



Geologický ústav AV ČR, v. v. i.

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



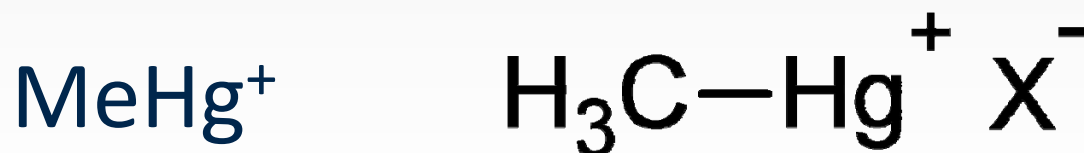
Biogeochemie rtuti v životním prostředí

Tomáš Navrátil

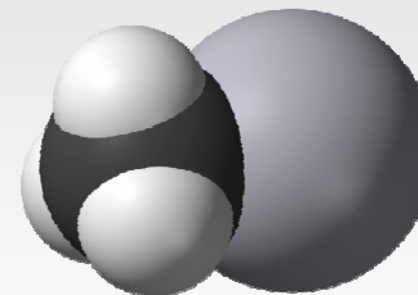
Rtuť

- 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 metalloidy přechodné kovy řadné 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 14,00644(7) | Kyslík 8 O 15,9994(3) | Fluor 9 F 18,9984032(3) | Neon 10 Ne 20,1797(6) | | | | |
| Hliník 13 Al 26,9815386(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) | | | | |
| Ni 28 Ni 58,6934(2) | Cu 29 Cu 63,546(3) | Zn 30 Zn 65,39(2) | Ga 31 Ga 69,723(1) | Ge 32 Ge 72,61(2) | As 33 As 74,92160(2) | Se 34 Se 78,96(3) | Br 35 Br 79,904(1) | Kr 36 Kr 83,80(1) | |
| Pd 46 Pd 106,42(1) | Ag 47 Ag 107,8682(2) | Cd 48 Cd 112,411(8) | In 49 In 114,818(3) | Sn 50 Sn 118,710(7) | Sb 51 Sb 121,760(1) | Te 52 Te 127,60(3) | I 53 I 126,90447(3) | Xe 54 Xe 131,29(2) | |
| Pt 78 Pt 195,078(2) | Au 79 Au 196,96656(2) | Hg 80 Hg 200,59(2) | Tl 81 Tl 204,3833(2) | Pb 82 Pb 207,2(1) | Bi 83 Bi 208,98038(2) | Po 84 Po (208,9824) | At 85 At (208,9871) | Rn 86 Rn (222,0176) | |
| Uun 110 Uun (269) | Uuu 111 Uuu (272) | Uub 112 Uub (277) | | | | | | | |

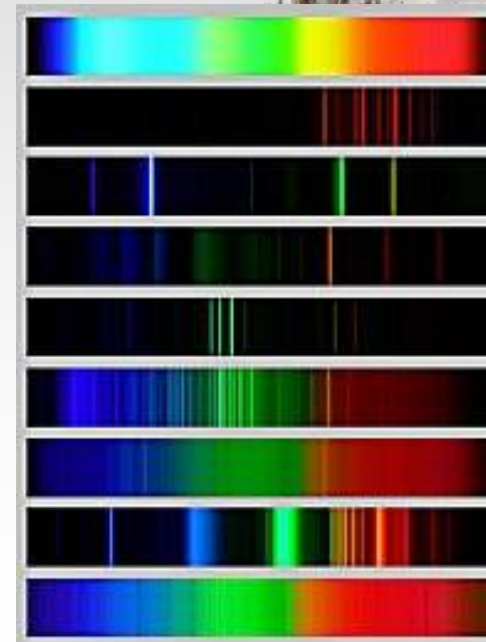
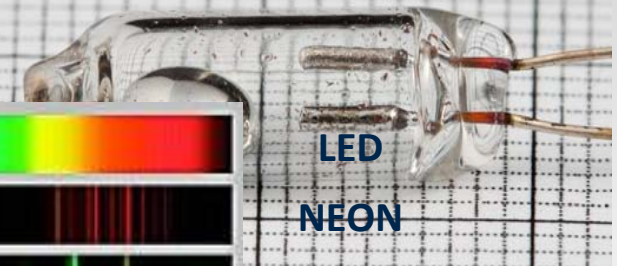


Rtuť - specifika

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



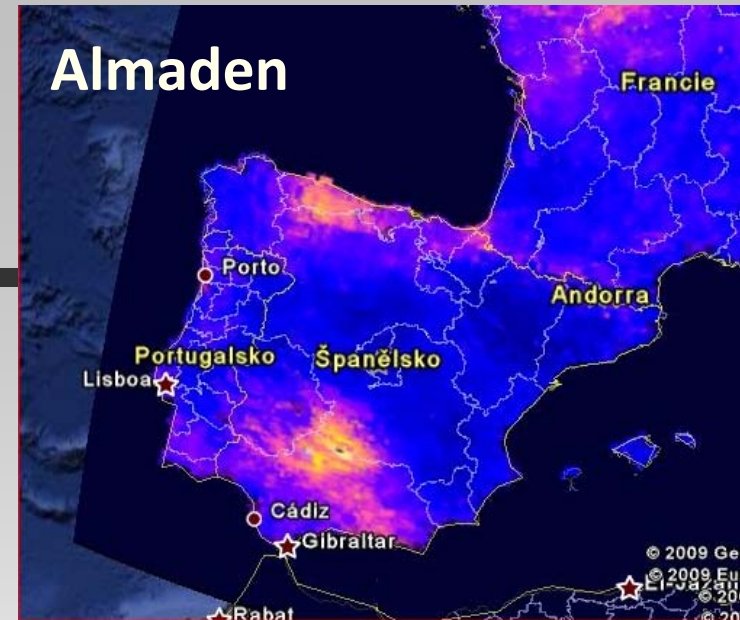
elektrody, spínače (důlní)



LED
NEON
Hg
Al
Cu
Fe
C
zářivka
slunce

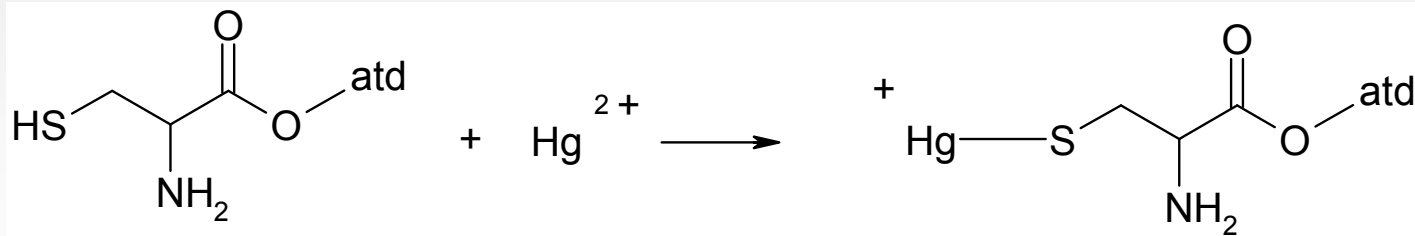
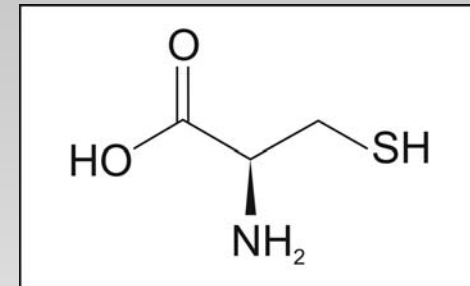
Rtuť - specifika

- 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



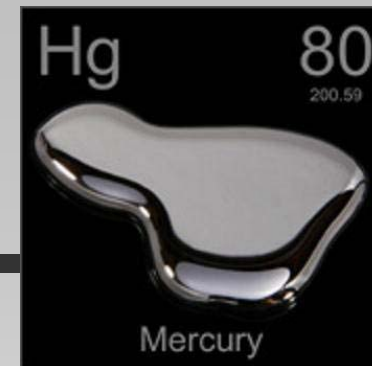
Proč jsou sloučeniny Hg tak toxické?

MERKAPTANY R-SH



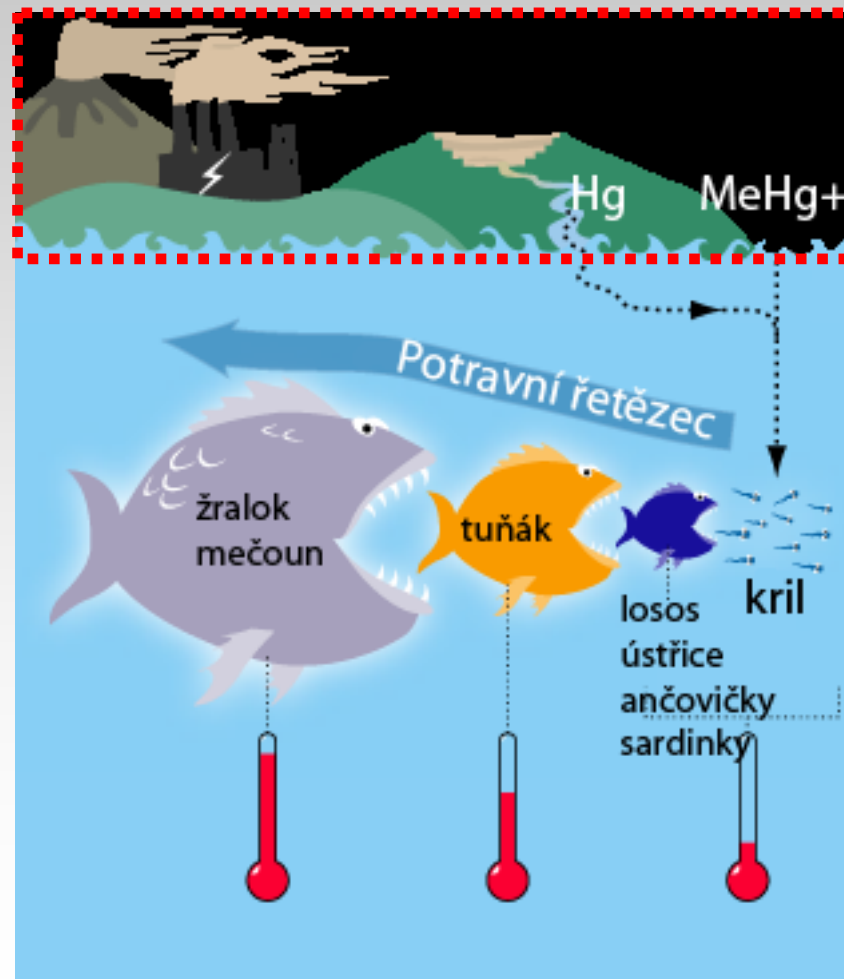
Narušení látkové výměny...

Rtuť - toxicita?



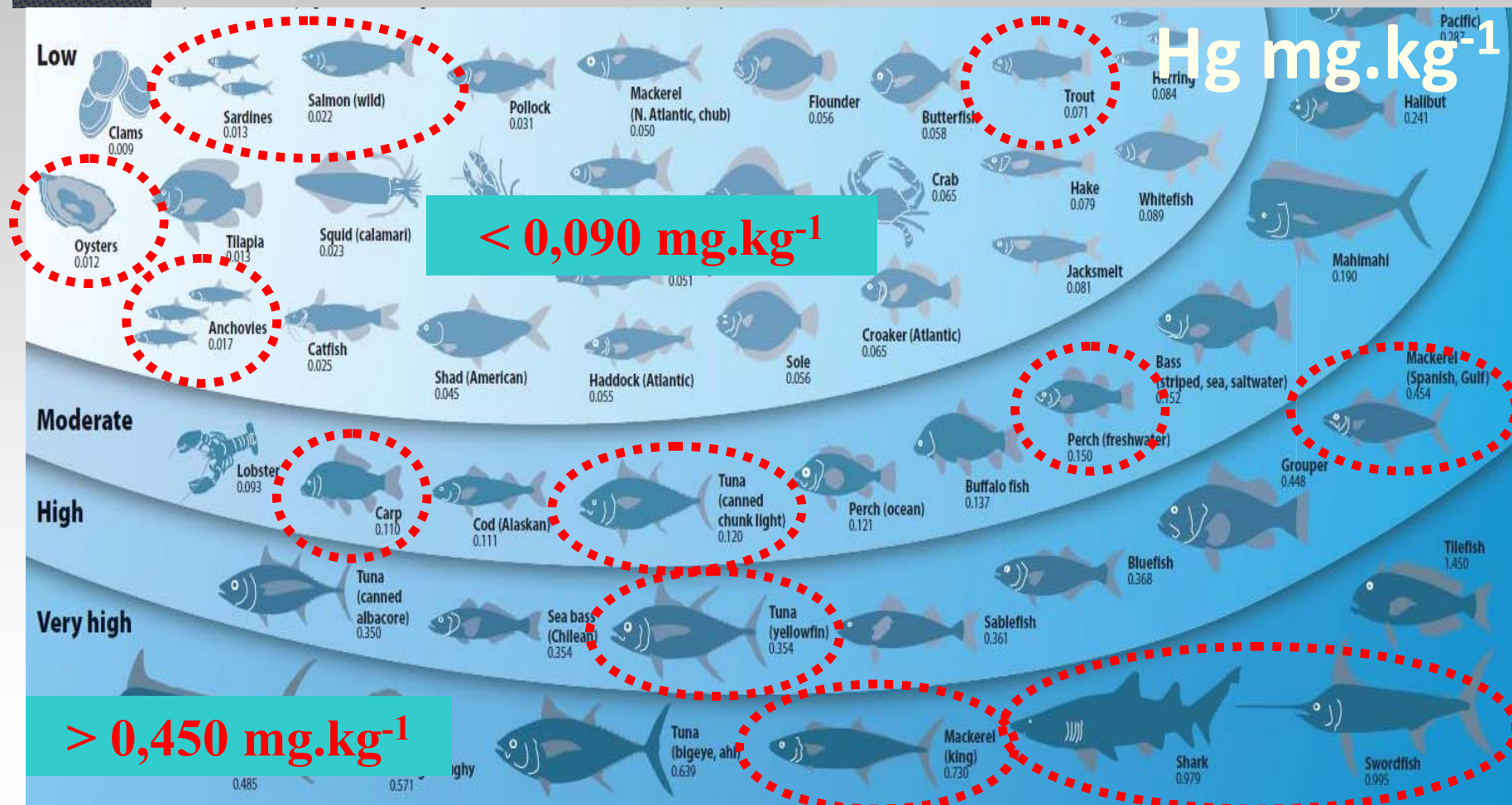
- # zjevná toxicita Hg – **Minamata, Niigata** 50-60.léta 20. století; **Irák** 70.léta 20.století
- # klinické studie na obyvatelstvu Nového Zélandu, Faerských ostrovů a Seychel (1997 a 1998)
- # v USA >90% expozice MeHg⁺ prostřednictvím konzumace mořských i sladkovodních ryb (2004 a 2007)
- # **recentní 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



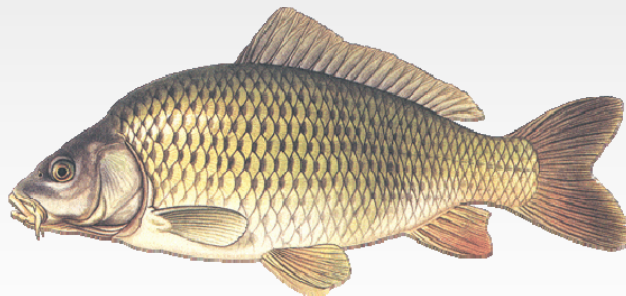
0,039 – 0,384 mg.kg⁻¹
(z toho MeHg 82%)

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



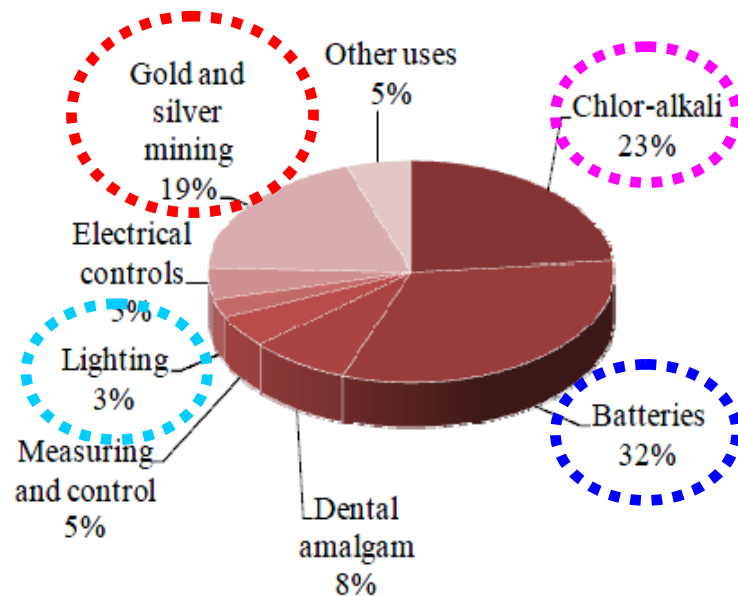
0,018 – 0,063 mg.kg⁻¹
(z toho MeHg 90-100%)

MARŠÁLEK et al.

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

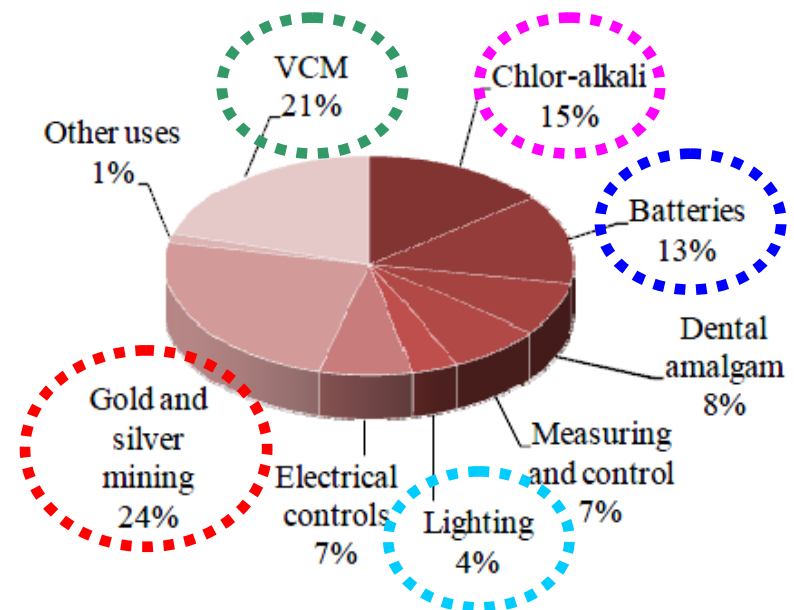
Použití rtuti podle oboru

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...

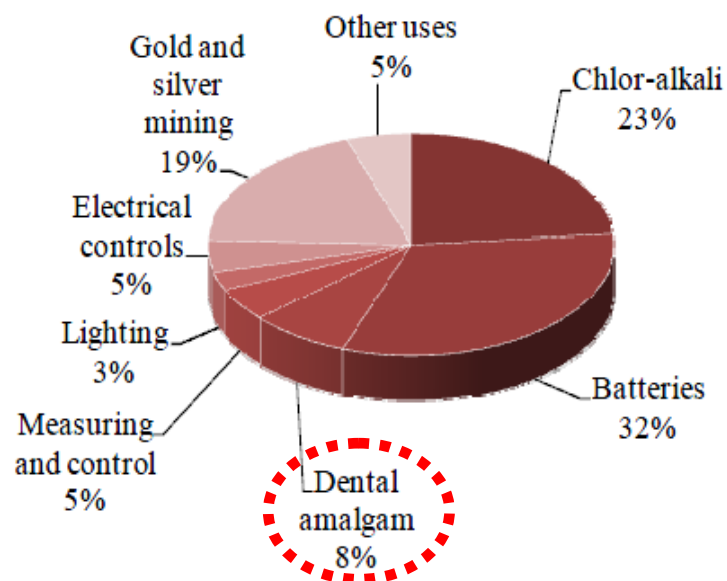


Řemeslná těžba zlata



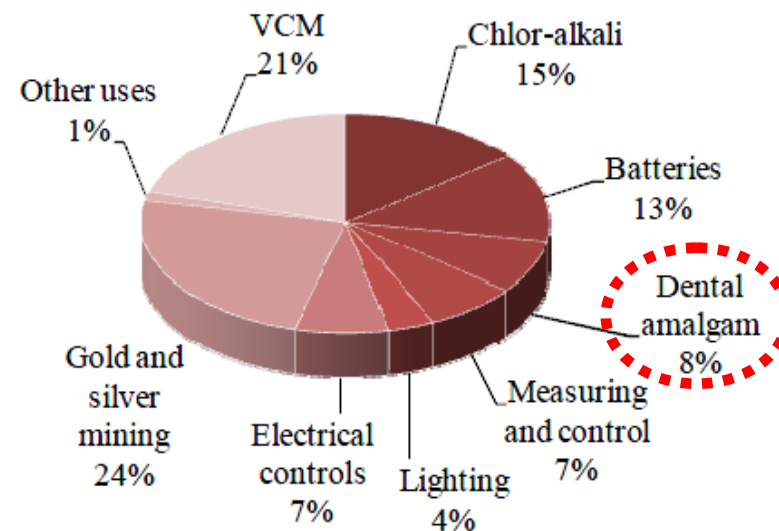
Použití rtuti podle oboru

2000



3386 t

2005



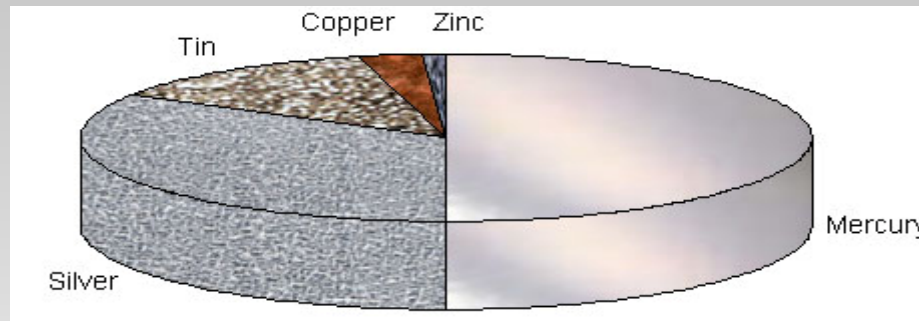
3415 t

Zubní amalgamy

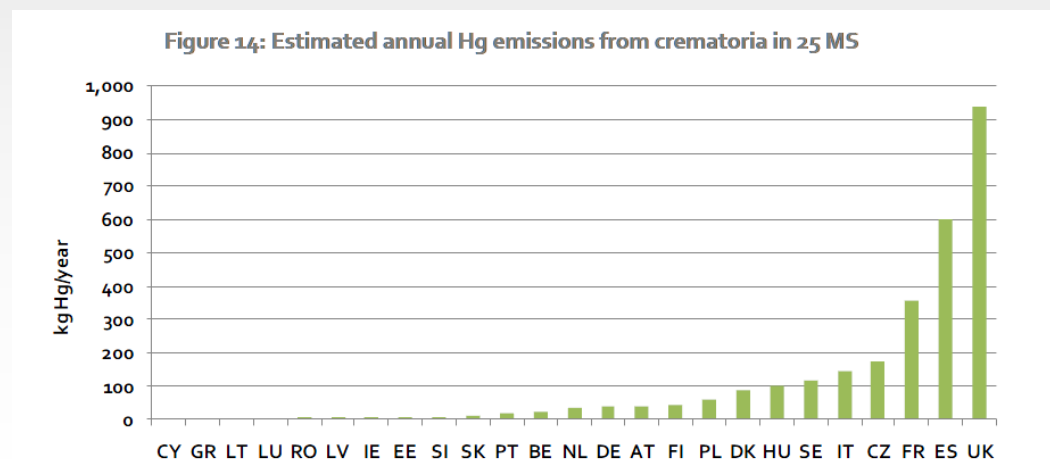
FOR IMMEDIATE RELEASE

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

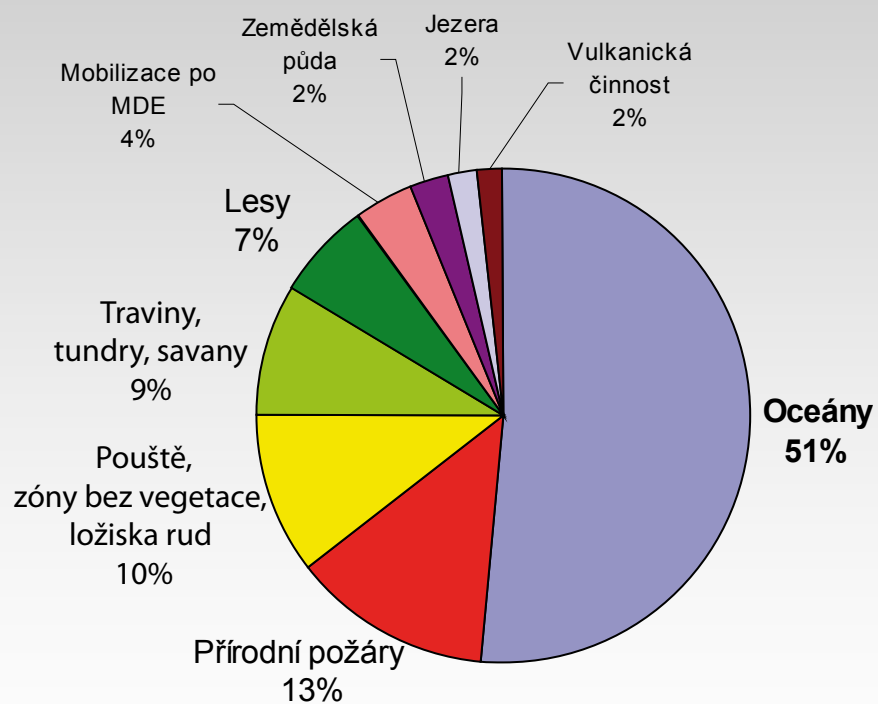


ZDROJ: <http://orthomolecular.org/resources/omns/v04n24.shtml>,

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

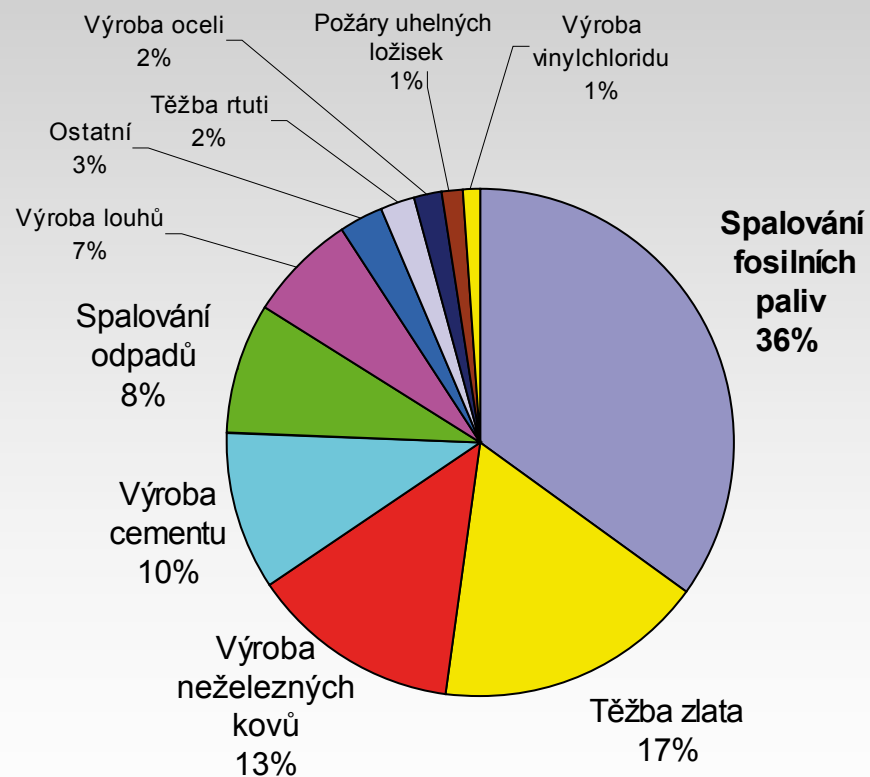
Zdroje emisí Hg pro životní prostředí

Přirozené



Suma: 5 207 t.rok⁻¹

Antropogenní



Suma: 2 320 t.rok⁻¹

Antropogenní emise Hg v EU

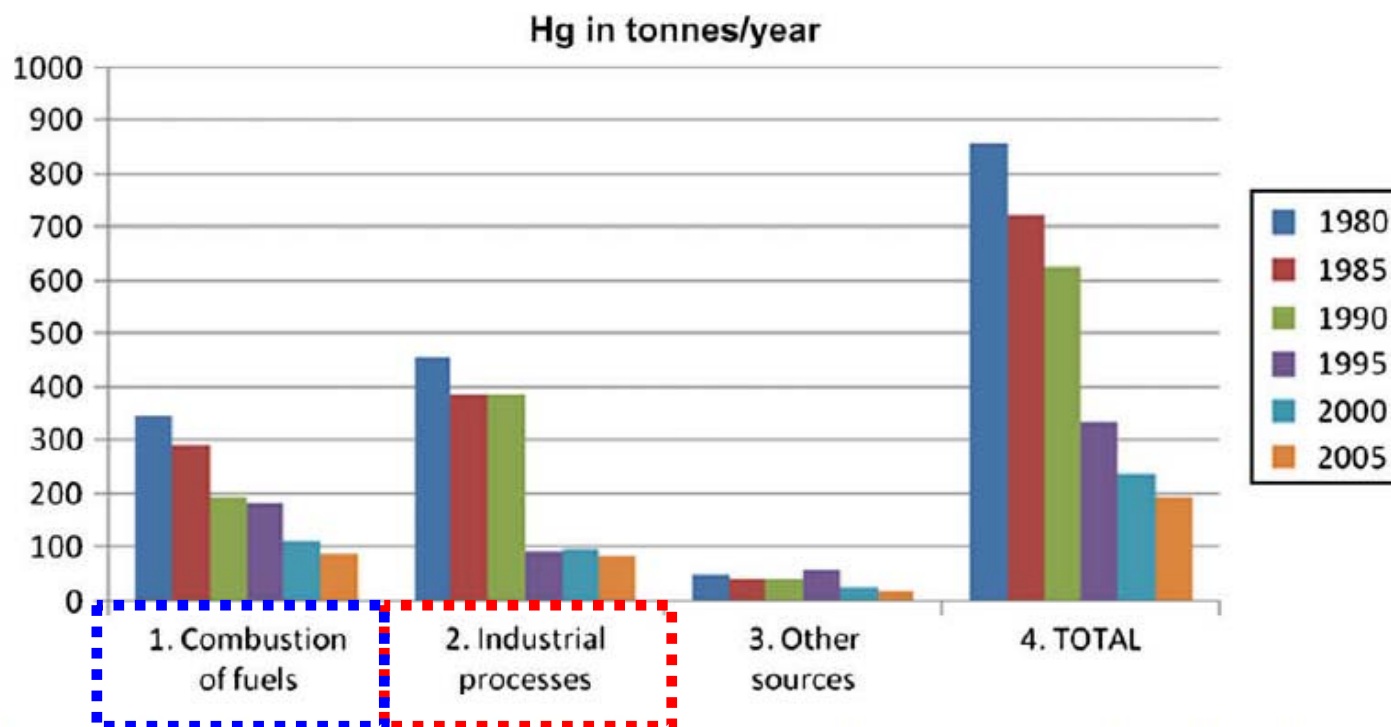
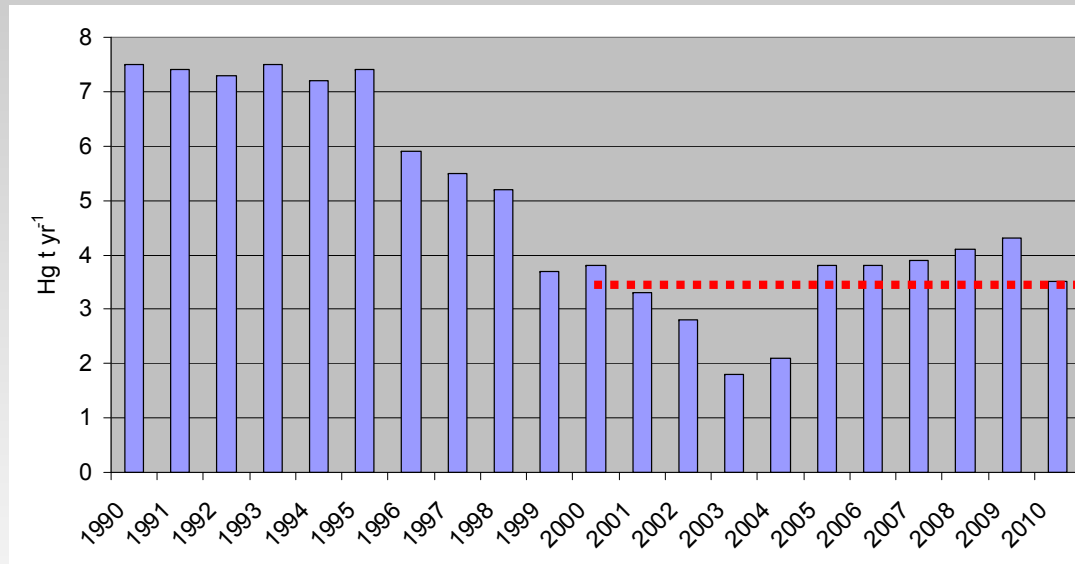


Fig. 1. Change of atmospheric emissions of Cd, Pb and Hg in Europe in the period from 1980 through 2005 (in $t\ year^{-1}$).

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 | 70,2 kg |
| Elektrárna Počerady | 14,9 kg |
| Elektrárna Prunéřov I | 49,8 kg |
| Elektrárna Prunéřov II | 14,3 kg |
| Elektrárna Tušimice | 16,1 kg |
| Elektrárna Tisová | 5,3 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

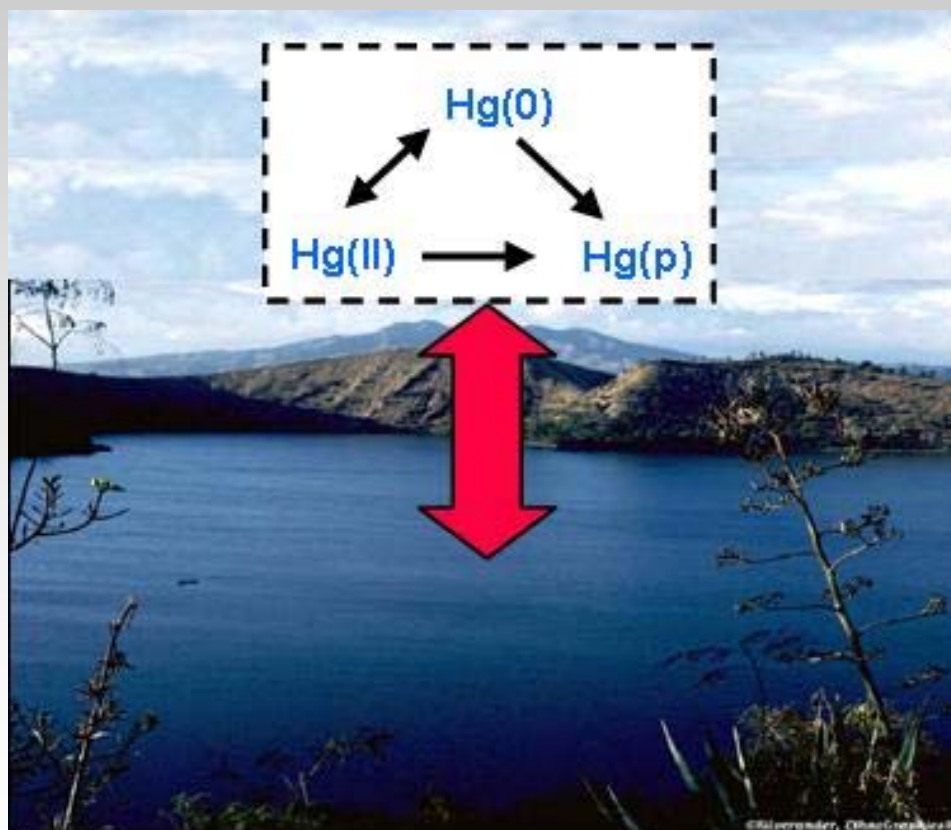


obsah Hg v uhlí SHP

- 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

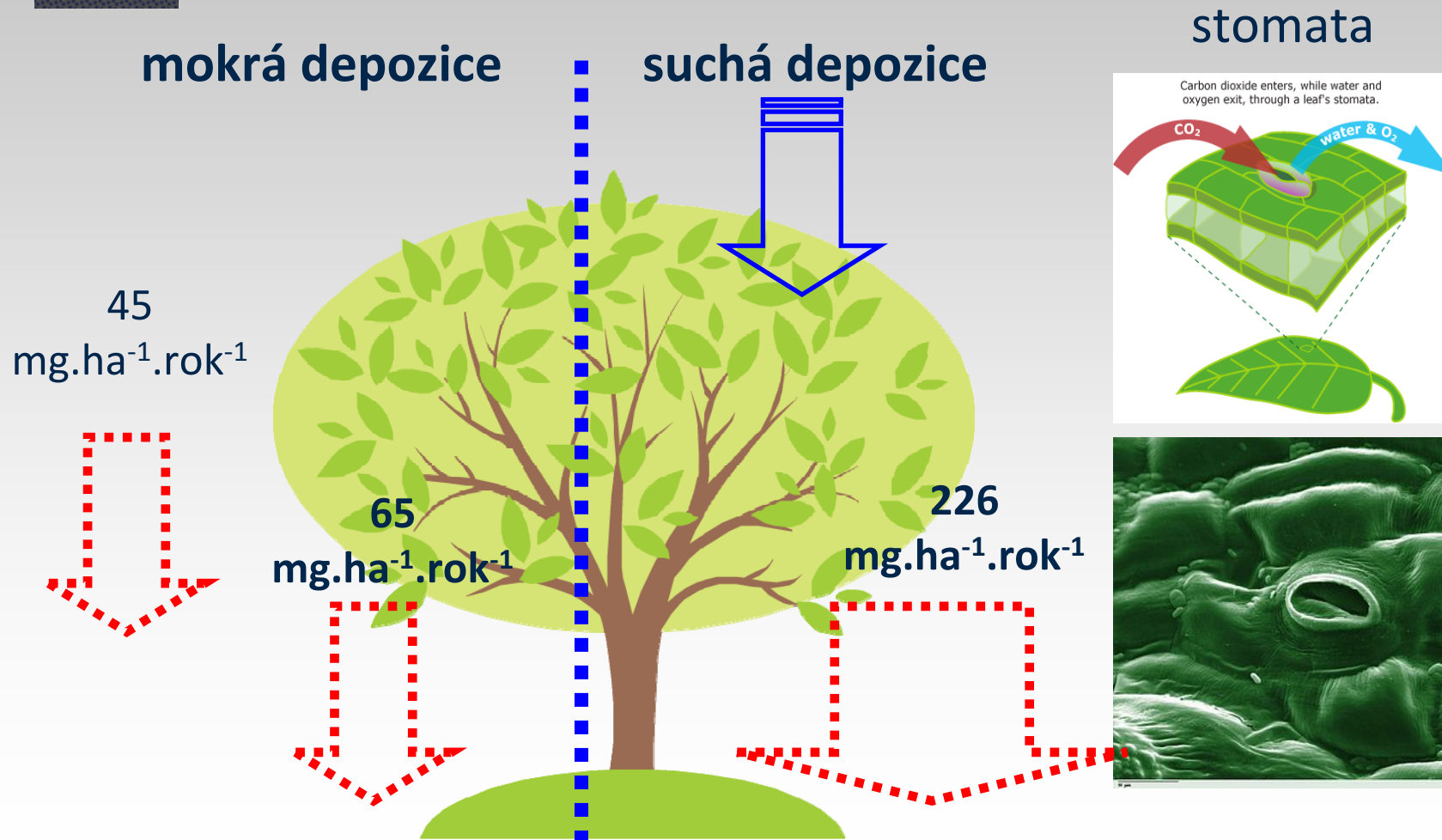
Rtuť v atmosféře, depozice



- 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 !

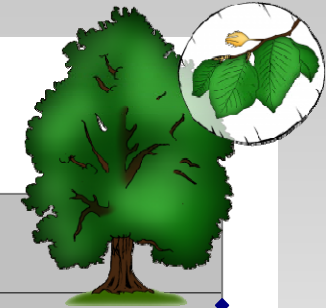
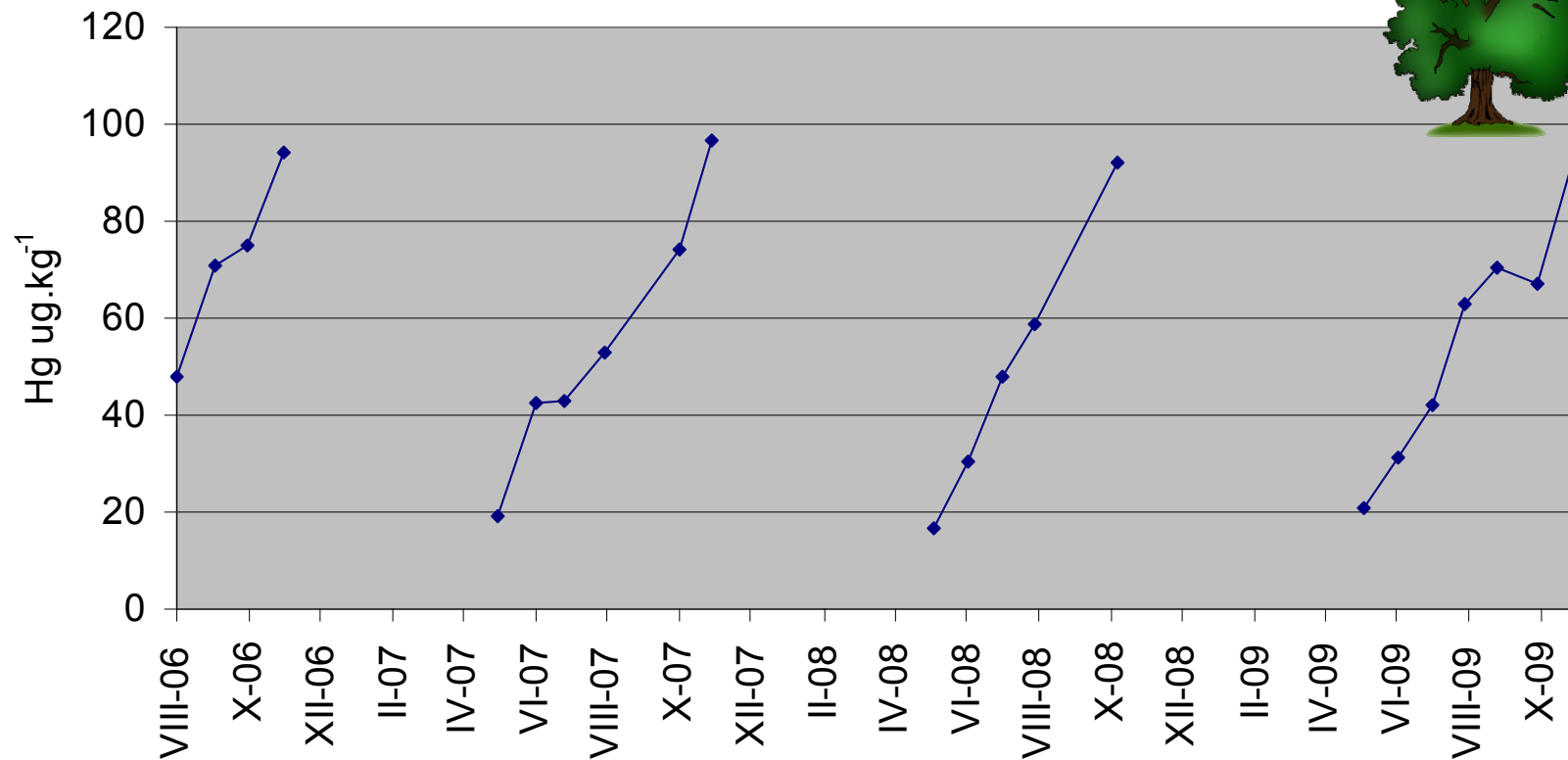
(98% emisí)

Depozice, vstup do ekosystémů



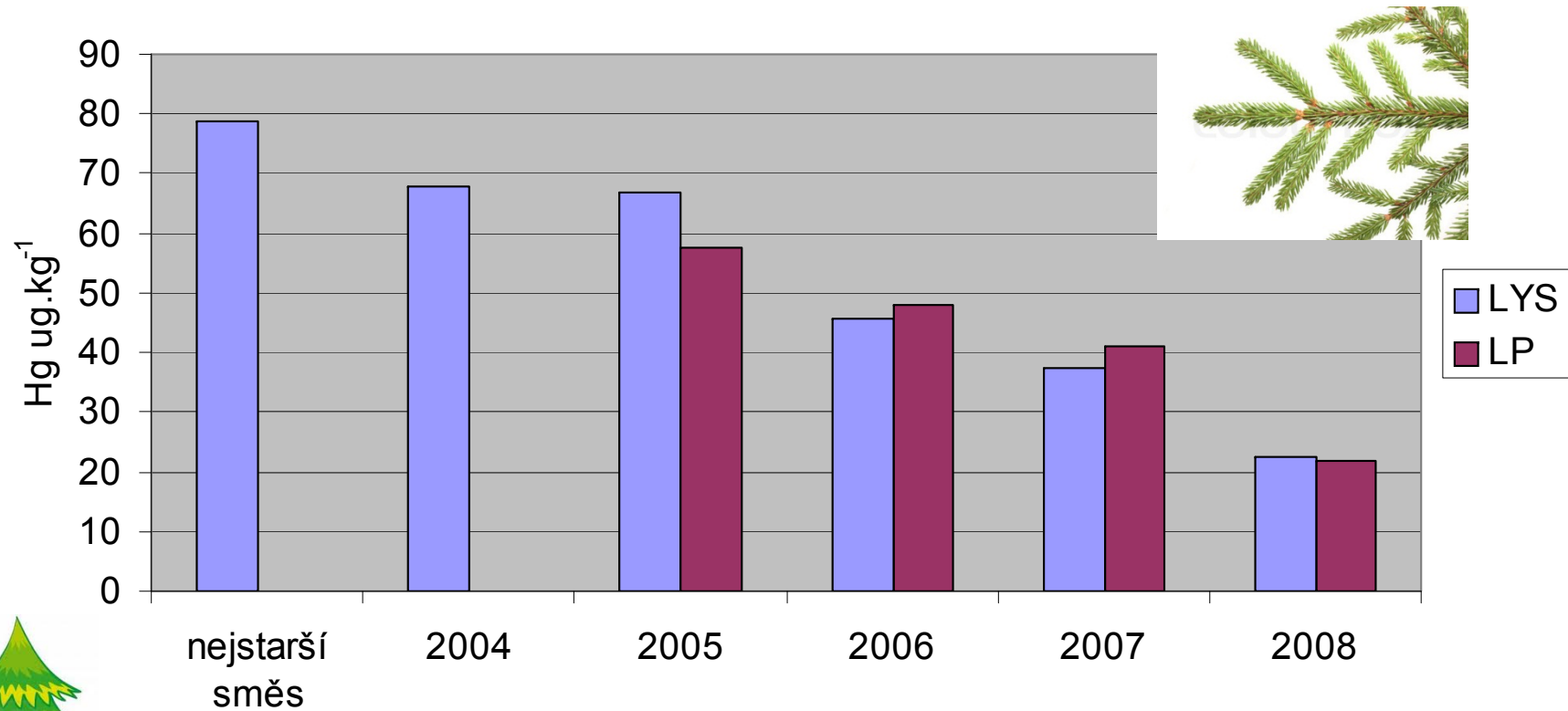
Hg v respiračních orgánech dřevin

Změny koncentrace Hg v bukovém listí - povodí LP



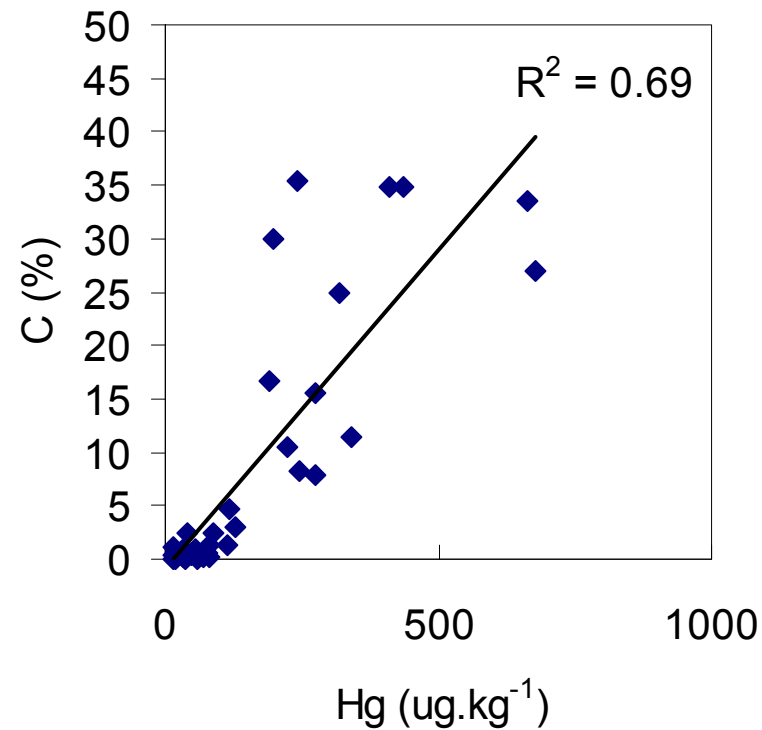
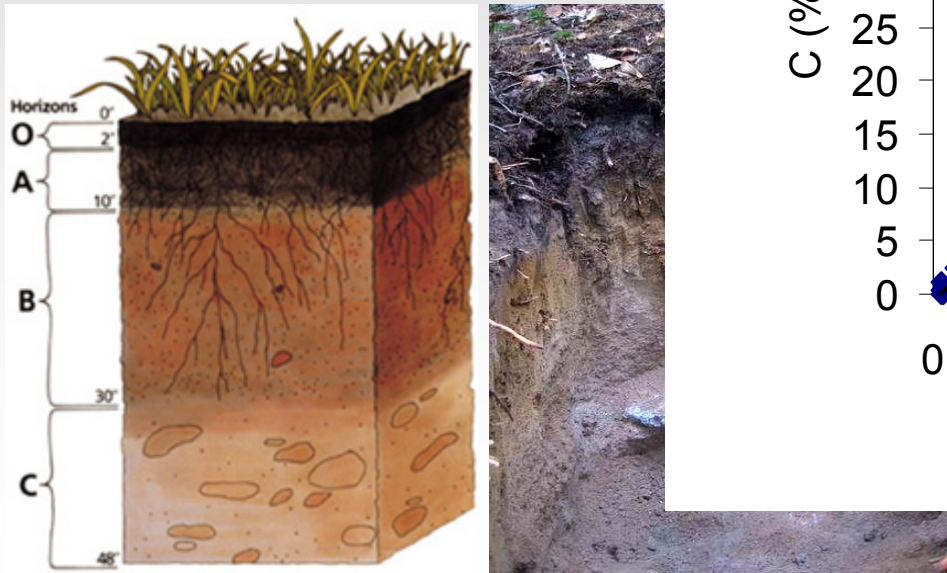
Hg v respiračních orgánech dřevin

Změny koncentrace Hg v jehlicích smrku - povodí LYS a LP

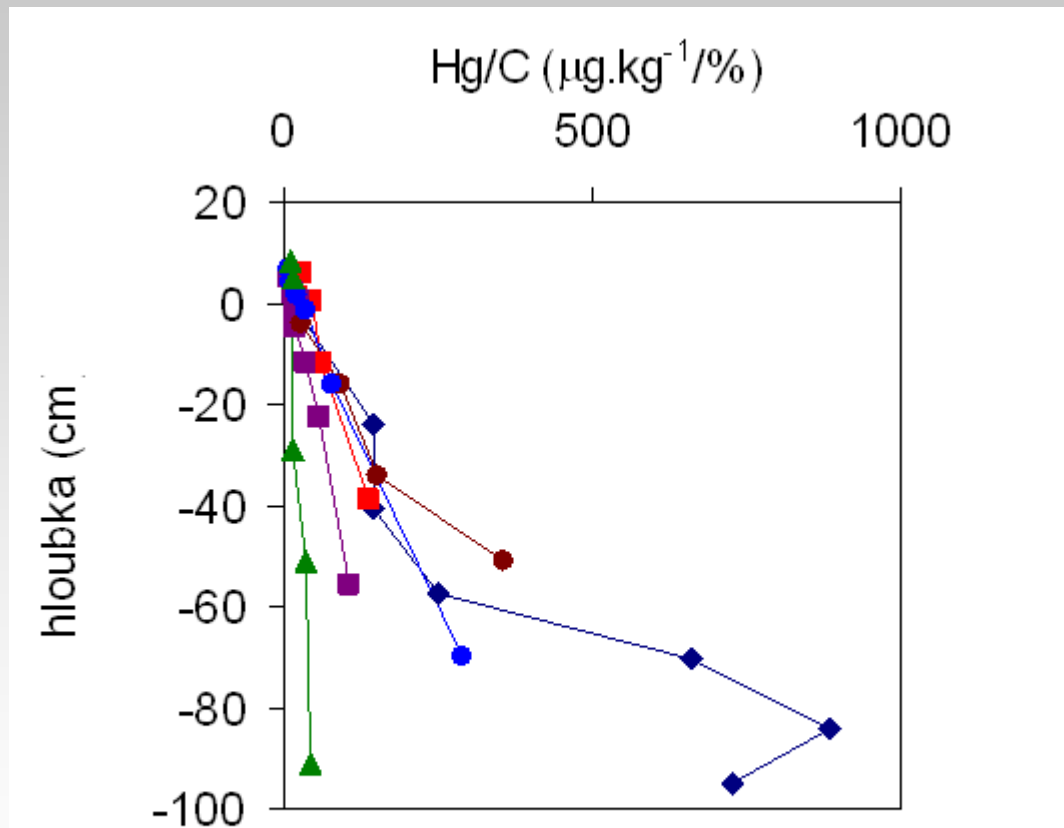


Rtuť v půdách

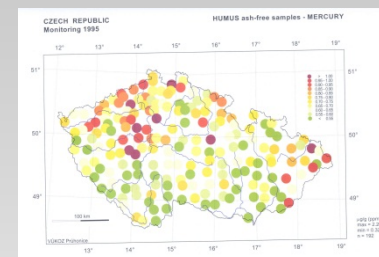
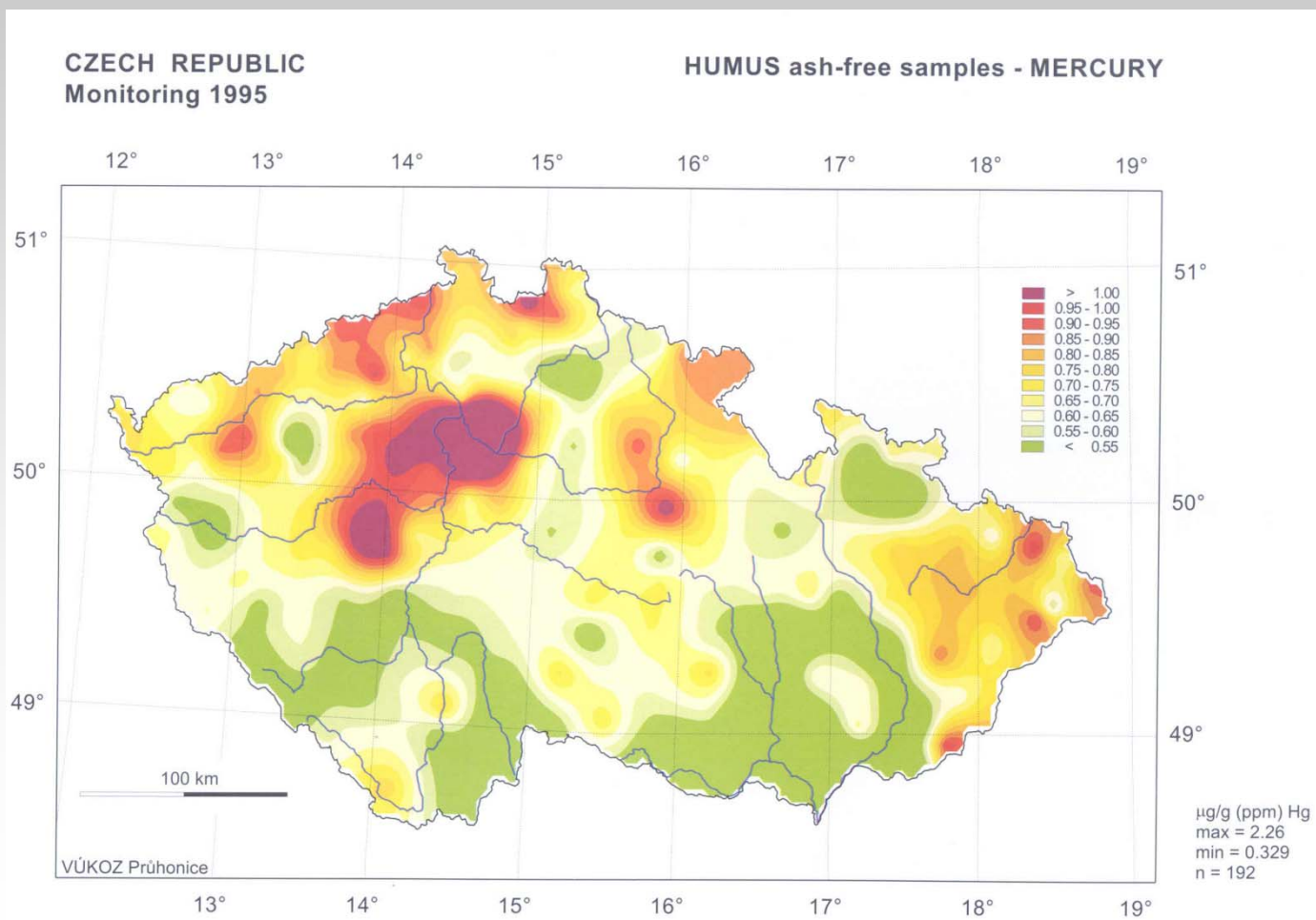
- distribuce Hg v půdách na neznečištěných lokalitách se řídí zejména distribucí organické hmoty (C%)



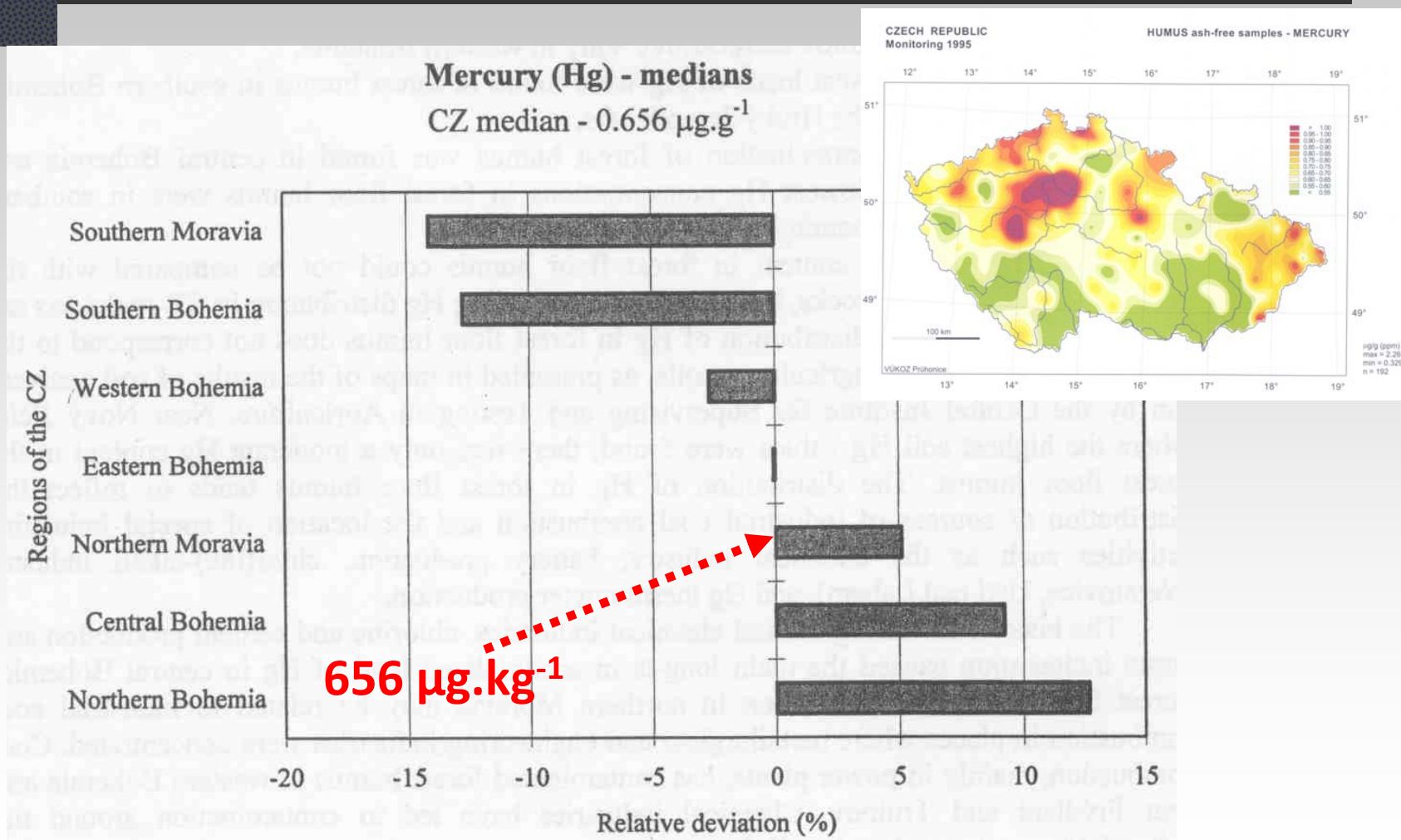
Koncentrace Hg v půdě



Hg v lesním humusu

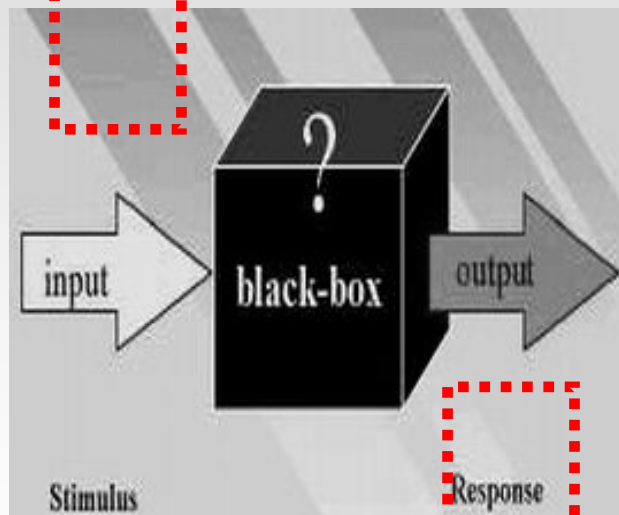


Hg v lesním humusu

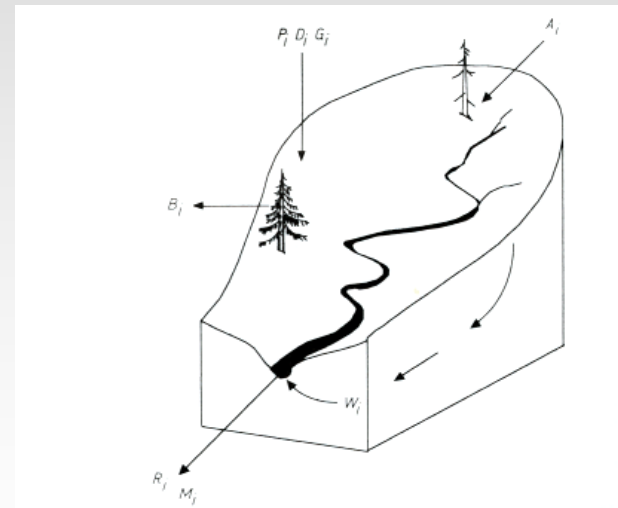


Sledování malých povodí

- lesní ekosystémy – látková bilance



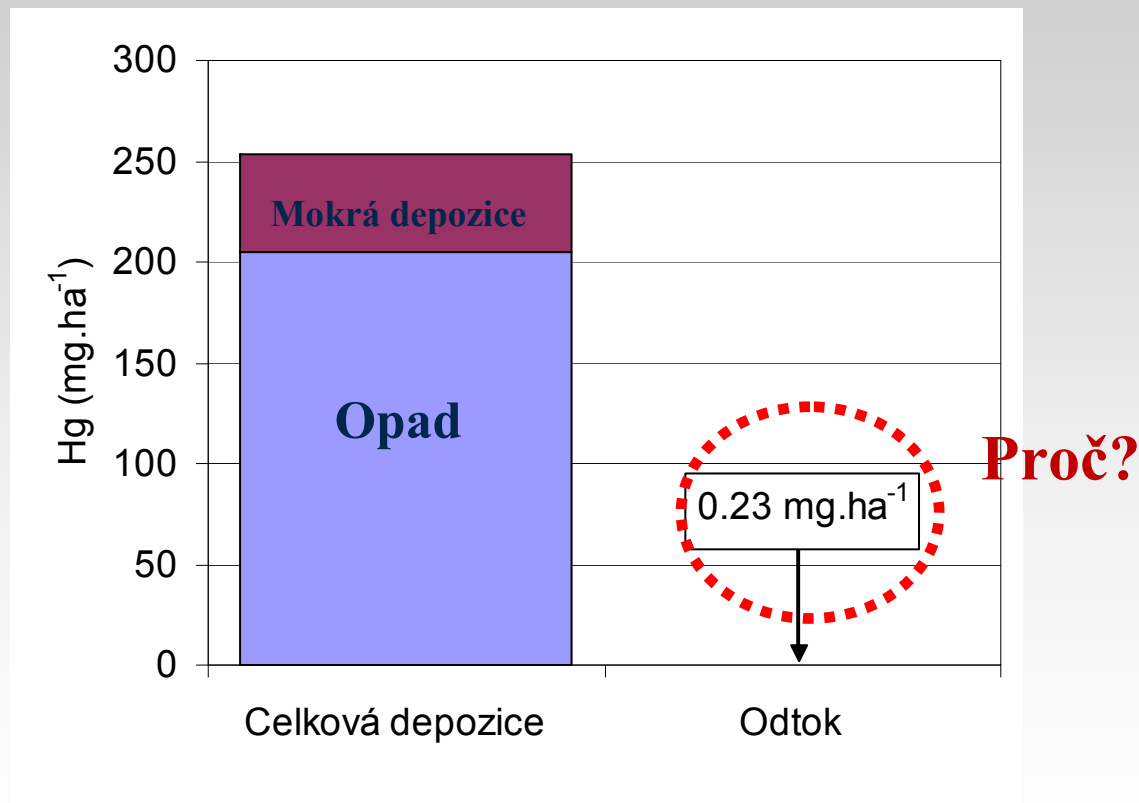
Vstupy



Výstupy

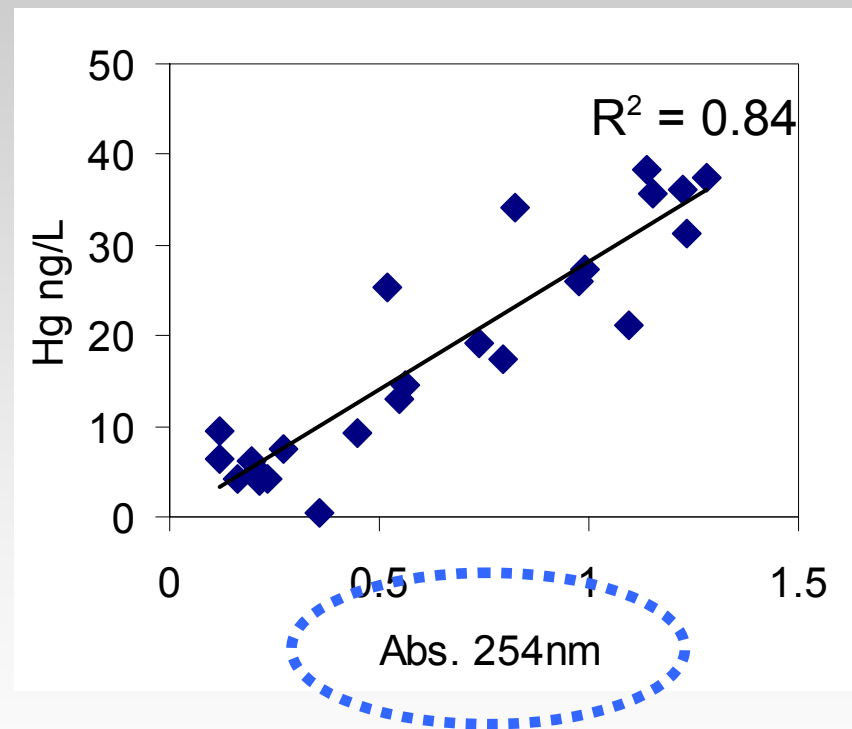
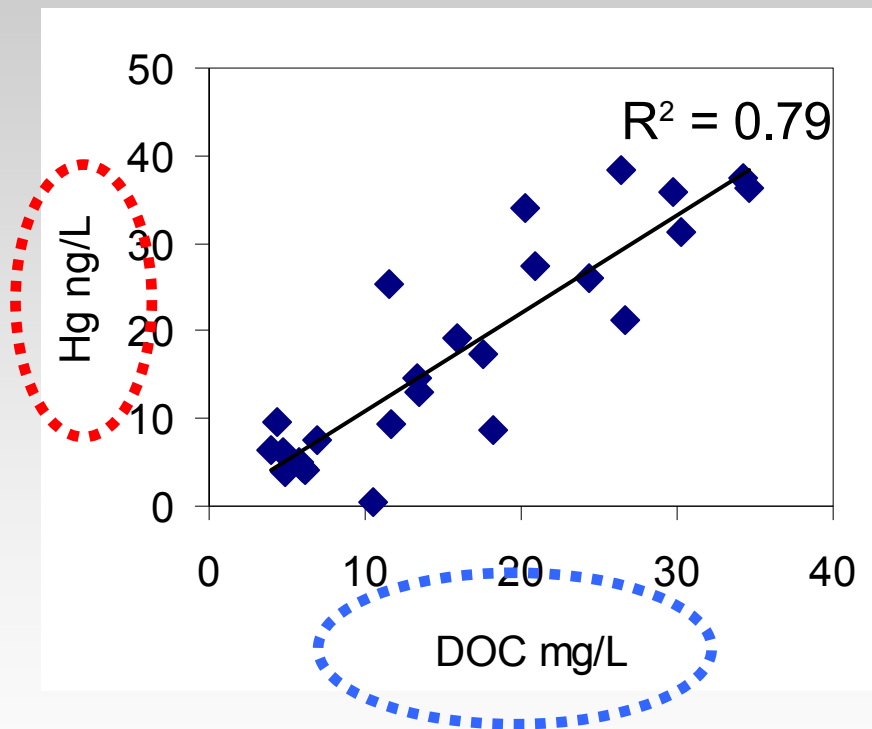
Hmotnostní bilance Hg v lesním ekosystému

- 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