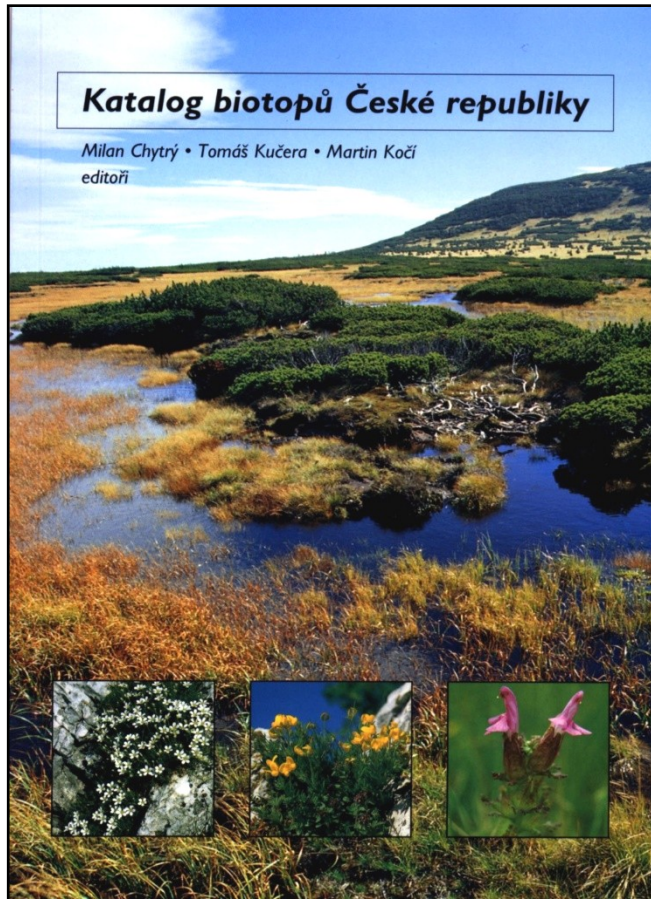
- ekologická nika
- symbioza, kooperace, kompetice, predace, parazitismus
- pozitivní zpětná vazba
- negativní zpětná vazba
- strukturní versus funkční parametry
- biodiverzita
- bioindikátor, biomonitoring
- sukcese, klimax

Ekosystémy - biomy

- tundra
- tajga
- opadavé listnaté lesy
- vždyzelený subtropický a tropický les
- step
- savana
- tropický deštný prales
- poušť



Ekosystémy - biotopy



formační skupiny

L Lesy

- V Vodní toky a nádrže
- M Mokřady a pobřežní vegetace
- R Prameniště a rašeliniště
- S Skály, sutě a jeskyně
- A Alpínské bezlesí
- T Sekundární trávníky a vřesoviště
- K Křoviny
- L Lesy
- X Biotopy silně ovlivněné člověkem

základní jednotky

L5 Bučiny

podjednotky

L5.4 Acidofilní bučiny

Vztahy v ekosystémech

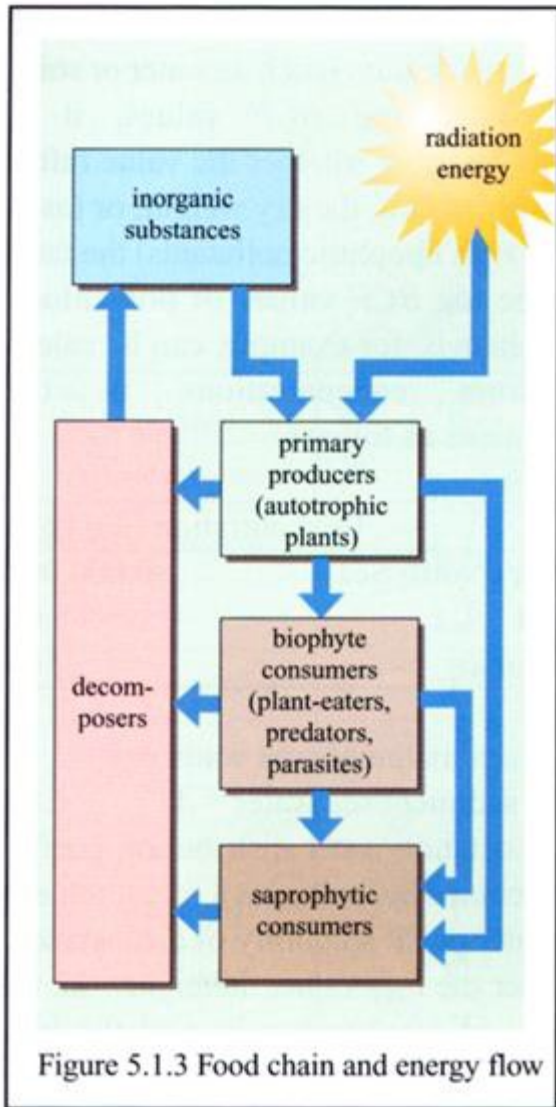


Figure 5.1.3 Food chain and energy flow

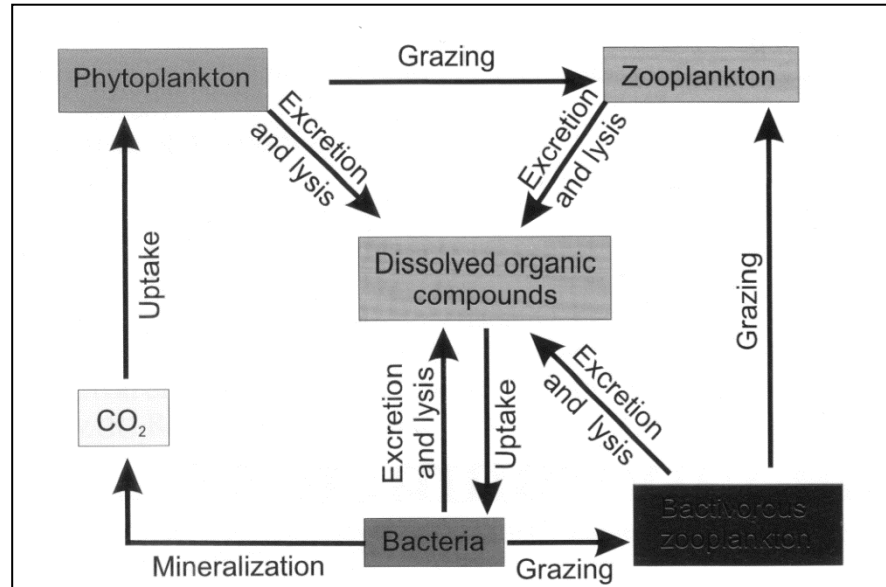
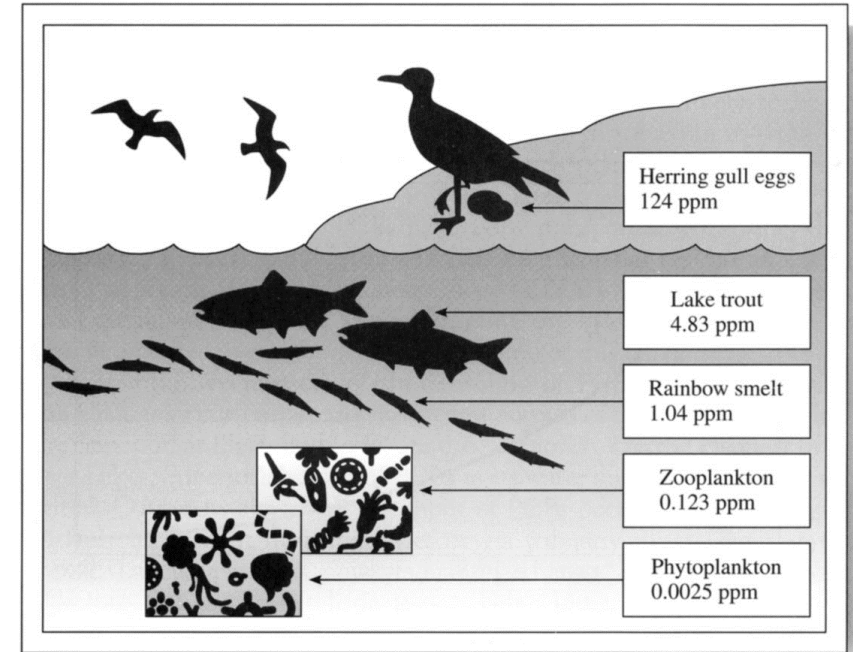


FIGURE 6.1 The microbial loop in the planktonic food web. The microbial loop represents a pathway in which the dissolved organic products are efficiently utilized. The role of bacterioplankton is to mineralize important nutrients contained within organic compounds and to convert a portion of the dissolved carbon into biomass. Grazing by bacterivorous protozoans provides a link to higher trophic levels. (Modified from Fuhrman, 1992.)

Figure 6-7 The bioaccumulation and biomagnification of PCBs in the Great Lakes aquatic food chain. (Source: *The State of Canada's Environment*. 1991. Ottawa: Government of Canada.)



SCIENTIFIC REPORTS

nature research



Preying on seals pushes killer whales from Norway above pollution effects thresholds

Clare Andvik¹, Eve Jourdain², Anders Ruus^{3,4}, Jan L. Lyche⁴, Richard Karoliussen² & Katrine Borgå^{1,2}

<https://www.facebook.com/watch/?v=305237224163999>

Toky látek a energií

- vstupy: sluneční záření, oxid uhličitý, voda, živiny
- výstupy: vyzařování (teplo), vymýváním látek z půdy, povrchový odtok, větrná eroze, vystěhování organismů, sklizeň biomasy

Přímé a nepřímé účinky

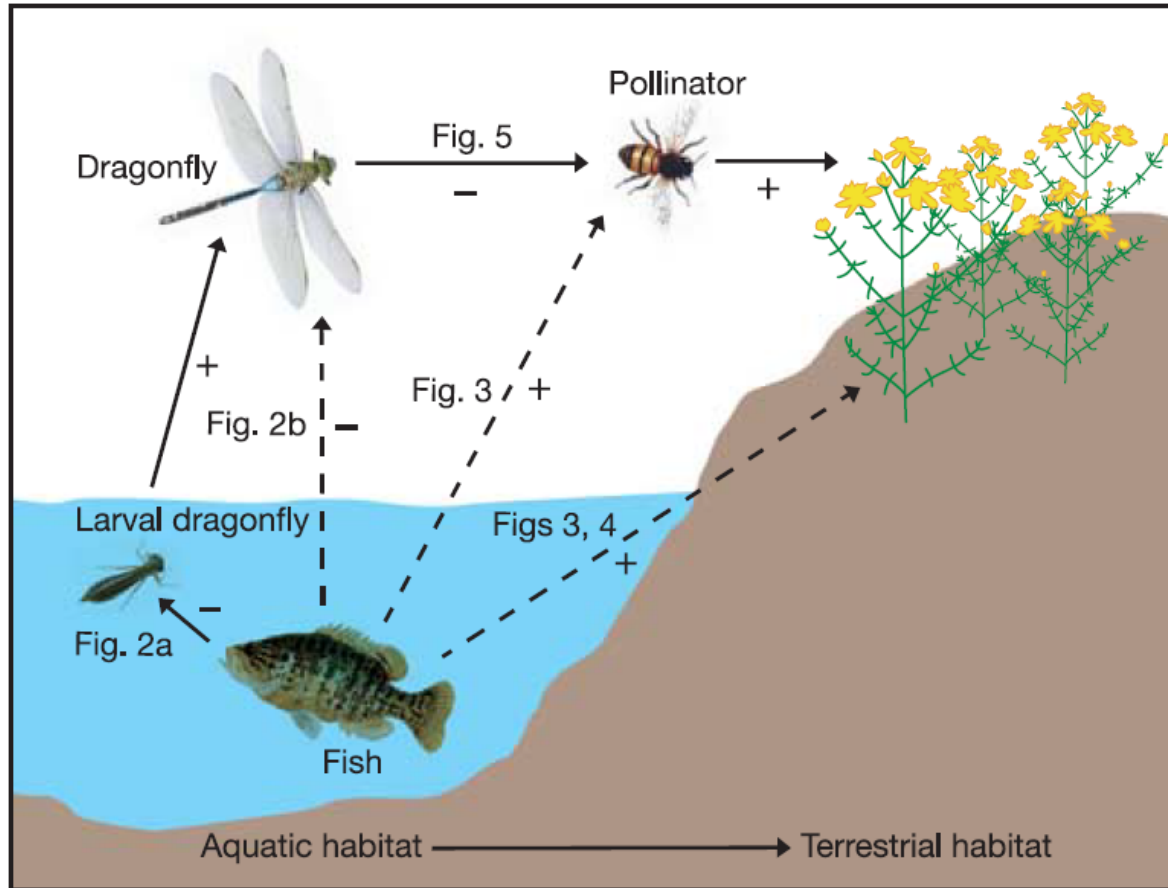
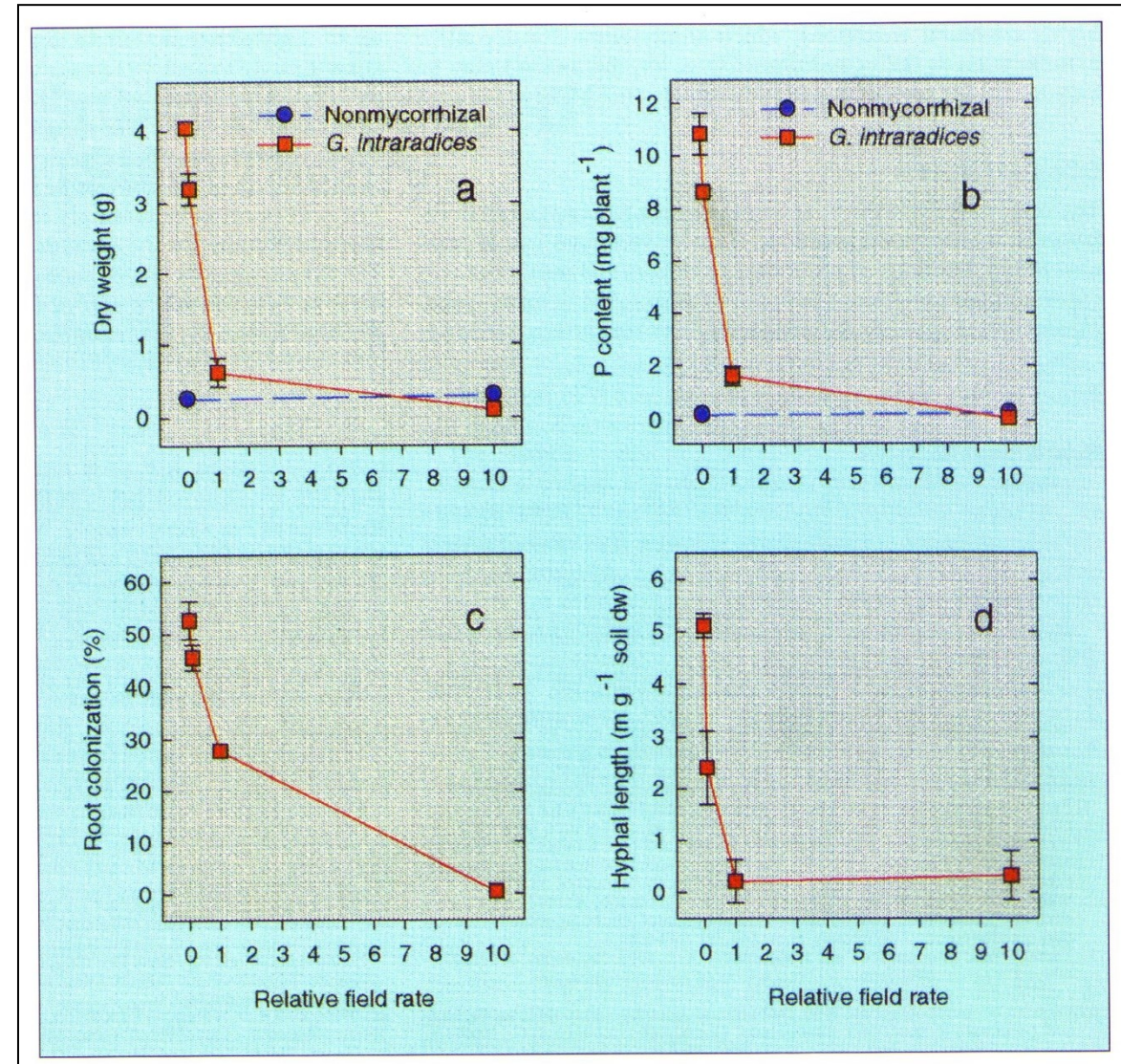


Figure 1 | Interaction web showing the pathway by which fish facilitate plant reproduction. Solid arrows indicate direct interactions; dashed arrows denote indirect interactions. The sign refers to the expected direction of the direct or indirect effect (see the text). Figure numbers indicate which figure presents data supporting each of the predicted effects. (Figure created by S. White and C. Stierwalt.)

Přímé a nepřímé účinky

Sušina rostlin (A), celkový obsah fosfátů (B), kolonizace kořenů (C) a délky hyf (D) u AM symbiozy ošetřené 0, 0.1, 1.0, 10.0 μg carbendazimu na gram půdy.



Resilience a resistance

Resilience

- schopnost obnovit své vlastnosti po nějaké změně / narušení

Resistance

- schopnost odolávat vůči působícímu stresu
- při definování je třeba definovat vůči čemu, vůči jakému druhu stresu – není žádná obecná resilience/resistence

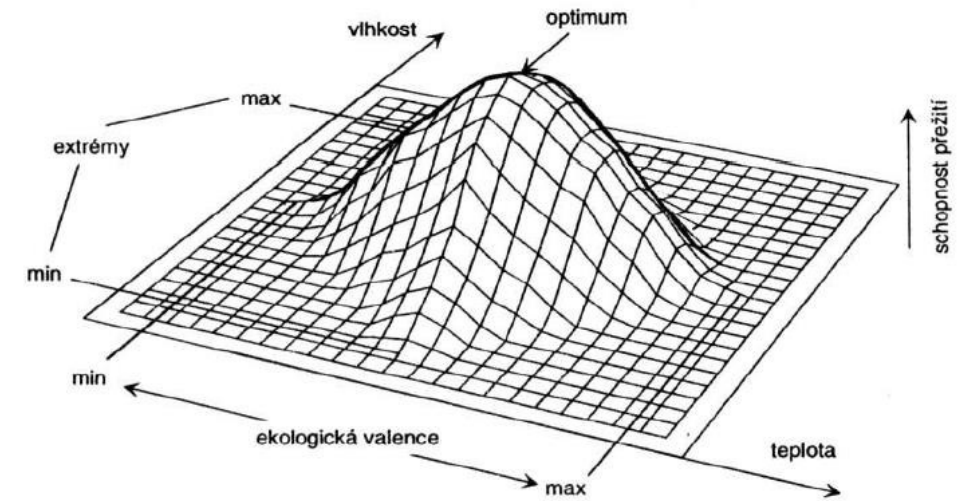
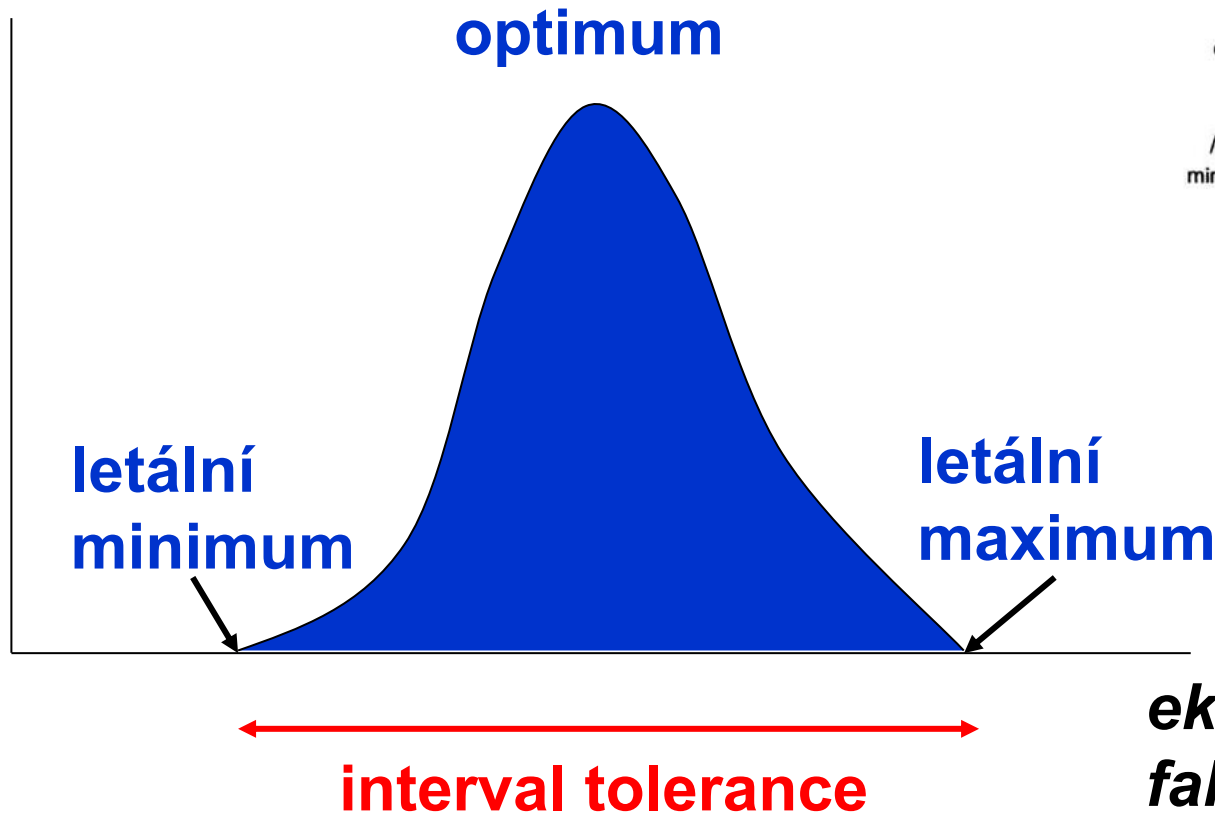
Ekologické principy

- zákon minima
- zákon tolerance
- + biogeografická pravidla

Zákon tolerance

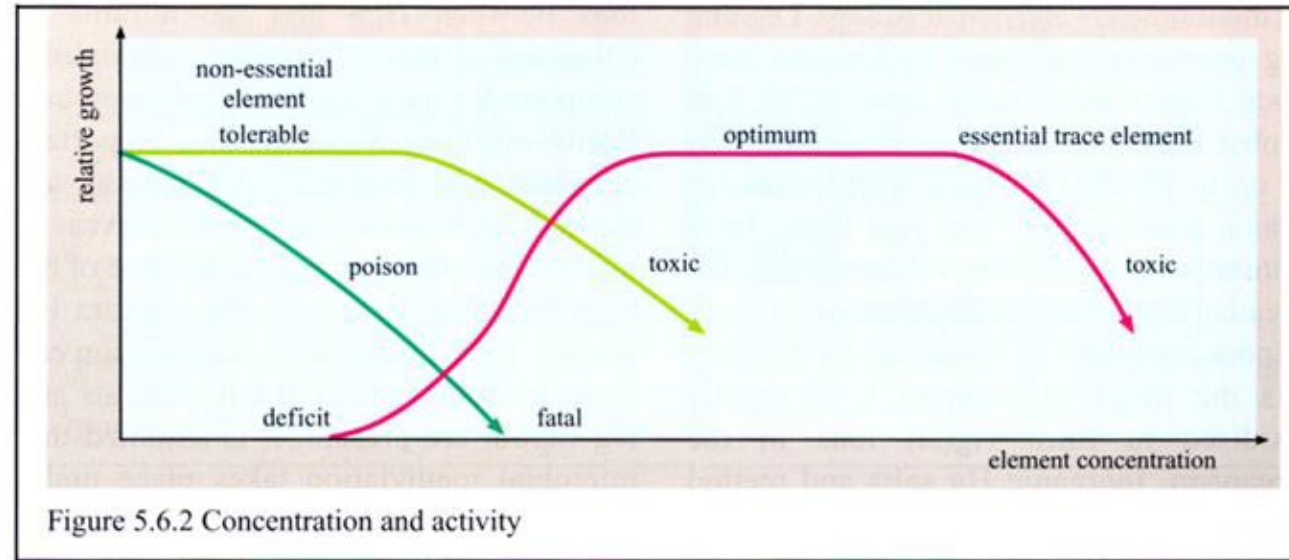
Ekologická nika - schéma

*prosperita
systému*



*ekologický
faktor*

Zákon tolerance



Příklad:

- Na, K, Mg, Ca, (Cr), V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo a W – mají v buňkách nějakou roli
- ve stopových množstvích jsou nezbytné (= **esenciální**) pro růst a metabolismus, ale ve vyšších koncentracích mohou mít na organismy inhibiční účinek a ve vysokých koncentracích se mohou stát toxickými
- toxické kovy (\neq **ne-esenciální**) = nemají žádnou známou biologickou funkci - Ag, Cd, Sn, Au, Hg, Tl, Pb, Al, Be, Li a polokovy Ge, As, Sb, Se

Zákon tolerance

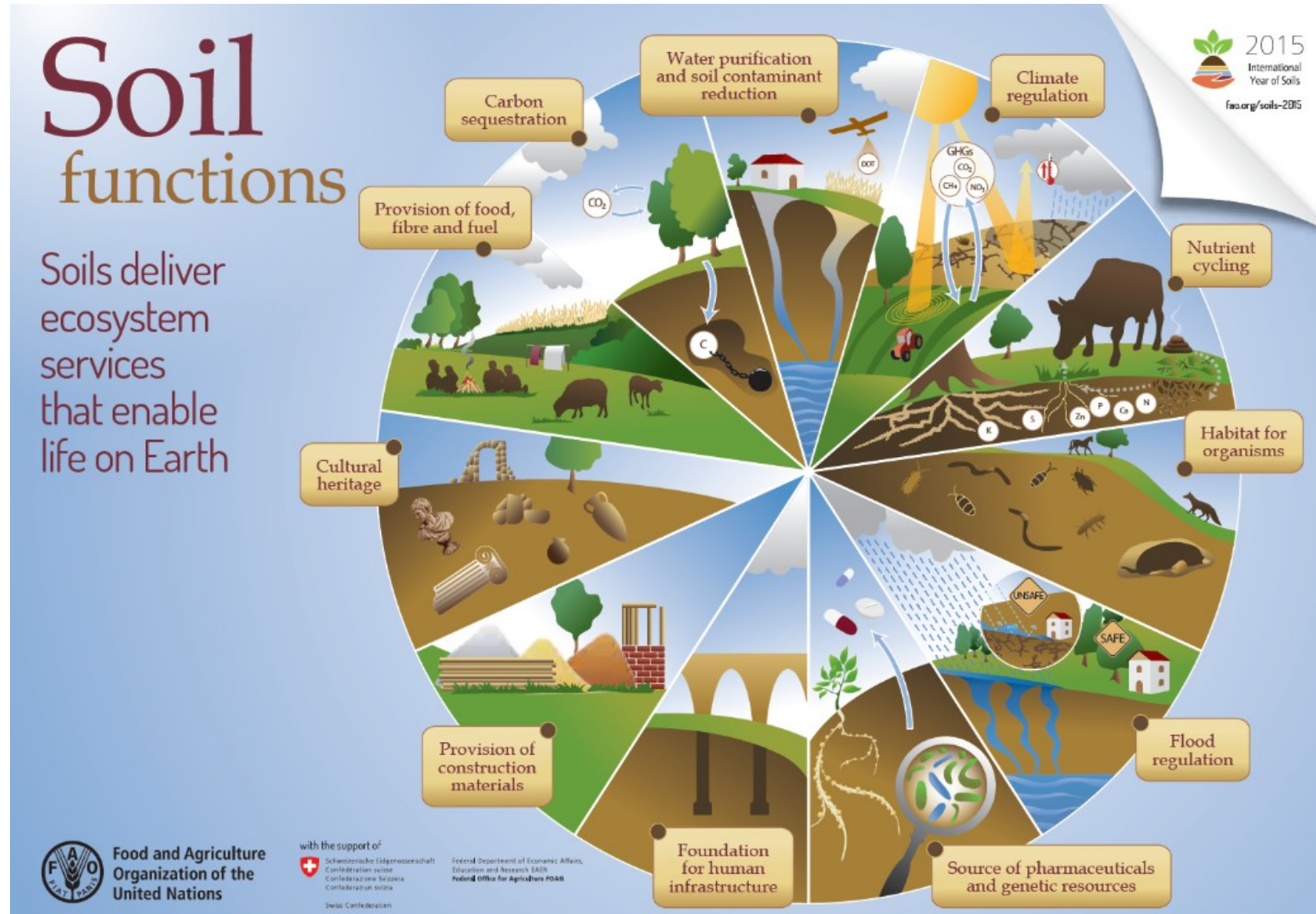
V intervalu tolerance se mezi sebou liší:

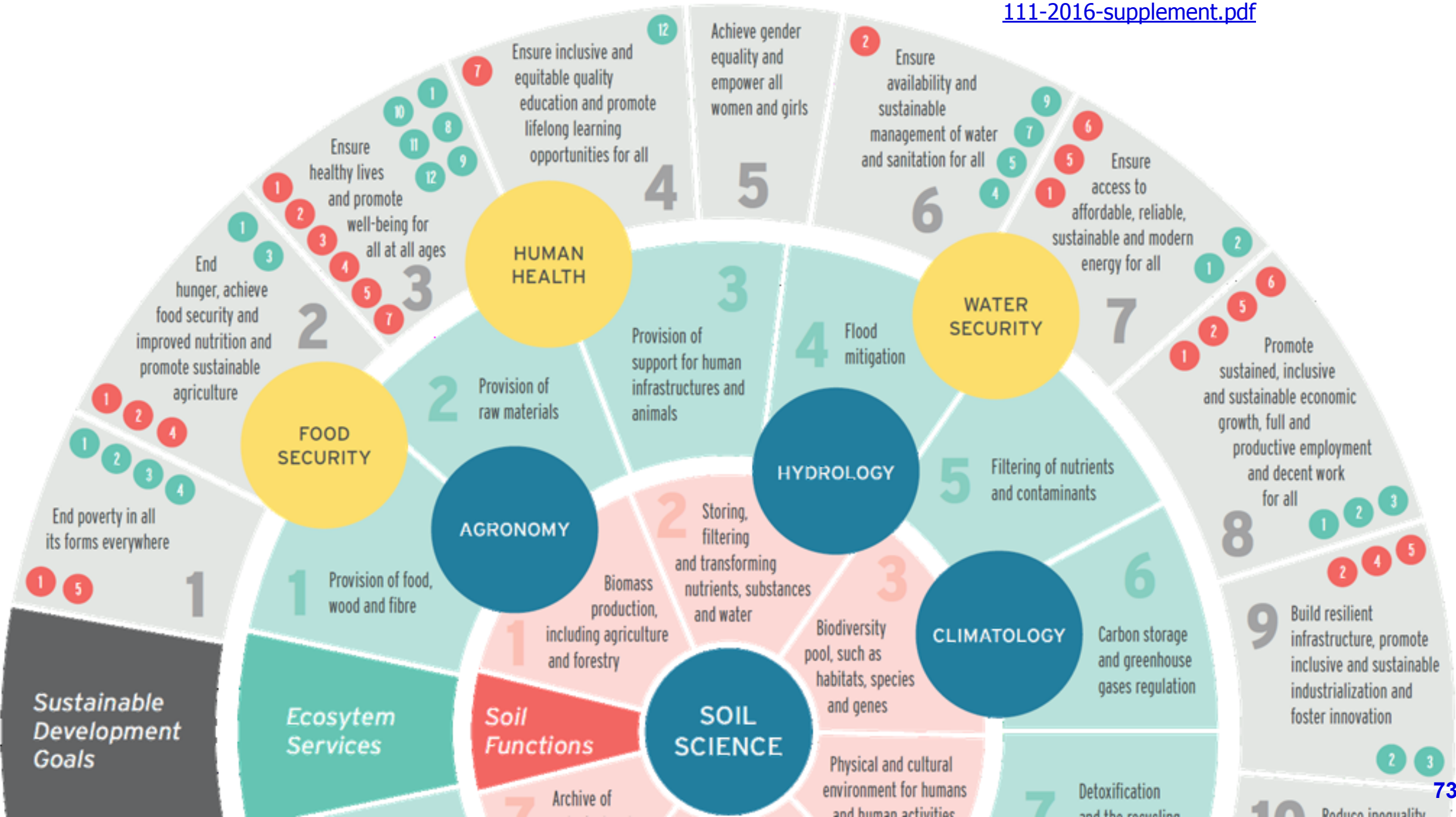
- jednotlivé druhy organismů
- jednotliví jedinci uvnitř populace druhu
- jednotlivá období v životě jedince

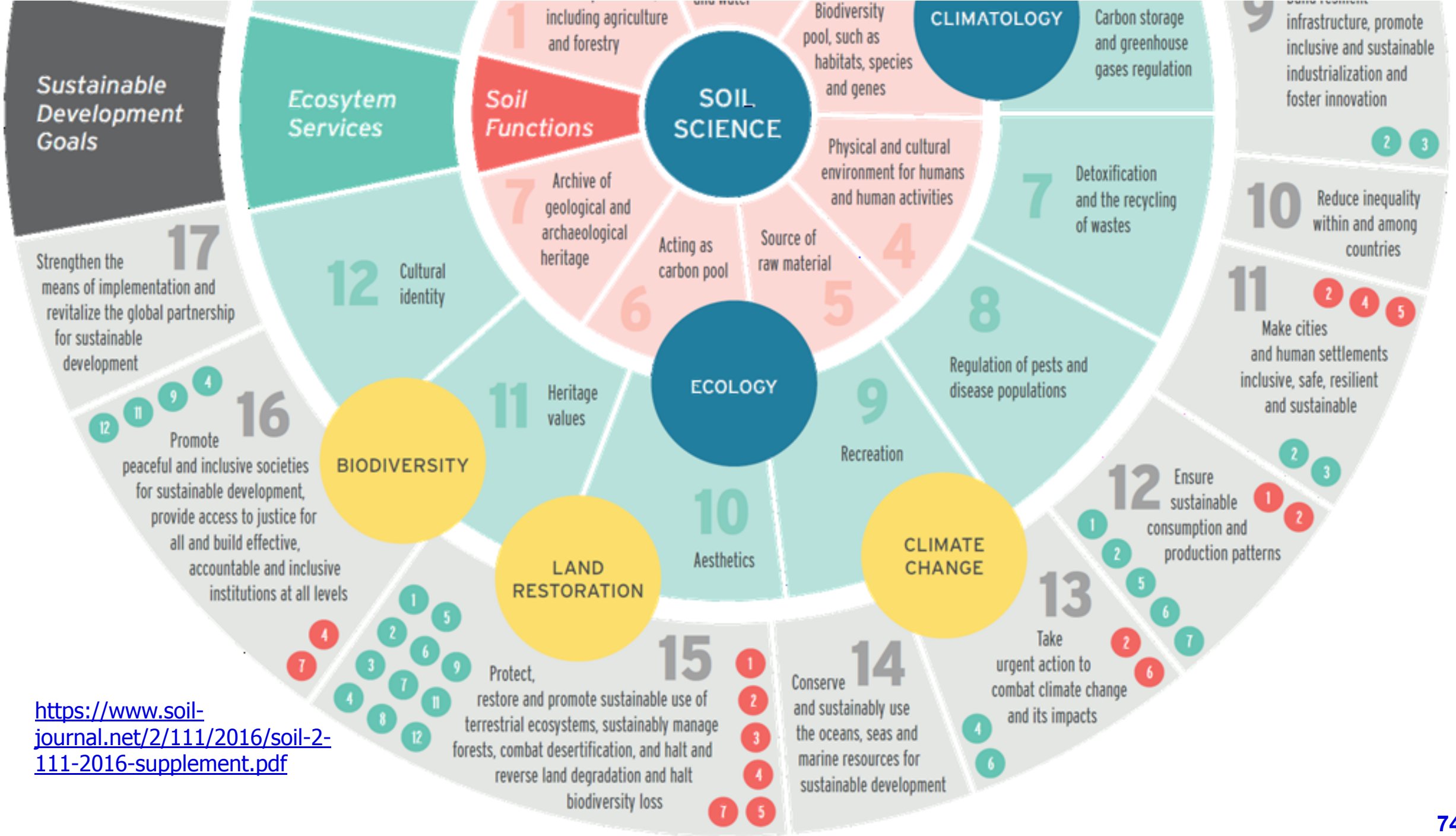
Ekosystémové služby

<http://www.fao.org/soils-2015/en>

- dopady na člověka
- holistický přístup
- příklad - půda



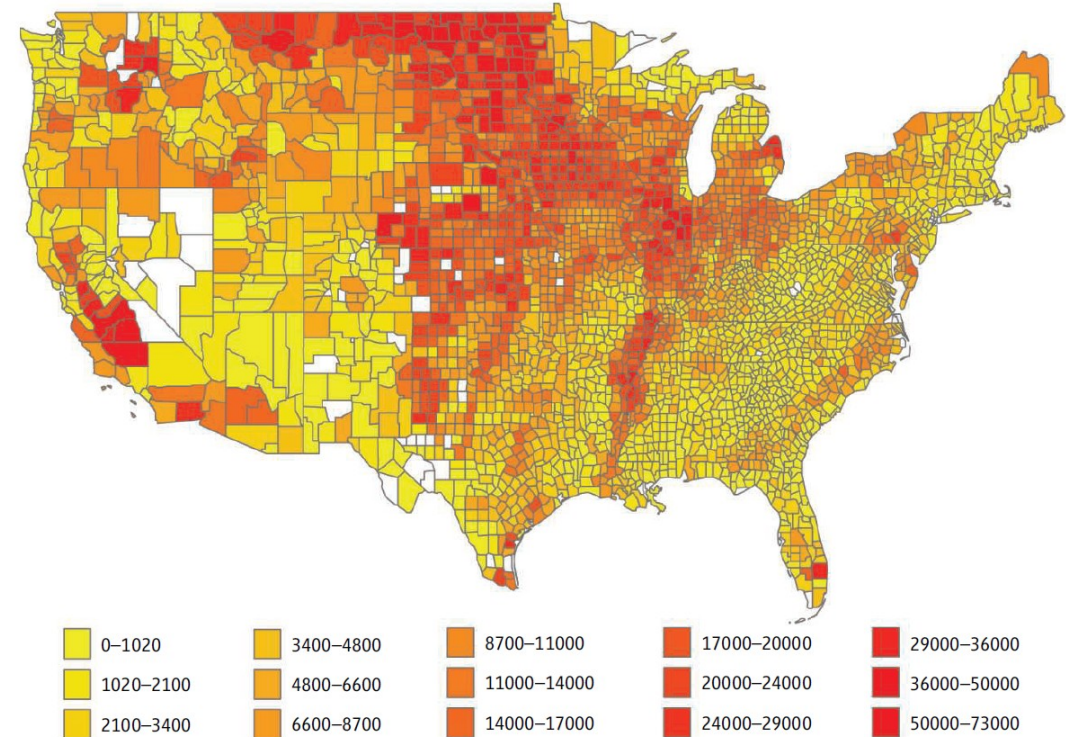




<https://www.soil-journal.net/2/111/2016/soil-2-111-2016-supplement.pdf>

Ekosystémové služby

- v ekosystémech je všechno propojeno
- příklad netopýři: Insectivorous bat populations, adversely impacted by white-nose syndrome and wind turbines, may be worth billions of dollars to North American agriculture



The worth of insectivorous bats. Estimated annual value of insectivorous bats in the agricultural industry at the county level. Values ($\times \$1000$ per county) assume bats have an avoided-cost value of $\sim \$74/\text{acre}$ of cropland (12). (See SOM for details.)

Boyles et al. (2011)

Literatura

Yokoyama H. (2018): Lecture on Methylmercury Poisoning in Minamata (MPM). In: Mercury Pollution in Minamata. SpringerBriefs in Environmental Science. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7392-2_2

Hvězdová, M., Kosubová, P., Košíková, M., Scherr, K.E., Šimek, Z., Brodský, L., Šudoma, M., Škulcová, L., Sářka, M., Svobodová, M., Krkošková, L., Vašíčková, J., Neuwirthová, N., Bielská, L., Hofman, J. (2018): Currently and recently used pesticides in Central European arable soils. Science of The Total Environment 613-614: 361-370. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.049>

Vašíčková J., Hvězdová M., Kosubová P., Hofman J. (2019): Ecological risk assessment of pesticide residues in arable soils of the Czech Republic. Chemosphere 216, 479-487. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.158>

Kodeš V. (2017): Pesticidy v podzemních vodách ČR. Podzemní vody ve vodárenské praxi, Jablonné nad Orlicí, 29.-30.3.2017

Kodeš V. (2017): Výskyt a chování pesticidů v podzemních vodách ČR. 22. konference Ústředí monitoringu, Milovy, 11.10.2017

Anděl P. (2011): Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring. Evernia. ISBN 9788090378797.

Rockström et al. (2009): A safe operating space for humanity. Nature 461, 472.

Pérez A.P., Rodríguez Eugenio N. (2018): Status of local soil contamination in Europe: Revision of the indicator “Progress in the management Contaminated Sites in Europe, EUR 29124 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-80072-6.

Moe S.J., De Schamphelaere K., Clements W.H., Sorensen M.T., Van den Brink P.J., Liess M. (2013): Combined and interactive effects of global climate change and toxicants on populations and communities. Environ Toxicol Chem 32: 49–61. doi:10.1002/etc.2045

Knight T., McCoy M., Chase J. et al. (2005): Trophic cascades across ecosystems. Nature 437: 880–883. <https://doi.org/10.1038/nature03962>

Boyles J.G. et al. (2011): Economic Importance of Bats in Agriculture. Science 332: 41-42. DOI:10.1126/science.1201366