



Geologický ústav AV ČR, v. v. i.

Badatelské centrum střední velikosti, jehož hlavním cílem je získávat, interpretovat a integrovat znalost zemského systému.



Biogeochemie rtuti v životním prostředí

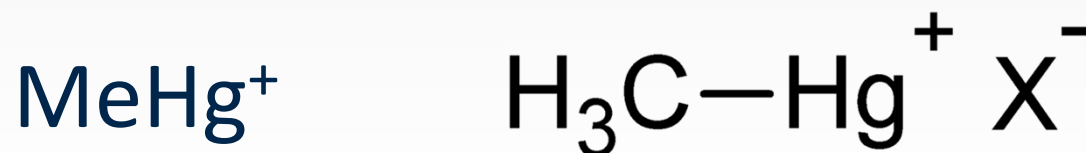
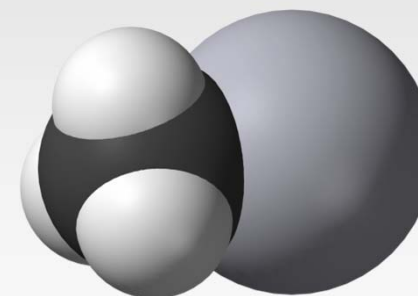
Tomáš Navrátil

Rtuť

☒ toxický prvek

☒ formy rtuti

- elementární Hg (kovová) Hg^0
- anorganické sloučeniny Hg resp. Hg soli
rtuťnaté (HgS , HgO , HgCl_2)
- organické sloučeniny Hg (MeHg) ?



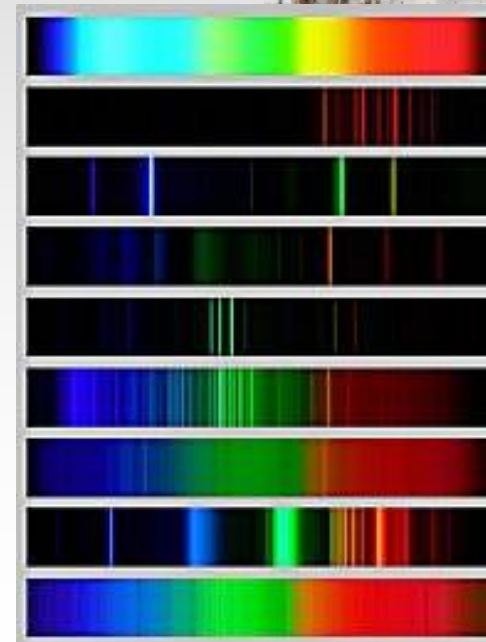
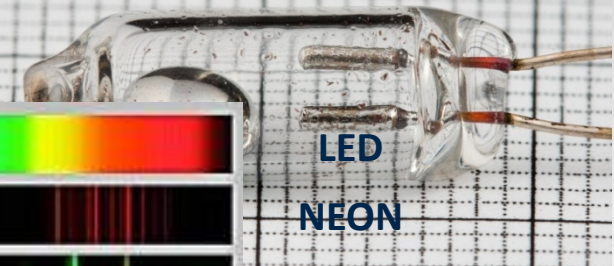
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
III	VIII	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
nekovy alkalické kovy alkalické zemní kovy vzácné plyny halogeny metaloidy přechodné kovy jiné kovy vzácné zemní prvky									Helium 2 He 4,002602(2)
Bor 5 B 10,811(7)	Uhlík 6 C 12,0107(8)	Dusík 7 N 14,0064(7)	Kyslík 8 O 15,9994(3)	Fluor 9 F 18,9984032(3)	Neon 10 Ne 20,1797(6)				
Hliník 13 Al 26,981538(2)	Křemík 14 Si 28,0855(3)	Fosfor 15 P 30,973761(2)	Síra 16 S 32,066(6)	Chlor 17 Cl 35,4527(8)	Argon 18 Ar 39,948(1)				
Železo 26 Fe 55,845(2)	Nikl 28 Ni 58,6934(2)	Měď 29 Cu 63,546(3)	Zinek 30 Zn 65,38(2)	Gallium 31 Ga 69,723(1)	Germanium 32 Ge 72,61(2)	Arsen 33 As 74,92160(2)	Selen 34 Se 78,96(3)	Brom 35 Br 79,904(1)	Krypton 36 Kr 83,80(1)
Stříbro 47 Ag 107,8682(2)	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Stříbro 47 Ag 107,8682(2)	Kadmium 48 Cd 112,411(8)	Indium 49 In 114,818(3)	Cín 50 Sn 118,710(7)	Antimon 51 Sb 121,760(1)	Tellur 52 Te 127,60(3)	Jod 53 I 126,90447(3)	Xenon 54 Xe 131,29(2)
Hlutina 80 Hg 200,59(2)	Platina 78 Pt 195,078(2)	Zlato 79 Au 196,96655(2)	Rtuť 80 Hg 200,59(2)	Thalium 81 Tl 204,3833(2)	Olovo 82 Pb 207,2(1)	Bismut 83 Bi 208,98038(2)	Polonium 84 Po (208,9824)	Astat 85 At (208,9871)	Radon 86 Rn (222,0176)
Ununnilium 110 Uun (269)	Ununnilium 111 Uun (272)	Ununnilium 111 Uun (272)	Ununnilium 111 Uun (277)	Ununnilium 111 Uun (277)	Ununnilium 111 Uun (277)	Ununnilium 111 Uun (277)	Ununnilium 111 Uun (277)	Ununnilium 111 Uun (277)	Ununnilium 111 Uun (277)

Rtuť - specifika

- kapalný prvek (RT)
- vysoká hustota ($13,534 \text{ kg/m}^3$)
- ušlechtilý prvek
- vysoká tense par
- povrchové napětí, elektrická vodivost
- spektroskopické chování
- lipofilní charakter



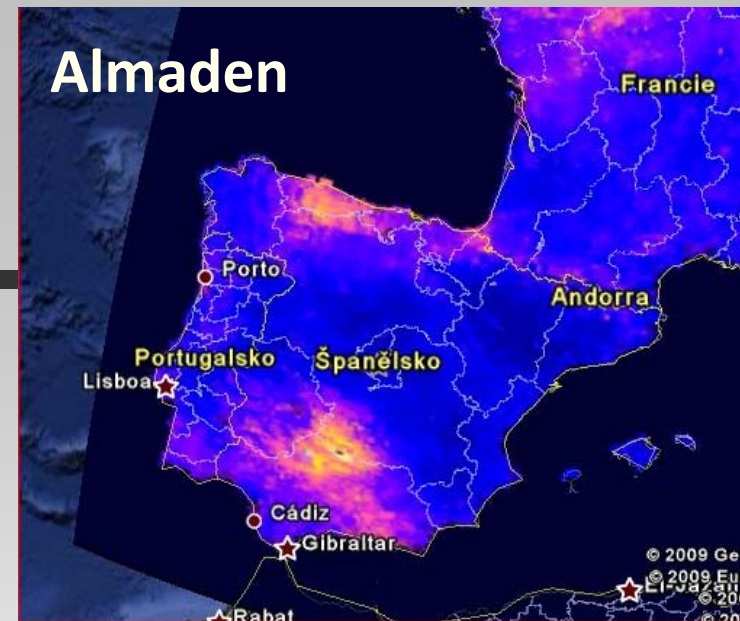
elektrody, spínače (důlní)



LED
NEON
Hg
Al
Cu
Fe
C
zářivka
slunce

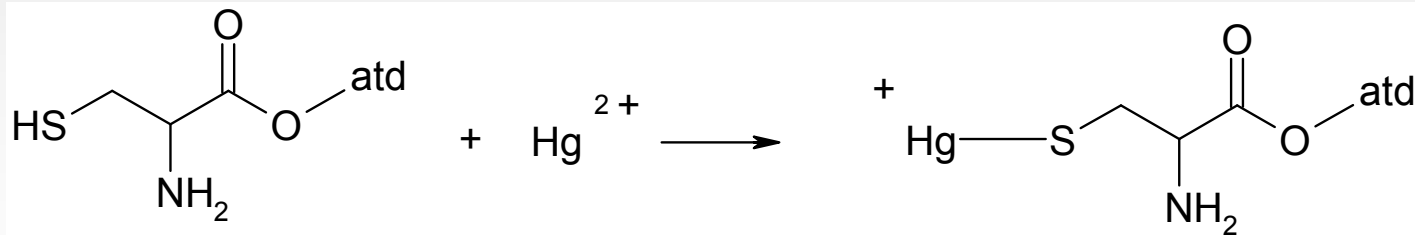
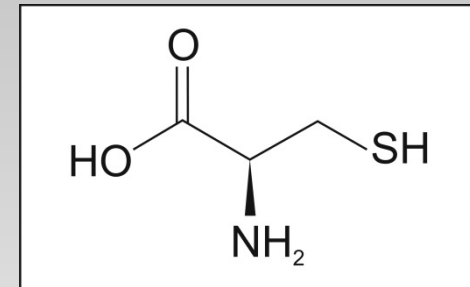
Rtuť - specifika

- kapalný prvek (RT)
 - vysoká hustota (13,534 kg/m³)
 - ušlechtilý prvek
 - vysoká tense par
 - povrchové napětí, elektrická vodivost
 - spektroskopické chování
 - lipofilní charakter
-
- Hg ve sloučeninách: oxidační číslo 2+
 - tvorba kovalentních vazeb
 - neochota k iontovým interakcím
 - vazby výhradně jednoduché
 - **Hg-S**→
 - nápadná ochota ke tvorbě **Hg-C** vazeb



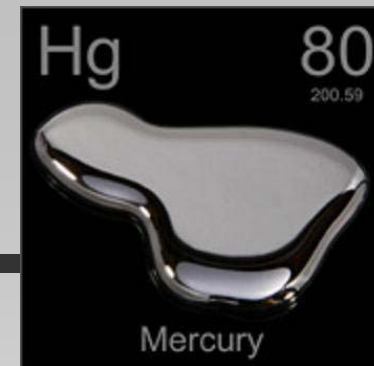
Proč jsou sloučeniny Hg tak toxické?

MERKAPTANY R-SH



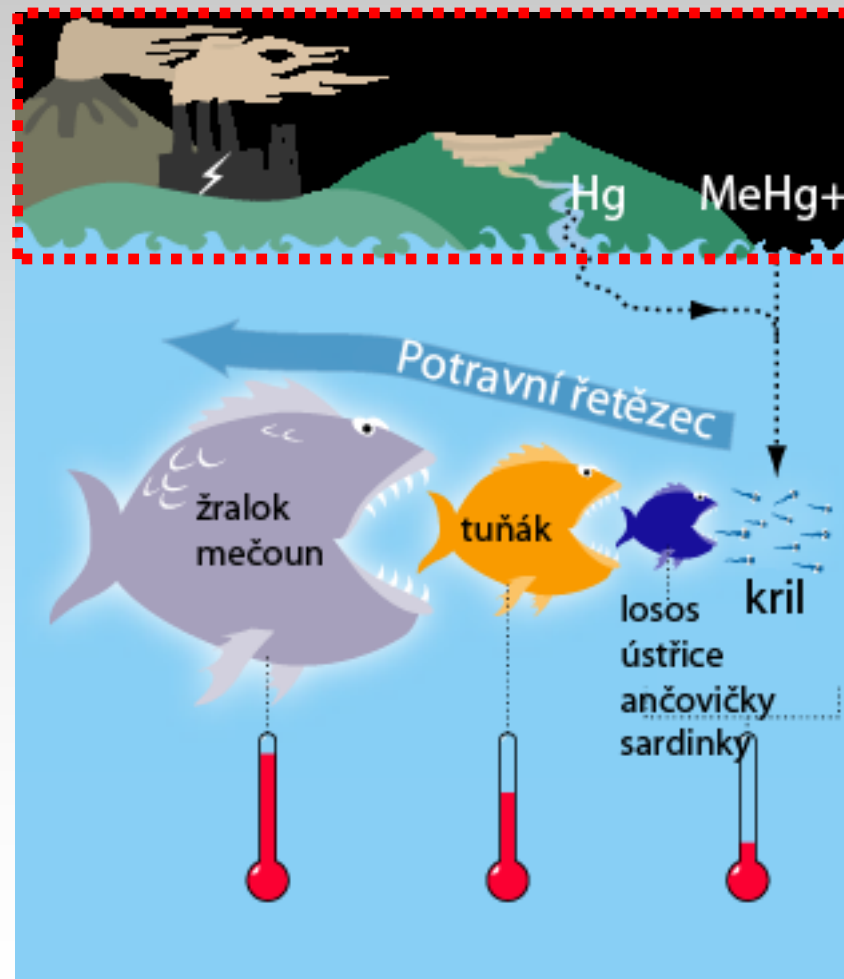
Narušení látkové výměny...

Rtuť - toxicita?



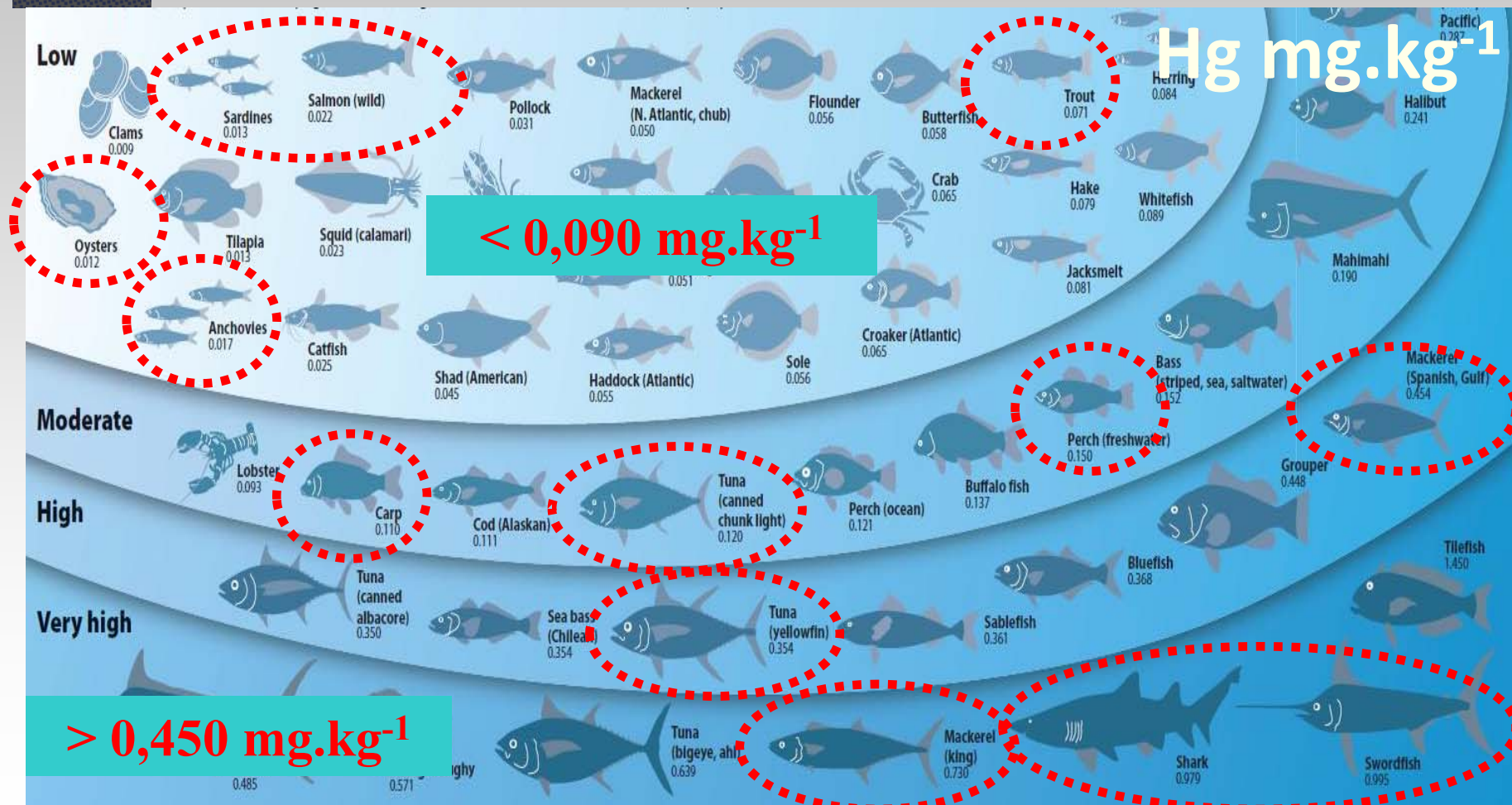
- ‡ zjevná toxicita Hg – **Minamata, Niigata** 50-60.léta 20. století; **Irák** 70.léta 20.století
- ‡ klinické studie na obyvatelstvu Nového Zélandu, Faerských ostrovů a Seychel (1997 a 1998)
- ‡ v USA >90% expozice MeHg⁺ prostřednictvím konzumace mořských i sladkovodních ryb (2004 a 2007)
- ‡ **recentní výsledky - Hg (zejména MeHg⁺) může být toxická pro člověka či živočichy i na územích, kde kontaminace není zcela zjevná!**

Princip bioakumulace...



$MeHg^+$

Obsah Hg (MeHg) v rybím mase



Obsah THg a MeHg v rybím mase



0,039 – 0,384 mg.kg⁻¹
(z toho MeHg 82%)

Labe, Obříství

THg 0,263 ± 0,086 mg.kg⁻¹
MeHg 0,256 ± 0,084 mg.kg⁻¹

KRUŽÍKOVÁ et al.

MERCURY AND METHYLMERCURY CONCENTRATIONS IN MUSCLE TISSUE OF FISH CAUGHT IN MAJOR RIVERS OF THE CZECH REPUBLIC
Acta Veterinaria Brno 77, 2008



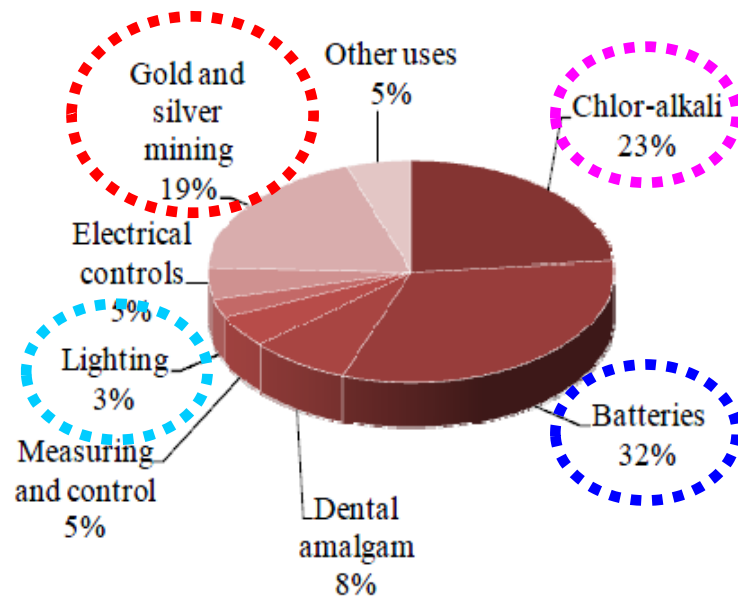
0,018 – 0,063 mg.kg⁻¹
(z toho MeHg 90-100%)

MARŠÁLEK et al.

THE CONTENT OF TOTAL MERCURY AND METHYLMERCURY IN COMMON CARP FROM SELECTED CZECH PONDS
Aquaculture International 15, 2007

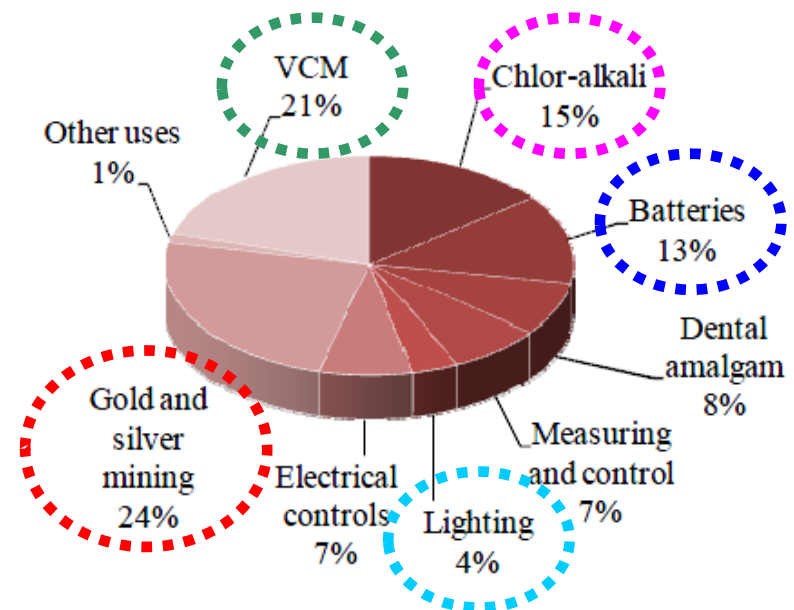
Použití rtuti podle oboru

2000



3386 t

2005



3415 t

Řemeslná těžba zlata



- # 10-20 milionů lidí, 12% světové produkce Au
- # 10 miliard dolarů/rok
- # emise tisíce tun Hg rok...

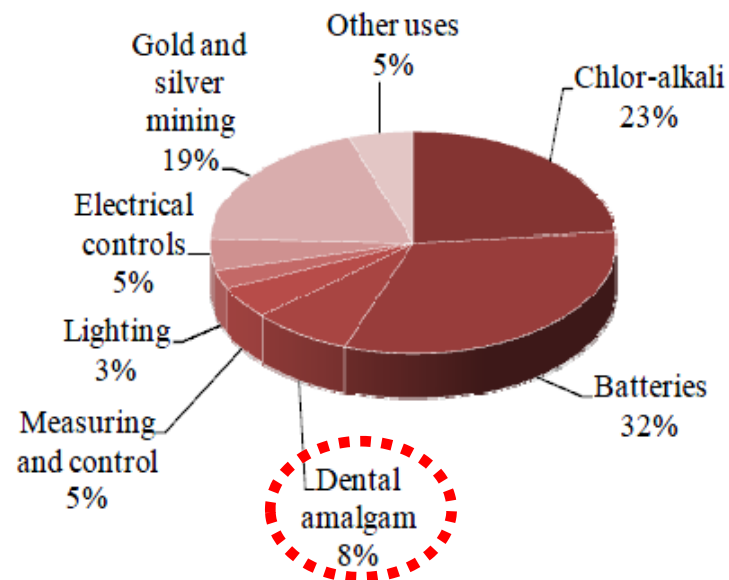


Řemeslná těžba zlata



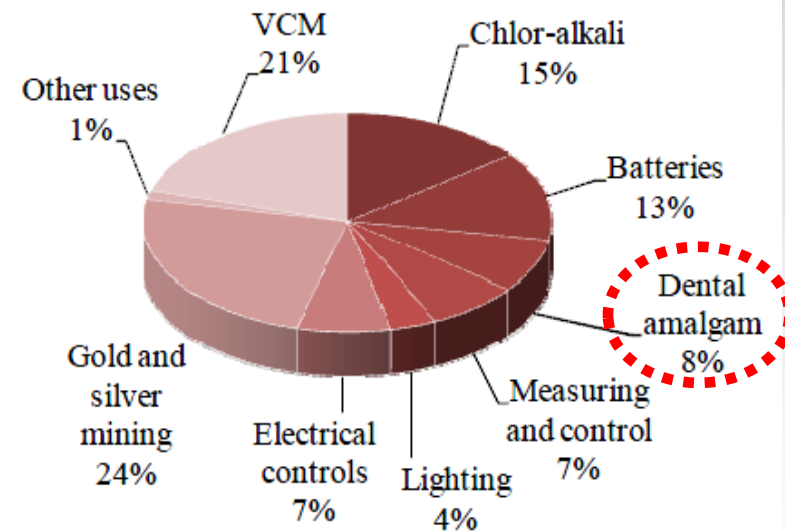
Použití rtuti podle oboru

2000



3386 t

2005



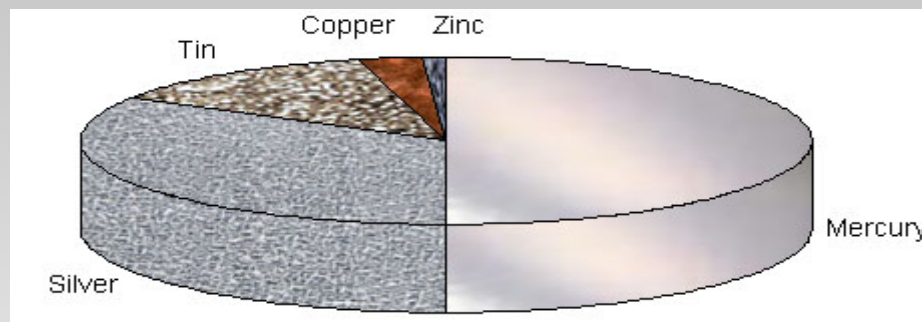
3415 t

Zubní amalgamy

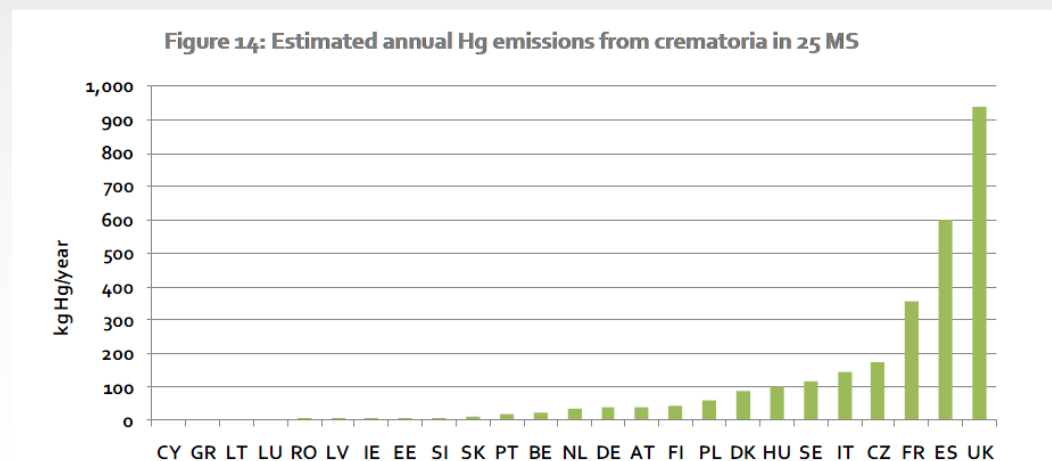
FOR IMMEDIATE RELEASE

Orthomolecular Medicine News Service, November 20, 2008

**Mercury Dental Amalgams Banned in 3 Countries
FDA, EPA, ADA Still Allow and Encourage Heavy-Metal Fillings**



- spotřeba Hg na zubní amalgámy v zemích EU 70 tun/rok (2002)
- v rámci ČR 5,8 tun/rok

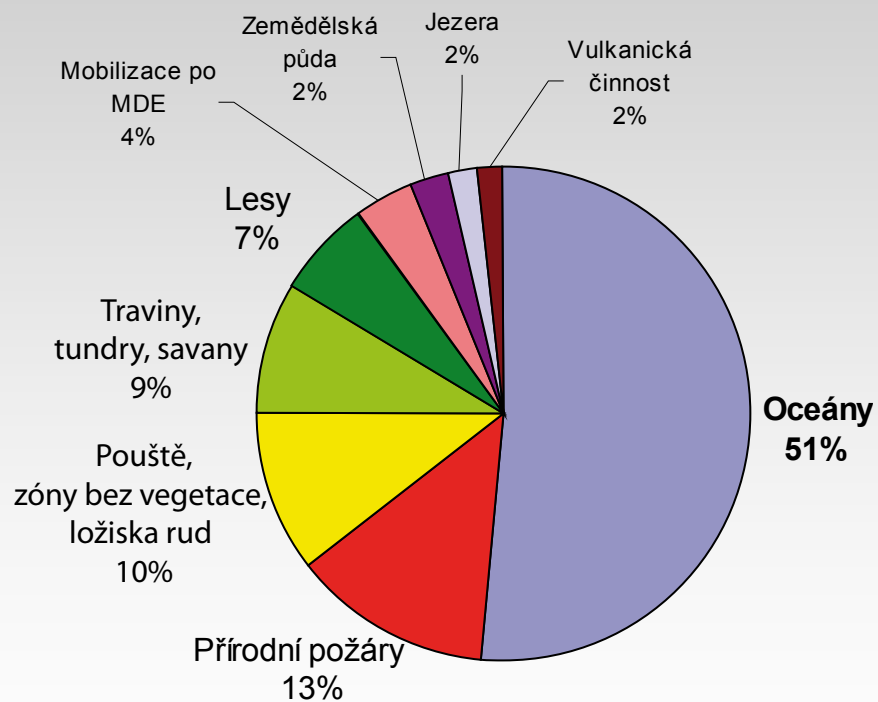


ZDROJ: <http://orthomolecular.org/resources/omns/v04n24.shtml>,

Study on the potential for reducing mercury pollution from dental amalgam and batteries, European commission DG ENV

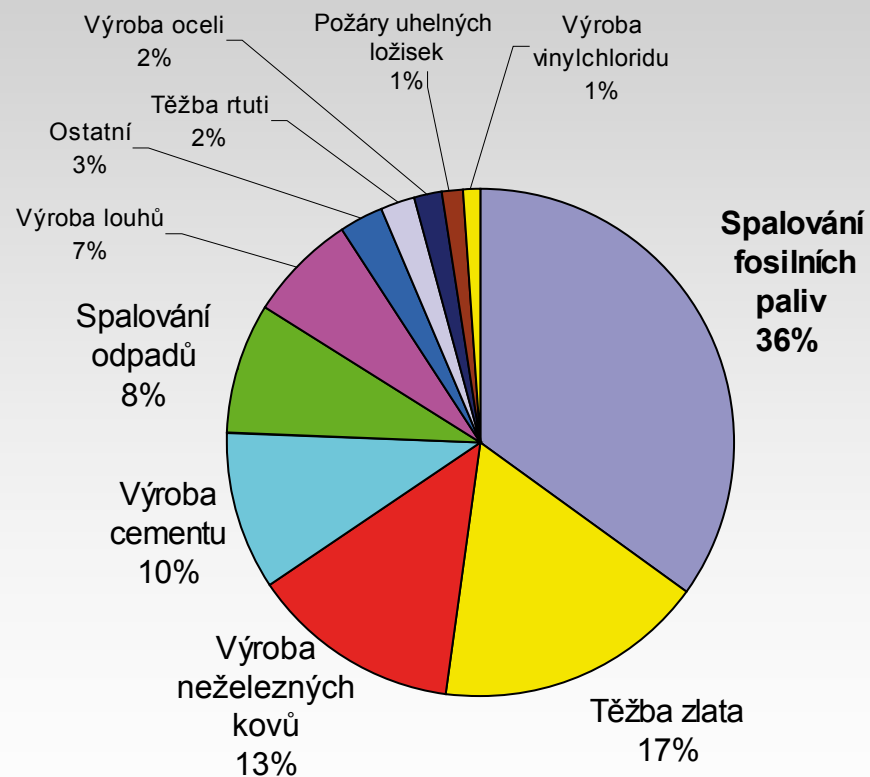
Zdroje emisí Hg pro životní prostředí

Přirozené



Suma: 5 207 t.rok⁻¹

Antropogenní



Suma: 2 320 t.rok⁻¹

Antropogenní emise Hg v EU

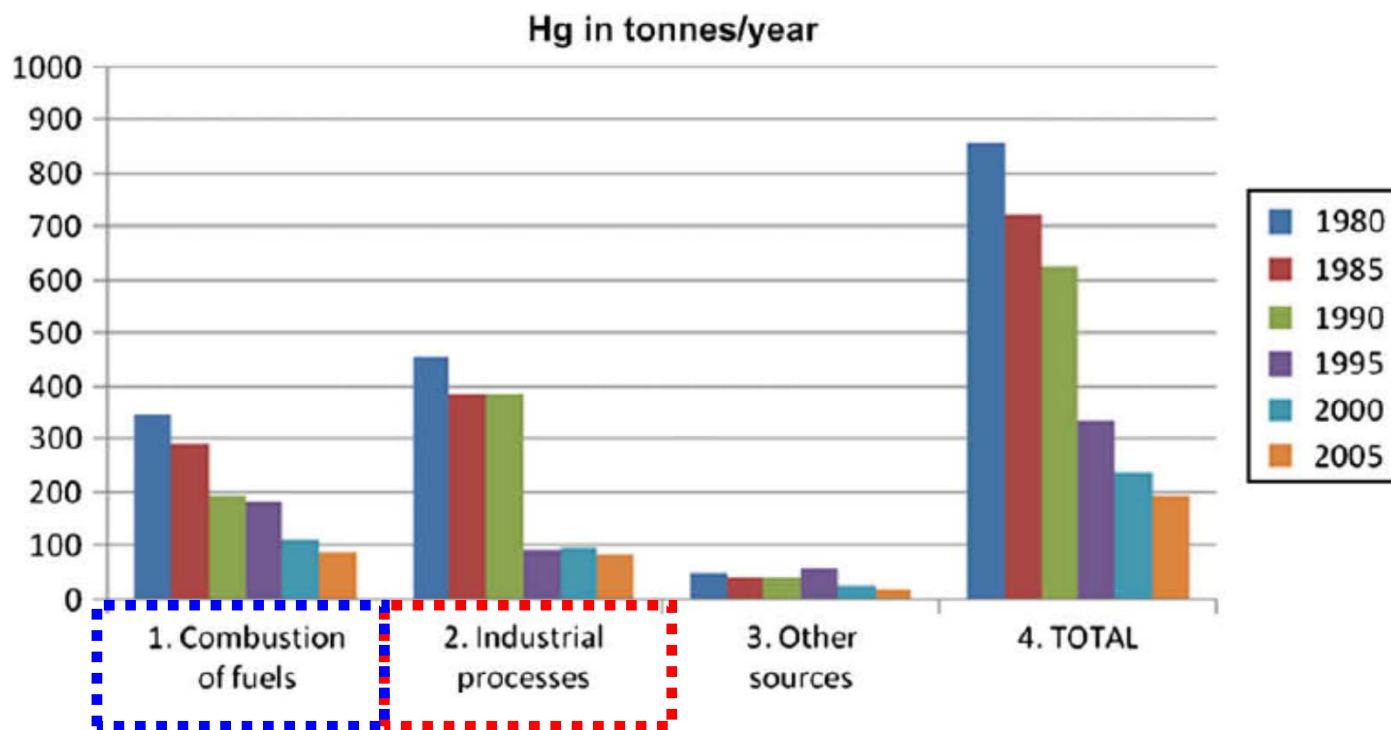
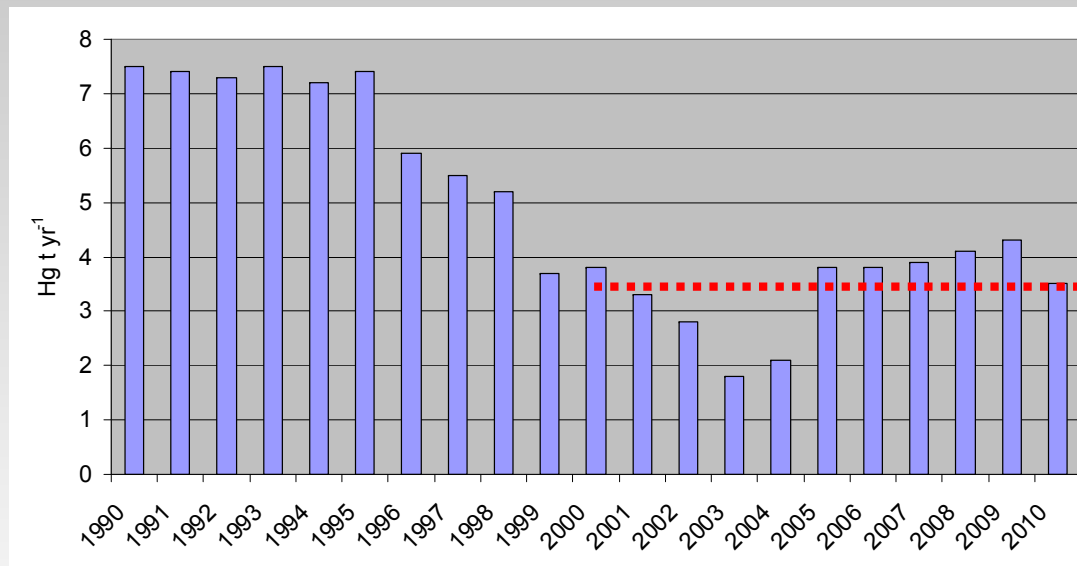


Fig. 1. Change of atmospheric emissions of Cd, Pb and Hg in Europe in the period from 1980 through 2005 (in $t\ year^{-1}$).

Čína+Indie - 850 t za rok!

Asie – 2400 t za rok!

Emise v ČR, data o kontaminaci ŽP?



ZDROJ: <http://www.emep.int/>, Ročenky životního prostředí ČR

• emise Hg za rok 2010

Elektrárna Ledvice	70 kg
Elektrárna Počerady	234 kg
Elektrárna Prunéřov I	44 kg
Elektrárna Prunéřov II	143 kg
Elektrárna Tušimice	22 kg
Elektrárna Tisová	52 kg

	Emise Hg (tun za rok)	2008
1	Russia	23.0
2	Turkey	22.0
3	Poland	16.0
4	Greece	13.0
5	Romania	12.0
6	Italy	11.0
7	Spain	7.8
8	Ukraine	6.8
9	UK	6.2
10	Serbia	5.4
11	Czech	4.1
12	Slovakia	4.1
13	France	4.0
14	Germany	3.8
...		
	Celkem, t/rok	165

ZDROJ: <http://www.emep.int/>

Emise Hg z SHP – modelový výpočet

V ČR bylo do konce roku 2010 vytěženo přes pět miliard tun hnědého uhlí

PRAHA / 14:00, 02. 02. 2012

Celkem bylo dosud v ČR do konce roku 2010 vytěženo 5,168 miliard tun hnědého uhlí, na sokolovskou hnědouhelnou pánev připadalo 1,119 mld. tun a severočeskou hnědouhelnou pánev 4,049 mld. tun. Vyplývá to ze studie Výzkumného ústavu hnědého uhlí (VÚHU) zveřejněné ve čtvrtek.

V roce 2010 představovala celková těžba v obou pánvích 43,899 milionu tun oproti 45,369 milionům tun v roce předchozím. Meziročně tak v tomto období poklesla celková těžba o 1,47 milionu tun, což je 3,24 procenta. Větší pokles zaznamenala těžba v severočeské hnědouhelné pánvi (SHP) celkem o 3,56 procenta - z 36,788 milionu tun v roce 2009 na 35,479 milionu tun v roce 2010. Pokles těžby v sokolovské hnědouhelné pánvi (SP) pak představoval 1,88 procenta - z 8,581 na 8,420 milionu tun.

Zdroj:

WWW.MEDIAFAX.CZ

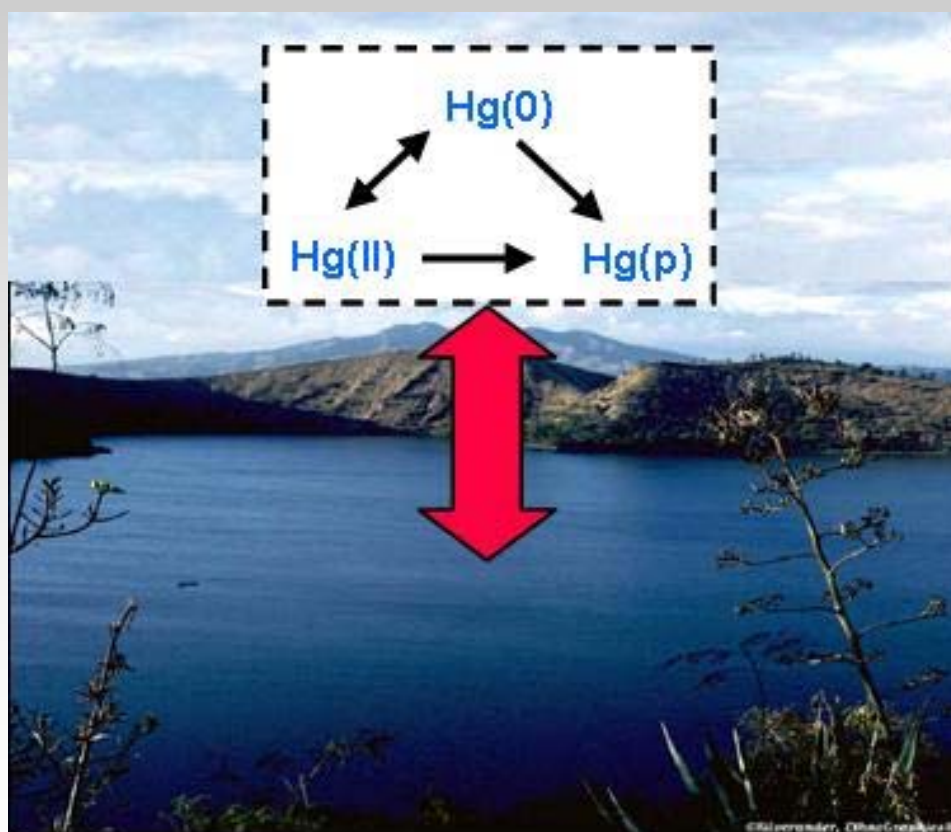


obsah Hg v uhlí SHP

- dle Doly Bílina a.s. 0,17-0,25 mg.kg⁻¹
 - dle měření GLÚ 0,17-0,19 mg.kg⁻¹
 - světový průměr (Bouška et al.) 0,13 mg.kg⁻¹
-
- 1 kg obsahuje 0,20 mg Hg
 - 1 tuna 200 mg Hg tj. 0,2 g Hg
 - 5 miliard tun 5 x 10⁹ x 0,2 g tj. 1 000 000 000 g Hg
tj. 1 000 t Hg
-
- emisní faktor pro Hg je 65-75%

- tzn. při emisním faktoru 70% a předpokladu, že všechno vytěžené uhlí bylo použito v tepelných elektrárnách – by emise Hg do atmosféry dosáhly **700 t Hg** za období od počátku těžby v SHP cca rok 1880 (počátek industrializace) do 2010

Rtuť v atmosféře, depozice



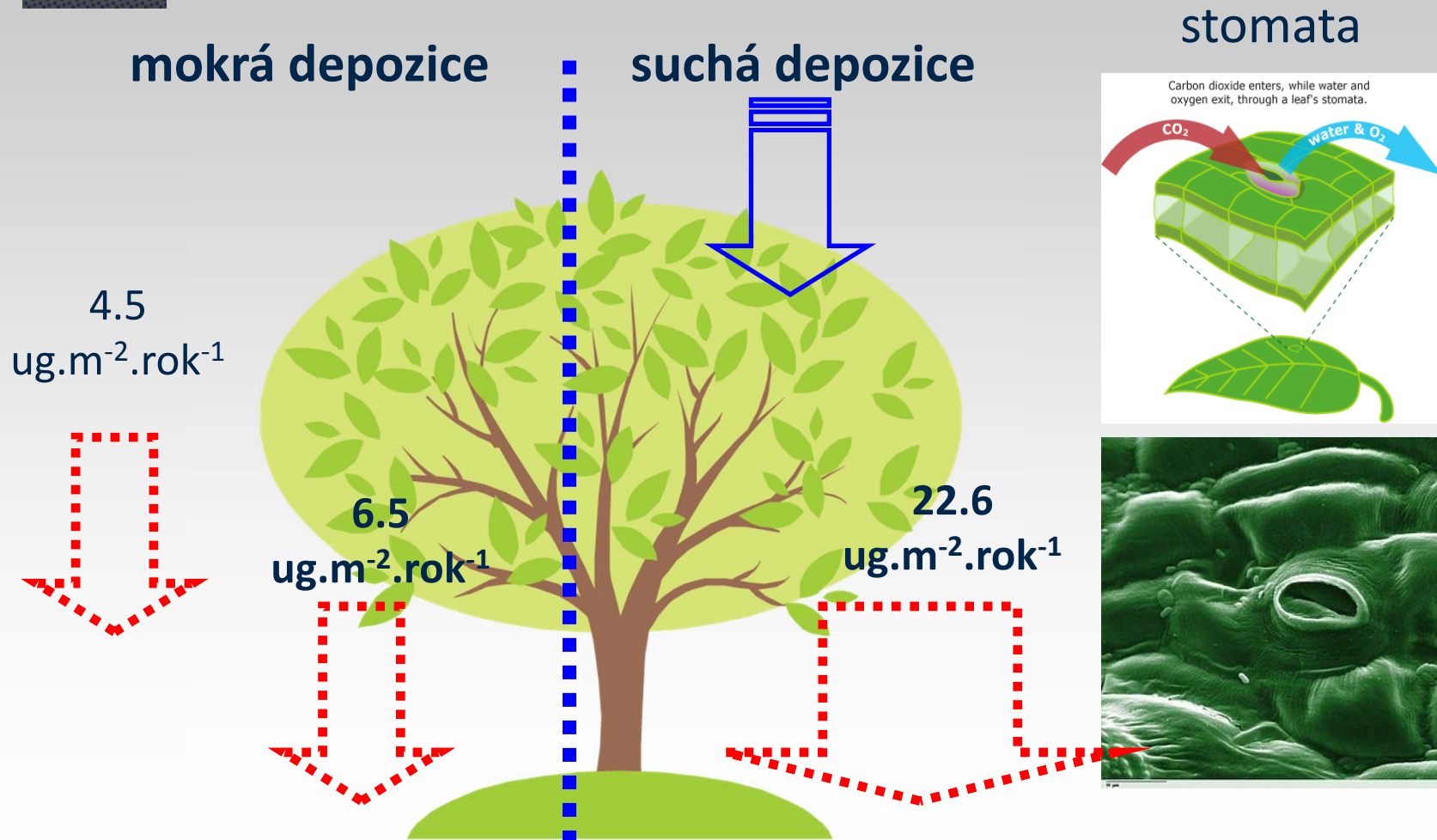
- elementární $\text{Hg}(0)$ – málo rozpustná
- anorganická $\text{Hg}(\text{II})$ – rozpustná
- adsorbovaná $\text{Hg}(\text{p})$

- 15 -20% emitované anorg. Hg je deponováno do 50km od zdroje

- element. Hg má mnohem delší dobu setrvání v atmosféře – proto ji můžeme najít např. i na Antarktidě apod.
- doba setrvání $\text{Hg}(0)$ v atmosféře je 1-1,5 roku !

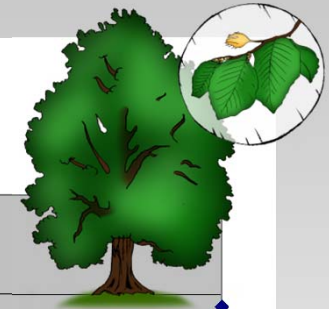
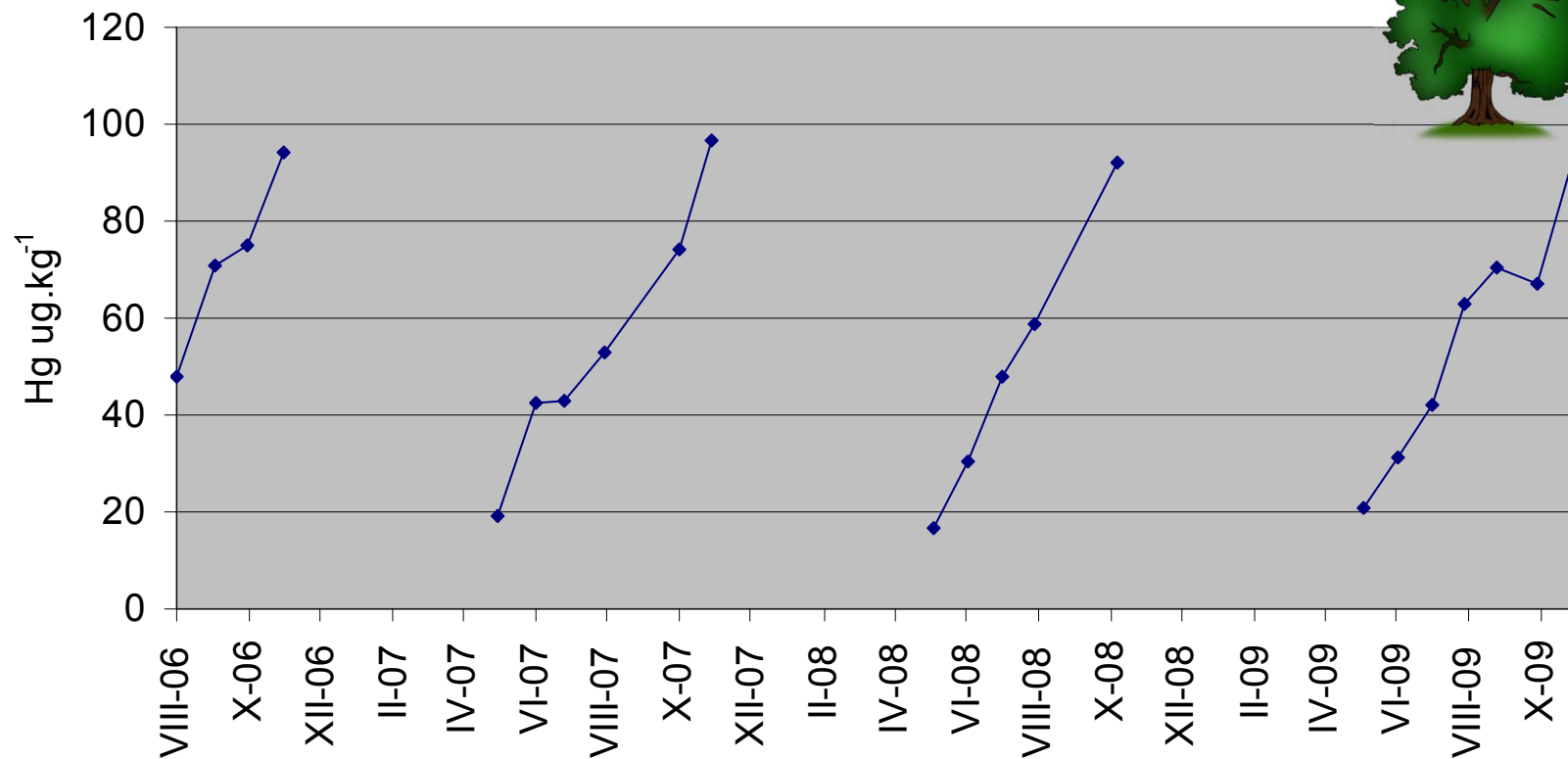
(98% emisí)

Depozice, vstup do ekosystémů



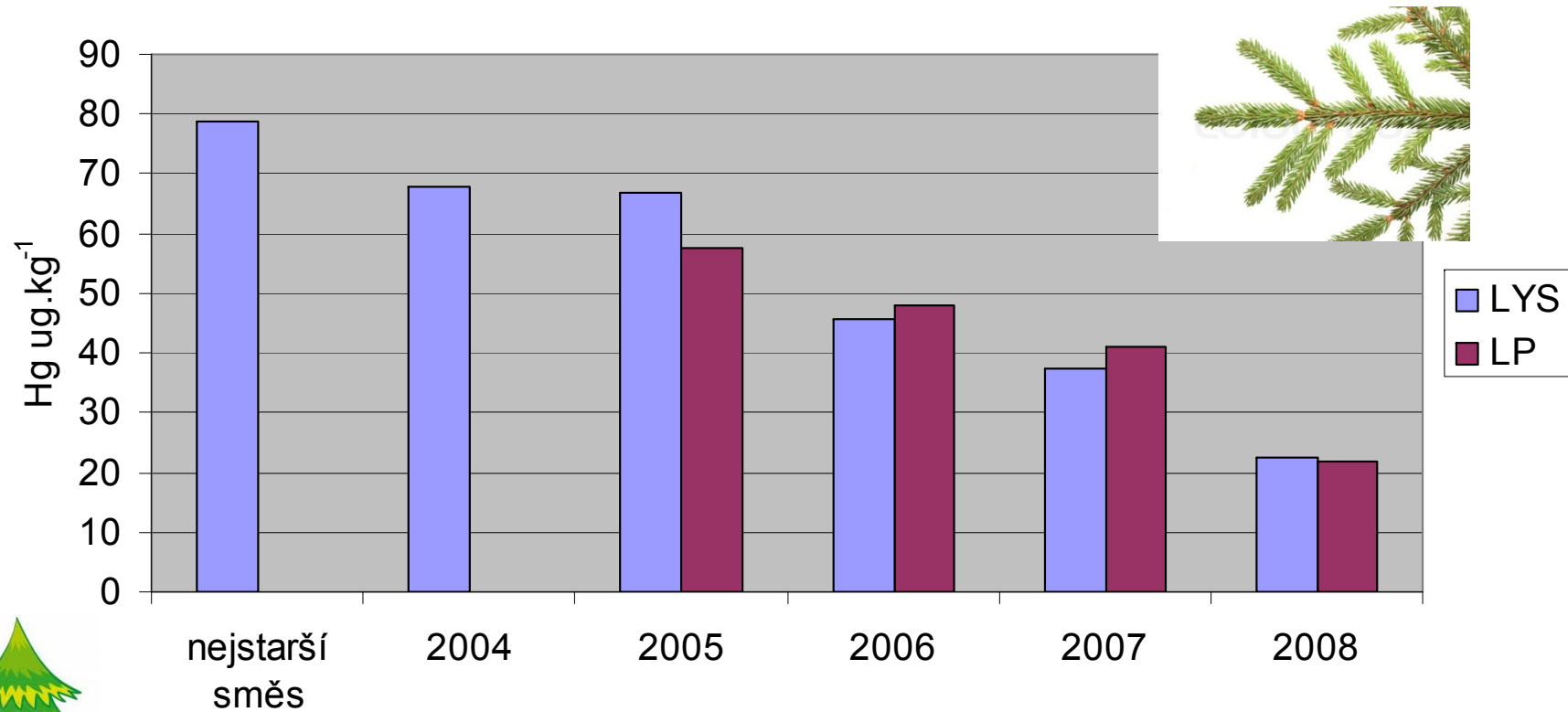
Hg v respiračních orgánech dřevin

Změny koncentrace Hg v bukovém listí - povodí LP



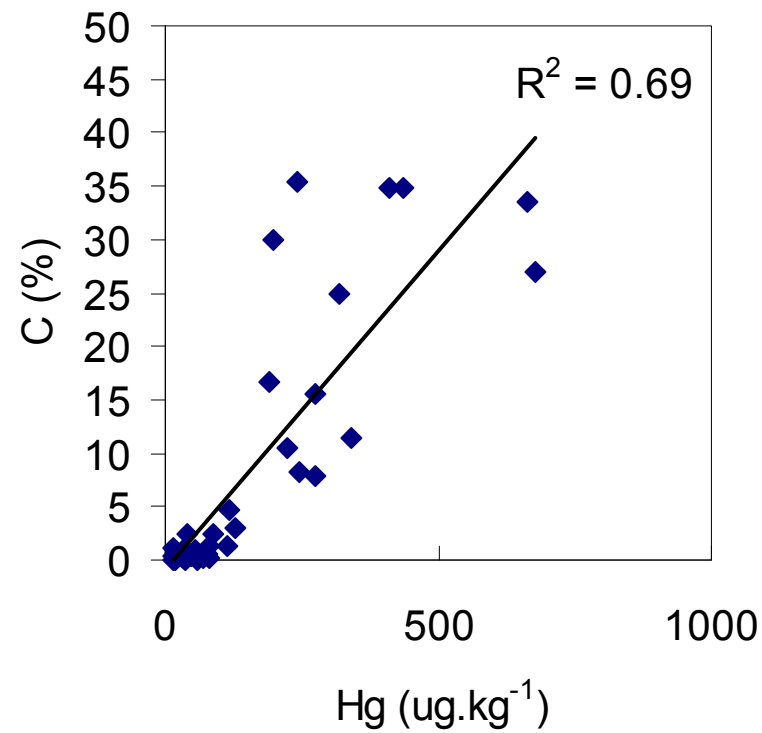
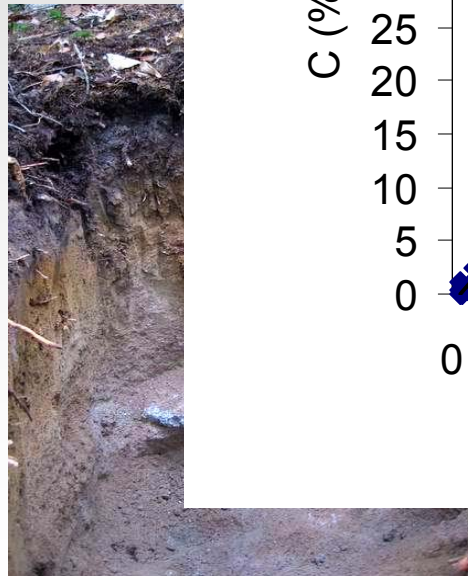
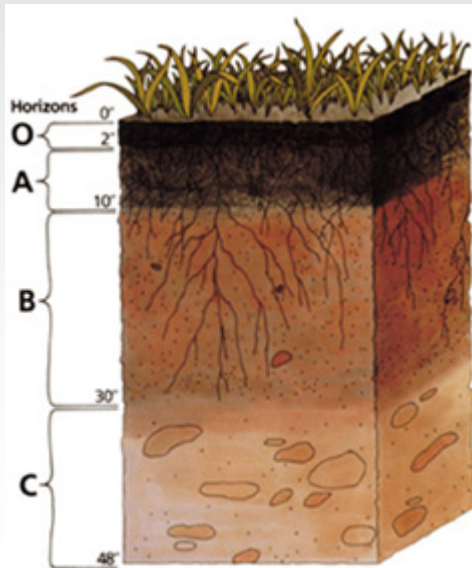
Hg v respiračních orgánech dřevin

Změny koncentrace Hg v jehlicích smrku - povodí LYS a LP

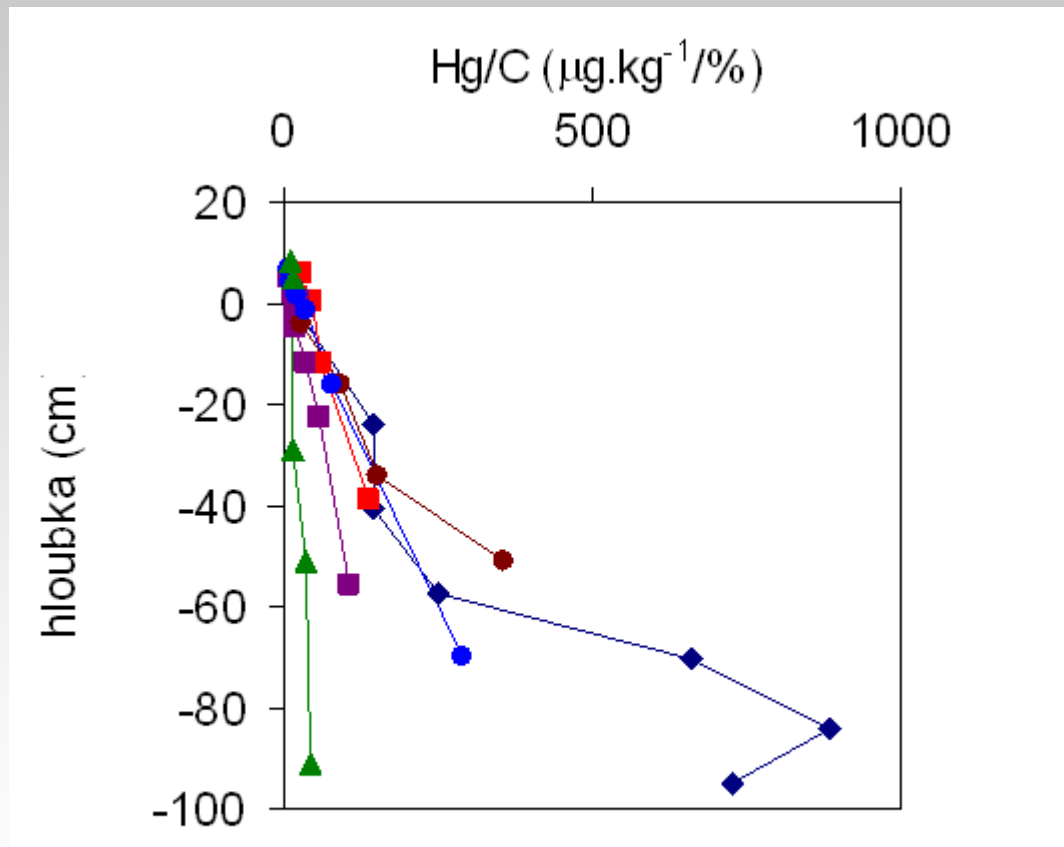


Rtuť v půdách

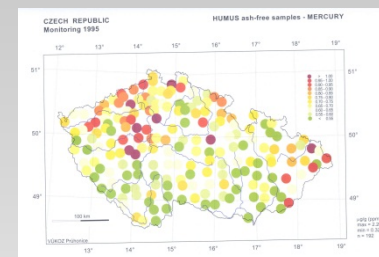
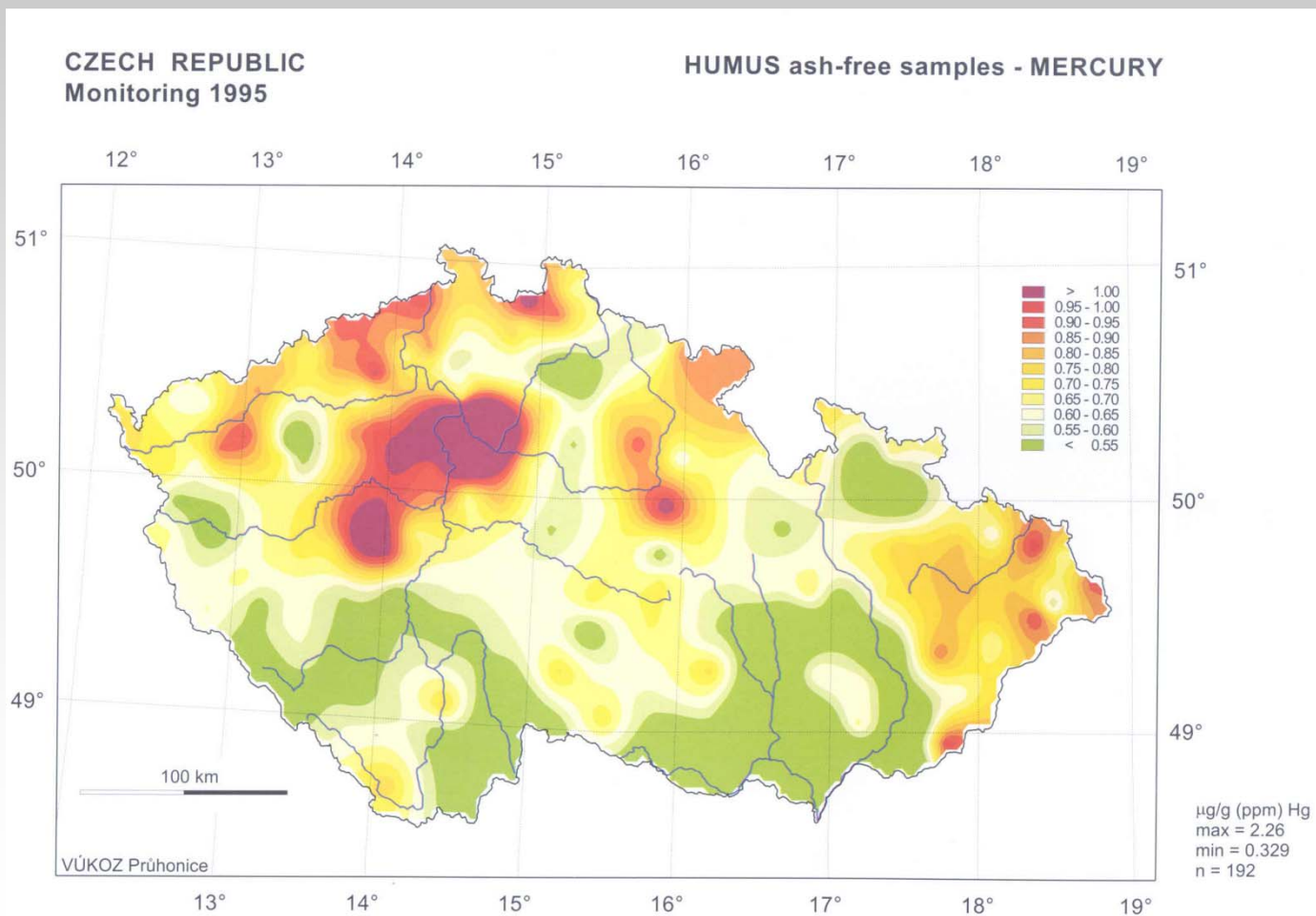
- distribuce Hg v půdách na neznečištěných lokalitách se řídí zejména distribucí organické hmoty (C%)



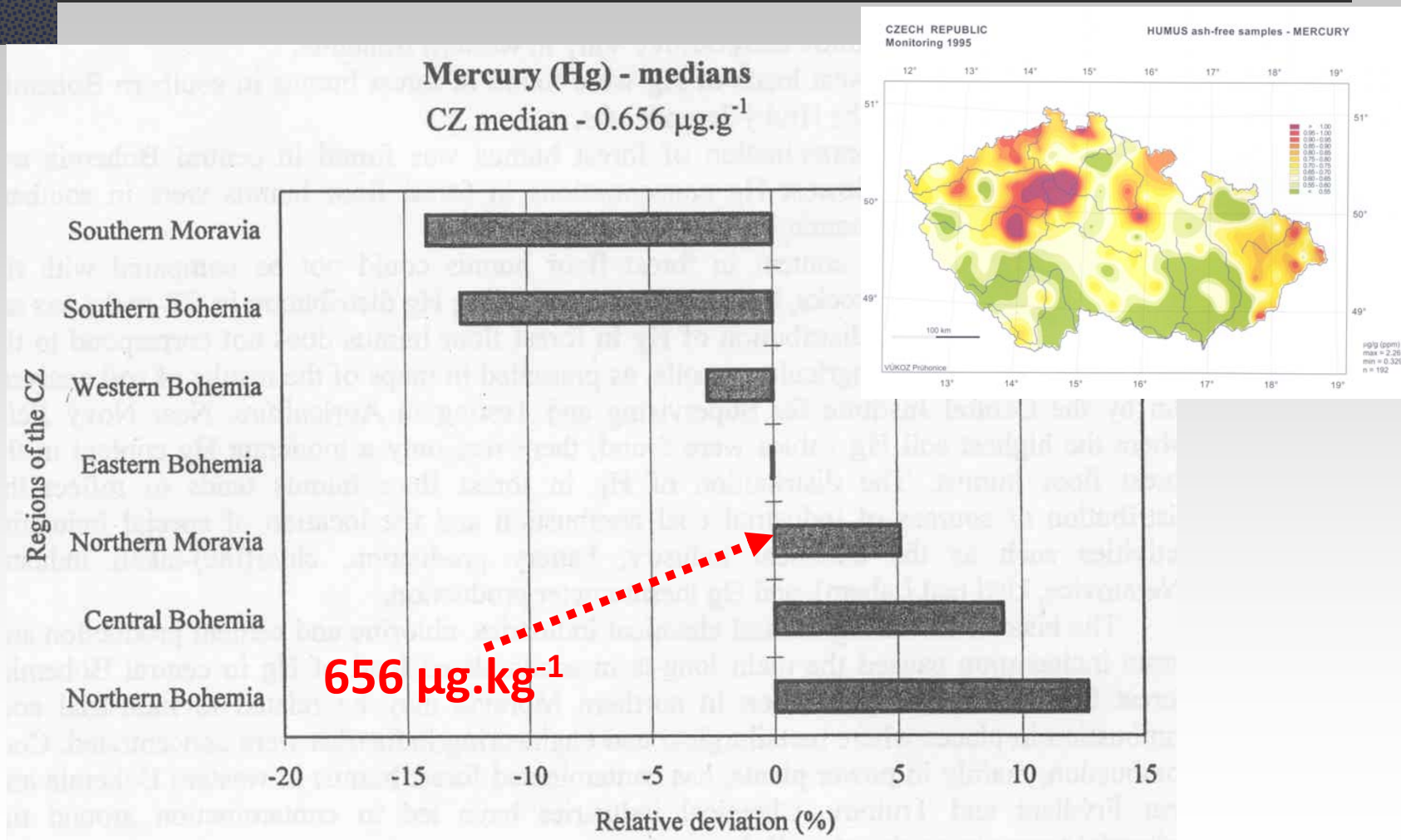
Koncentrace Hg v půdě



Hg v lesním humusu

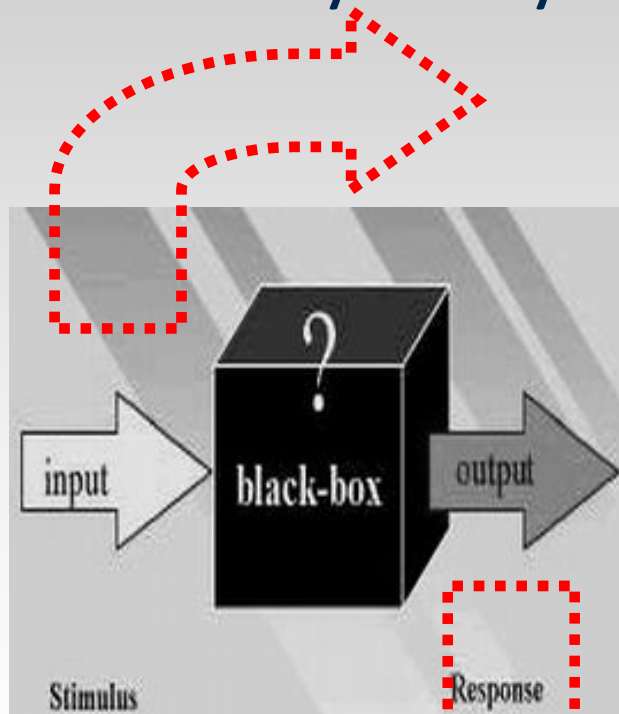


Hg v lesním humusu

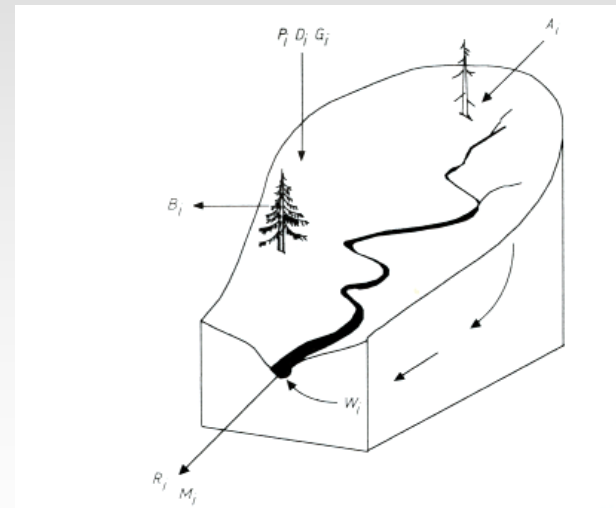


Sledování malých povodí

- lesní ekosystémy – látková bilance



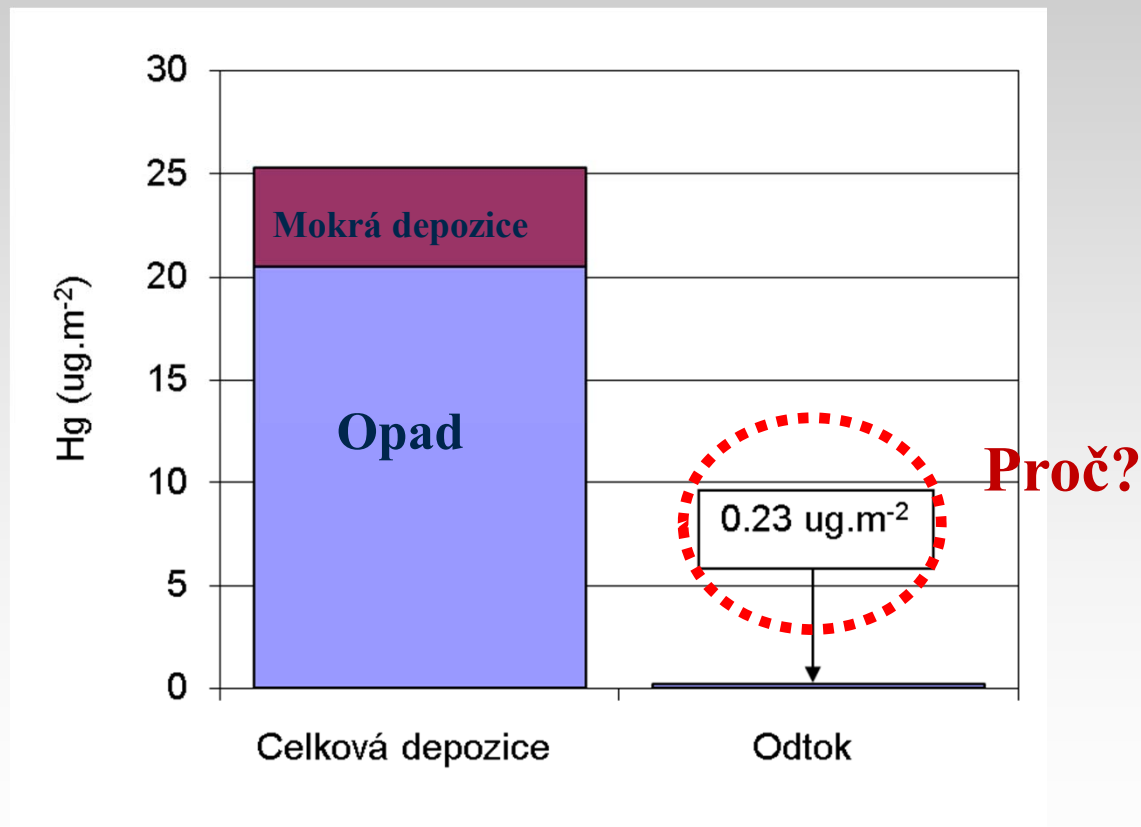
Vstupy



Výstupy

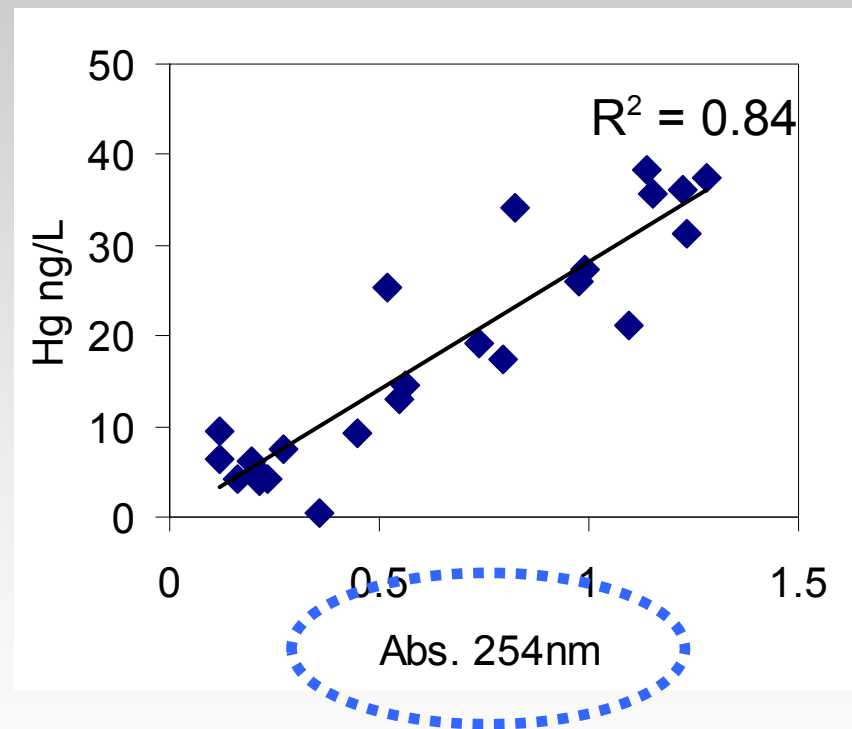
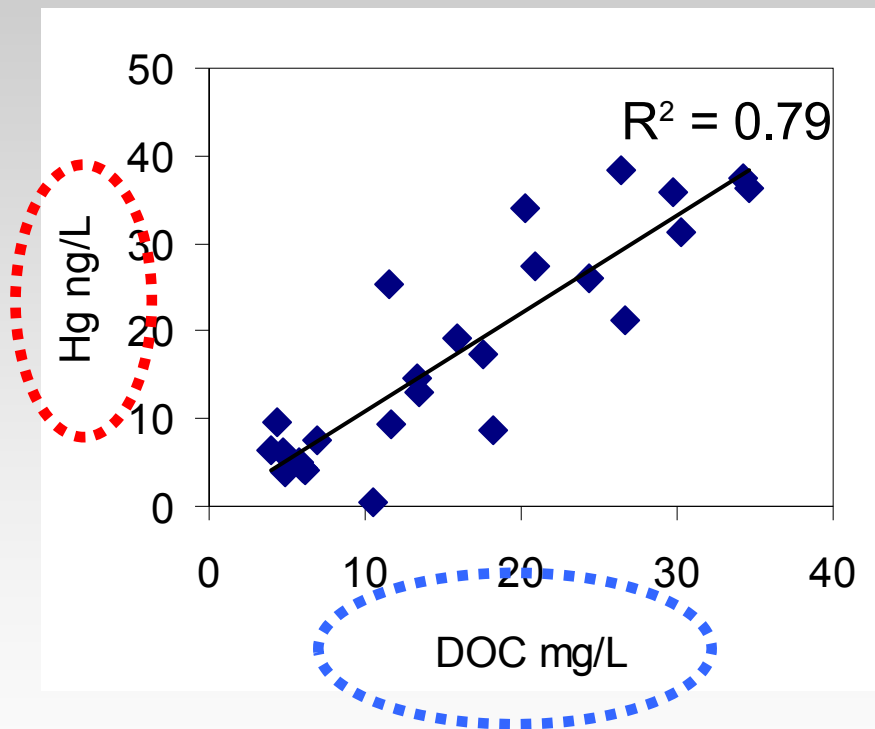
Hmotnostní bilance Hg v lesním ekosystému

- monitoring látkových toků Hg, monitoring malých povodí



- dominantní látkový vstup - opad „litterfall“

Vody – koncentrace Hg vs DOC



- DOC – dissolved organic carbon
- mobilita organických látek – determinuje mobilitu Hg

Závěr

- # emise Hg v Evropě významně poklesly od 80.tých let 20.století
- # značná množství Hg byla deponována v životním prostředí a mají potenciál figurovat v potravním řetězci
- # lesní ekosystémy (zejména půdy a jejich organické složky) zadržují Hg, která se z nich bude uvolňovat až stovky let