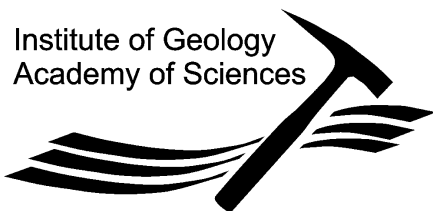


# Těžké kovy v životním prostředí

Navrátil T.

Hojdová M.



# Environmentální geochemie

- chemické složení Země
- její tekuté a plynné komponenty
- formy života

⇒ dopady kontaminace ekosystémů toxickými kovy

# Environmentální geochemie



Těžké kovy v ŽP - 2009

# Těžké kovy?

- několik pokusů o definici
  - ve smyslu hustoty
  - ve smyslu atomové váhy (relativní atomové hmotnosti)
  - ve smyslu atomového čísla
  - ve smyslu dalších chemických vlastností
  - ve smyslu toxicity bez ohledu na jiné parametry
  - ve smyslu nechemické definice (před rokem 1936)

JOHN H. DUFFUS

“HEAVY METALS”—A MEANINGLESS TERM?

Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002.

# Pokus o novou klasifikaci

802

J. H. DUFFUS

1																	18	
H																	He	
2													13	14	15	16	17	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
Na	Mg									Al	Si	P	S	Cl	Ar			
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe(III) Fe(II)	Co	Ni	Cu(I) Cu(II)	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
55	56	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb(IV) Pb(II)	Bi	Po	At	Rn	
87	88	#	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	110									
		* lanthanide	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
		# actinide	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Fig. 2 The periodic table showing those metals classified as: Class A: hard metals (darkest gray); Class B: soft metals (lightest gray); and borderline: intermediate metals (intermediate gray). N.B.: Copper may be either Class B or borderline depending upon whether it is Cu(I) or Cu(II), respectively; lead may be either Class B or borderline depending upon whether it is Pb(II) or Pb(IV), respectively; and iron may be either Class A or borderline depending upon it is Fe(III) or Fe(II), respectively.

# A. a B. třídy kovů

**Table 4** Class A and Class B metals [63].

---

*Class A (hard) metals*

Lewis acids (electron acceptors) of small size and low polarizability (deformability of the electron sheath or hardness)

Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, Fe(III), Rb, Sr, Y, Zr, Cs, Ba, La, Hf, Fr, Ra, Ac, Th.

*Class B (soft) metals*

Lewis acids (electron acceptors) of large size and high polarizability (softness)

Cu(I), Pd, Ag, Cd, Ir, Pt, Au, Hg, Ti, Pb(II).

*Borderline (intermediate) metals*

V, Cr, Mn, Fe(II), Co, Ni, Cu(II), Zn, Rh, Pb(IV), Sn.

---

# Potenciálně toxické kovy (TK)

- As, Be, Cd, Co, Cr, Cu
- Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb
- Sb, Sc, Se, Ti, Tl, V, Zn

A1

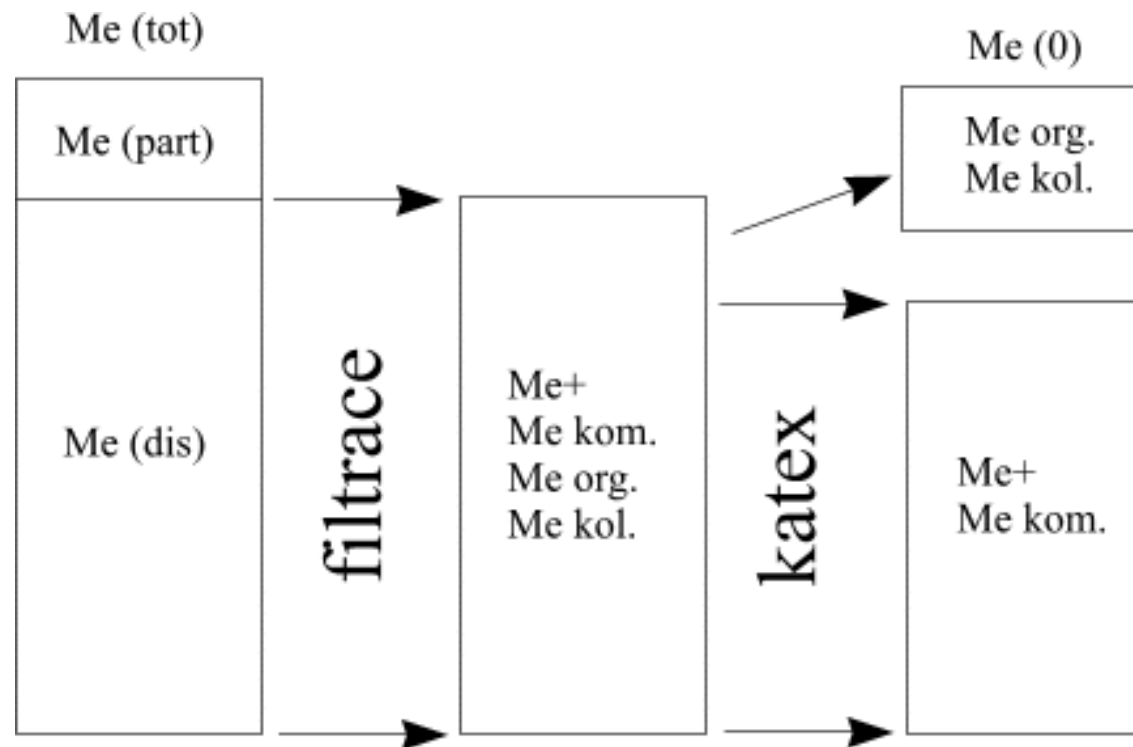
FREDERIC R. SIEGEL  
ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY OF POTENTIALLY TOXIC METALS  
Springer, 218 pp, 2002.

# Faktory řídící dopad TK na ŽP

- chemické parametry látky – daného kovu
  - Rozpustnost Fe, Mn...
  - Koncentrace
  - Speciace viz dále...



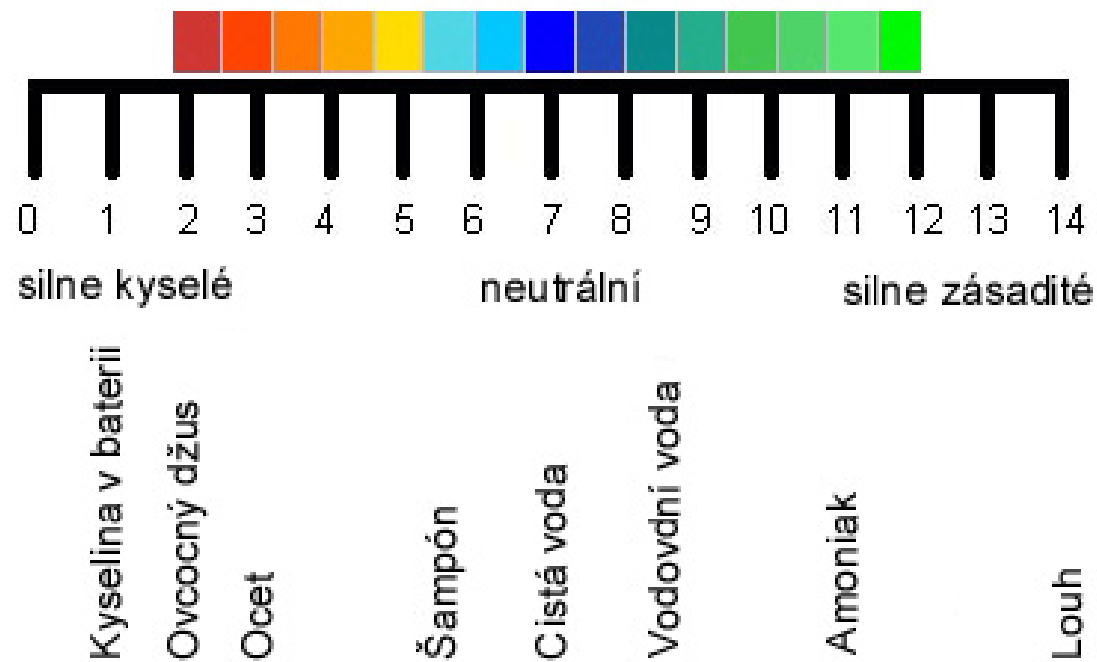
# Speciace kovů ve vodním prostředí



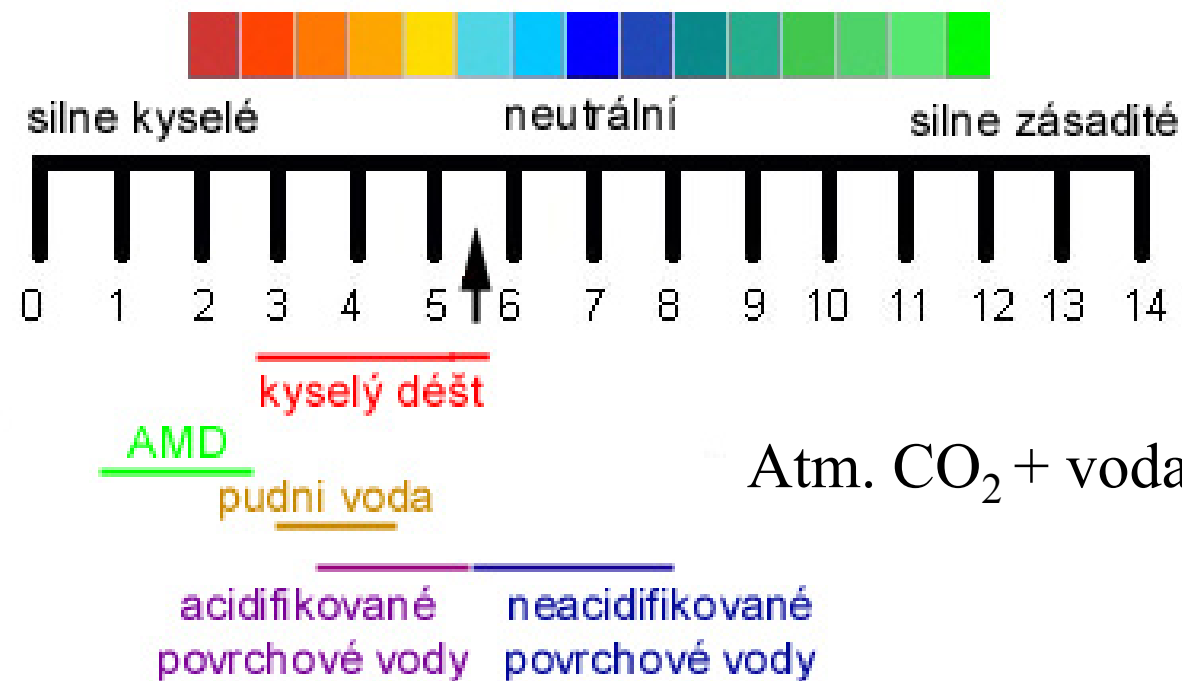
# Parametry prostředí řídící účinkování TK v ŽP

- fyzikálně-chemické parametry prostředí
  - pH
  - redox potenciál
  - teplota
  - BSK
  - salinita
  - velikost částic
  - mineralogie
  - sorpce
  - bioakumulace

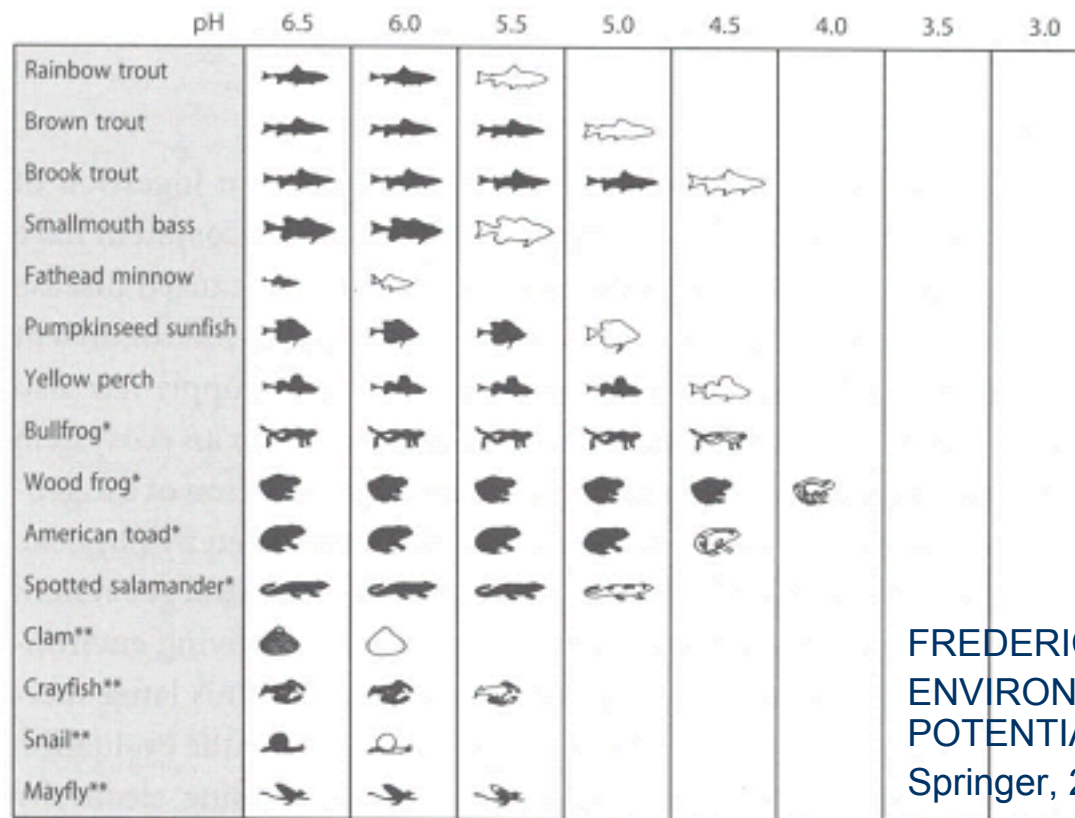
# pH



# pH prostředí



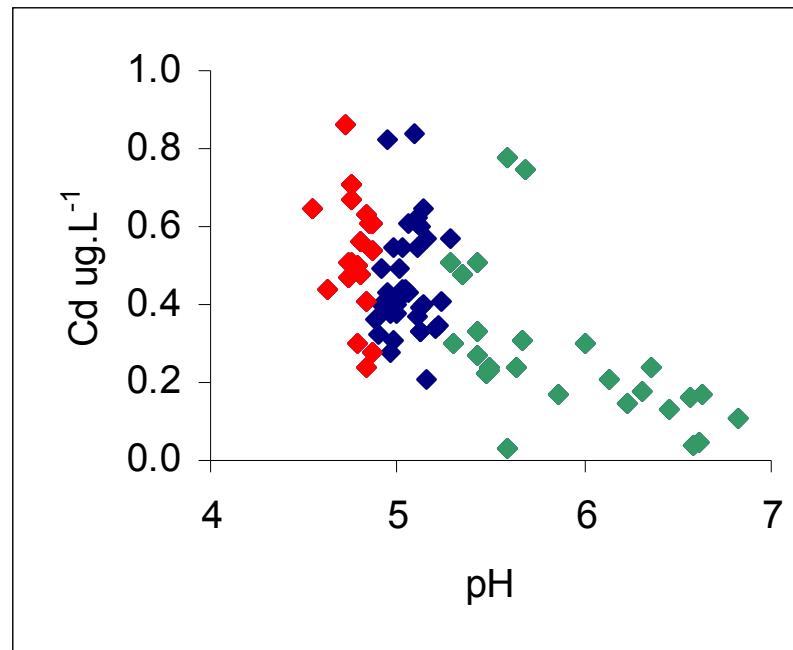
# Efekt pH na život



\* Embryonic life stage

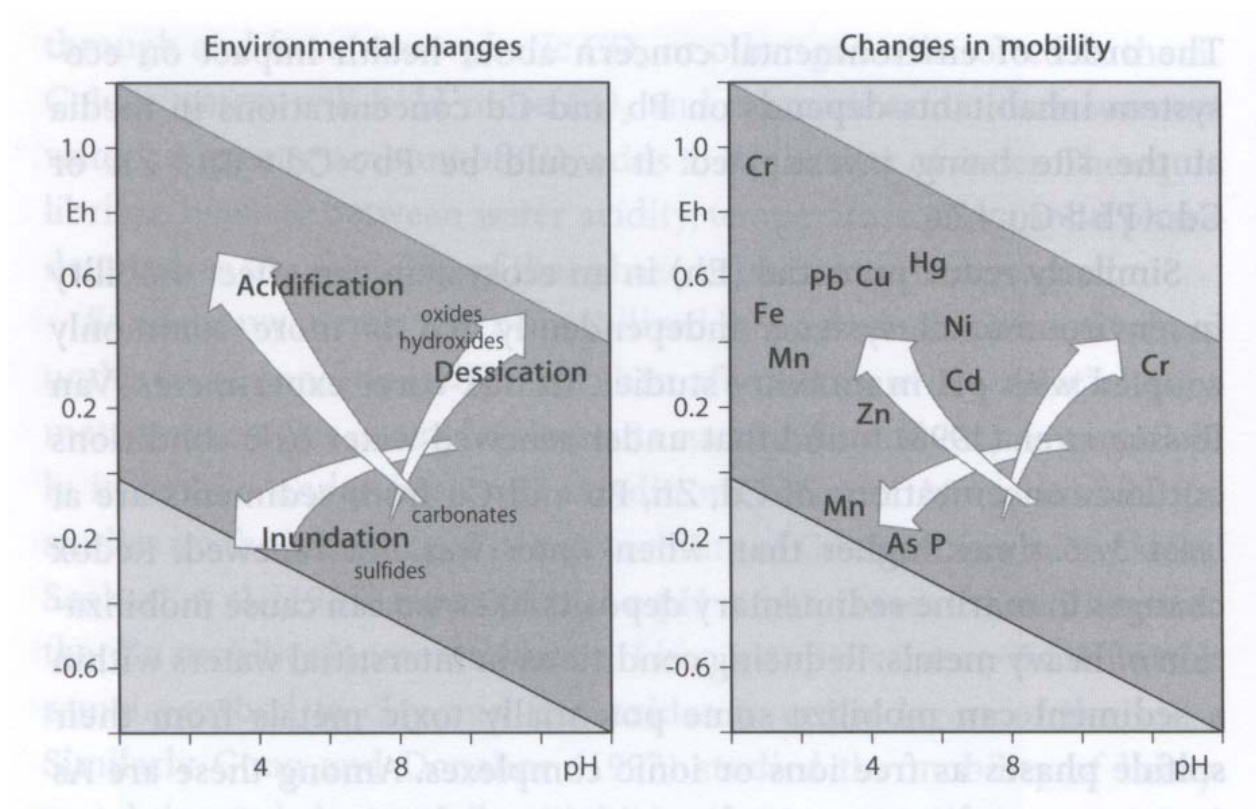
FREDERIC R. SIEGEL  
ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY OF  
POTENTIALLY TOXIC METALS  
Springer, 218 pp. 2002.

## Příklad = Změna mobility Cd

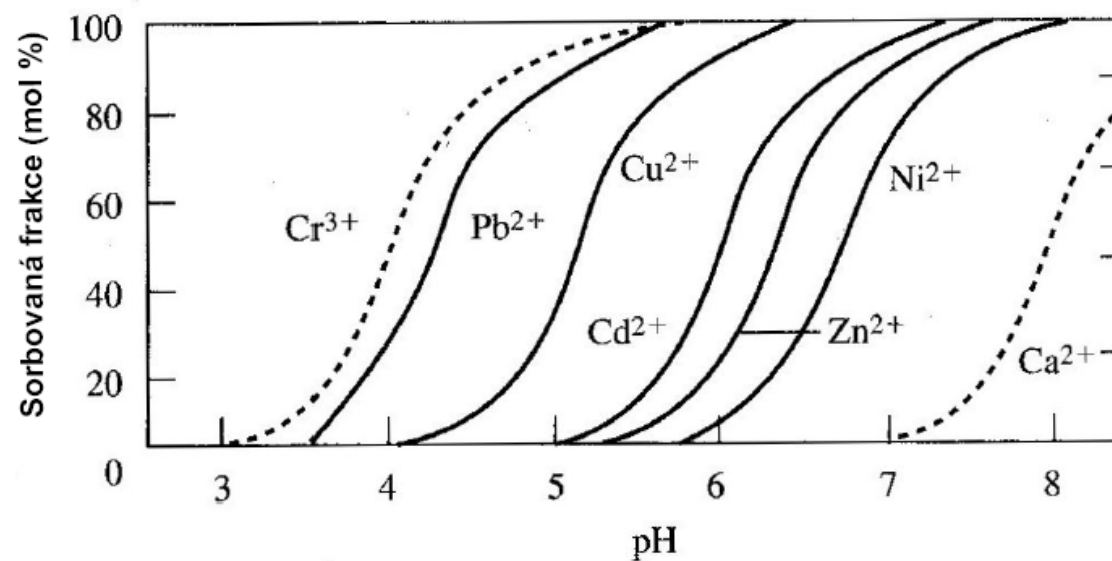


- koncentrace Cd při různých hodnotách pH
- povrchová voda povodí Lesní potok ČR

# Redox potenciál



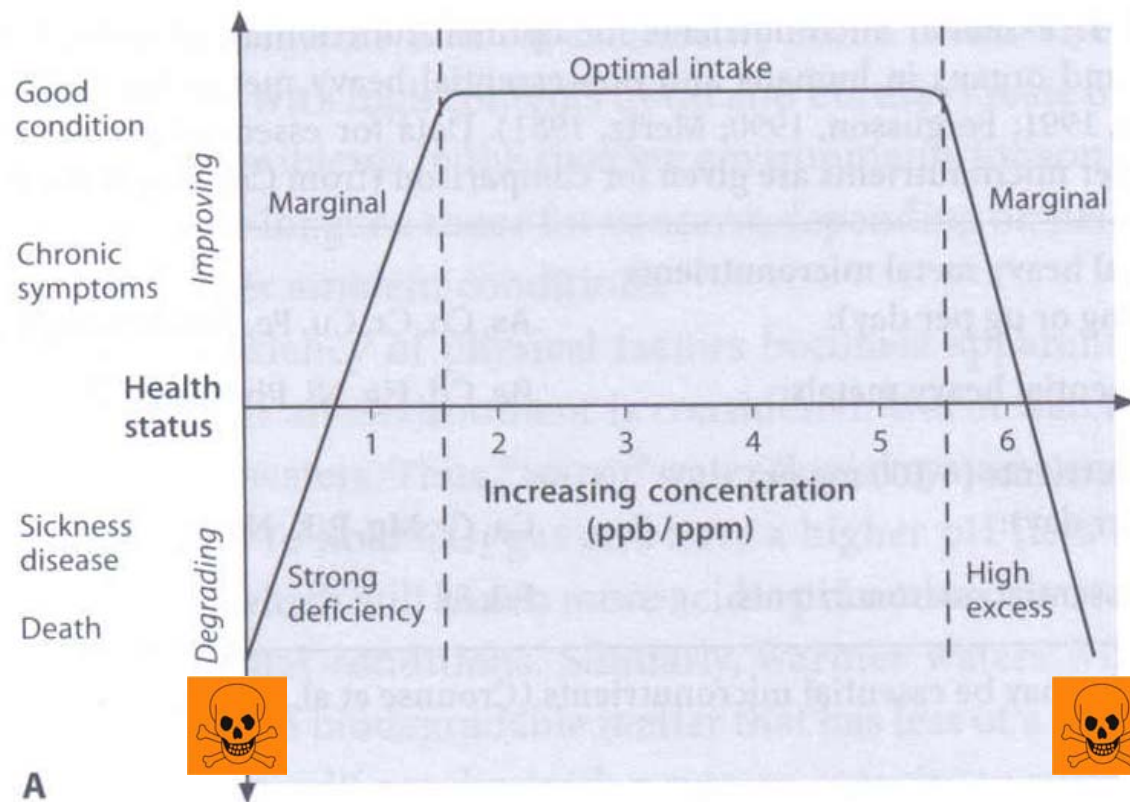
# Sorpce



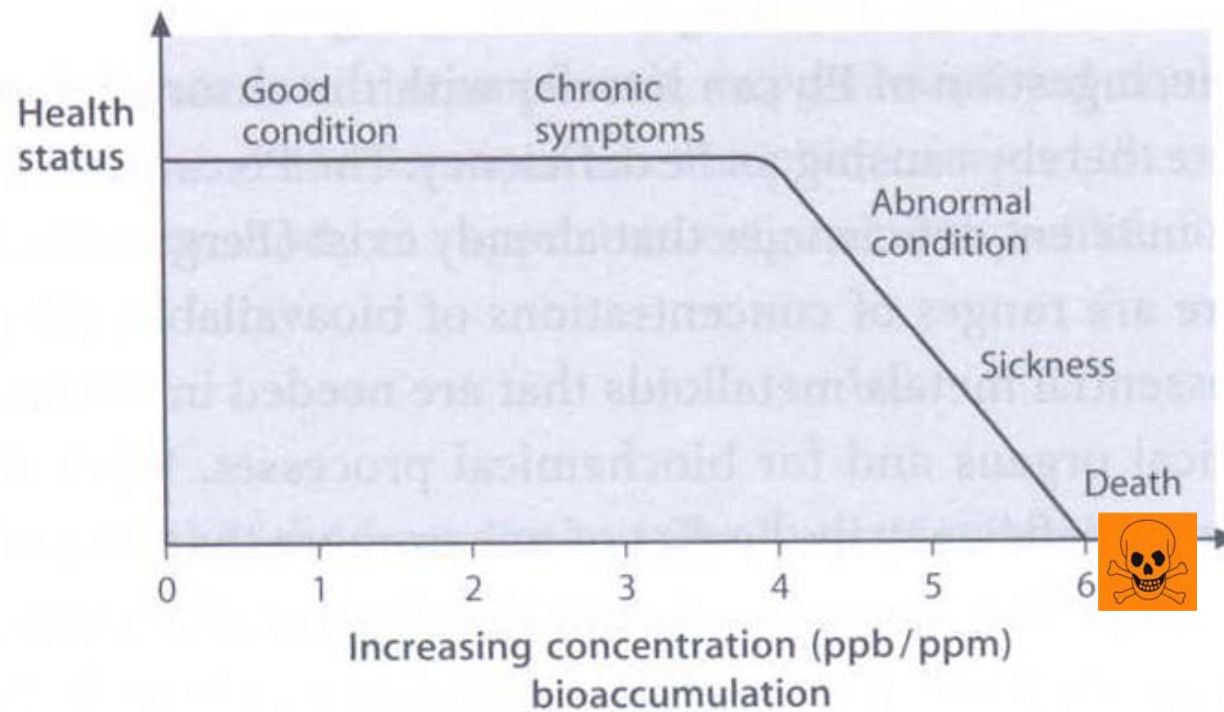
- kationty - sorpce při vysokém pH
- anionty – při nízkém pH



# Esencialita kovů – nutrienty



# Esencialita kovů – toxická látka



B

# Esencialita kovů

---

Essential heavy metal micronutrients  
(a few mg or  $\mu\text{g}$  per day):

As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn

Non-essential heavy metals:

Be, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti

Macronutrients (~ 100 mg or  
more per day):

Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S

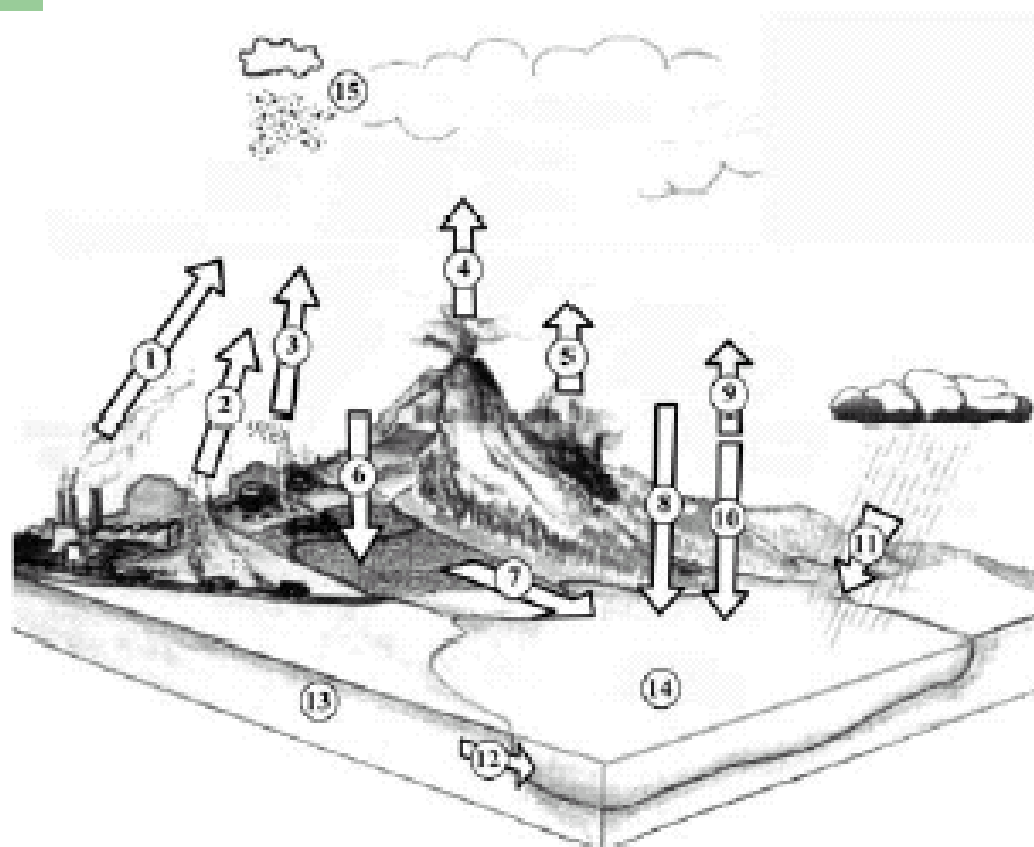
Other essential micronutrients:

F, I, Si

---

Ni and Sn may be essential micronutrients (Crounse et al., 1983).

# Zdroje a původ kovů



## Manmade Sources

1. Industrial emissions
2. Vehicular emissions
3. Domestic emissions

## Natural Sources

4. Volcanic eruptions
5. Forest fires

## Pathways

6. Ground deposition
7. Surface runoff
8. Dry deposition
9. Air/Water gas exchange
10. Air/Water gas exchange
11. Wet deposition
12. Groundwater, surface water runoff

## Reservoirs

13. Soil, bedrock
14. Water
15. Atmosphere (gases, particles etc.)

NAVRÁTIL T., MINAŘÍK L.

TRACE ELEMENTS AND CONTAMINANTS, 2002.

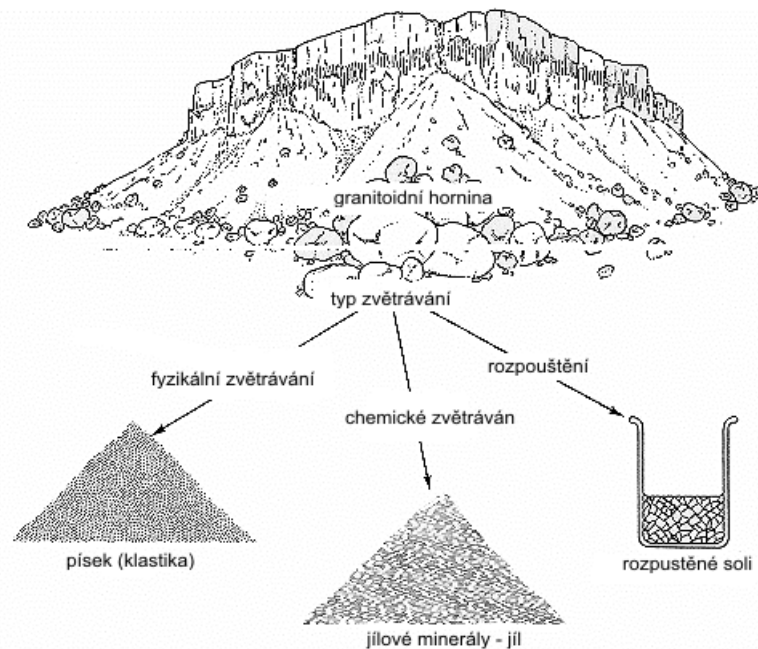
in Earth's System: History and Natural Variability, edited by CILEK V., SMITH R.H., in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).

# Horniny

- Vyvřelé horniny = např. ultrabazické horniny  
Cr, Co, Ni...
- Sedimentární horniny = např. břidlice, jíly  
As, Pb, Zn, Sn...
- Metamorfní horniny

# Zvětrávání

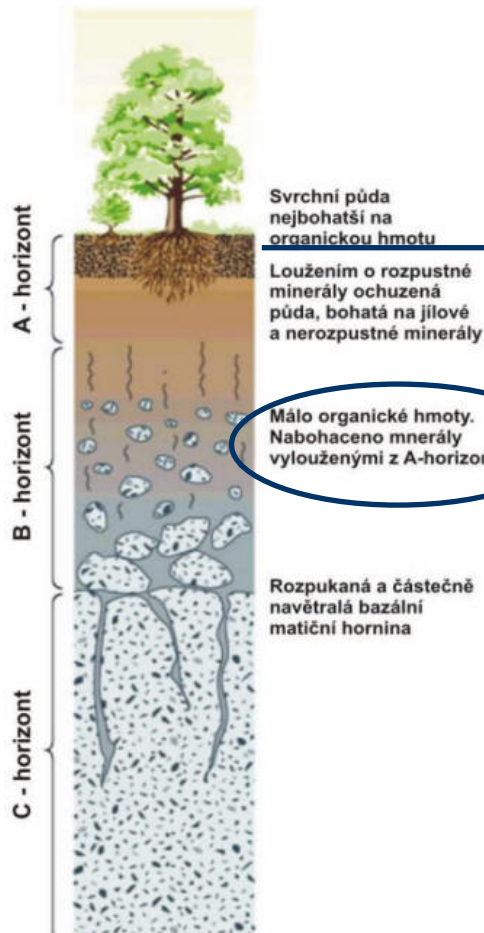
- desintegrace a rozpad původní horniny



- rozpustné minerály – prvky do roztoku → podzemních vod....

- nerozpustné minerály – rozklad na částice

# Zvětrávání a půdy



Svrchní půda  
nejbohatší na  
organickou hmotu

organický

Loužením o rozpustné  
minerály ochuzená  
půda, bohatá na jílové  
a nerozpustné minerály

minerální

Málo organické hmoty.  
Nabohaceno mnerály  
vylouženými z A-horizontu

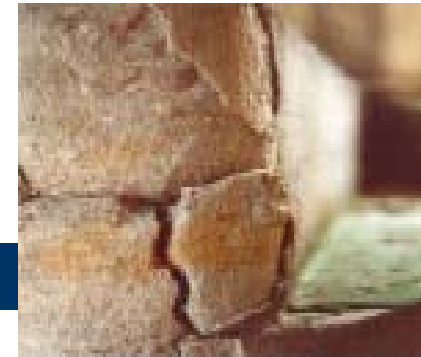
**B** .... bohatý na jílové minerály  
a Fe oxidy → adsorpce →  
koncentrace TK

Rozpukaná a částečně  
navětralá bazální  
matiční hornina

# TK v atmosféře

## Přírodní zdroje

- zvětrávání
- vulkanismus (exhalace)
- lesní požáry
- mořský sprej
- .....







# TK v atmosféře - antropogenní zdroje

- těžba, důlní aktivity
- emise ze spalování
- tekuté odpady
- pevné odpady

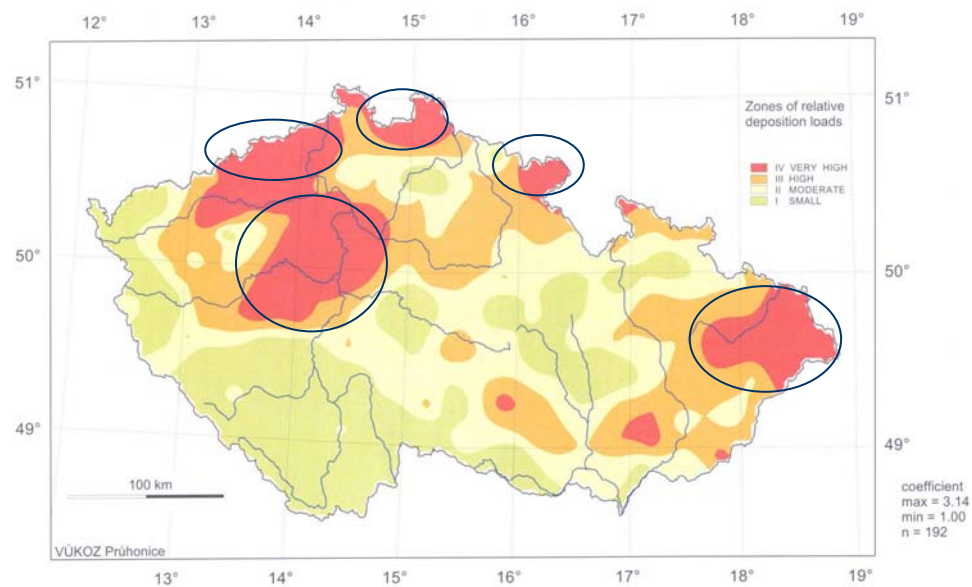


# Hlavní zdroje znečištění TK v ČR

- těžba a zpracování rud
- spalování fosilních paliv (tepelné elektrárny)
- průmysl (výroba cementu, skla, Cl+NaOH....)
- odpady (spalovny..)
- automobilová doprava
- zemědělství (pesticidy, hnojiva (např. fosfátová – Cd)

# TK humus

„hot spots“:



SUCHARA I, SUCHAROVÁ J  
DISTRIBUTION OF SULPHUR AND HEAVY METALS IN FOREST FLOOR HUMUS OF THE CZECH REPUBLIC  
Water, Air, Soil Pollut. 136: 289-316, 2002

Těžké kovy v ŽP - 2009

# Uhlí

The Clean Air Act Amendments (CAAA) of 1990 identified elements and their compounds commonly found in coal as potentially "pollutants" (HAPs). These elements are listed in the table below



Element		Concentration	Ranges (µg/g)
beryllium	Be	2	0.1-15
chromium	Cr	20	0.5-60
manganese	Mn	70	5-300
cobalt	Co	5	0.5-30
nickel	Ni	20	0.5-50
arsenic	As	10	0.5-80
selenium	Se	1	0.2-10
cadmium	Cd	0.5	0.1-3
antimony	Sb	1	0.05-10
mercury	Hg	0.1	0.02-1
lead	Pb	40	2-80

(ppm)	Svět	SHP
As	33	39
Cd	5.58	0.34
Cr	54.5	57.4
Cs	1.63	3.98
Cu	35	88
Pb	11	9.4
Sb	0.8	1.33
Th	3.3	3.96

• SHP => 45 miliónů tun ročně  
=> 1755 t As

BOUŠKA V., PEŠEK J.

QUALITY PARAMETERS OF LIGNITE OF THE NORTH BOHEMIAN BASIN IN THE CZECH REPUBLIC IN COMPARISON WITH THE WORLD AVERAGE LIGNITE

International Journal of Coal Geology, 40, 211–235, 1999.

Těžké kovy v ŽP - 2009

# Olovo

## – nejrozšířenější kontaminant (TK)

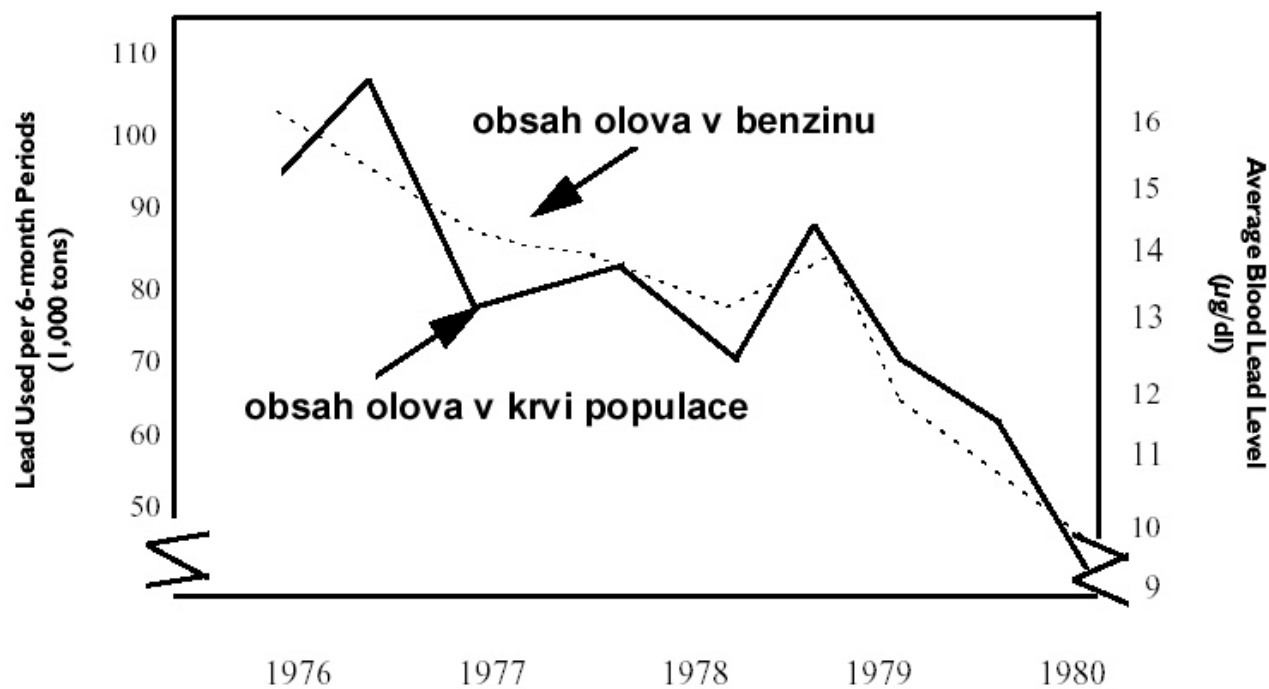
Table 12. Mean median values and possible scattering range (in brackets) of lead emissions to the atmosphere from different natural sources (After Nriagu, 1989).

Natural source	Lead emissions, 10 <sup>3</sup> ton/year
Wind-borne soil particles	3.9(0.1–7.5)
Seasalt spray	1.4(0.02–2.8)
Volcanoes	3.3(0.54–6.0)
Wild forest fires	1.9(0.06–3.8)
Biogenic particulates	1.3(0.02–2.5)
Continental volatiles	0.21(0.01–0.38)
Marine volatiles	0.24(0.02–0.45)
Total natural emission	12.0(9.7–23)

Table 13. The most important anthropogenic emission sources of lead to the atmosphere on the global level in 1983 (After Nriagu and Pacina, 1989).

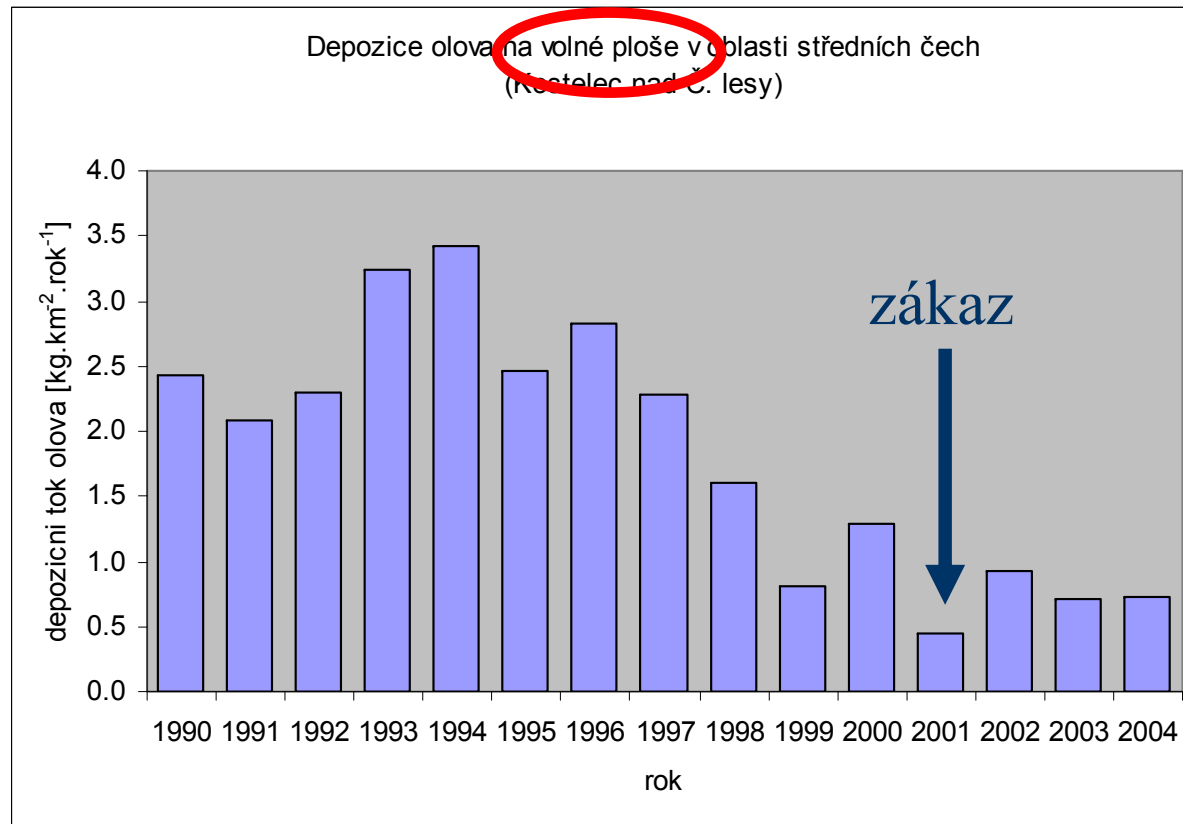
Source type	Lead emission flux, 10 <sup>3</sup> ton/year
Fossil fuel combustion	2.7–18.4
Wood burning	1.2–3.0
Metallurgical processes	31.1–80.8
Waste incineration	1.6–3.1
Mobile sources	248.0
Other human activities	4.0–19.6
Total — median value	332
— scattering range	288.7–376.0

# Olovo v ovzduší



Environmental Pollution Agency, USA, 1985.

# Depozice Pb v ČR



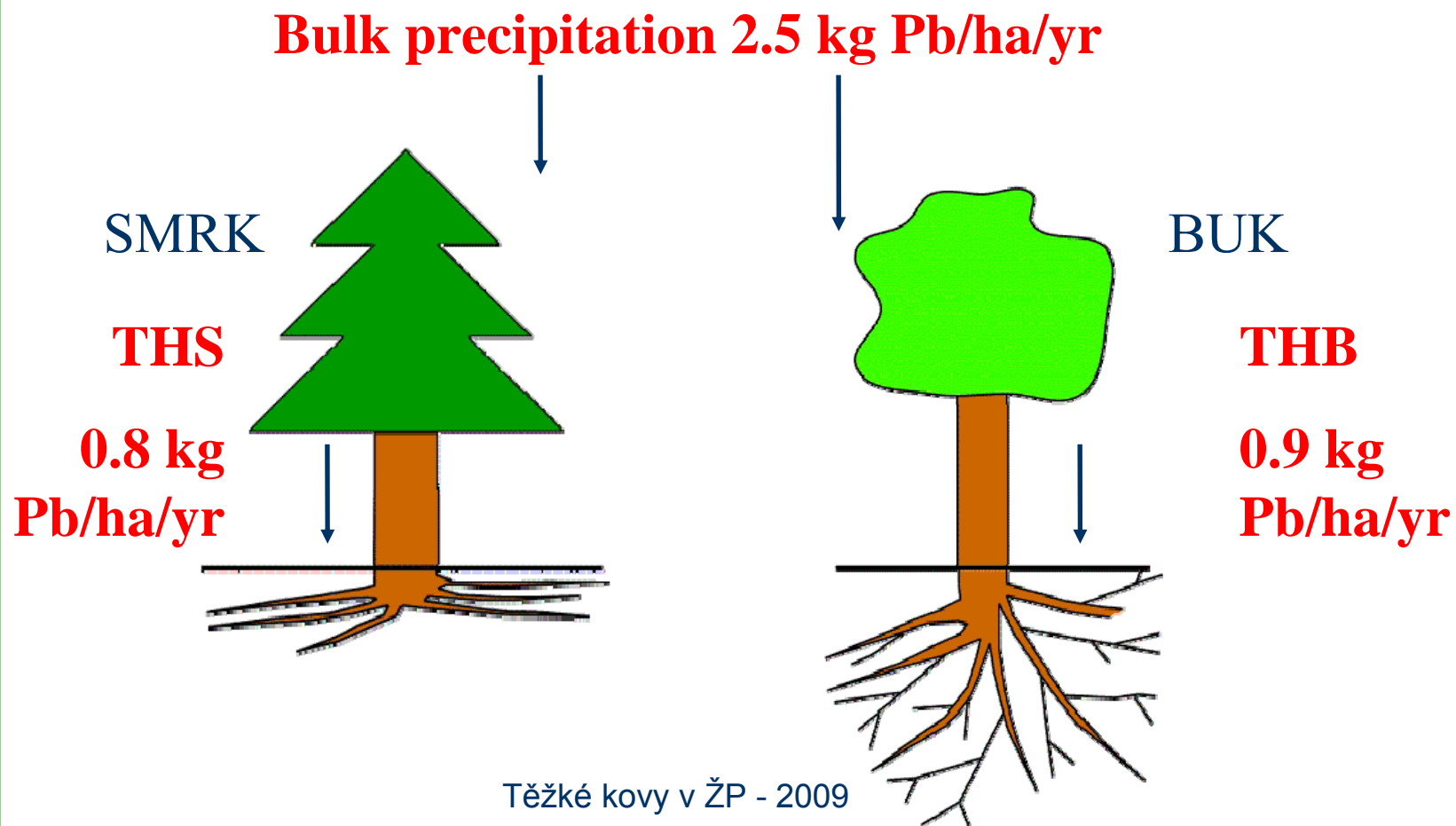


# Throughfall = podkorunové srážky

- původní složení srážek nad korunami stromů
- smytý atmosférický aerosol usazený na povrchu
- rozpouštěné plynné látky a jejich produkty zachycené adsorpcí na povrchu asimilačních orgánů
- vyloužené metabolické produkty vegetace z povrchu asimilačních orgánů
- celkový vzrůst koncentrace složek vlivem částečného odpařování vody v korunách stromů
- úbytek některých komponent v důsledku jejich vstřebání povrchem asimilačních orgánů



# Podkorunová depozice v ČR



# experimentální povodí

- přepad



# Půda



## Horizonty (ideální profil)

- O (organický)
- A (minerální)
- B (dtto)
- C (dtto)
  
- R (reziduální hornina)

FREDERIC R. SIEGEL

ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY OF  
POTENTIALLY TOXIC METALS

Springer, 218 pp. with 40 figures and 33 tables, 2002.

## TK v půdě

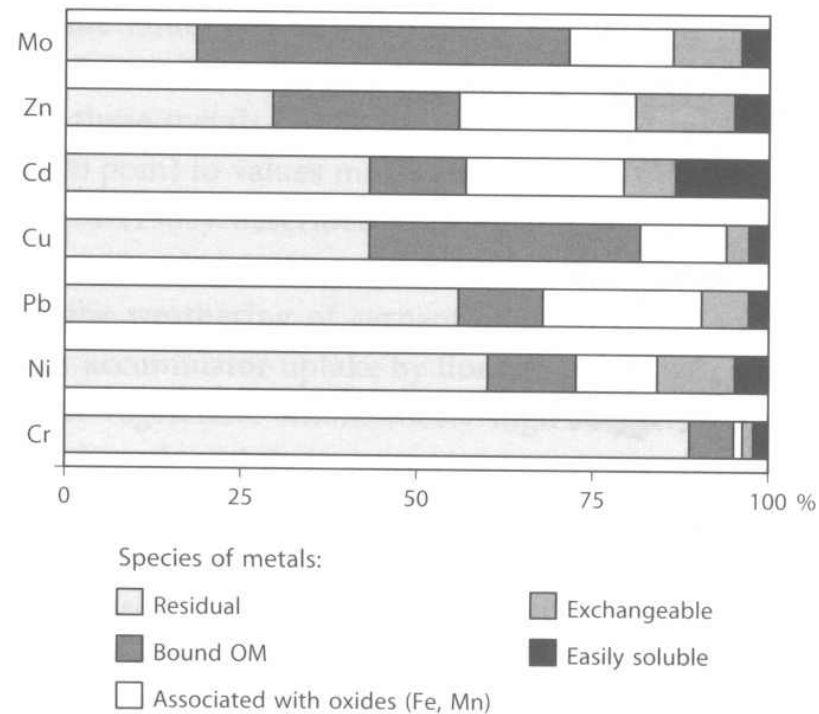


Fig. 6-3. Distribution of some potentially toxic metals in solid phases of soils in Poland (after Kabata-Pendias, 1993). Distributions in sediments are similar

# Profily půdou - koncentrace, extrakce

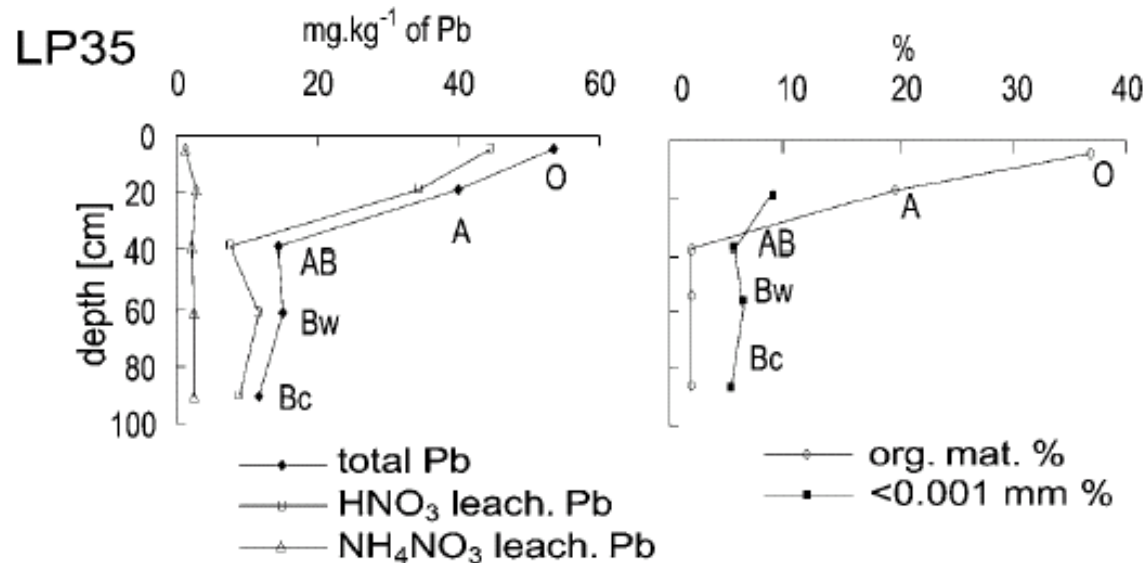
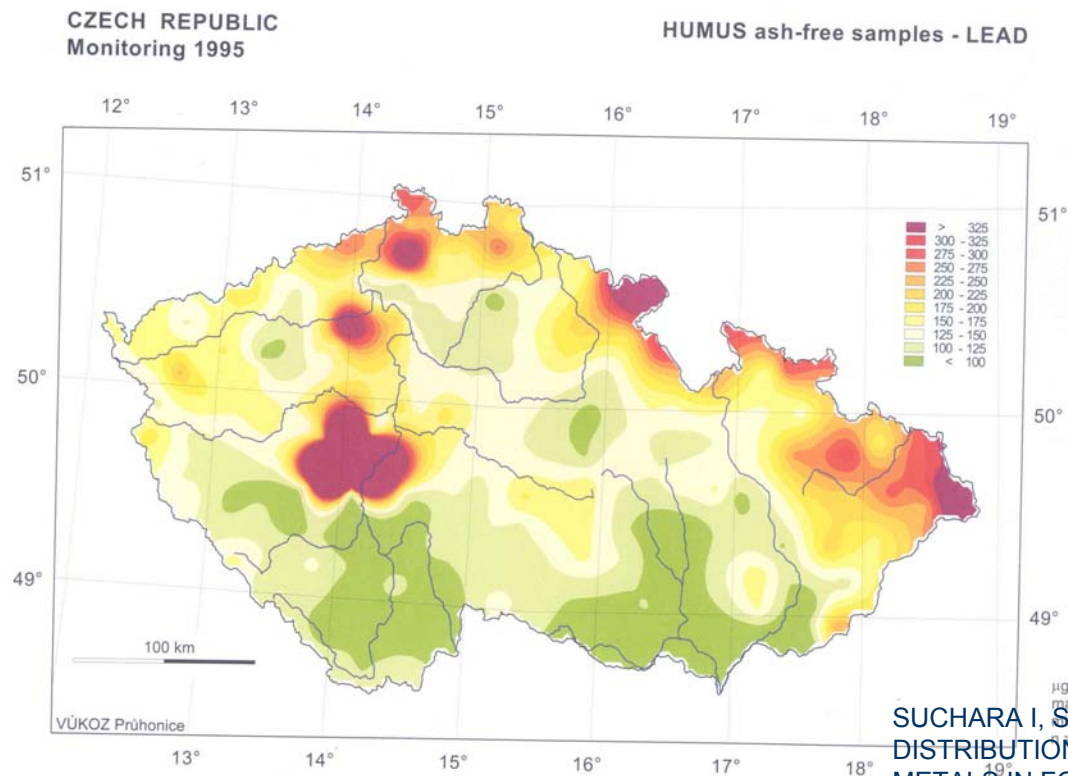


Figure 2. Data from two soil profiles at LP catchment: (left) – total and leachable Pb concentrations; (right) – content of organic material and finest particles (<0.001 mm).

NAVRÁTIL T, VACH M, SKŘIVAN P, MIHALJEVIČ M, DOBEŠOVÁ I  
DEPOSITION AND FATE OF LEAD IN A FORESTED LANDSCAPE  
LESNÍ POTOK, CENTRAL CZECH REPUBLIC

Water Air Soil Pollution: Focus 4, 2004.

# Humus – mapy isolinií



SUCHARA I, SUCHAROVA J  
DISTRIBUTION OF SULPHUR AND HEAVY  
METALS IN FOREST FLOOR HUMUS OF THE  
CZECH REPUBLIC  
Water, Air and Soil Pollution  
2002

# Mapy isolinií – ČR

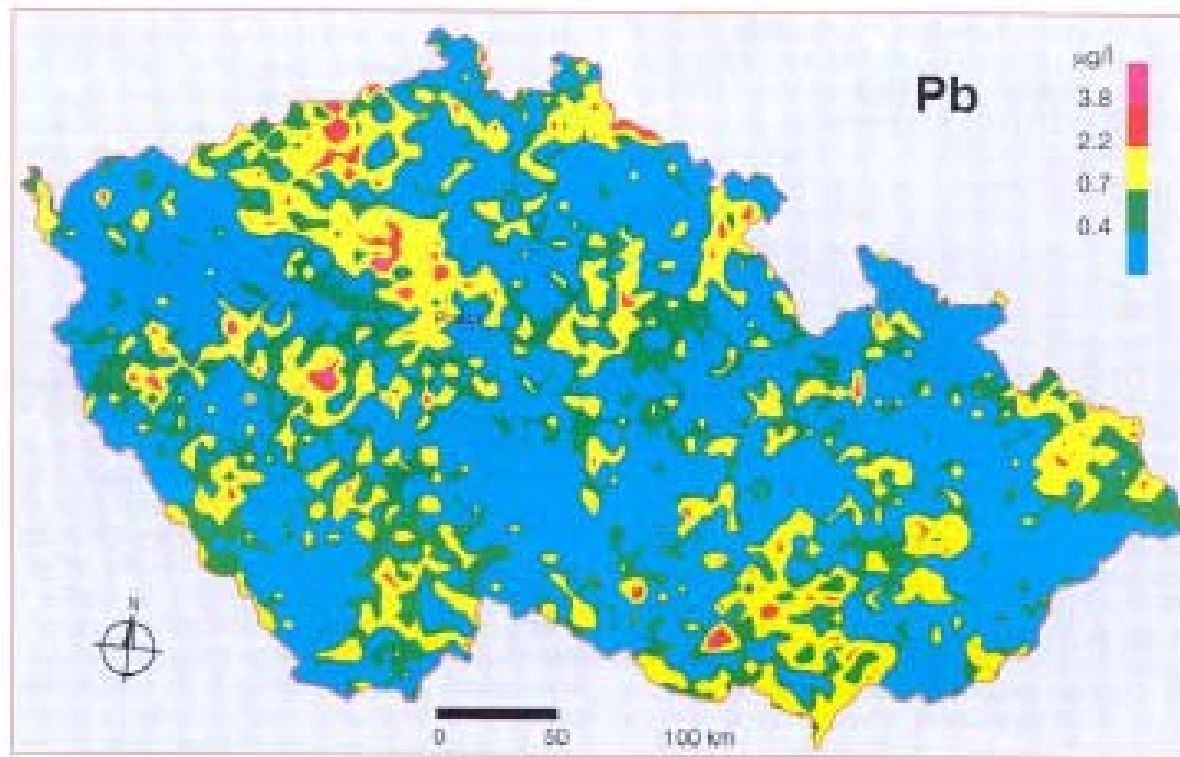


Fig. 8. Concentrations of lead in brooks of the Czech Republic.  
Contours separate territory with concentrations of Pb in grid below detection limits, at 75, 90 and 95 quantile.

# Mapy isolinií – ČR

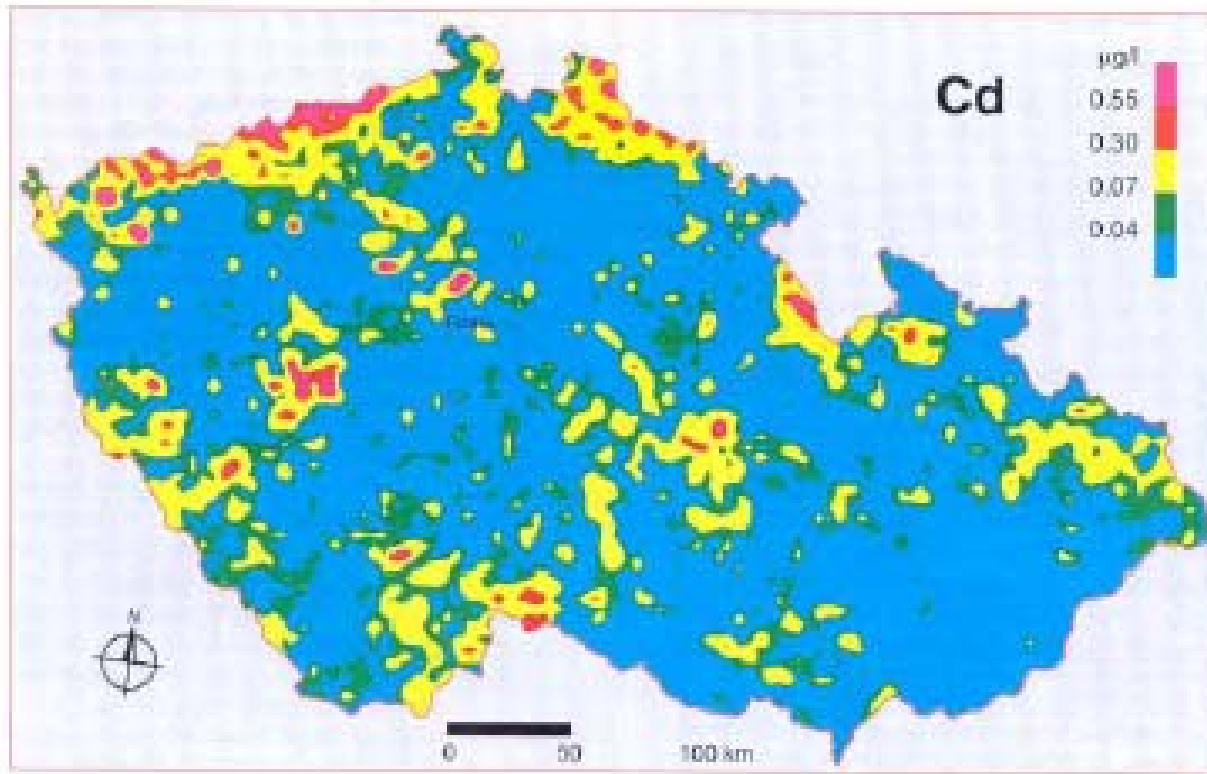


Fig. 7. Concentrations of cadmium in brooks of the Czech Republic.  
Contours separate territory with concentrations of Cd in grid below detection limit at 75, 90 and 95 quantile.



# Isolinie pH

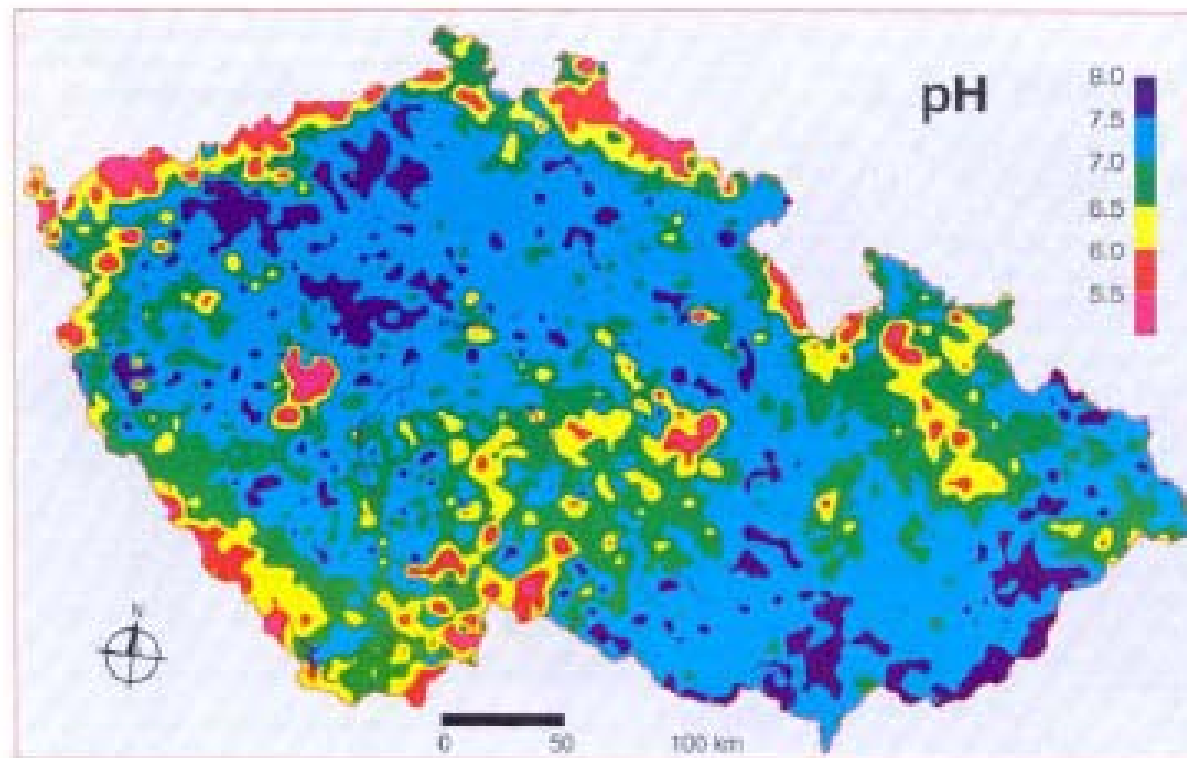
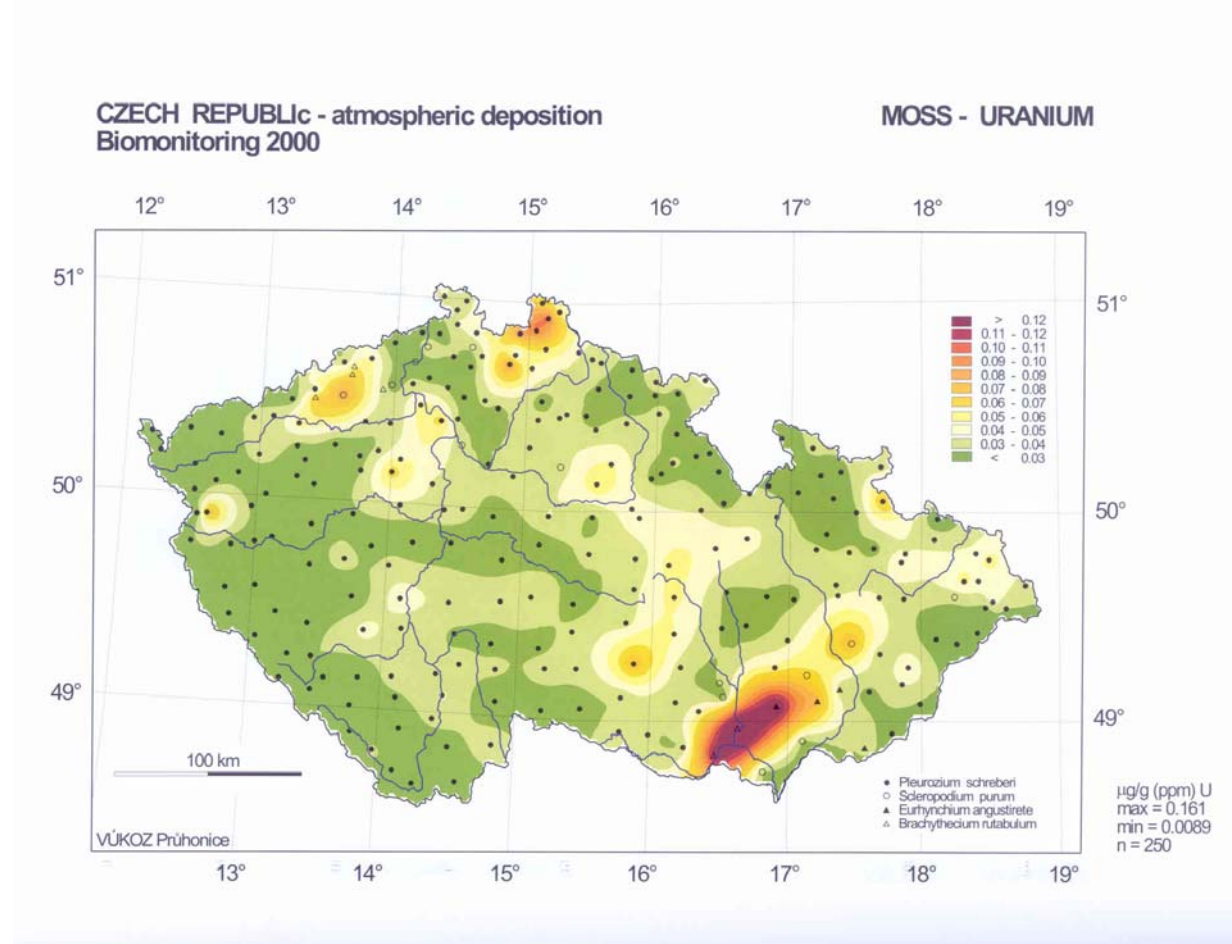


Fig. 4. The pH values in brooks of the Czech Republic

# Black box

# Mech – mapa isolinií

SUCHARA I, SUCHAROVA J  
DISTRIBUTION OF SULPHUR AND HEAVY  
METALS IN FOREST FLOOR HUMUS OF THE  
CZECH REPUBLIC  
Water, Air and Soil Pollution  
2002



# malá povodí

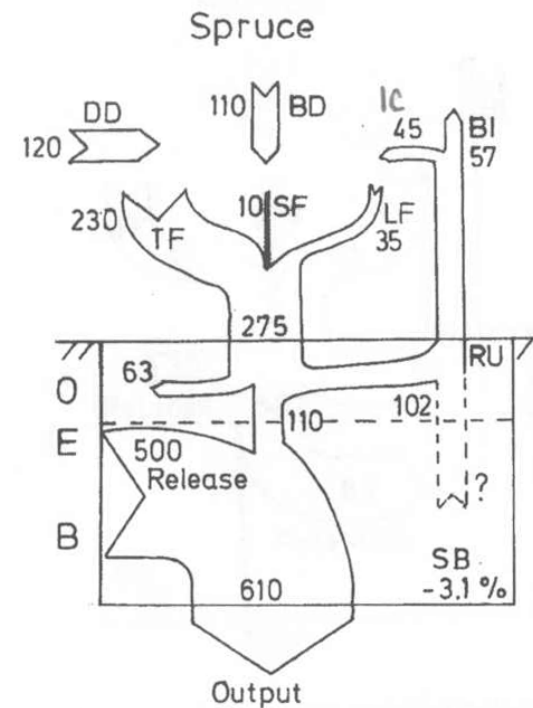
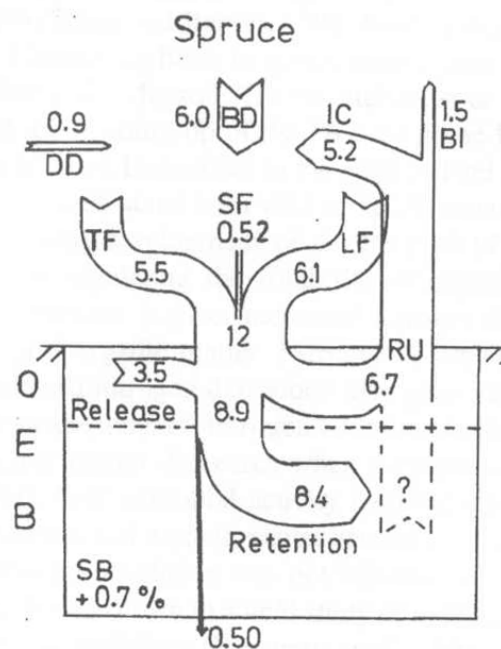


# Látkové toky

$$\text{vstupy} - \text{výstupy} = \text{net}$$

- vstupy - atmosférická depozice, zvětrávání, antropogenní ...
- výstupy – odtok, plynné emise z půdy, těžba...

# Rozdíly v látkových tocích



B. BERGKVIST

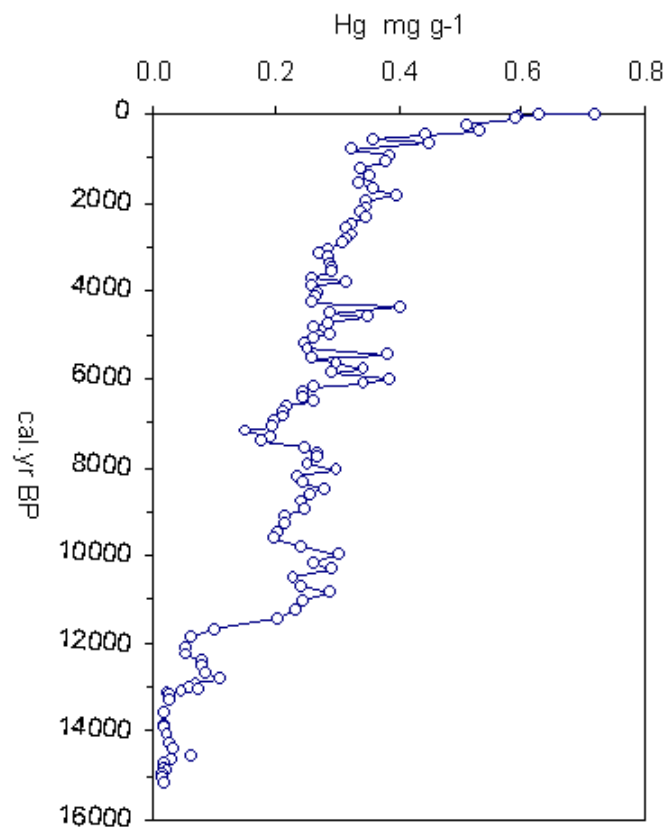
CHANGING OF LEAD AND CADMIUM POOLS OF SWEDISH FOREST SOILS

Water, Air, Soil and Pollution: Focus 1, Vol. 74, pp. 371-383, 2001.

# Geochemické archivy

- profily v ledu
- sedimentech
- rašelině
- letokruhy dřevin
- zarostlé kapsy kůry
- ...

# Archivy – jezerní sedimenty

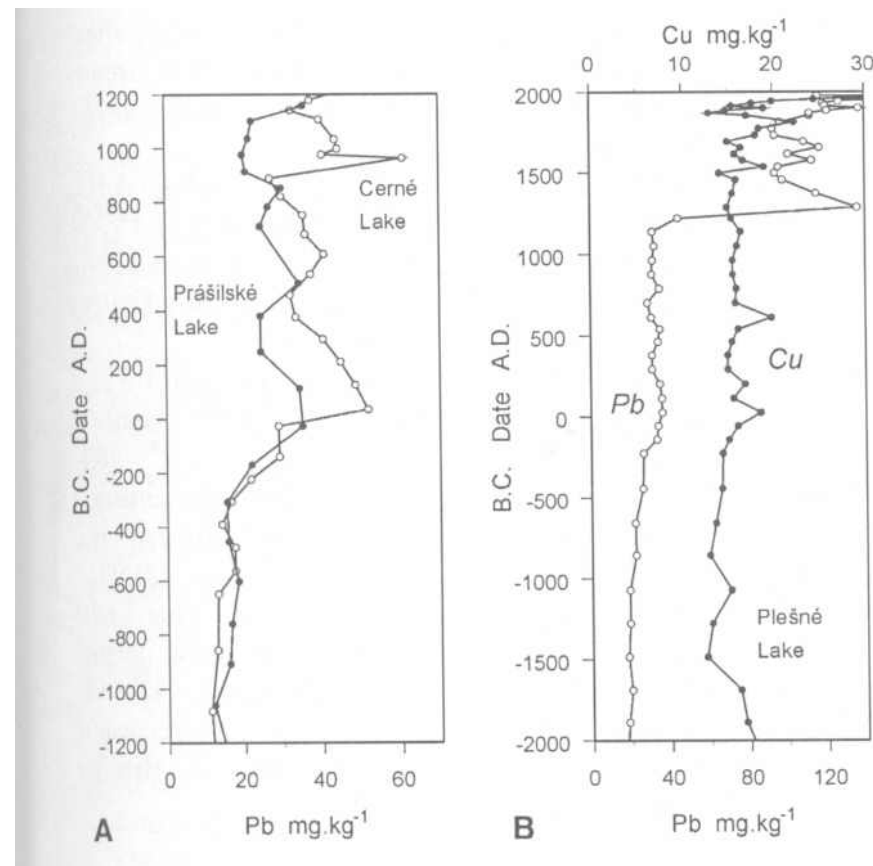


Šumavská jezera

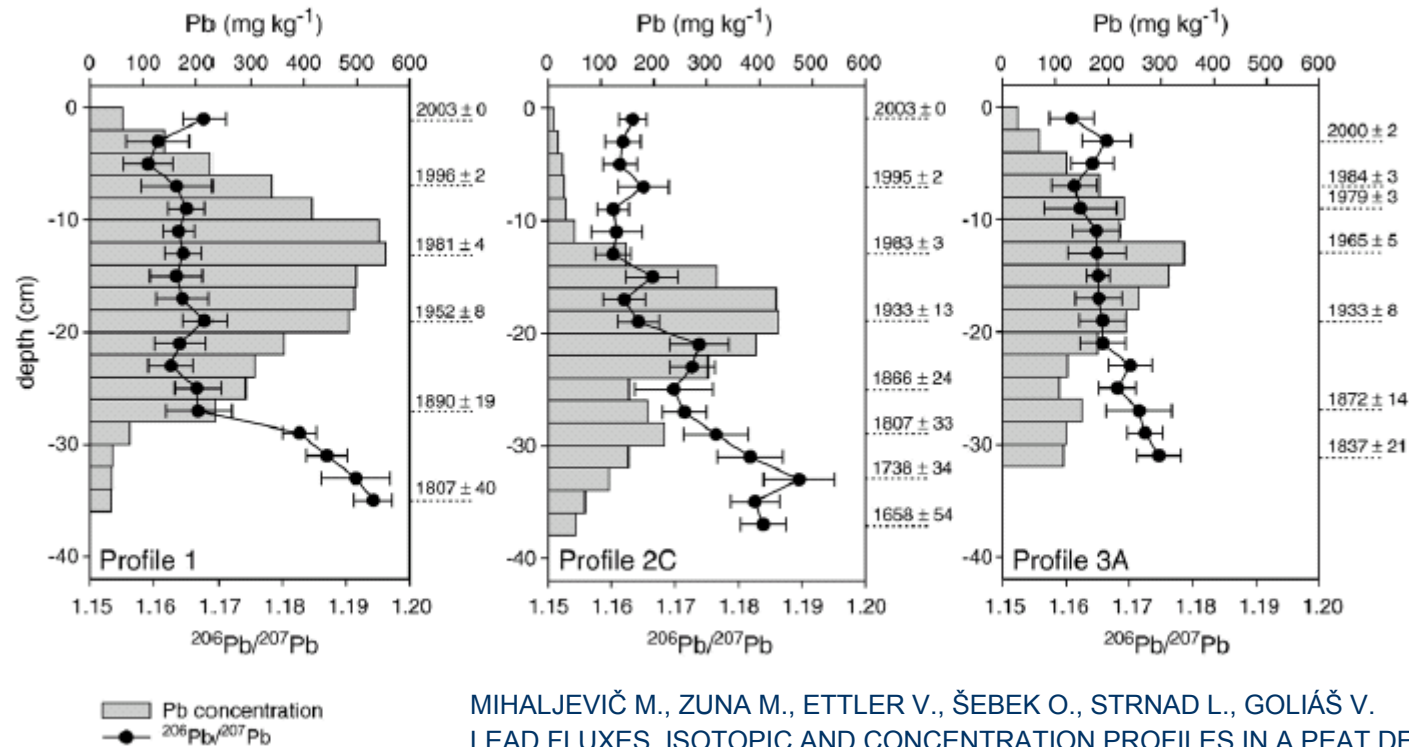
Josef Veselý  
ČGS



# Archivy – jezerní sedimenty



# Archivy – rašelinné profily

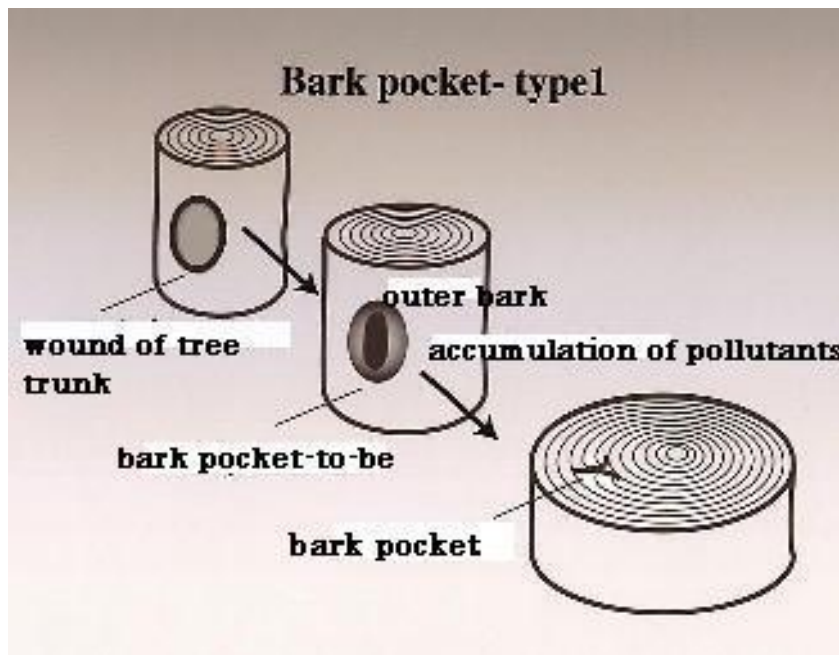


MIHALJEVIČ M., ZUNA M., ETTLER V., ŠEBEK O., STRNAD L., GOLIÁŠ V.  
LEAD FLUXES, ISOTOPIC AND CONCENTRATION PROFILES IN A PEAT DEPOSIT NEAR A LEAD SMELTER (PŘÍBRAM, CZECH REPUBLIC)  
Science of the Total Environment ??, 2006.

# Profily letokruhy dřevin



# Profily zarostlé kapsy - kůry



# vzorkování - půdy



.....

kopané sondy

# kopané sondy



## zpracování vzorků - půdy

- ⇒ sušení (lyofilizace)
- ⇒ sítování (2 mm)
- ⇒ homogenizace (kvartace, mletí)
- ⇒ rozklad vzorku ( $\text{HNO}_3$ , HF...dle typu vzorku)

# vzorkování - vody



povrchová voda  
podzemní voda  
srážky

...





# vzorkování – půdní vody

lysometry



O1 (2 cm)

Of (5 cm)

Oh (7cm)

# zpracování vzorků - voda

⇒ filtrace (0,45 $\mu$ m)

⇒ stabilizace (HNO<sub>3</sub>)

# analýza TK

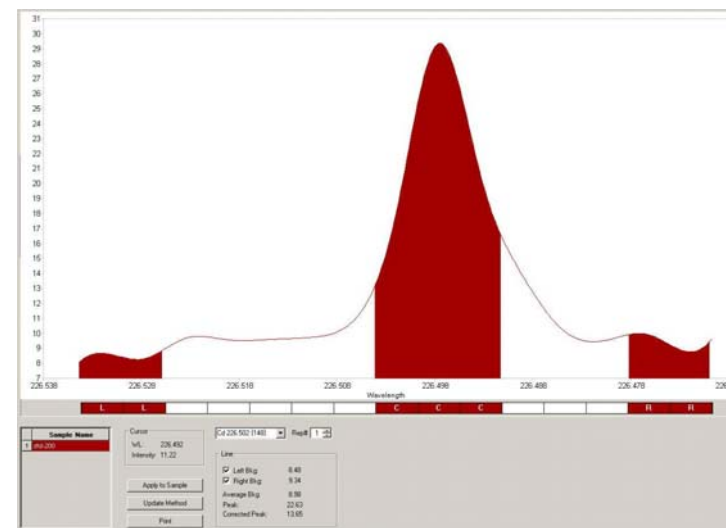
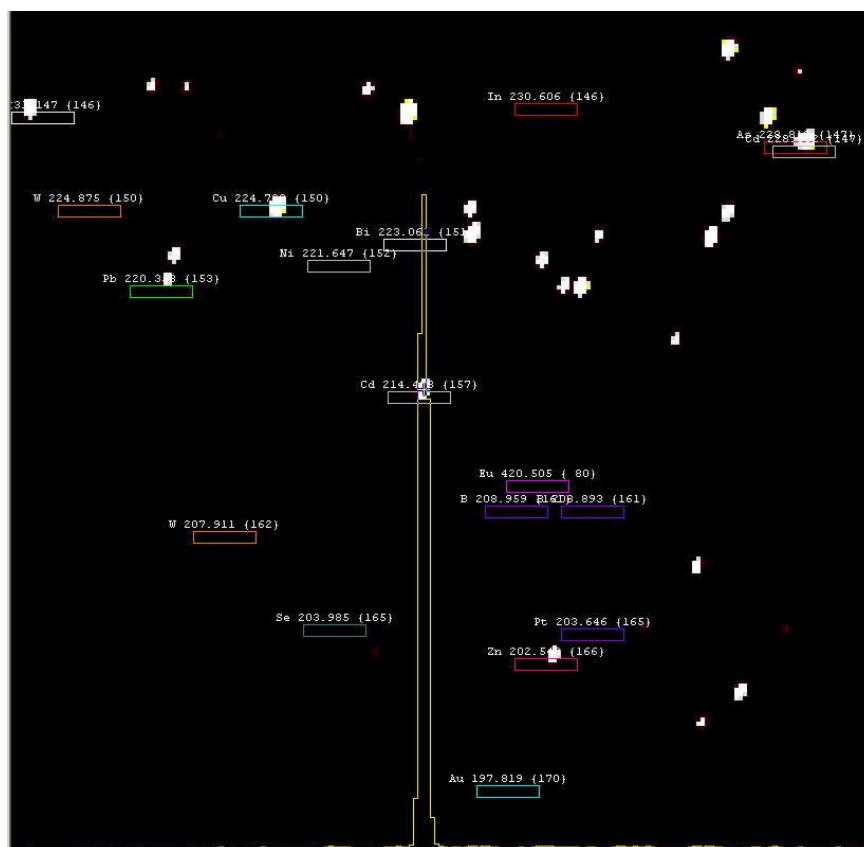
stopové množství ⇒

- AAS
- ICP-MS
- ICP-OES
- ....



CV-AAS (AMA-254)

# př. ICP-OES



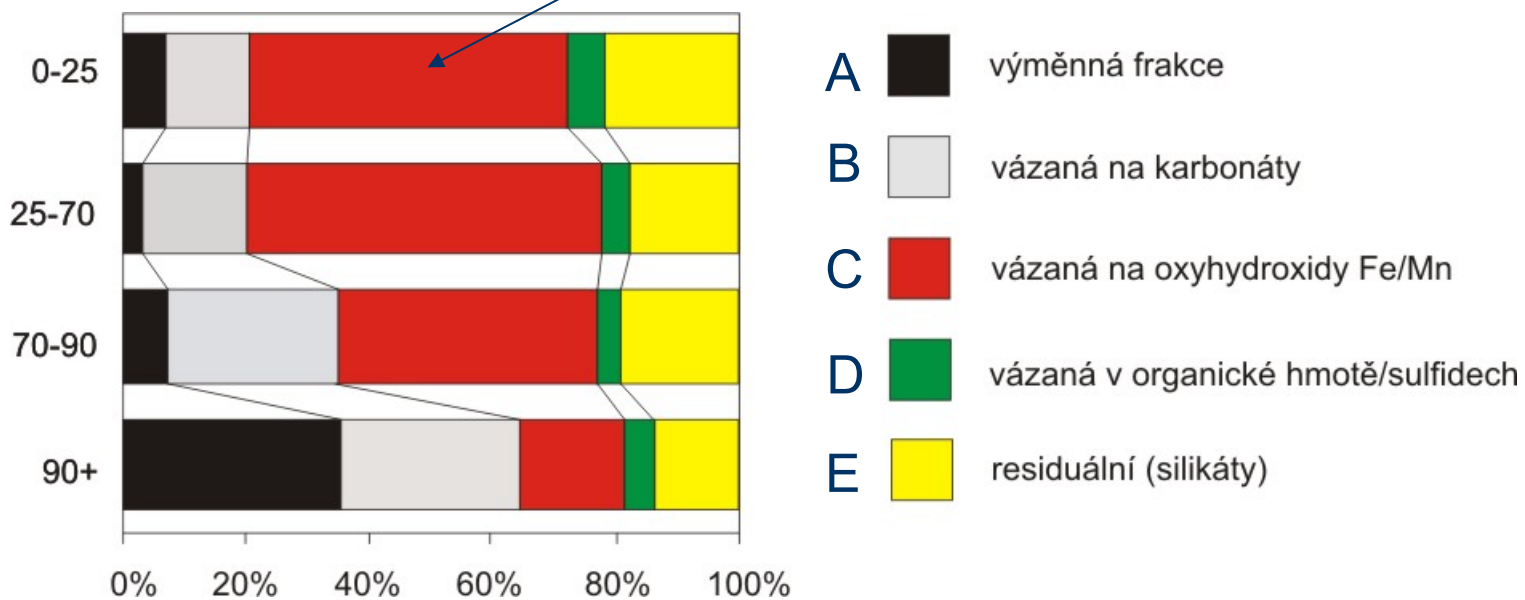
Těžké kovy v ŽP - 2009

# analýza - chemické formy TK

## sekvenční extrakce

(Tessier et. al., 1979)

preferenční vazba na  
oxyhydroxidy Fe/Mn

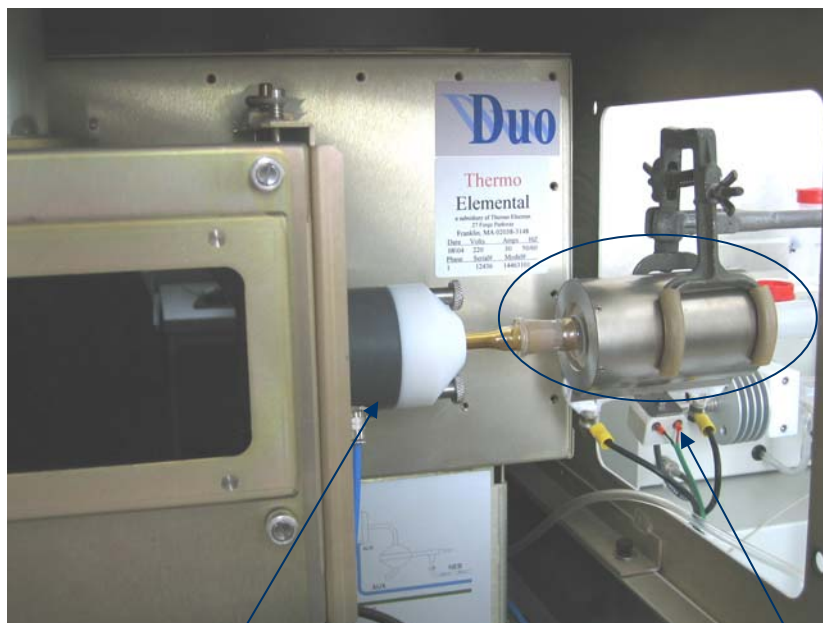


# mobilitní faktor (MF)

$$MF = (A+B) / (A+B+C+D+E)$$

# analýza - chemické formy Hg

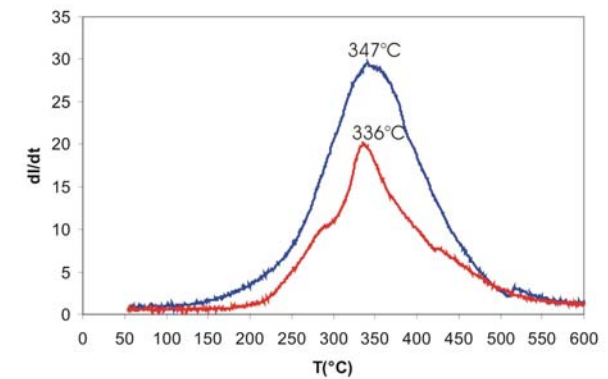
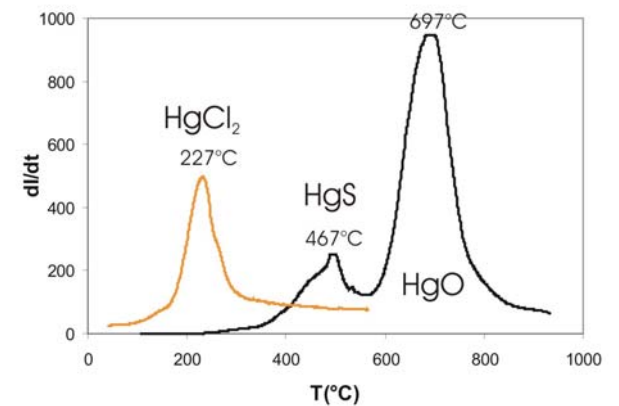
## termo-desorpční analýza



ICP-OES

pyrolyzní pítka

Těžké kovy v ŽP - 2009

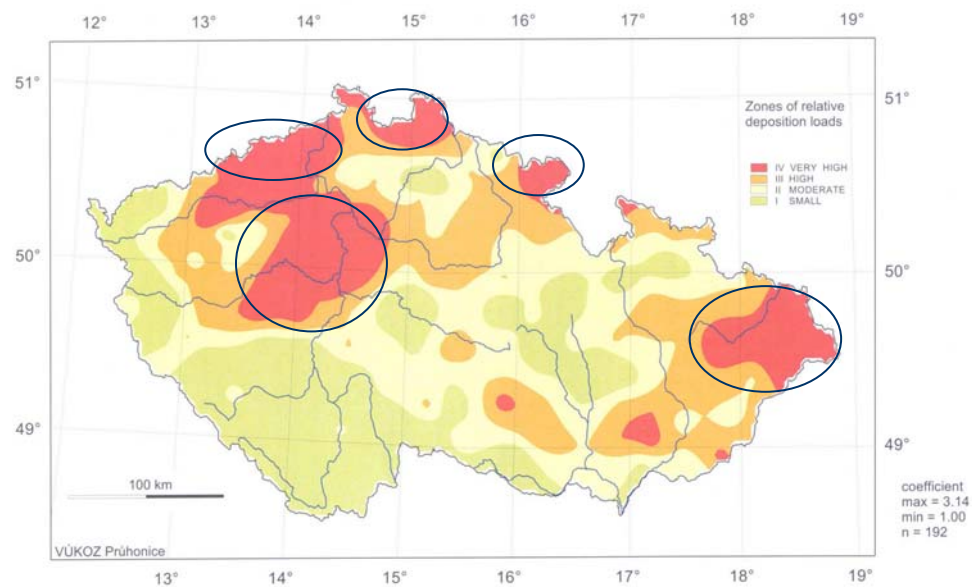


— kaolin

— montmorillonit

# TK humus

„hot spots“:



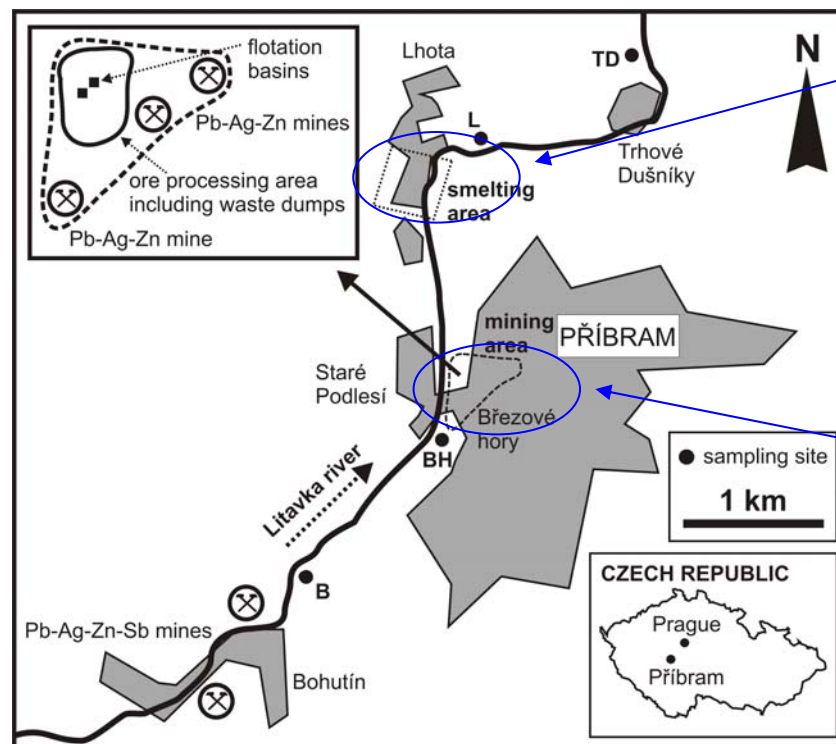
SUCHARA I, SUCHAROVÁ J  
DISTRIBUTION OF SULPHUR AND HEAVY METALS IN FOREST FLOOR HUMUS OF THE CZECH REPUBLIC  
Water, Air, Soil Pollut. 136: 289-316, 2002

Těžké kovy v ŽP - 2009



# 1. kontaminace po těžbě (Pb-Ag-Zn zrudnění)

## Příbram



Kovohutě Příbram a.s.  
1786 – 1972 zpracování Pb  
rud  
dnes - sekundární zpracování  
Pb akumulátorů

těžba Pb, Ag

# Příbram

Březové Hory



Kovohutě Příbram a.s.



## Pb – půdy

- porovnání lesní – zemědělské půdy

lesní půda  
35 300 mg.kg<sup>-1</sup>



zemědělská půda  
1 233 mg.kg<sup>-1</sup>



max. přístupné obsahy: 140 mg.g<sup>-1</sup> (výluh lučavkou, vyhláška MŽP)

ETTLER ET. AL.

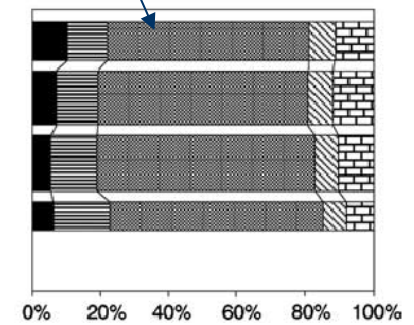
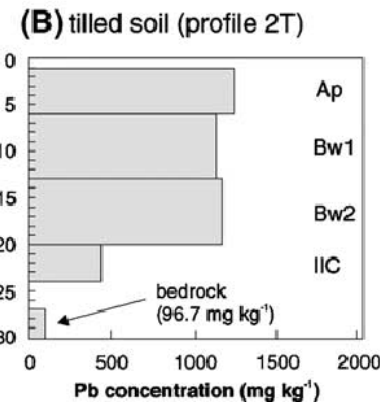
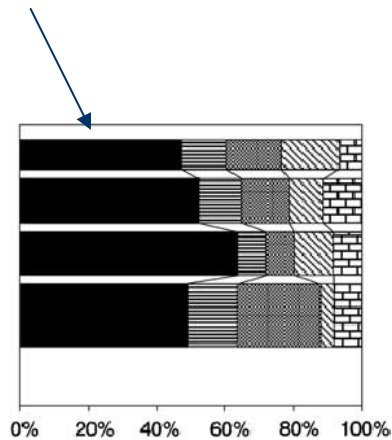
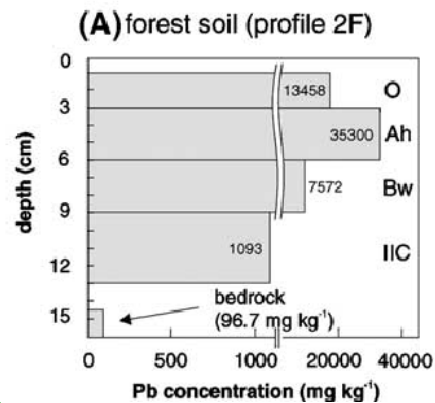
CONTRASTING LEAD SPECIATION IN FOREST AND TILLED SOILS HEAVILY POLLUTED BY LEAD METALLURGY  
Chemosphere 58(10): 1449-59, 2005

Těžké kovy v ŽP - 2009

# chemické formy Pb – sekvenční extrakce

výměnná + organická frakce

Fe-Mn oxidy

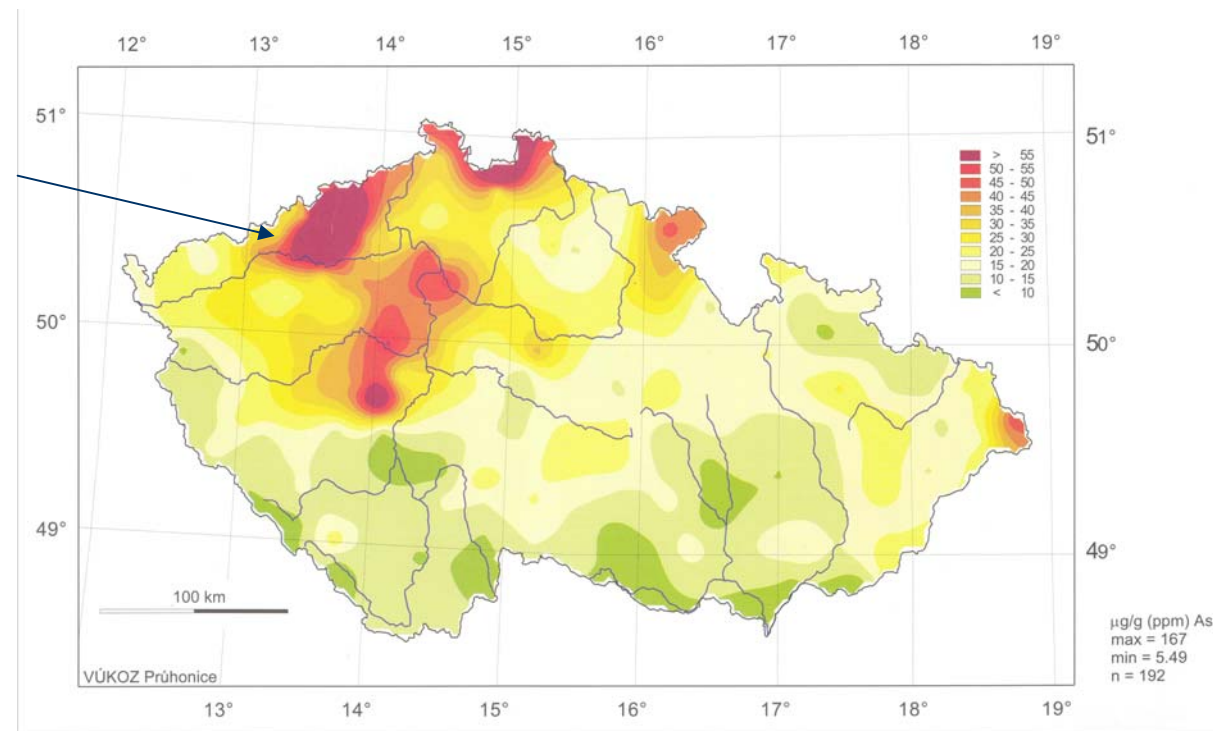


MF: lesní 72 %  
zemědělské půdy 30 %

- A - exchangeable (salt-displaceable)
- ▨ B - acid extractable (bound to carbonates)
- ▩ C - reducible (bound to Fe and Mn oxides)
- ▧ D - oxidisable (bound to organic matter)
- ▤ E - residual (bound to silicates)

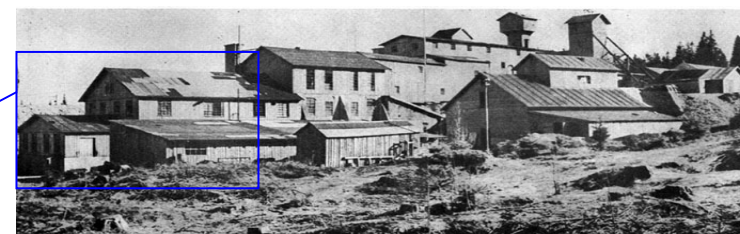
# Humus – mapy isolinií As

Přebuz



### 3. lokální kontaminace As po těžbě kasiteritu ( $\text{SnO}_2$ )

#### Přebuz (Krušné hory)



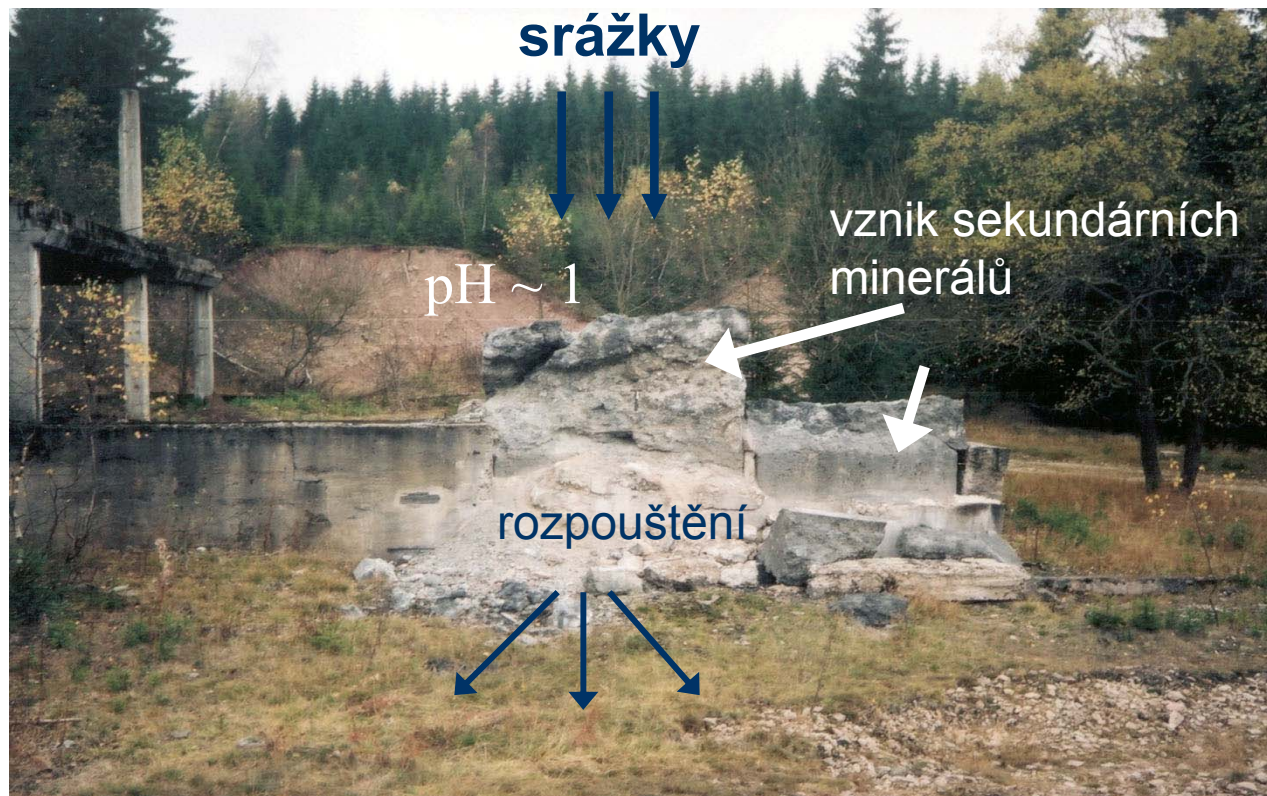
úpravna a sklad As koncentrátu (1948)

těžba a zpracování Sn a As  
(od 13.stol. - 1958)

koncentrát po úpravě rudy —  
65 wt % As

- zvětrávání sulfidických minerálů As  
arsenopyrit ( $\text{FeAsS}$ ) a löllingit ( $\text{FeAs}_2$ )
- příp. disperze As do okolí

toxicita As:  $\text{As}^{3+} > \text{As}^{5+} > \text{organické formy}$



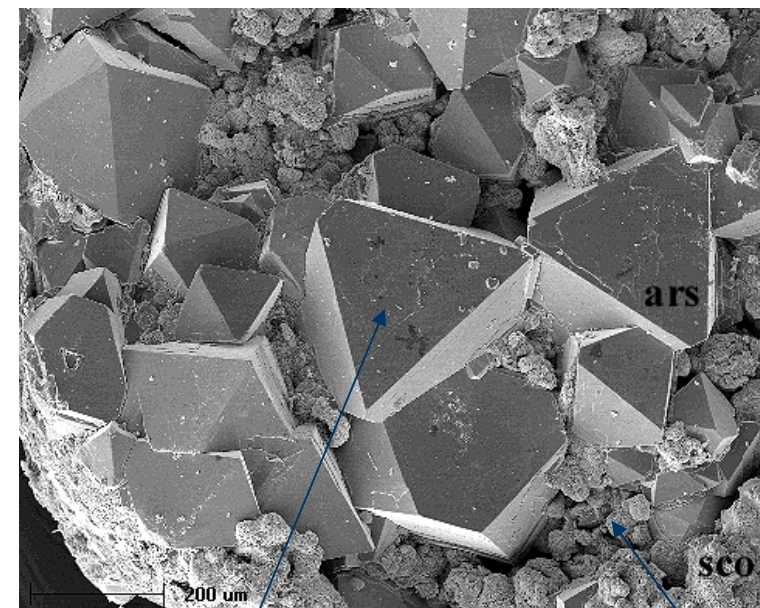
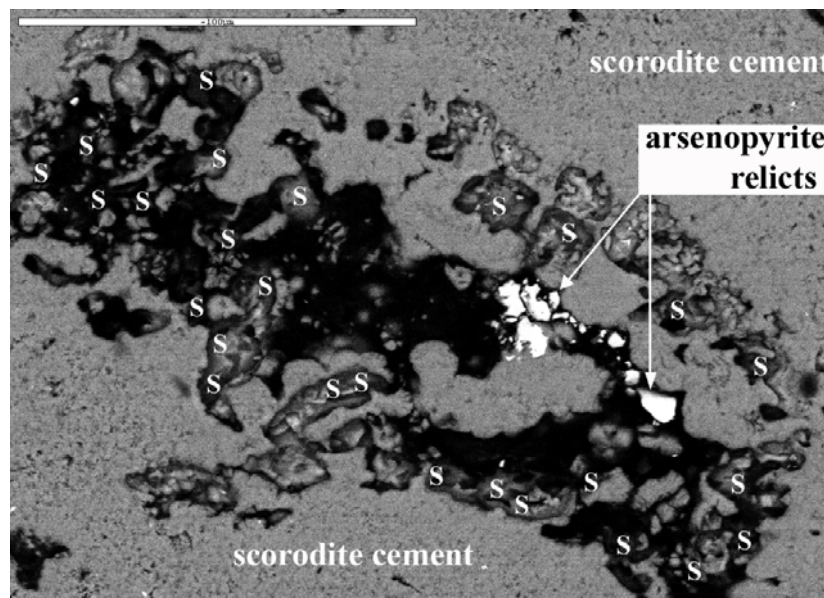
**roztoky bohaté As unikají do okolí haldy koncentrátu**

Těžké kovy v ŽP - 2009



# mineralogické studium

sekundární minerály As:



silně zvětralý vzorek –  
rozpuštěný arsenopyrit

arsenolit (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

scorodit

# geochemické studium

orientační loužící experimenty: 3hod  $\Rightarrow$  2920 mg.L<sup>-1</sup>

3dny  $\Rightarrow$  10 238 mg.L<sup>-1</sup>

obsah As : P1: 730 – 2600 mg.kg<sup>-1</sup>, P2: > 13 600 mg.kg<sup>-1</sup>

$\Rightarrow$  rozpouštění sekundárních fází

$\Rightarrow$  odnos As do okolí

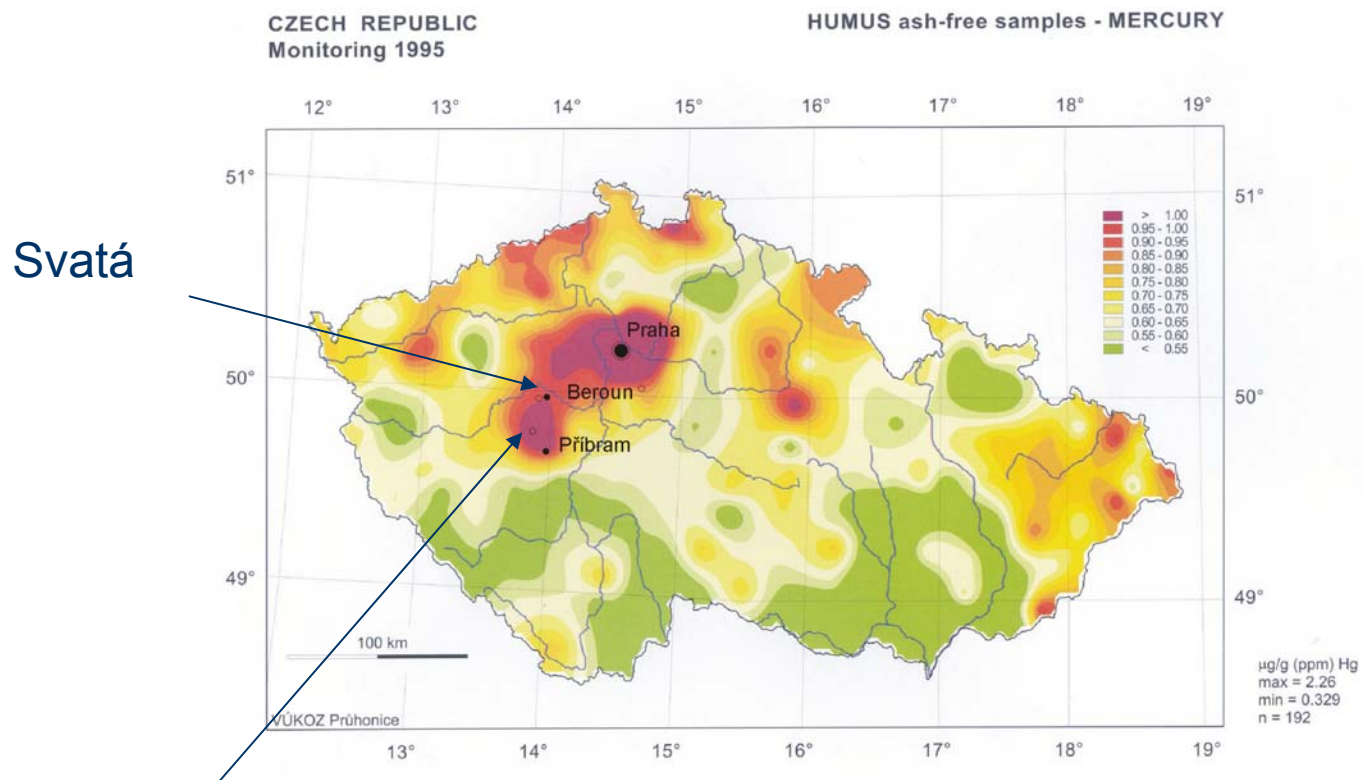


MICHAL FILLIPI

OXIDATION OF THE ARSENIC-RICH CONCENTRATE AT THE PŘEBUZ ABANDONED  
MINE (ERZGEBIRGE MTS.,CZ): MINERALOGICAL EVOLUTION

Sci Tot Env 322 (2004) 271-282

# Humus – mapy isolinií Hg



Svatá

Jedová hora

### 3. lokální kontaminace Hg po těžbě cinabarytu ( $\text{HgS}$ )

#### Jedová hora



těžba od 17. stol. do 80. let 19. stol.

## Svatá



foto D.Velebil

těžba od 16. stol. do r. 1760

Těžké kovy v ŽP - 2009

- 
- 
- míra kontaminace
  - mobilita Hg  $\Rightarrow$  studium chemických forem Hg

# Hg v půdách

půdy: 20 - 150 ng.g<sup>-1</sup>

max. přístupné obsahy: 800 ng.g<sup>-1</sup> (vyhláška MŽP)

Svatá: 700 – 1200 ng.g<sup>-1</sup>

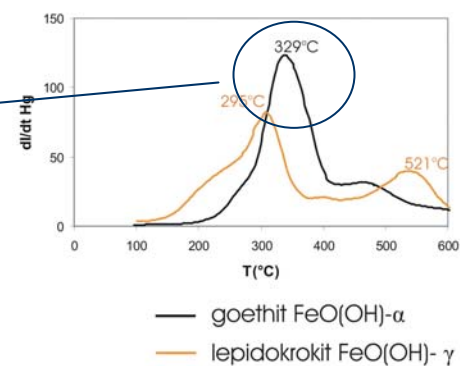
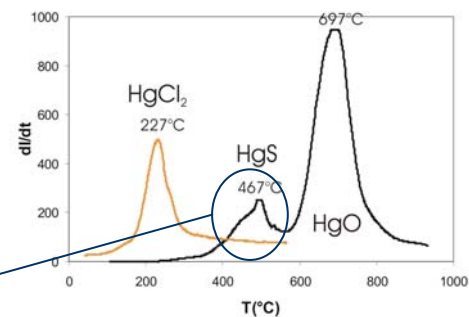
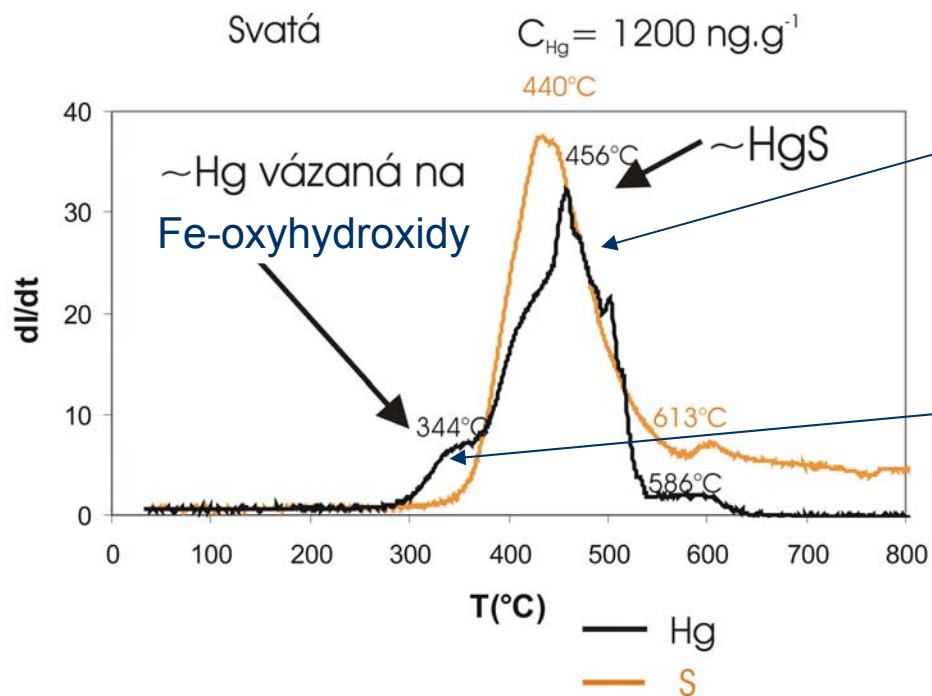
Jedová hora: 33 000 – 107 000 ng.g<sup>-1</sup>





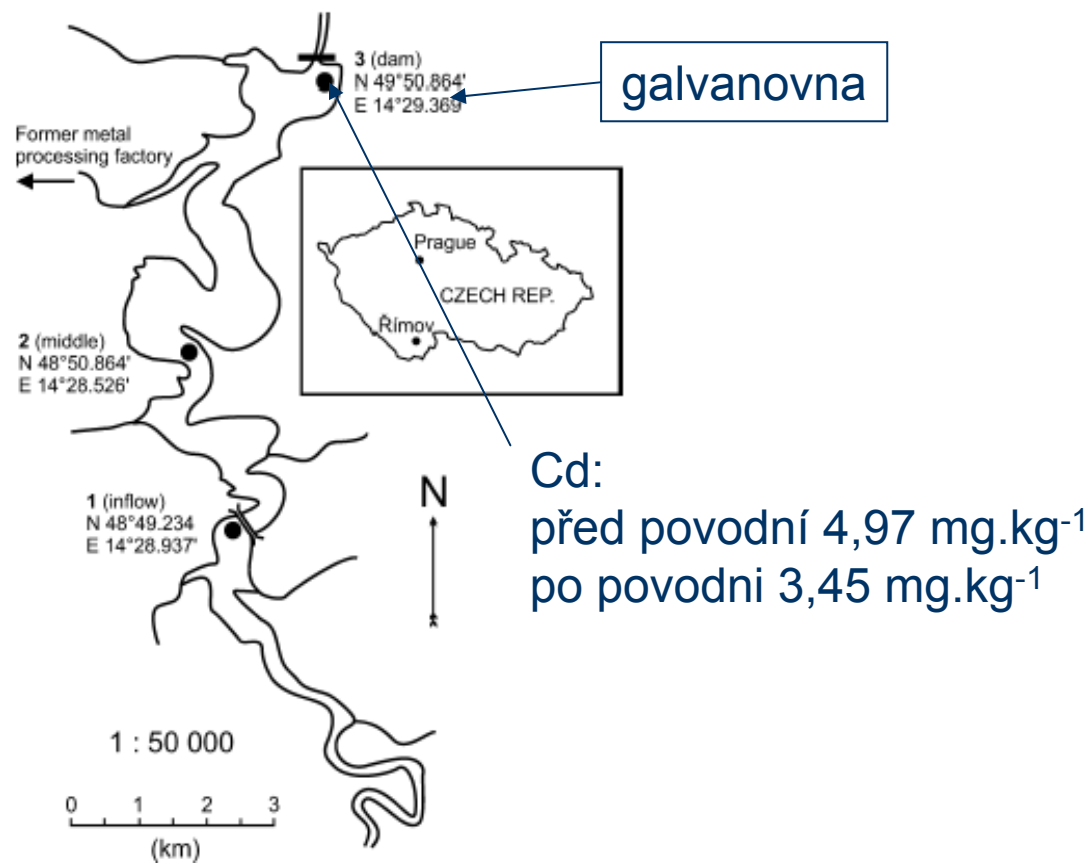
# chemické formy Hg


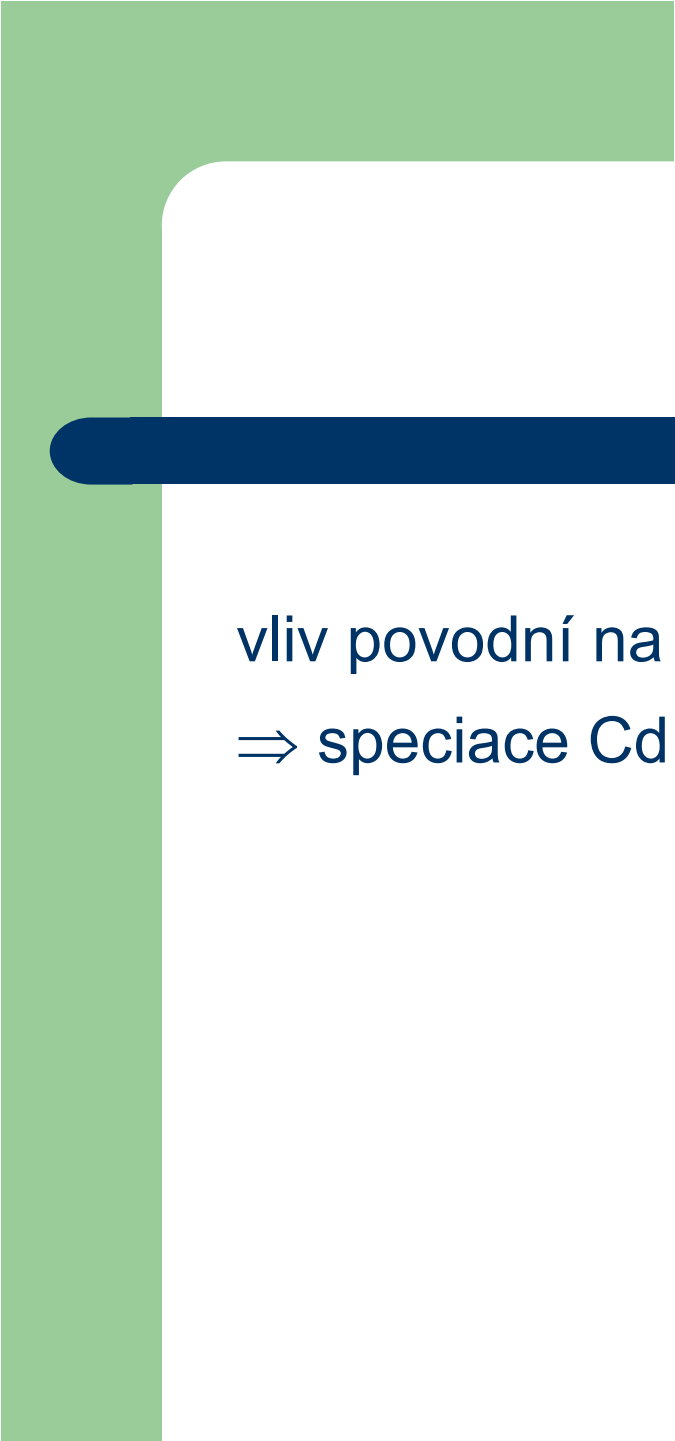
## thermo-desorpční analýza



## 4. mobilita Cd - sedimenty

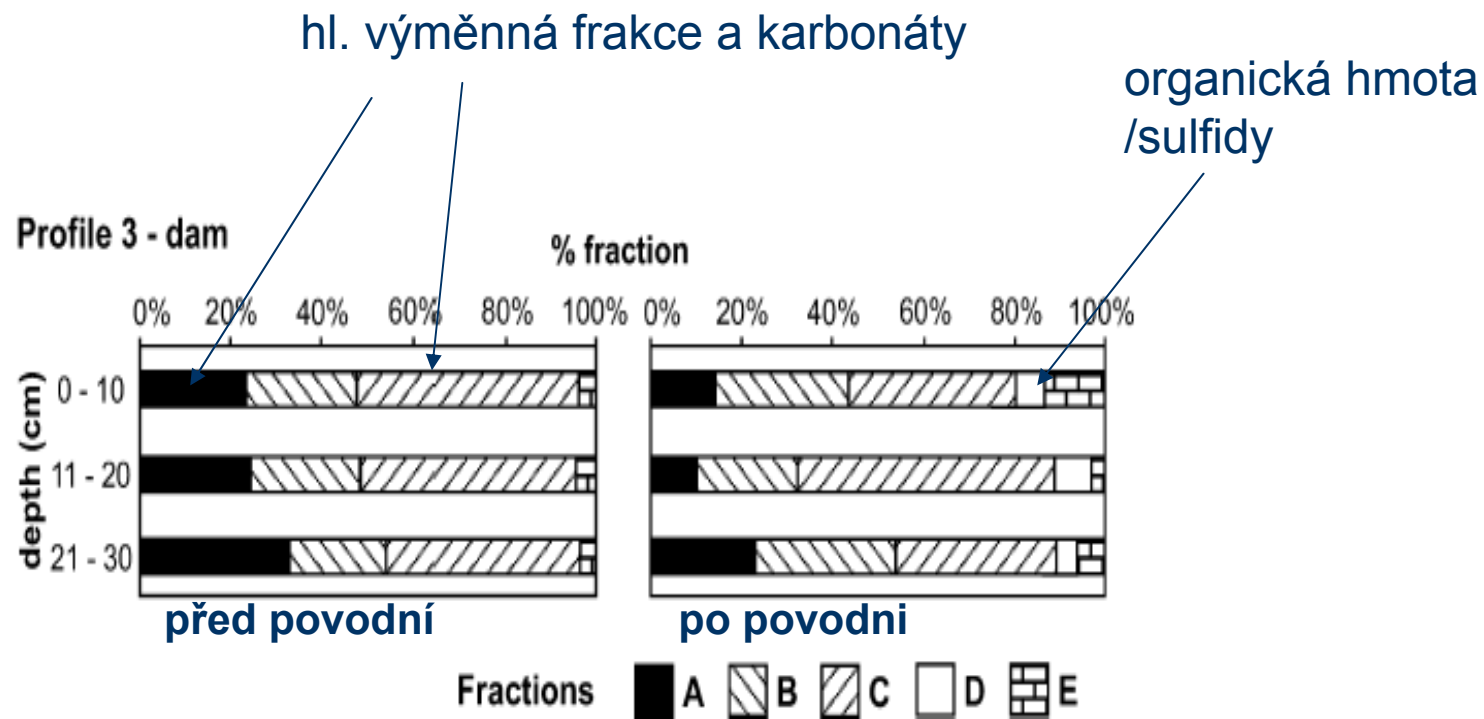
přehrada Římov





vliv povodní na zadržování/mobilitu TK v sedimentech  
⇒ speciace Cd před a po povodni (2002)

# speciace Cd - sekvenční extrakce



# mobilita Cd

- mobilitní faktor (MF)

Cd: před povodní MF 60% ⇒ po 50%

⇒ více Cd vázáno na OM (přinesena povodní)

- ovlivnění geochemických podmínek

CHRASTNÝ V. ET AL.  
EFFECTS OF FLOODING ON LEAD AND CADMIUM SPECIATION IN SEDIMENTS FROM A DRINKING  
WATER RESERVOIR  
Environ Monit Assess 118: 113-123, 2006.

# Tuhé emise

- problémy s čistotou ovzduší
- současná situace
- pevné částice

Kraj: Moravskoslezský			10.12.2009 09:00 - 10:00 SEČ					
Kód	Lokalita	Vlastník	Kvalita ovzduší	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>
				1h µg/m <sup>3</sup>	1h µg/m <sup>3</sup>	8h µg/m <sup>3</sup>	1h µg/m <sup>3</sup>	1h µg/m <sup>3</sup>
TBKRA	Bílý Kříž	ČHMÚ		3,5	9,2		33,7	
TBOMA	Bohumín	ČHMÚ	5 - špatná	21,8	35,4			77,0
TCERA	Červená	ČHMÚ					26,9	
TCTNA	Český Těšín	ČHMÚ	4 - vyhovující	10,4	43,6			65,0
TFMIA	Frýdek-Místek	ČHMÚ	4 - vyhovující	15,2	44,4			70,0
THARA	Haviřov	ČHMÚ	4 - vyhovující	10,7	36,5			66,0
TKARA	Karviná	ČHMÚ	4 - vyhovující	13,3	40,2		1,0	64,0
TOBAK	Ostrava-Bartovice	ZÚ						
TOCBA	Ostrava-Československá (hot spot)	ČHMÚ			50,5	1433,3		
TOFFA	Ostrava-Fifejdy	ČHMÚ	4 - vyhovující	12,0	43,4		6,8	59,0
TOMHK	Ostrava-Mariánské Hory	ZÚ						
TOPRA	Ostrava-Přivoz	ČHMÚ	4 - vyhovující	12,2	48,0	599,8		69,0
TORVA	Orlová	ČHMÚ	5 - špatná					81,0
TOVKA	Opava-Kateřinky	ČHMÚ	3 - uspokojivá	8,3	33,9			48,0
TOZRA	Ostrava-Zábřeh	ČHMÚ	4 - vyhovující	10,4	41,9			70,0
TSTDA	Studénka	ČHMÚ	3 - uspokojivá	5,3	29,1		9,2	44,0
TTRKA	Třinec-Kanada	MÚTř	3 - uspokojivá					40,0
TTROA	Třinec-Kosmos	ČHMÚ	4 - vyhovující	10,7	35,4		4,0	55,0
TVERA	Věřňovice	ČHMÚ	4 - vyhovující	9,1	23,7			65,0

# Tuhé emise

- spalovací procesy – automobily, lokální topeniště, důlní činnost, elektrárenské emise atd.

Kraj: Hlavní město Praha			10.12.2009 09:00 - 10:00 SEČ	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>
Kód	Lokalita	Vlastník	Kvalita ovzduší	1h µg/m <sup>3</sup>	1h µg/m <sup>3</sup>	8h µg/m <sup>3</sup>	1h µg/m <sup>3</sup>	1h µg/m <sup>3</sup>
Střed Prahy			3 - uspokojivá					
AKALA	Pha8-Karlín	ČHMÚ		6,9				28,0
ALEGA	Pha2-Legerova (hot spot)	ČHMÚ			131,8	1794,8		
AMLYA	Pha5-Mlynářka	ČHMÚ	4 - vyhovující		47,6			67,0
AREPA	Pha1-nám. Republiky	ČHMÚ	2 - dobrá		37,7		6,8	28,0
ARIEA	Pha2-Riegrový sady	ČHMÚ	2 - dobrá	3,2	37,7			22,0
ASMIA	Pha5-Smíchov	ČHMÚ	5 - špatná		77,9	878,3	3,2	83,0
AVRSA	Pha10-Vršovice	ČHMÚ	3 - uspokojivá	7,7	42,1			45,0
AVYNA	Pha9-Vysočany	ČHMÚ	3 - uspokojivá	3,2	44,2	800,5	1,0	45,0

# Elektrárenské popílký

Tabulka 1 Parametry ohnišť pro spalování uhlí

Spalovací režim	Teplota spalování [°C]	Druh uhlí	Optimální zrnitost [mm]
Výtavné ohniště	1350-1550	černé	0-0,2
Granulační ohniště	950-1100; 1100-1250	hnědé	0-2
Fluidní ohniště-ST*	800-850	černé, hnědé	1,6-6,5
Fluidní ohniště-CIR**	800-850	černé, hnědé	<6,5

ST\* - fluidní ohniště se stacionární fluidní vrstvou

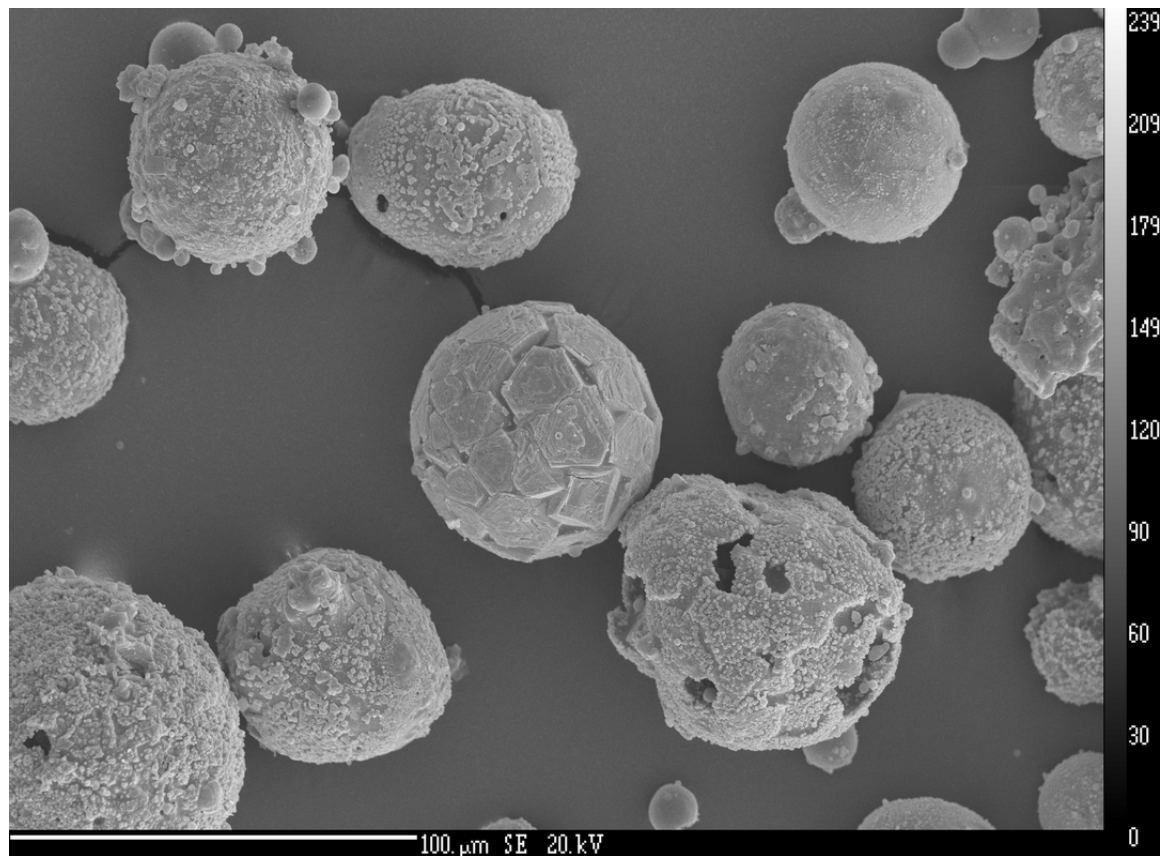
CIR\*\* - fluidní ohniště s cirkulující fluidní vrstvou

Zdroj: Medvecová J, Mužík P. Nová surovina fluidní popílek z tepelné elektrárny Hodonín.

- Popílek klasický =  $\beta$ -křemene ( $\text{SiO}_2$ ) a mullitu ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ )
- Popílek fluidní = anhydrit  $\text{CaSO}_4$ , portlandit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , sádrovec  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , kalcit  $\text{CaCO}_3$ , křemen  $\text{SiO}_2$ , hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , bazanit  $\text{CaSO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ , ettringit  $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$



# Magnetická složka



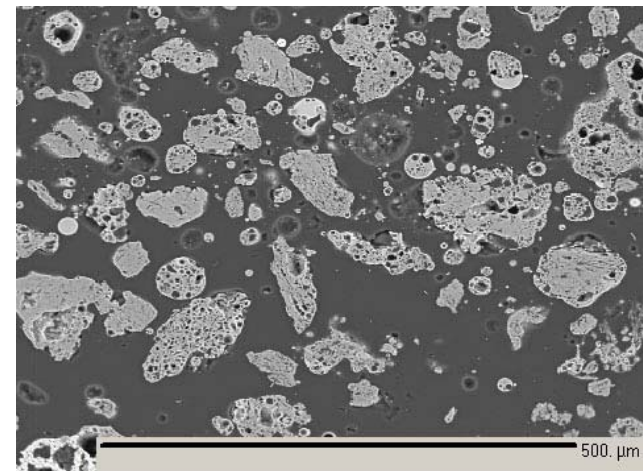
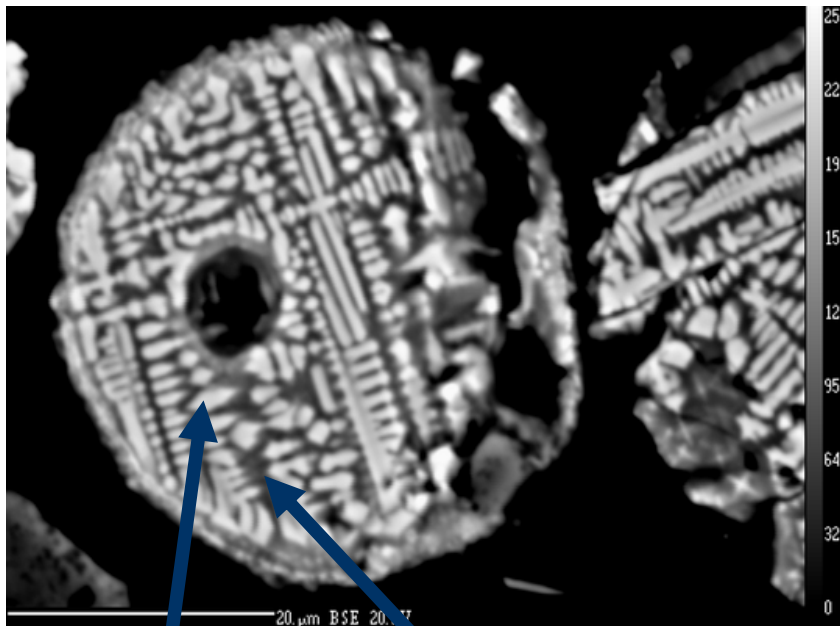
Těžké kovy v ŽP - 2009

# Sférické objekty



Těžké kovy v ŽP - 2009

# Magnetická složka



Magnetit, Fe-bohaté sklo

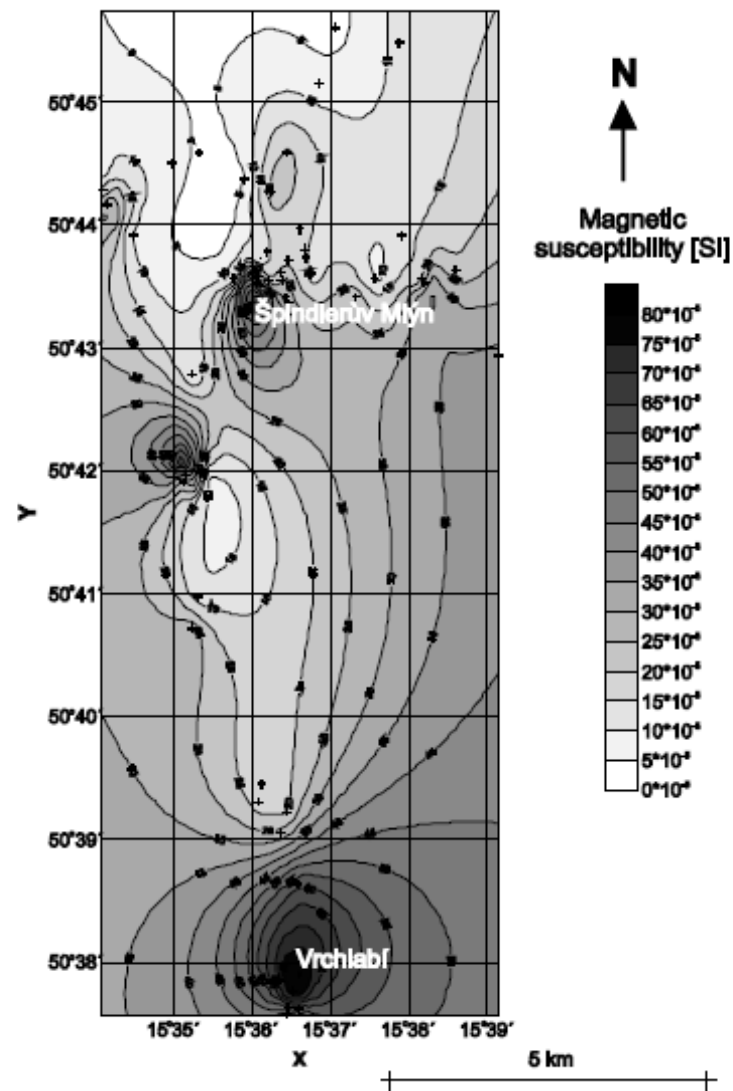
# Vztahy s TK

Korelace koncentrací TK s  
magnetickou  
susceptibilitou aj.  
magnetickými parametry

*A. Kapička et al.*

HIGH RESOLUTION MAPPING OF ANTHROPOGENIC POLLUTION  
IN THE GIANT MOUNTAINS NATIONAL PARK  
USING SOIL MAGNETOMETRY

Stud. Geophys. Geod., 52 (2008), 271–284  
© 2008 Inst. Geophys. AS CR, Prague



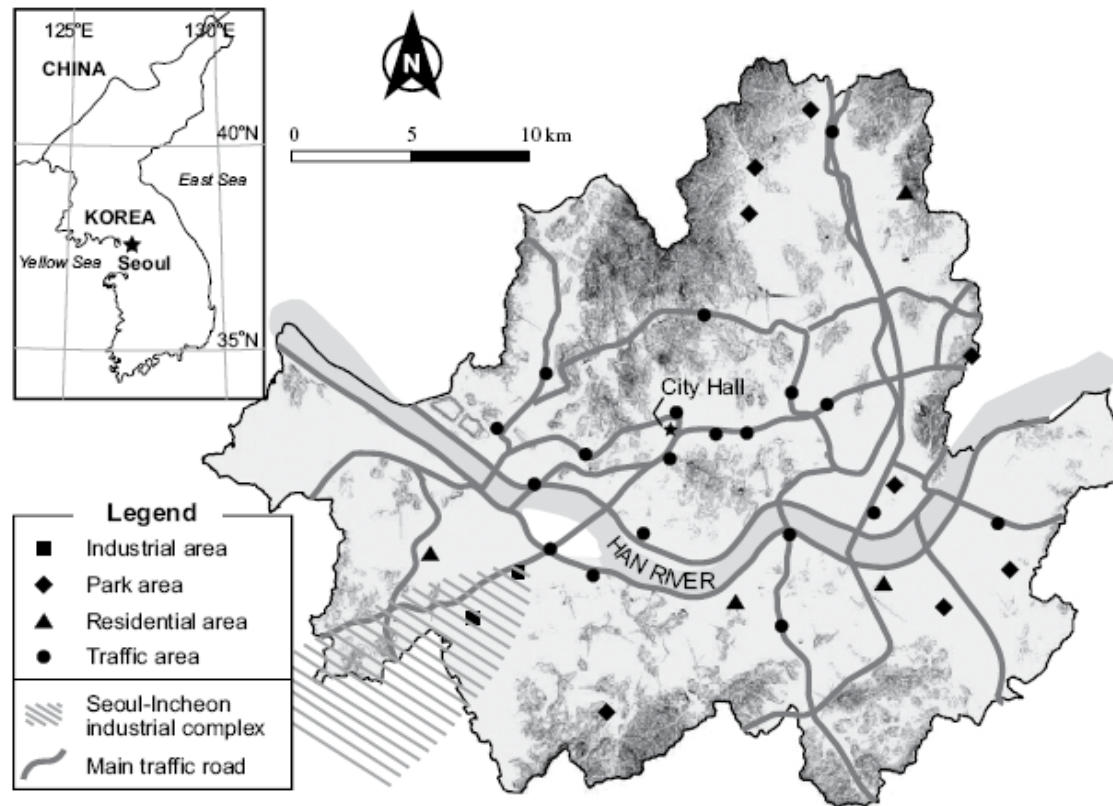


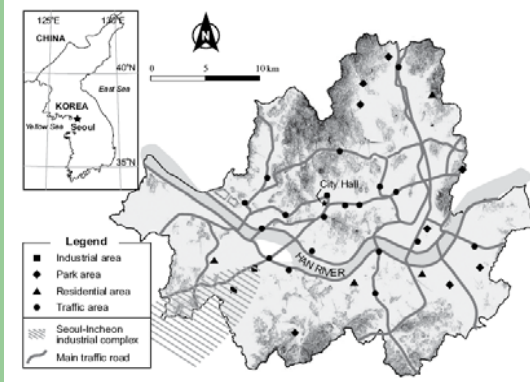
## Anthropogenic contribution of magnetic particulates in urban roadside dust

Wonnyon Kim<sup>a</sup>, Seong-Jae Doh<sup>a,\*</sup>, Yongjae Yu<sup>b</sup>

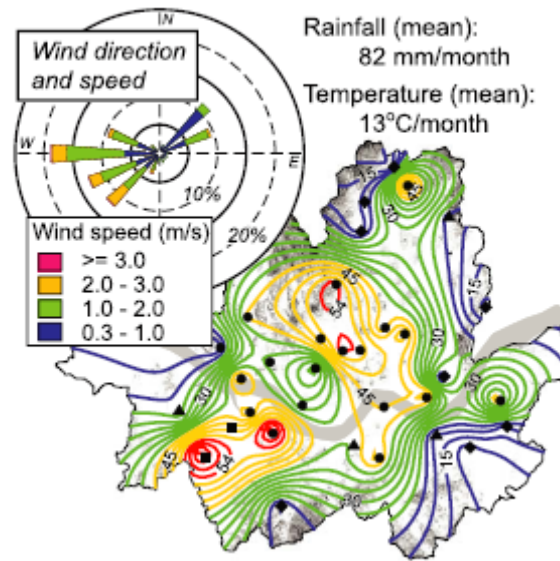
<sup>a</sup>Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University, Seoul 136-713, Republic of Korea

<sup>b</sup>Department of Geology and Earth Environmental Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Republic of Korea

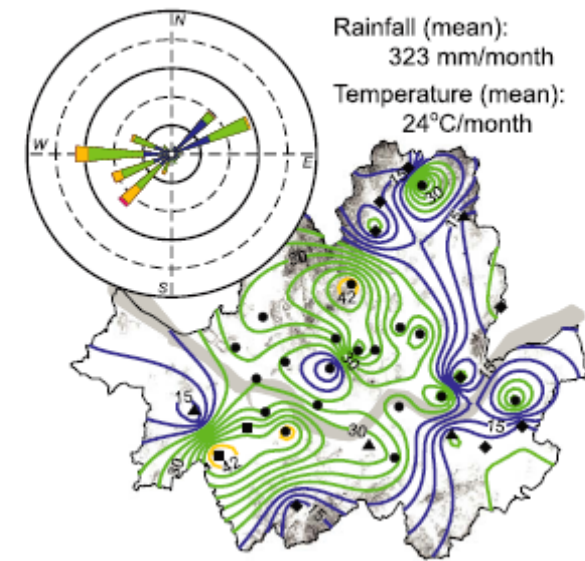




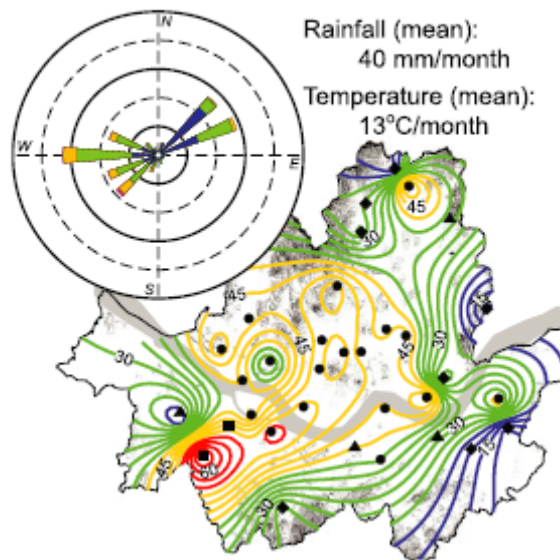
**a** Spring (Mar. 2002 - May 2002)



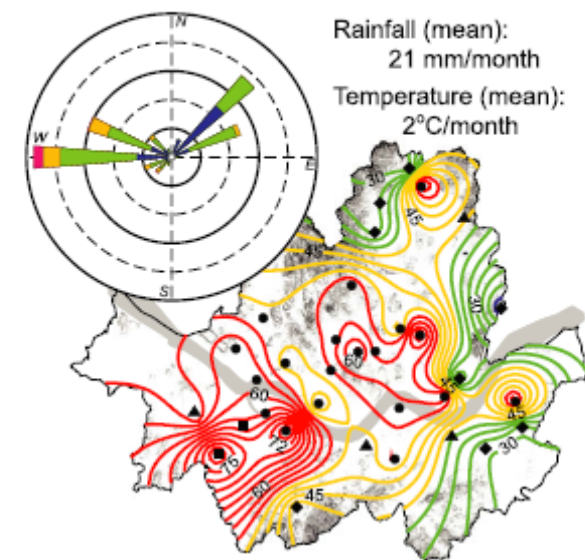
**b** Summer (Jun. 2002 - Aug. 2002)



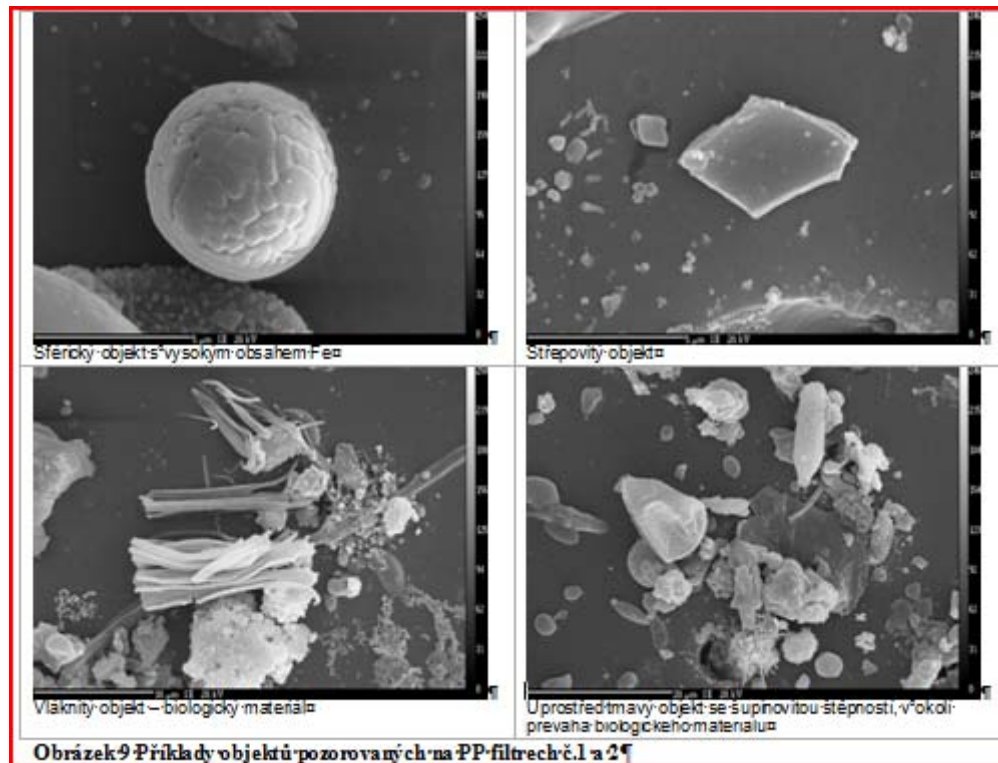
**c** Fall (Sep. 2002 - Nov. 2002)



**d** Winter (Dec. 2002 - Feb. 2003)



# Pevné částice



# Pevné částice

