

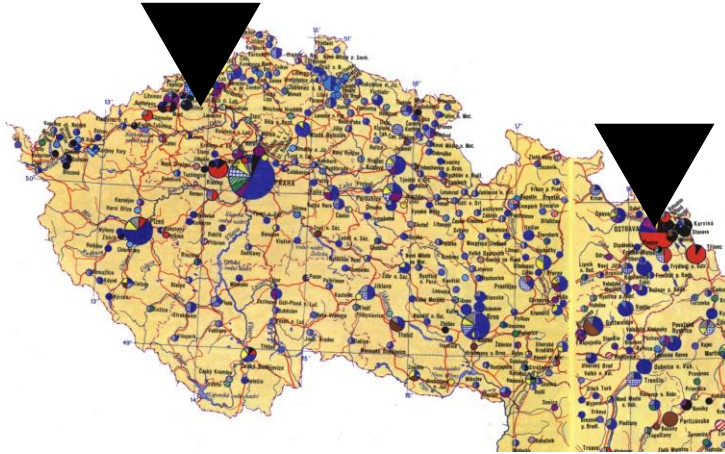


MONITORING ZMĚN ÚROVNÍ ATMOSFÉRICKÉ DEPOZICE POMOCÍ LESNÍCH BIOINDIKÁTORŮ

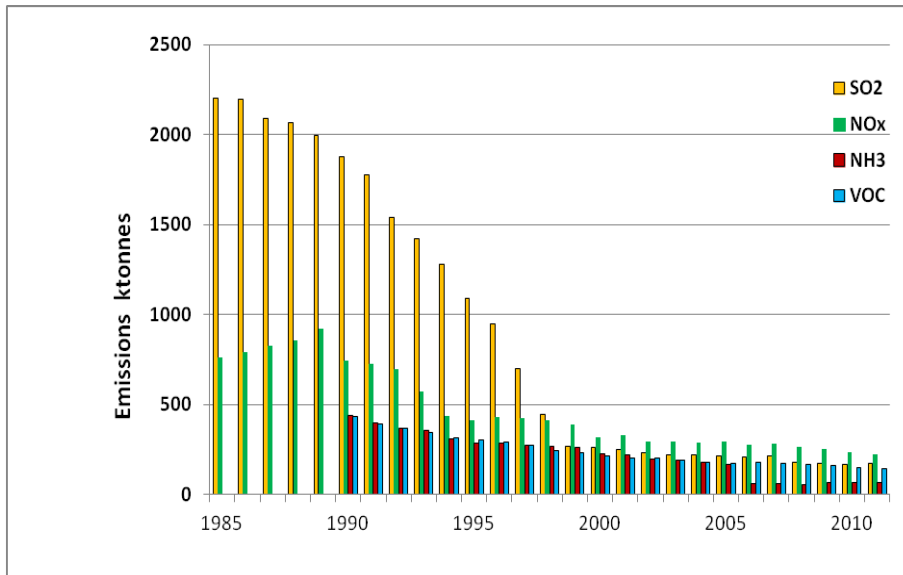
Kolektiv oddělení Biomonitoringu - I. Suchara

*Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a
okrasné zahradnictví, v.v.i., 252 43 Průhonice*

Proč monitorovat úrovně atm. spadu prvků v ekosystémech



- 1960-1990 nevratné změny lesních a vodních ekosystémů
- 1990-2000 pokles emisí několika dominantních sledovaných polutantů
- 2000- nyní částečná regenerace k nitrofilním ekosystémům
- Vliv aktuálních a starých zátěží biologicky aktivních prvků na ekosystémy a lokální populace není dostatečně znám



Limity využití dat staničního technického monitoringu



- Malý počet venkovských měřících stanic
- Technické měření mimo realitu znečištění na úrovni povrchu půdy nebo biogeochemické prostředí ekosystému
- Měření jen malého množství biologicky účinných polutantů
- Neznalost nebo hrubá empirická představa o vztahu naměřených koncentrací SO_2 , NO_x , AOT40 a skutečným biologickým efektem (zákon č. 201/2012 Sb., vyhl. 330/2012 Sb.), chybí testy shody interpolovaných dat a reality v lese
- Málo reálných údajů o expozici bioty znečištění pro spolehliví stanovení kritických zátěží



Bioindikátory, jejich výhody a k čemu se využívají

Reakce přímo v ekosystému, dostupnost, specifická reakce, přepočet na absolutní hodnoty



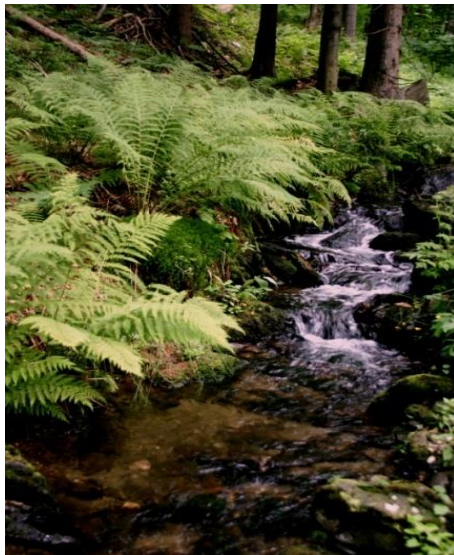
Pleurozium schreberi



Avenella flexuosa



Picea abies



Athyrium filix-femina



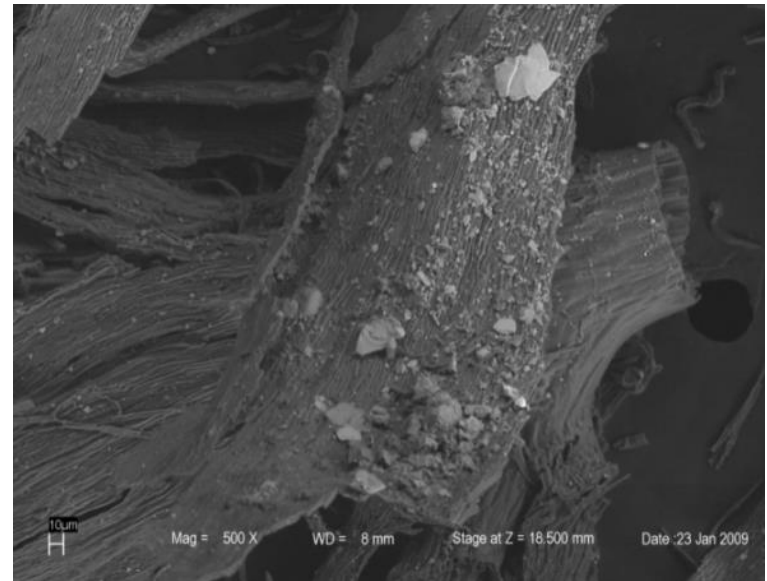
vnější kůra (smrk, dub, borovice)



nadložní humus a půda

Mechy – indikátory průměrné úrovně aktuálního spadu

- *Pleurozium schreberi*, *Scleropodium purum*, *Hylocomium splendens*.....
- Absence kořenů a kutikuly, pasivní adsorpce živin
- Velký povrch, vysoký obsah pektinů, až 150 meq/100g i v suchém stavu
- Často odlišitelné 1, 2 a 3 leté přírůstky, sledování 1-3 průměrné
- Možnost odhadu absolutní úrovně spadu ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{rok}$) z obsahu prvku v mechu (mg/kg)
- Od r. 1990 v Evropě přes 7000 monitorovacích míst ve 37 zemích, data v 5 letém cyklu 1990-1995-2000-2005-2010-2015

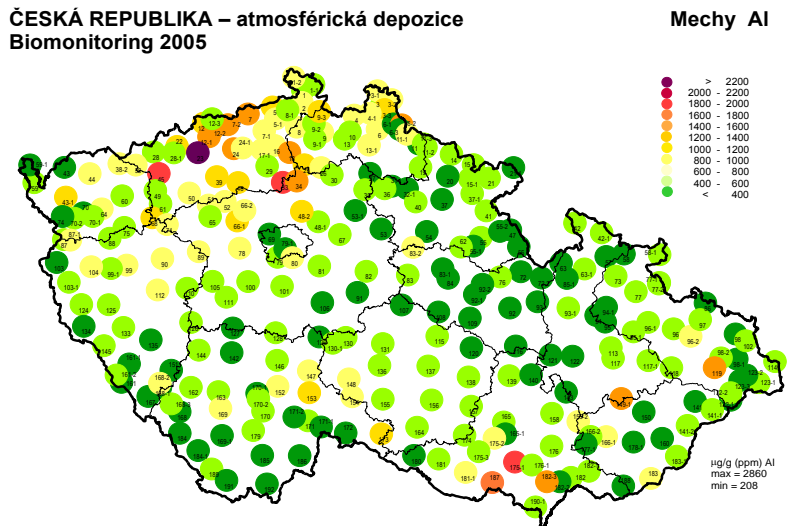


Biomonitorovací programy a monitorovací síť VÚKOZ, v.v.i.

- Velkoplošný biomonitoring atmosférického spadu na škále ČR 1986-, 1990-2010
 - počet monitorovaných ploch 195–285 (hustota ca 20×20 km)
 - bioindikátory: mech, kůra, humus, jehličí, tráva metlička, kapradina papratka
 - 13–42 chemických prvků, izotopy Pb, radionuklidy ¹³⁷Cs, PAHs, PCBs,
 - frekvence mechy každý pátý rok (vazba na UNECE ICP-Vegetation), ostatní dle zdrojů
- Speciální biomonitoring v podrobném mapovém měřítku 2 ×2 km (Příbram, Háje, Neratovice, jižní Morava, Tachovsko....)



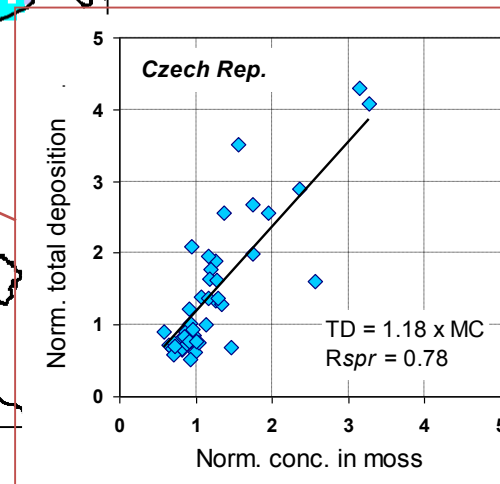
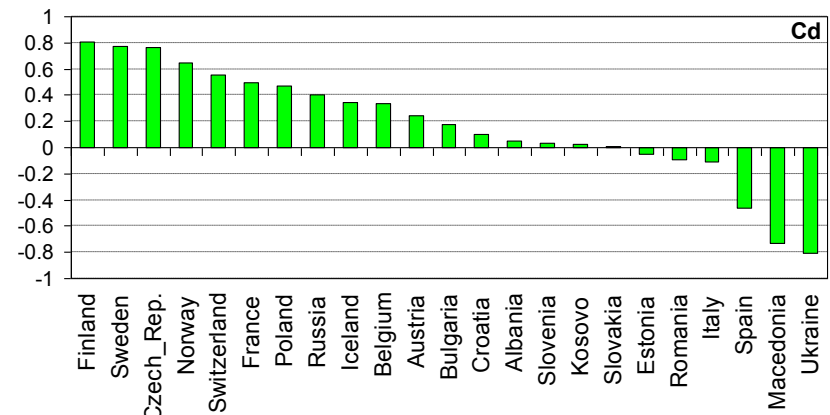
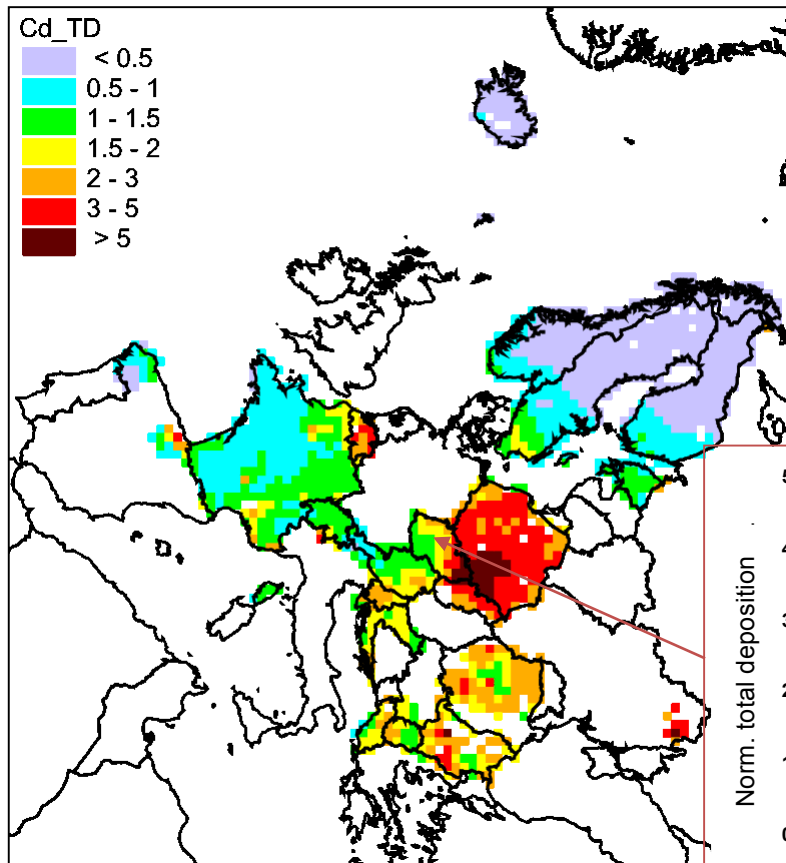
ČESKÁ REPUBLIKA – atmosférická depozice
Biomonitoring 2005



ČR - dobrá shoda biomonitorovaných spadů s daty EMEP

Regrese pro čtverce EMEP 50 × 50 km: prům. konc. Cd v mechu z lokalit uvnitř čtverce vs. průměrný 3 letý spad Cd ve čtverci interpolovaný z měřících stanic EMEP. ČR nejtěsnější korelace Cd, Pb, Hg.

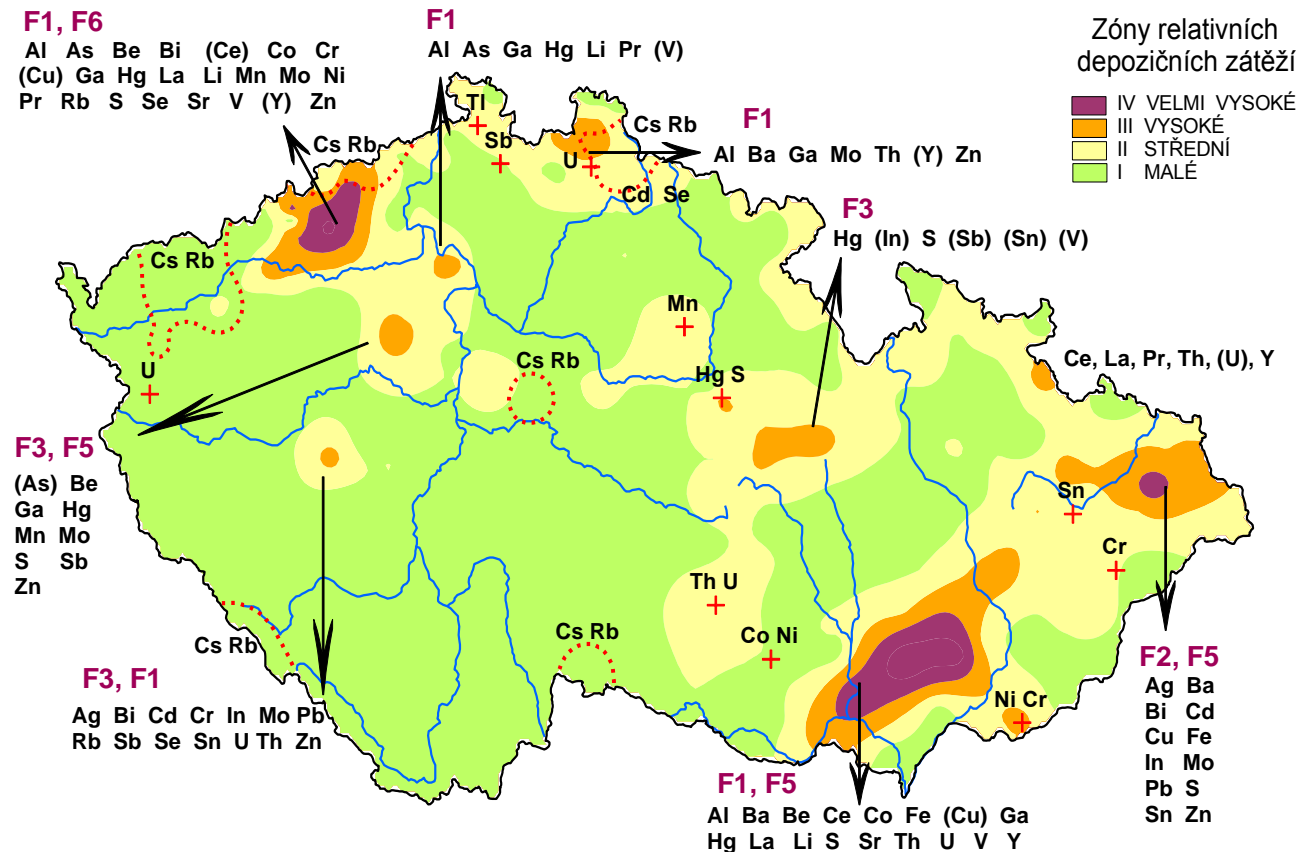
Data EMEP 2010



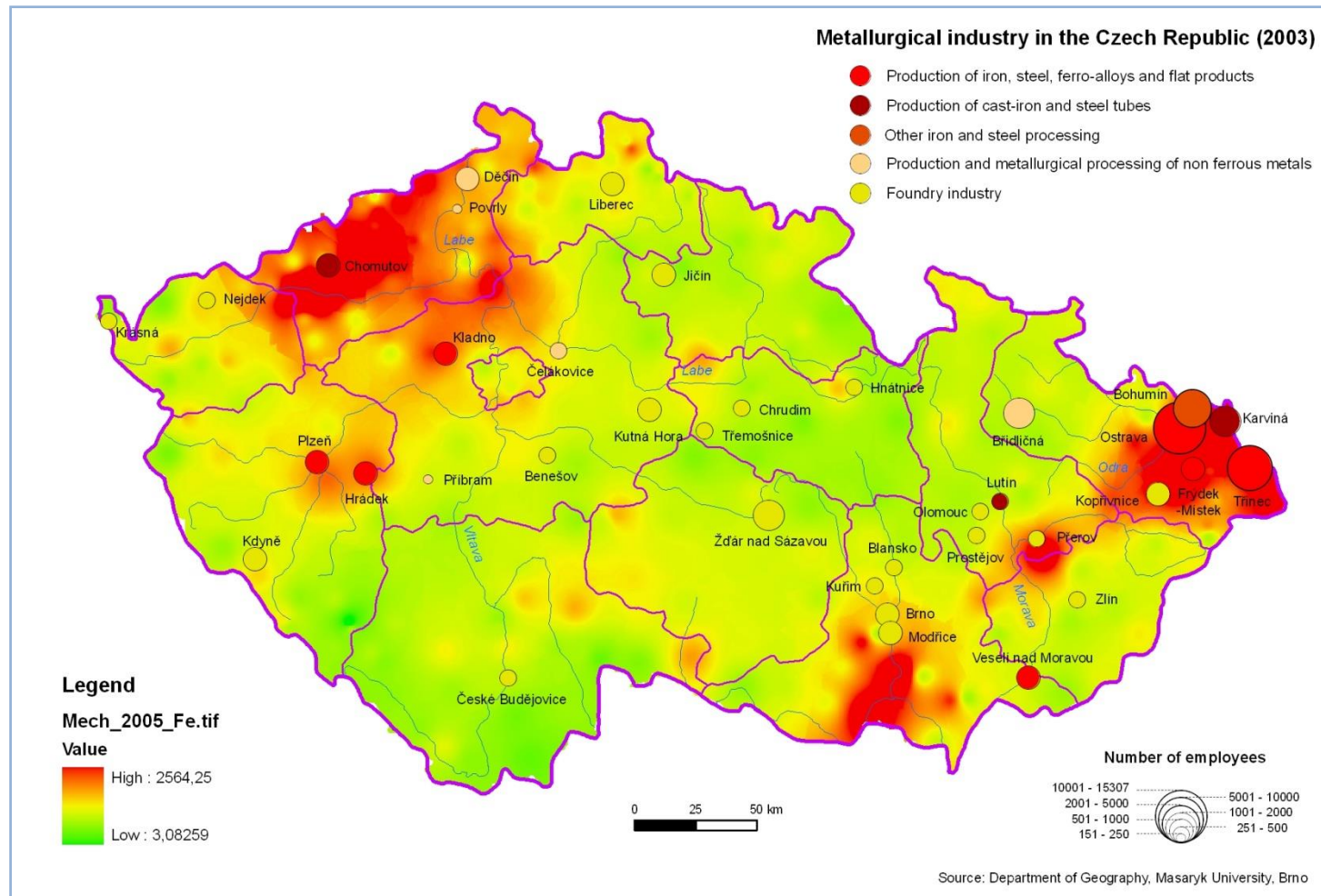
7 oblasti nejvyšších úrovní spadů v ČR 1990-2000

ČESKÁ REPUBLIKA
Biomonitoring 2000

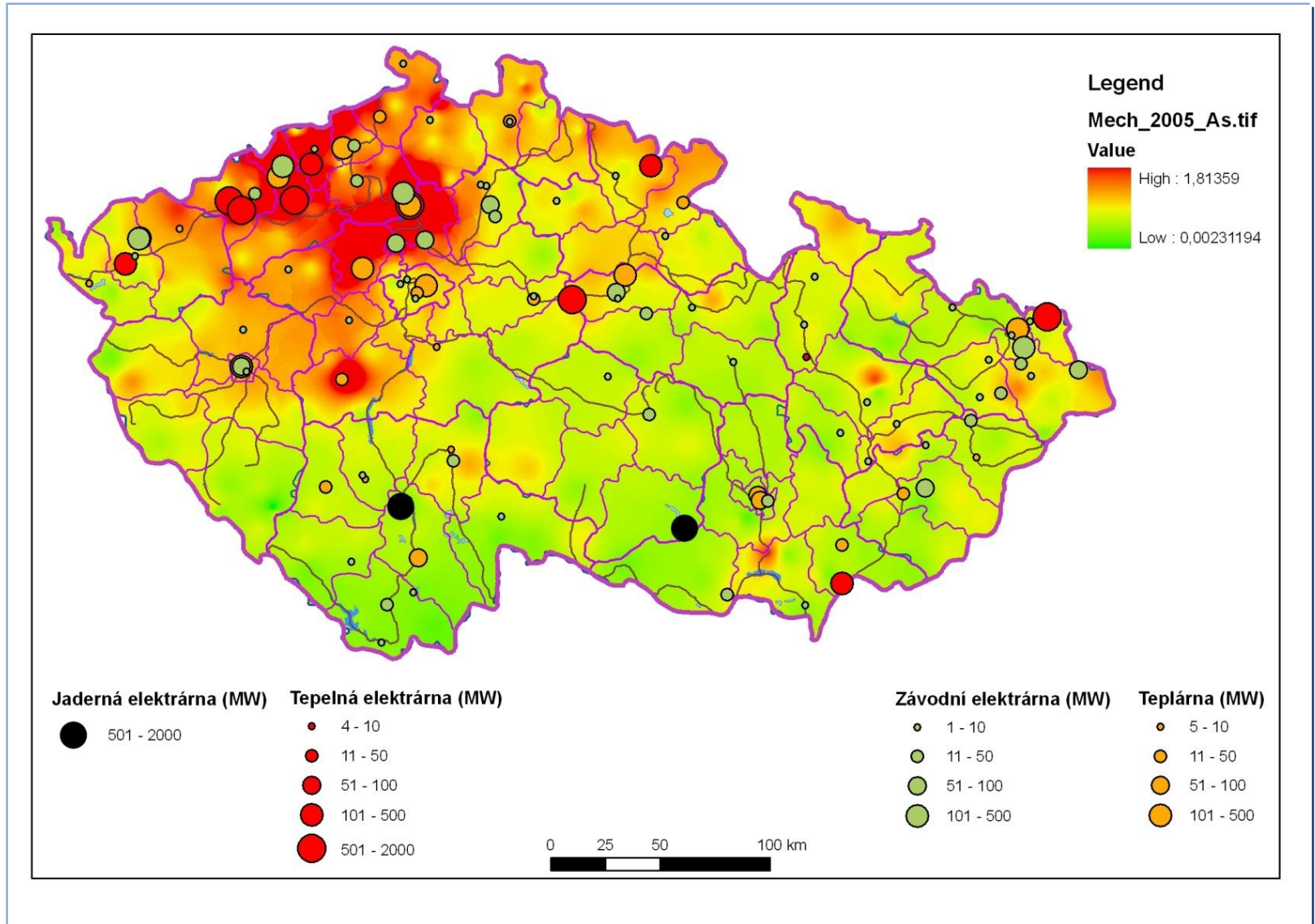
MECH – 35 prvků



Rozložení obsahu Fe v mechu a metalurgických provozů



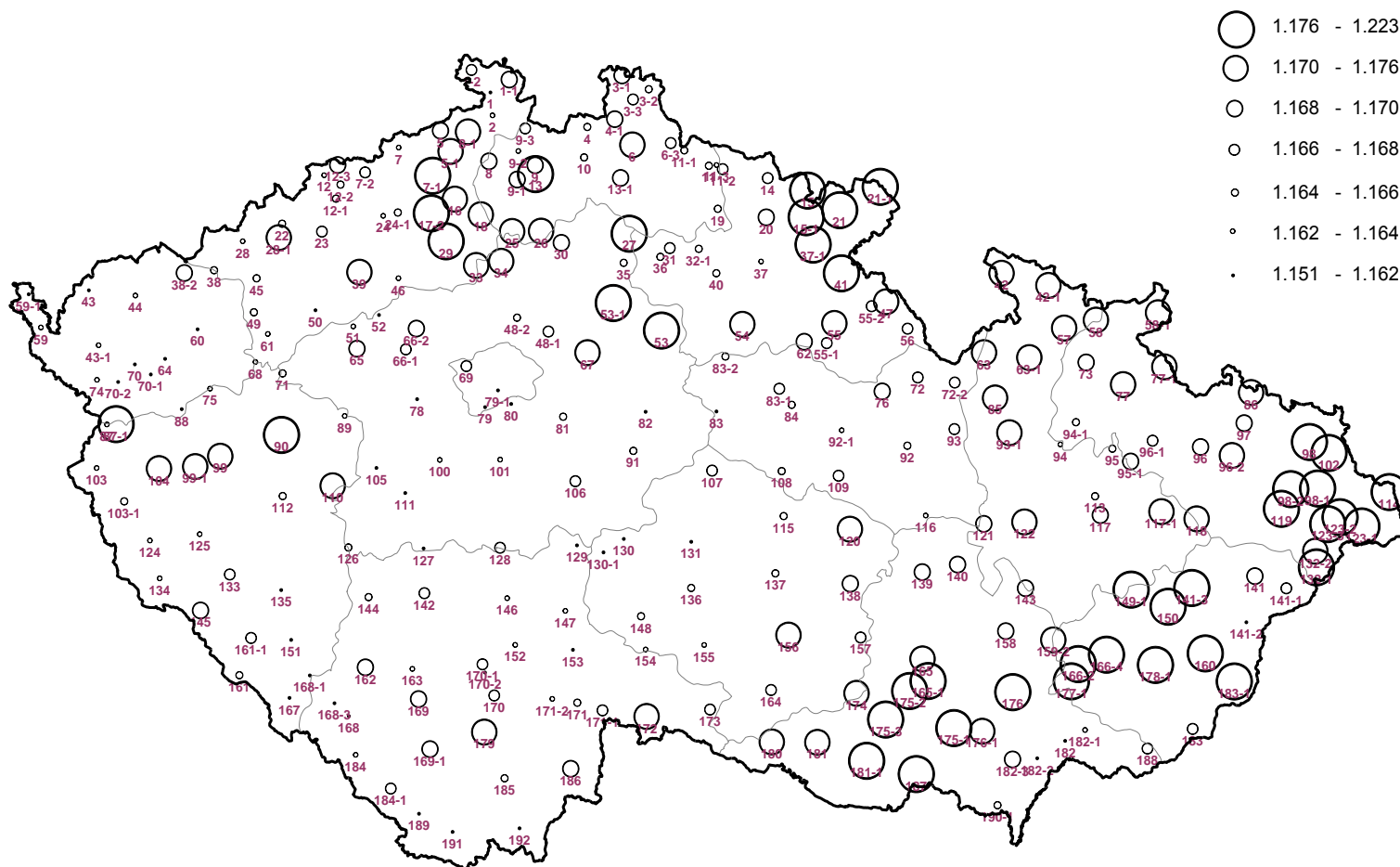
Rozložení obsahu As mechu a průmyslových topenišť



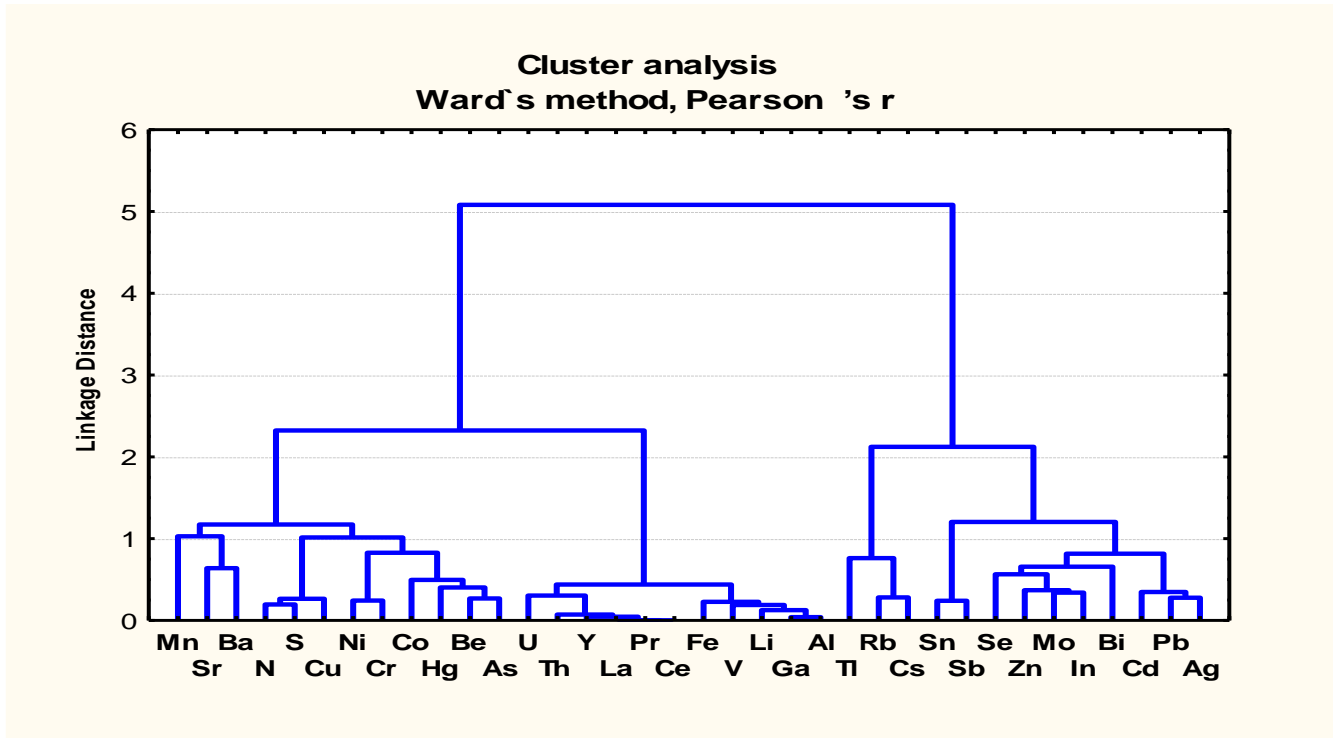
Identifikace zdrojů znečištění pomocí izotopů Pb

CZECH REPUBLIC
Biogeochemical Exploration of Forests

Moss - LEAD
isotope ratio 206/207



Podobná variabilita obsahu prvků v mechu v ČR



(Mn-Sr-Ba)

(N-S-Cu)

Ni-Cr-Co-Hg-Be-As)

(U-Th-Y-La-Pr-Ce-Fe-V-Li-Ga-A)

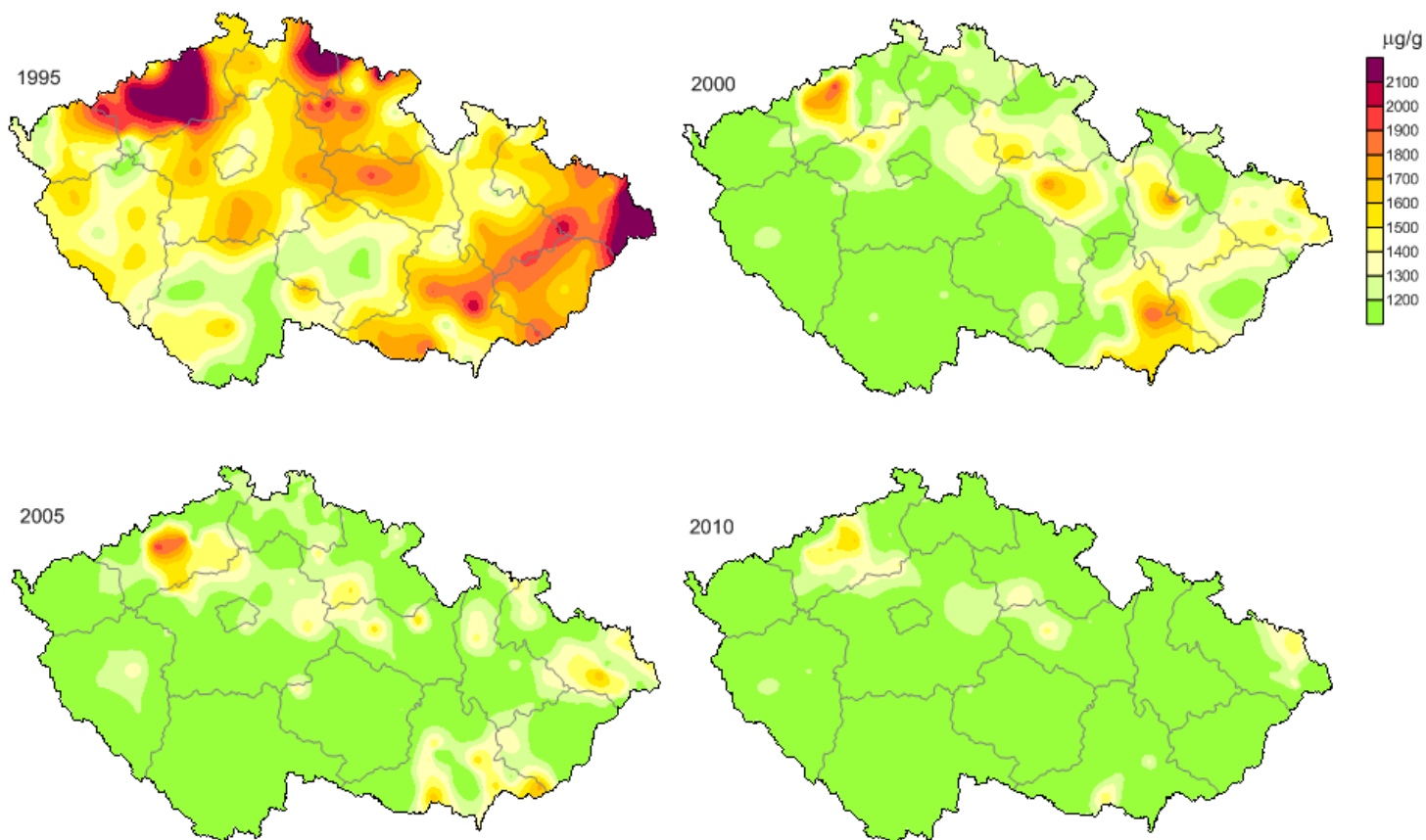
(Ti-Rb-Cs)

[(Sn-Sb)(Se-Zn-Mo-In-Bi)(Cd-Pb-Ag)]

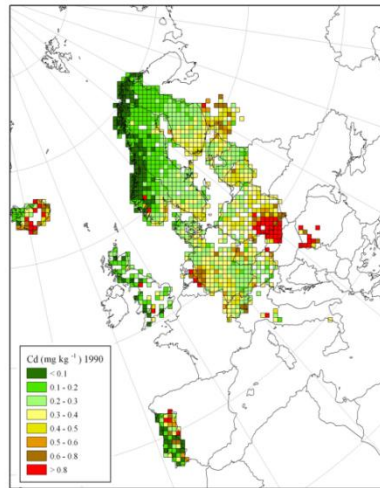
Změny distribuce obsahu prvků v mechu (1995–2010)

Czech Republic – Biomonitoring

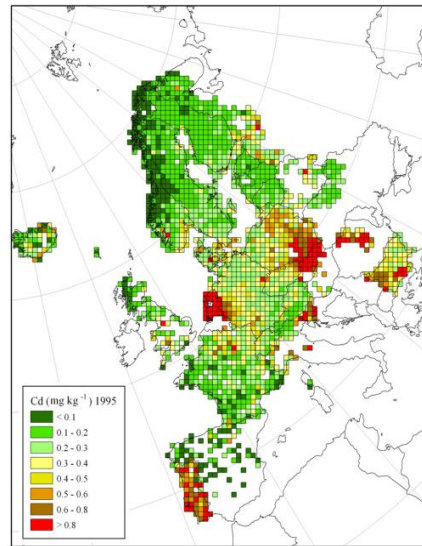
Sulphur in moss



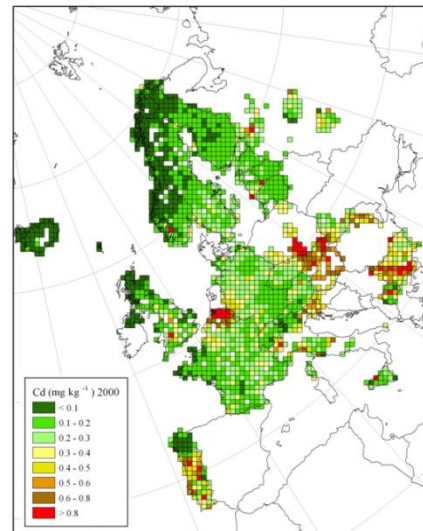
Změny obsahu Cd v mechu v Evropě (1990–2010)



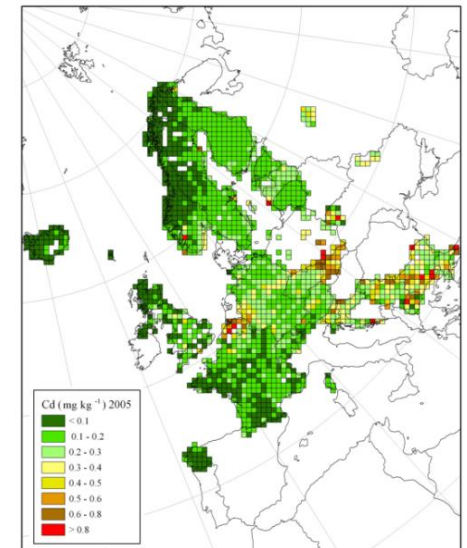
1990



1995



2000



2005

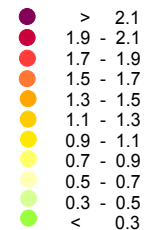
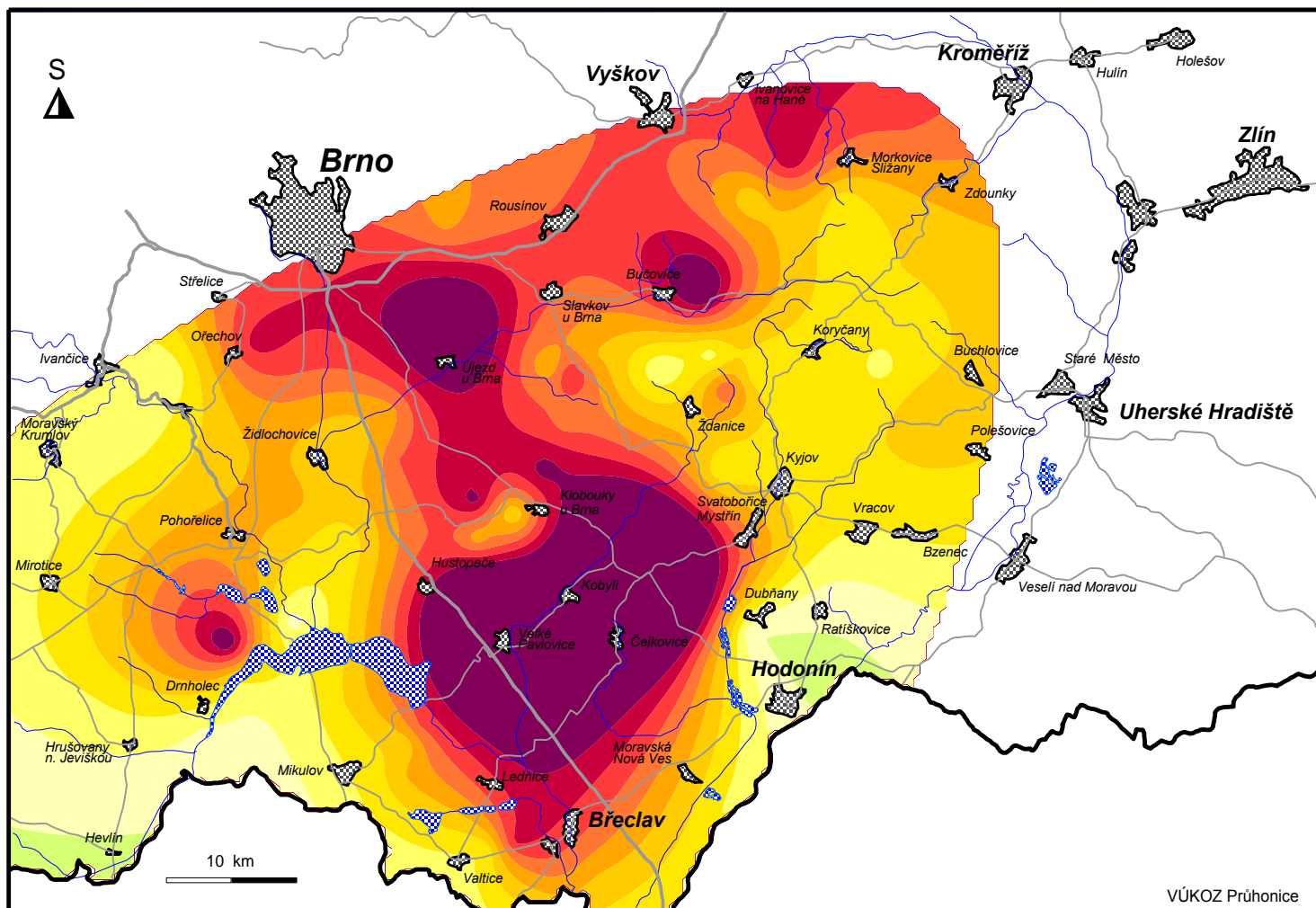
Grid 50×50 km (EMEP)

Evropa Cd: UNECE ICP-Vegetation Reports

Identifikace území postižených větrnou erozí půdy

JIŽNÍ MORAVA - atmosférická depozice
Biomonitoring 2003

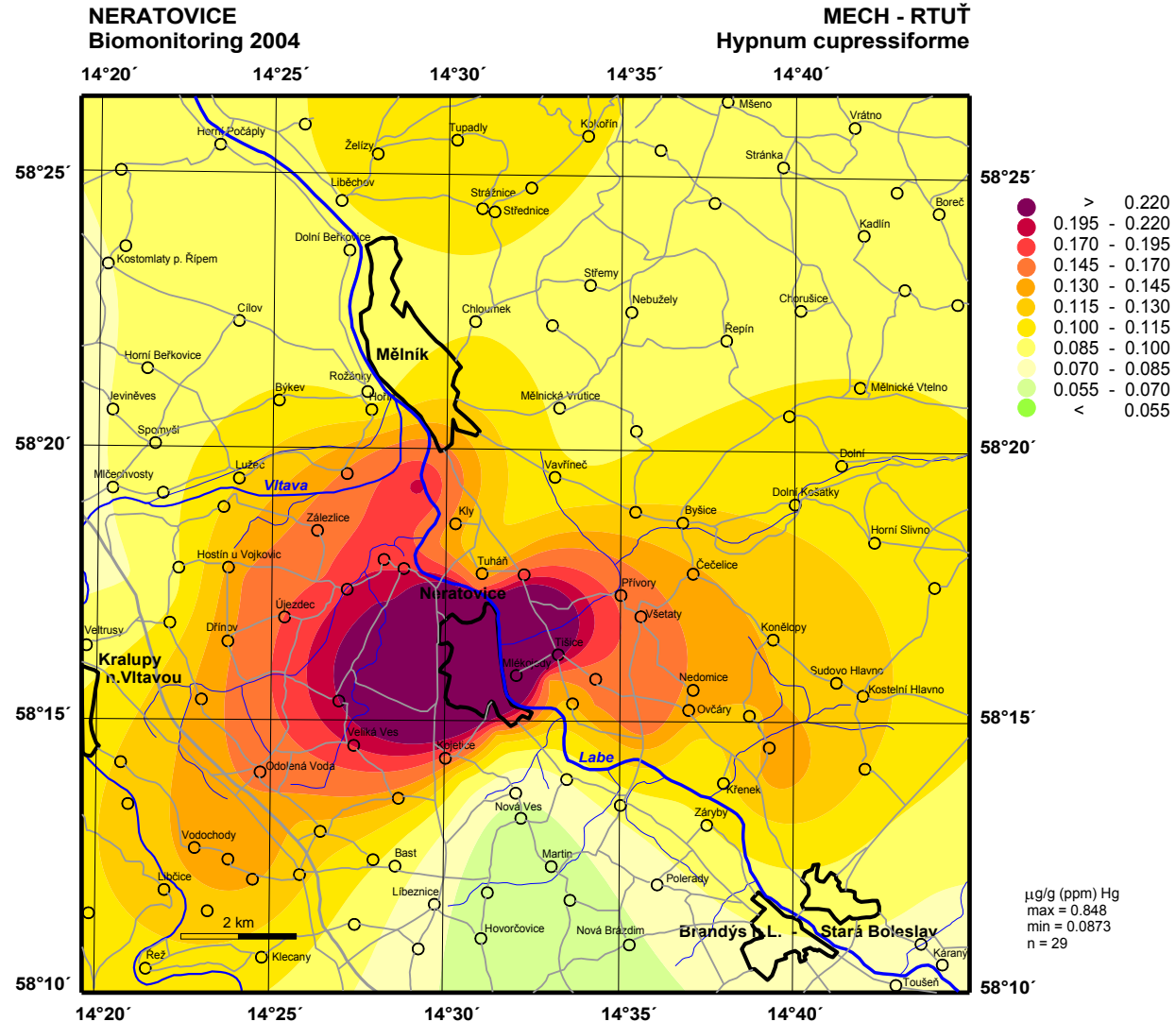
MECHY - LANTHAN
Hypnum cupressiforme



µg/g (ppm) La
max = 4.46
min = 0.528
n = 63

VÚKOZ Průhonice

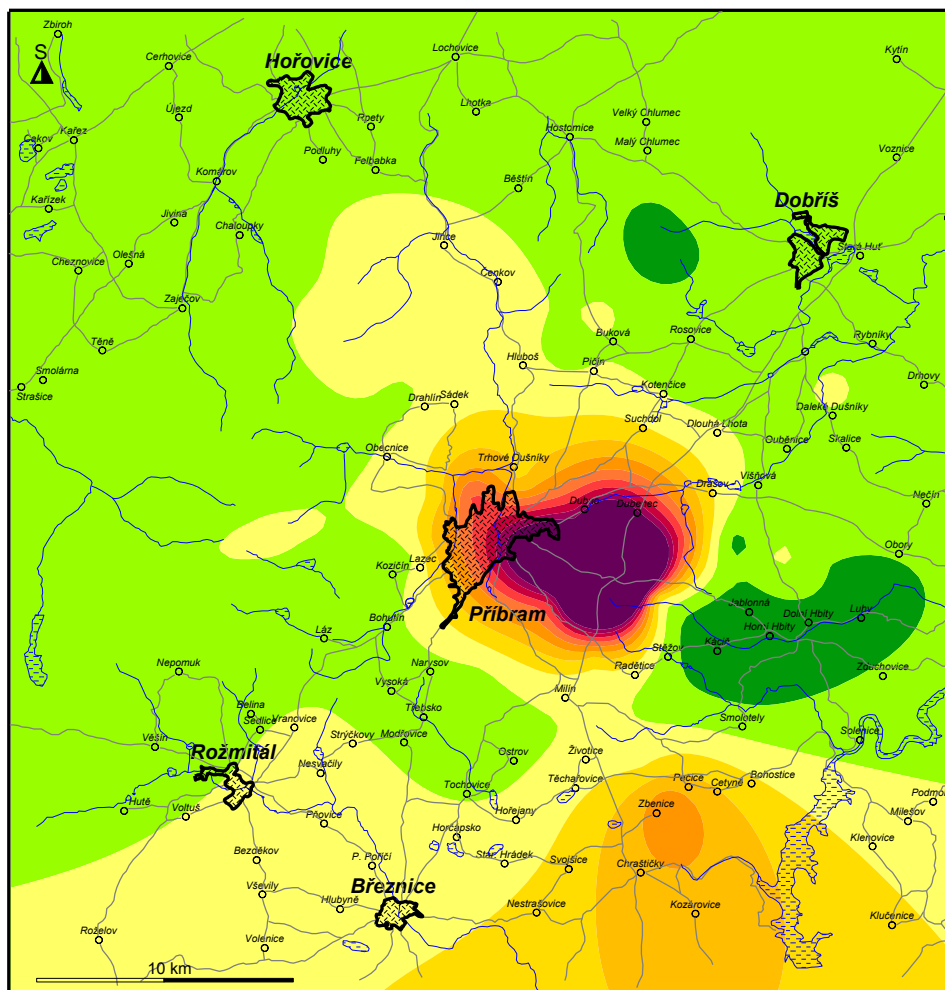
Identifikace rozložení Hg u Neratovic po povodni 2002



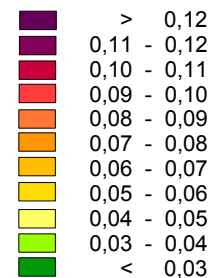
Zjištění vysokých úrovní spadů U z drcení důlních odvalů

PŘÍBRAMSKO
Biomonitoring atmosférické depozice 1999

URAN
Pleurozium schreberi

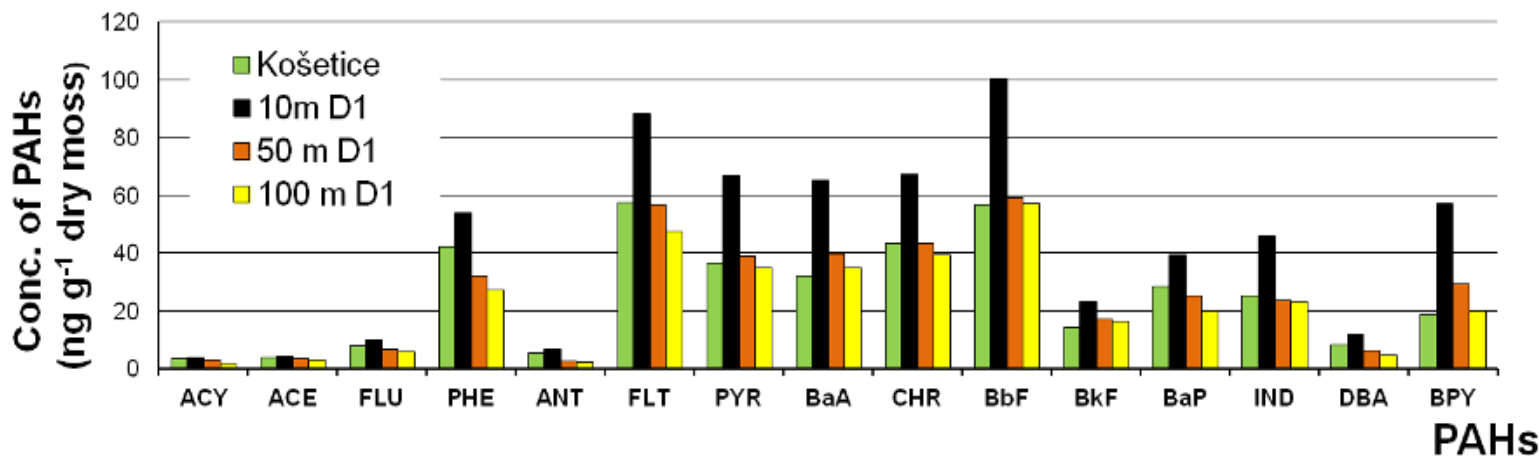
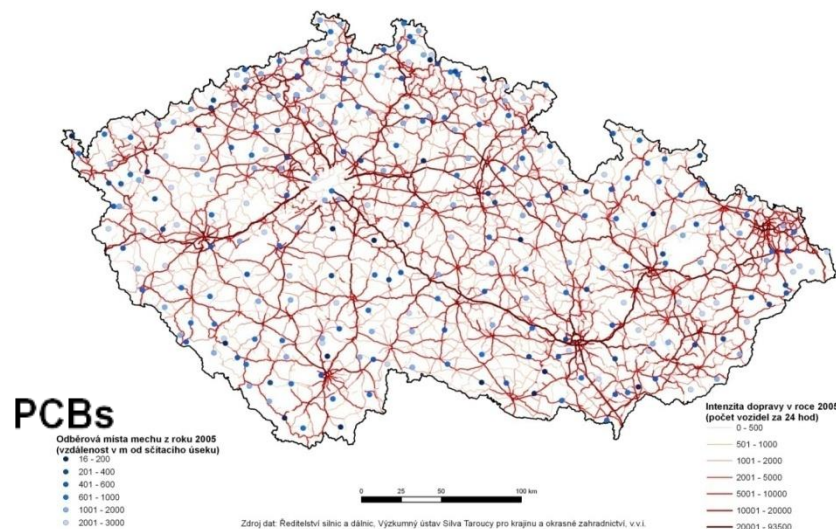
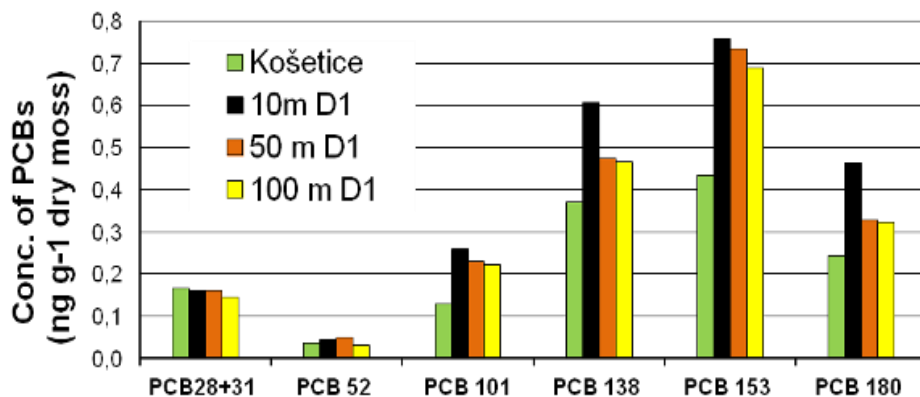


Koncentrační třídy (µg.g⁻¹)



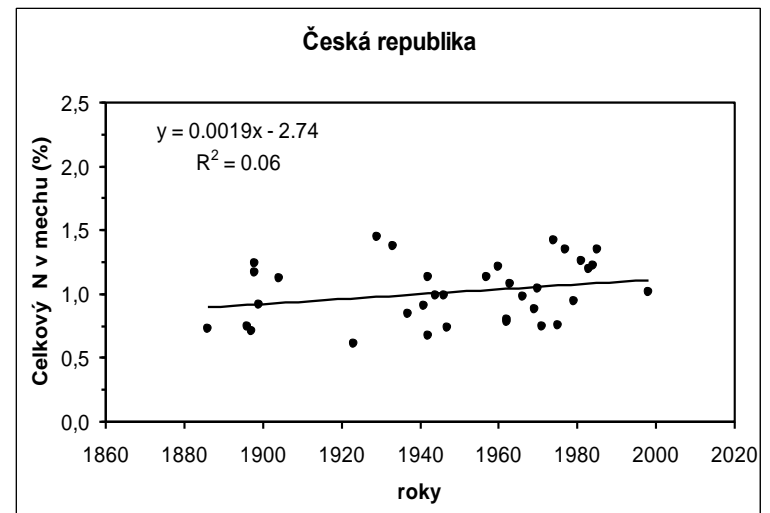
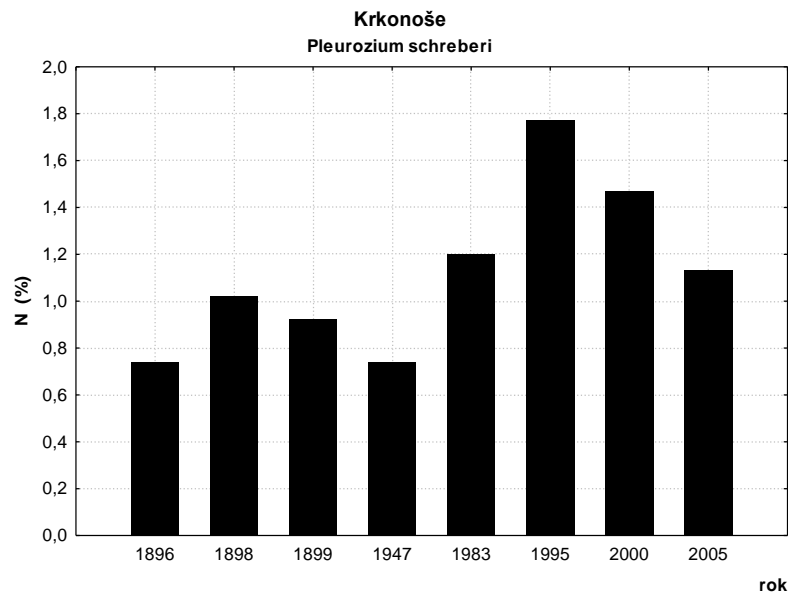
konc. U (µg.g⁻¹)
max = 0,482
min = 0,024
n = 56

Intenzita dopravy a zóny depozice podél pozemních komunikací



Herbáře muzeí informují o historii znečištění území ČR

Př.: Retrospektivní odhad změn (spadu) obsahu celkového dusíku ve vzorcích mechu *Pleurozium schreberi* opakovaně sbíraných na sběrateli oblíbených lokalitách mezi roky 1880–2005 v Krkonoších (n = 8) a v ČR (N = 9; n = 41) získaných ze sbírek muzeí.

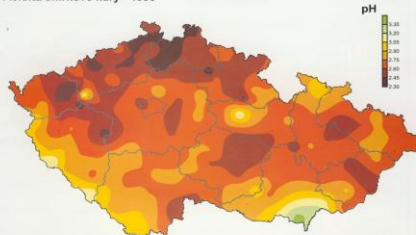


Kůra stromů – indikátor průměrné úrovně epozice

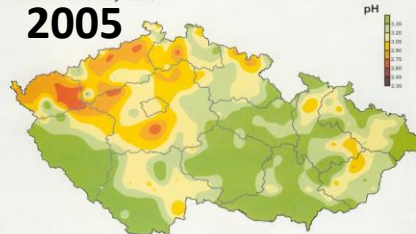


pH-H₂O:
1995

Obr. 3: Distribuce naměřených a interpolovaných hodnot průměrné reakce extraktů smrkové kůry vyjádřených v jednotkách pH na území ČR v roce 1995
ČESKÁ REPUBLIKA
Acidita smrkové kůry - 1995

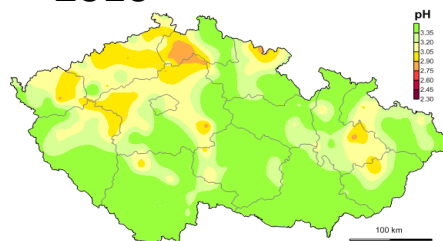


Obr. 4: Distribuce naměřených a interpolovaných hodnot průměrné reakce extraktů smrkové kůry vyjádřených v jednotkách pH na území ČR v roce 2005
ČESKÁ REPUBLIKA
Acidita smrkové kůry - 2005



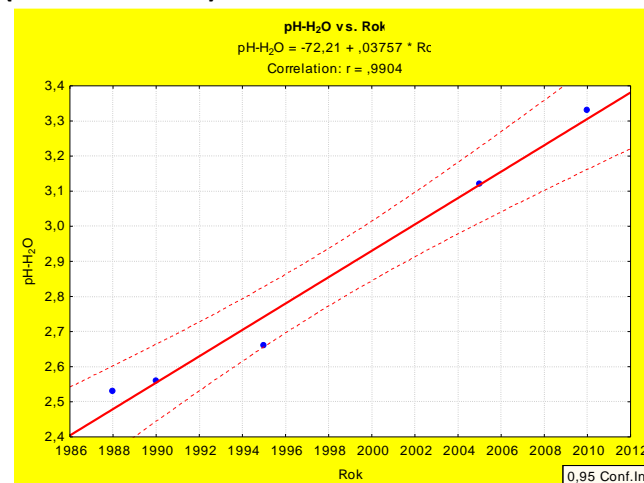
Obrázky k článku Kyselá reakce smrkové kůry a kvalita ovadnutí v ČR během posledních dvoulet (str. 28–34)

2010



- Mrtvé pletivo v kontaktu s atmosférou a stokem po kmeni
- Velká absorpční i adsorpční kapacita smrk > dub > borovice
- Změny obsahu chemických prvků, organických polutantů
- Změny parametrů výluhů: pH, elektrická vodivost, obsahy iontů (F⁻, Cl⁻, NH₄⁺, NO₃⁻)

ČR: změny mediánů pH-H₂O 1987–2010
(n = 1122–1530)



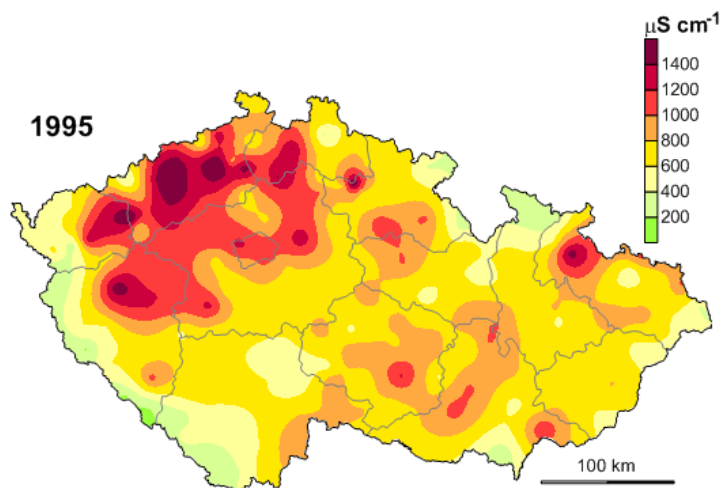
1990–2011

Kůra: pH = 0,037 × rok - 72,21; r = 0,99

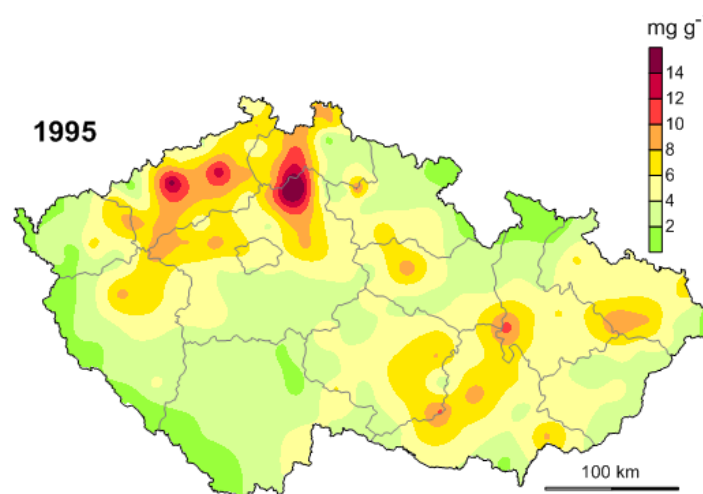
Srážky: pH = 0,027 × rok - 48,64; r = 0,92 (Hůnová et al. 2014)

Časoprostorová změna distribuce EV a SO₄ 1995 vs. 2010

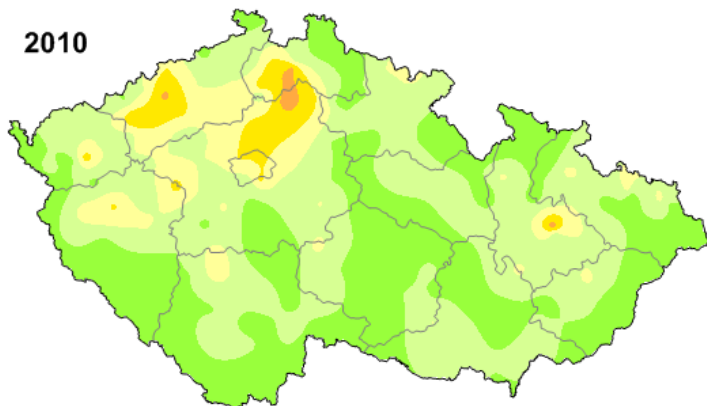
Elektrická vodivost



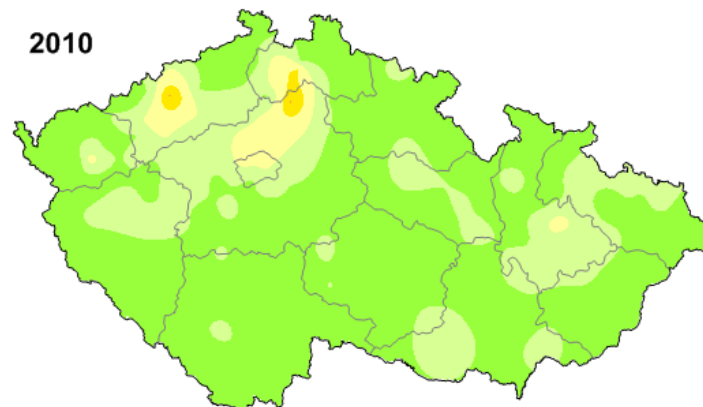
Obsah rozpustných síranů



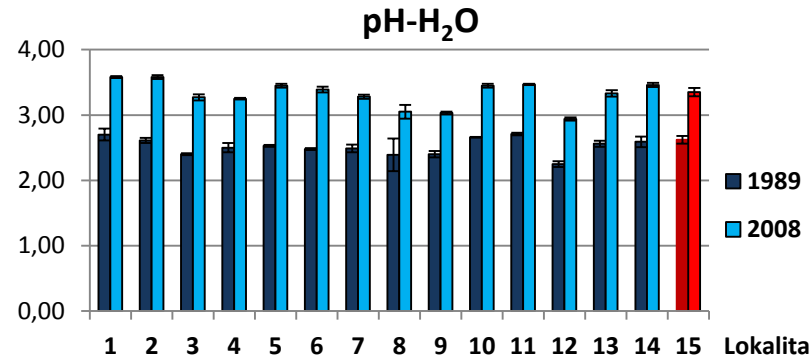
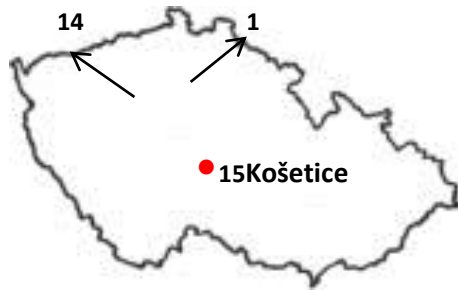
2010



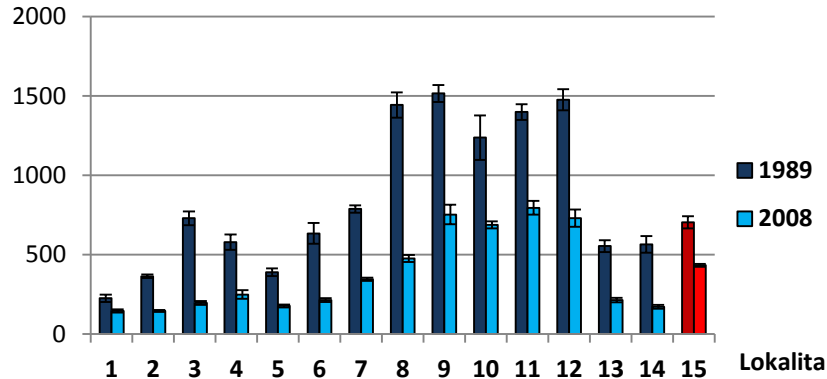
2010



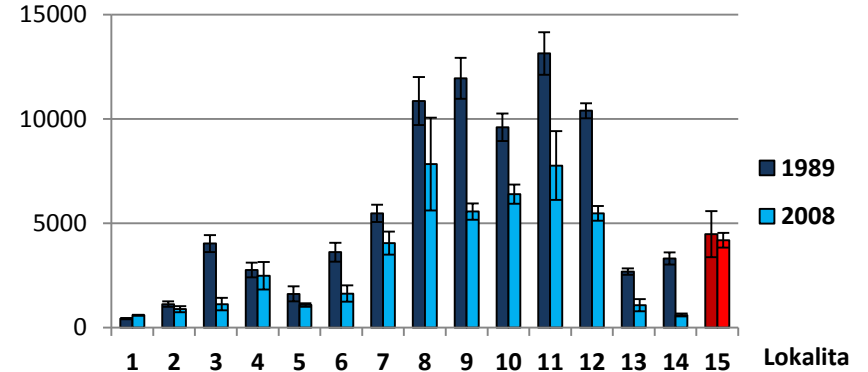
Parametry kůry na výškových profilech 1989/2008



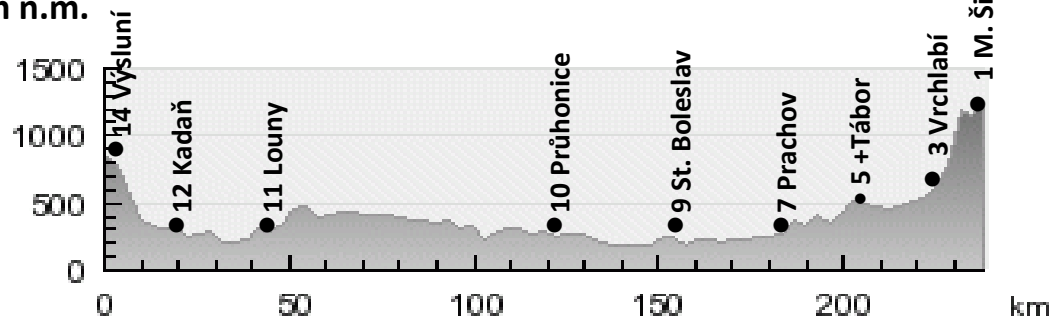
E. vodivost ($\mu\text{S cm}^{-1}$)



Síraný (mg kg⁻¹)



m n.m.

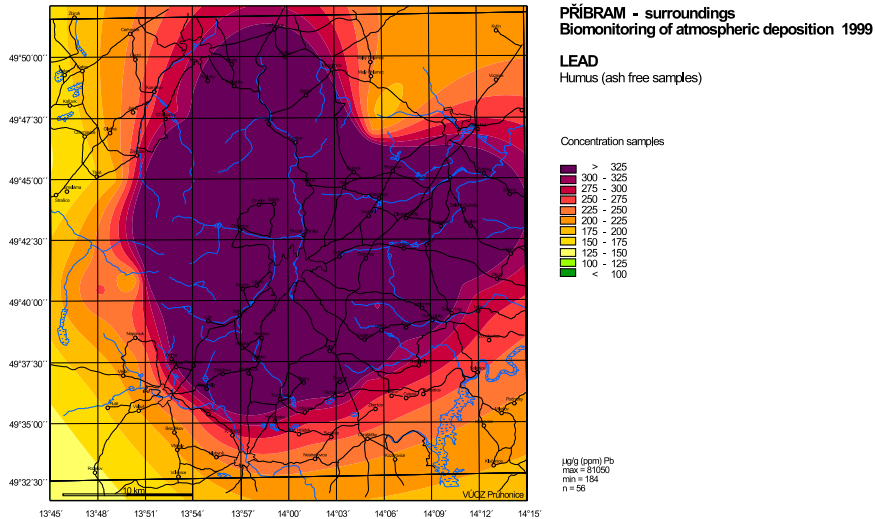


Lesní nadložní humus - integrátor atmosférických spadů



- Velká absorpce a adsorpce polutantů, adsorpční kapacita až 500–550 meq/100g
- Integrace znečištění nejméně po dobu existence aktuálního lesa (obmýtí) 80-120 let
- Odhalení starých zátěží ve zdánlivě čistých oblastech již bez zdrojů znečišťování
- Dlouhodobé uchování znečištění řádově 150-400 let
- Riziko uvolnění požárem, odlesněním, kyselým spadem - pohyblivé fulváty

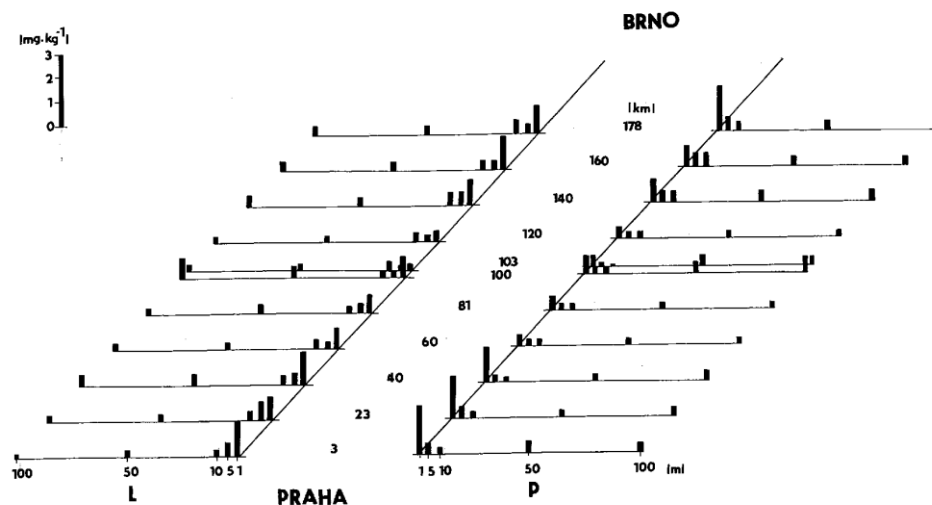
Zjišťování starých zátěží v krajině



Př. : Distribuce vysokých koncentrací Pb v lesním humusu 27–39 km kolem Příbrami. Vliv geomorfologie a převládajících směrů větru.

Cd půdy hloubka 0-5cm

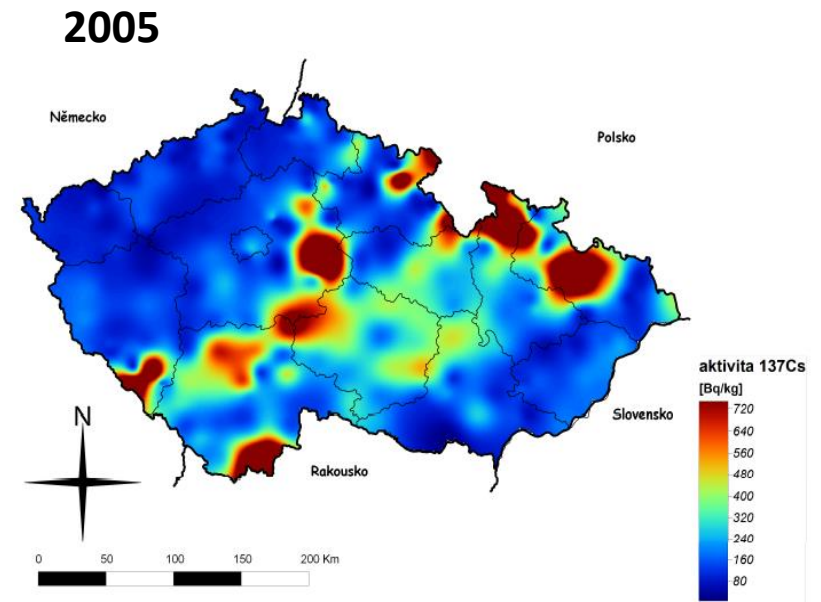
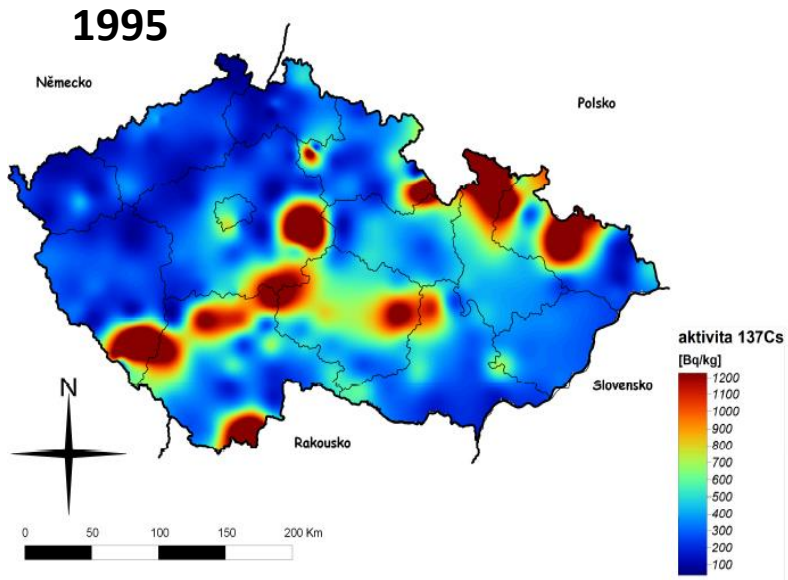
D1 1988



Př.: Distribuce Cd v ornici, povrchové vrstvě půdy TTP a lesním humusu D1 1988 oboustranně 1-5-10-50-100 m

Distribuce aktivit ^{137}Cs v lesním humusu

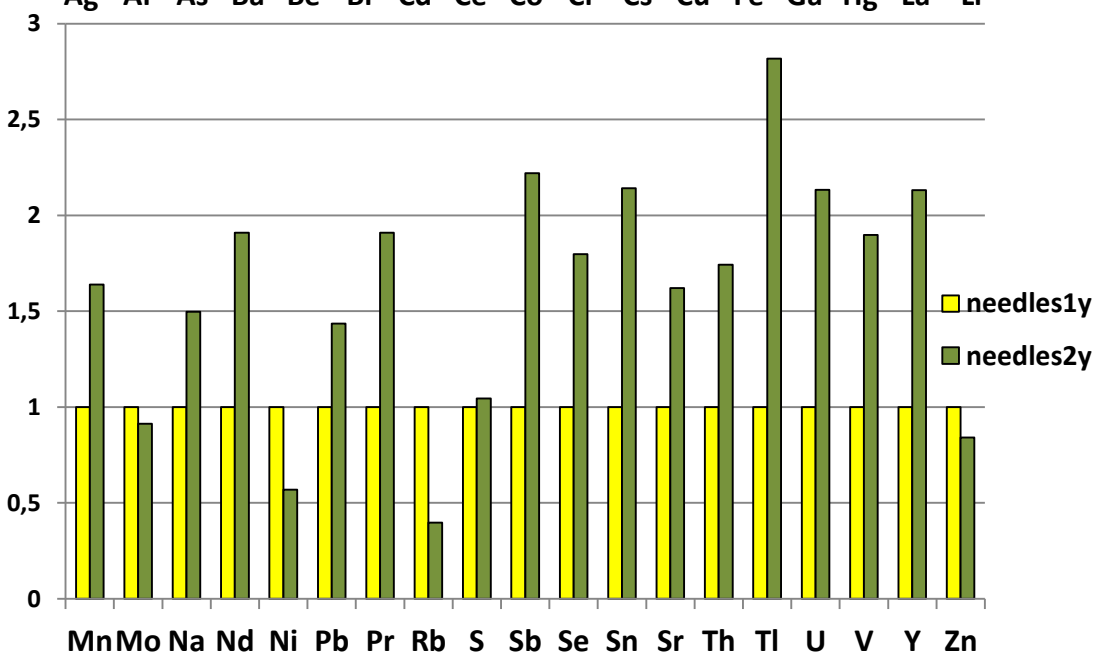
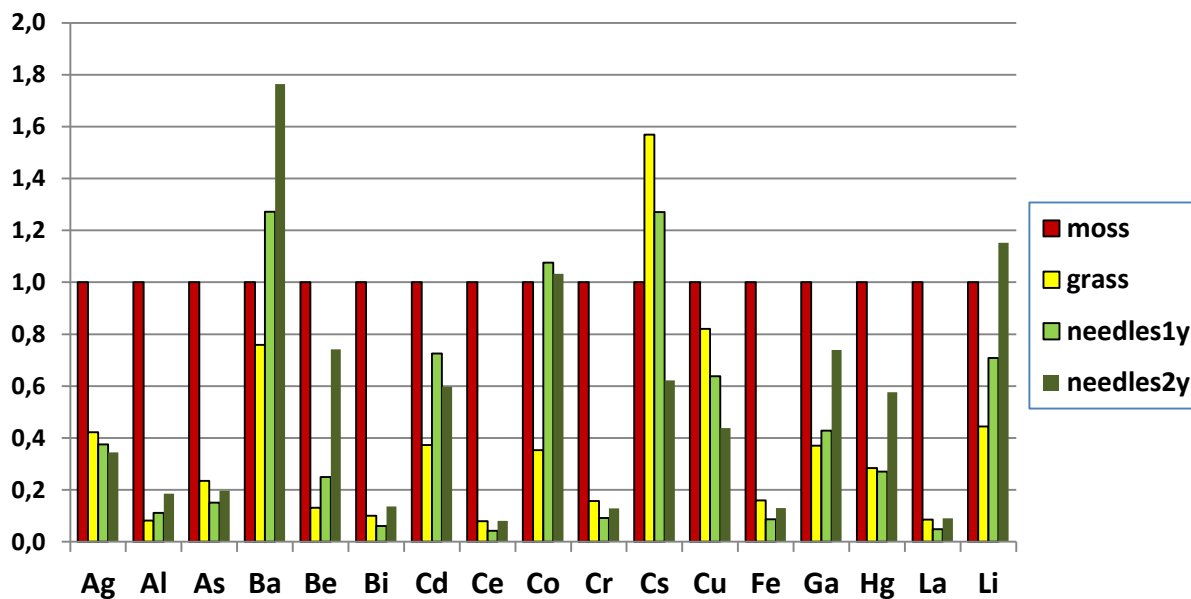
- radioaktivní mraky duben/květen 1986
- Zvýšení spadu radionuklidů deštěm
- ^{137}Cs $T = 30,17$ let
- poutáno \pm pevně mezi silikátovými vrstvami illitu
- ani po 30 letech významný posun v půdě (0,02-1,2 mm/rok)



Akumulace aktivity ^{137}Cs v humusu/půdě

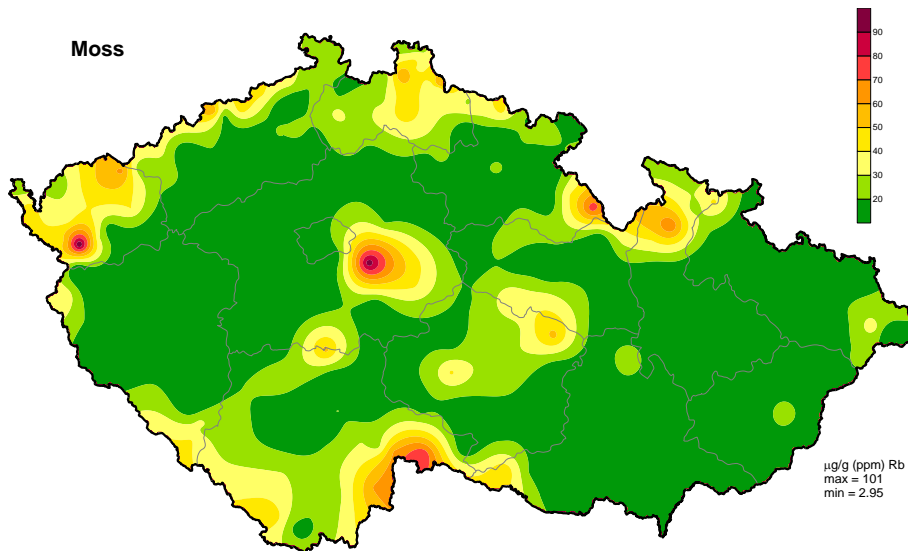
Ol
Of/Oh ← ^{137}Cs
Ah
(B)E
(Bs)
IIC

Relativních obsahy prvků v bioindikátorech v ČR

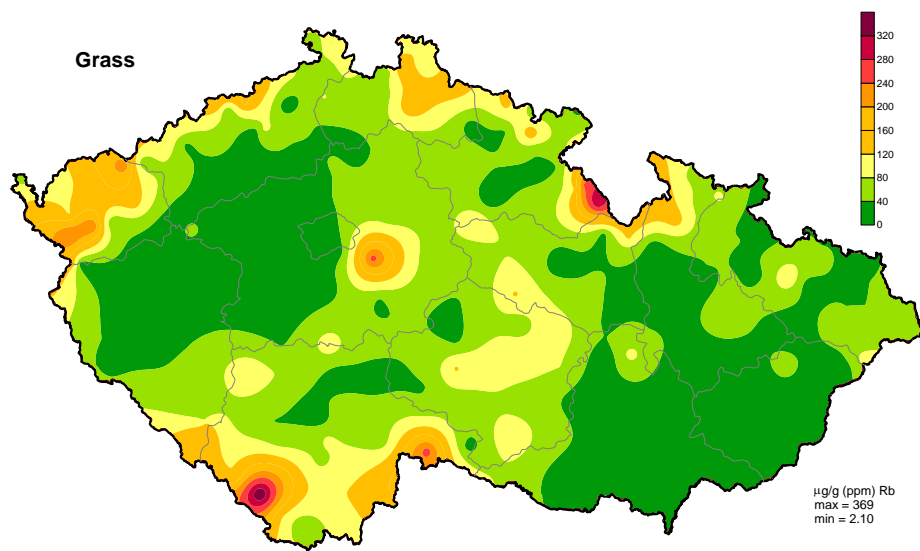


Obsah Rb v bioindikátorech v ČR (r. 2010)

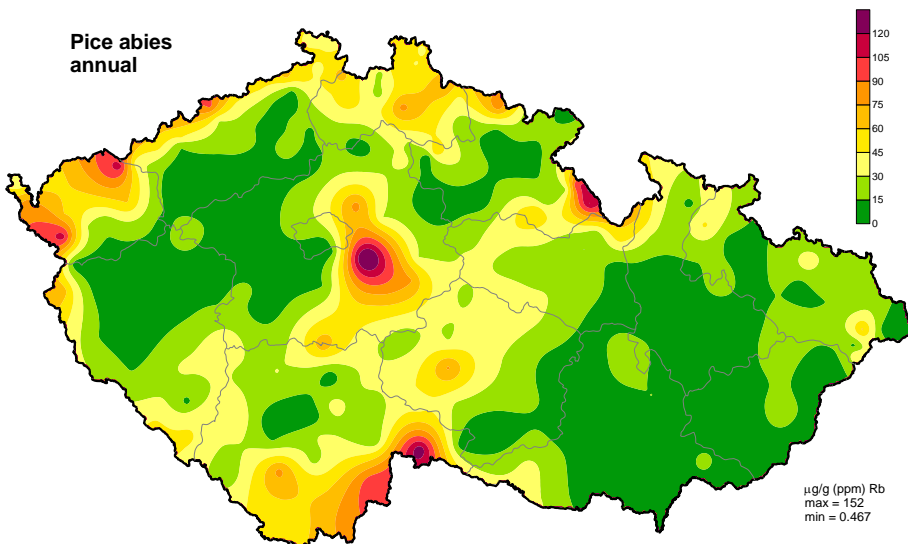
Moss



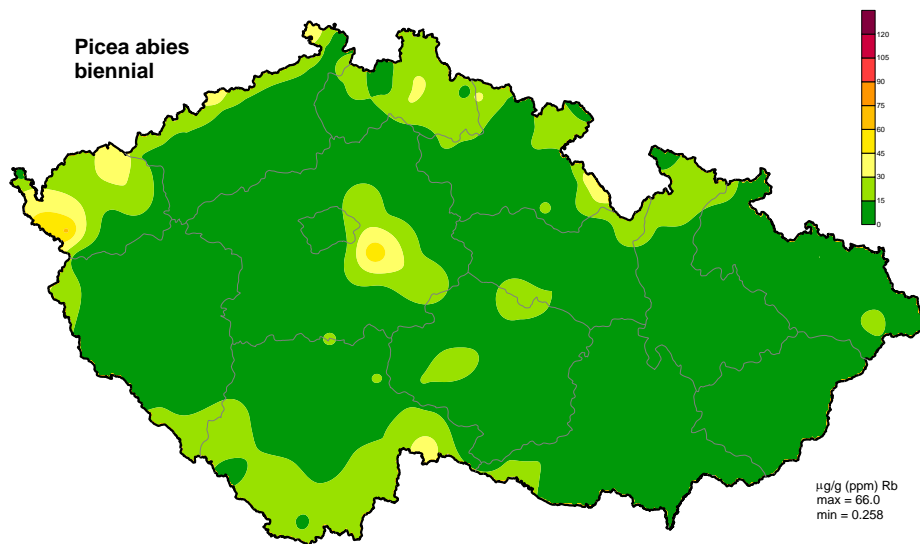
Grass



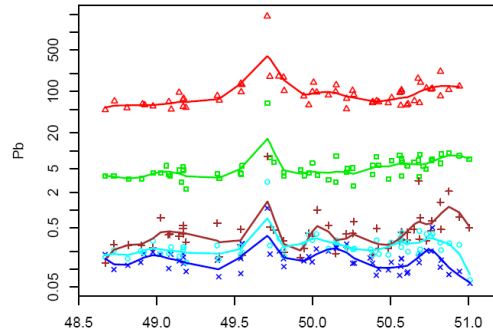
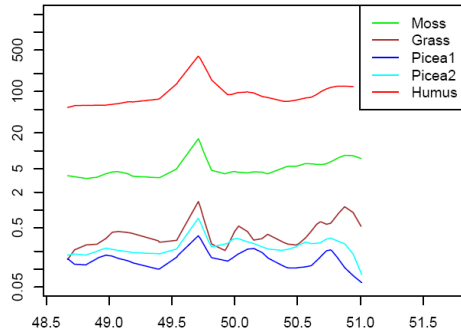
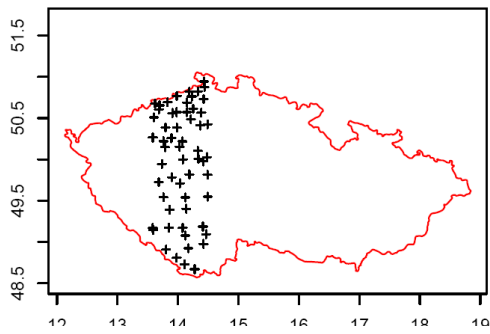
Picea abies
annual



Picea abies
biennial

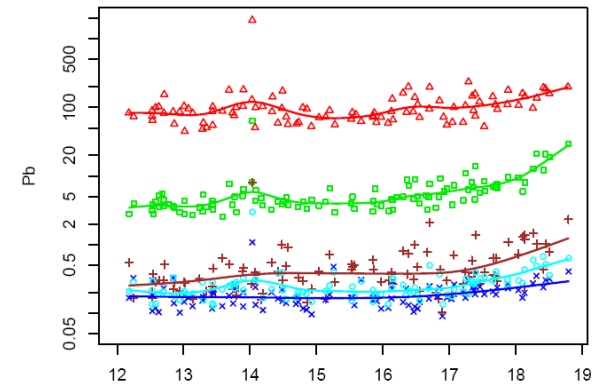
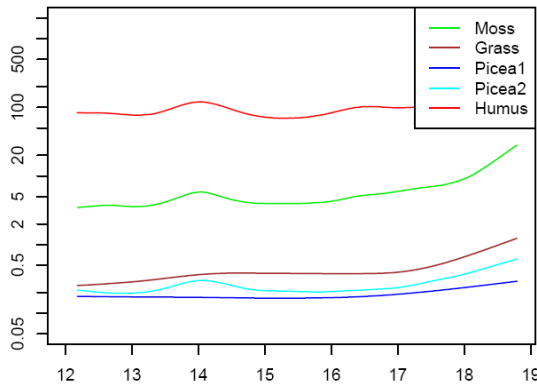
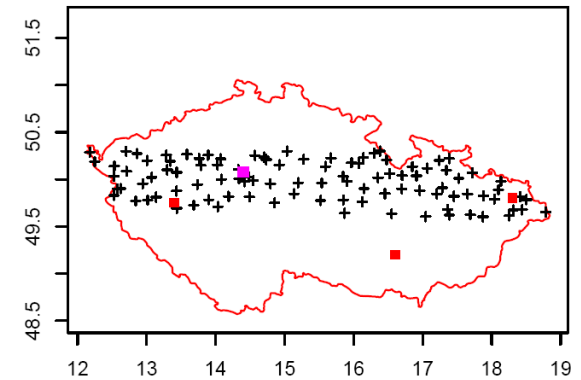


Bioindikace spadu různými bioindikátory v ČR



2010 – Pb_{celk}

humus
mech
tráva
jehličí 1
jehličí 2





Děkuji za Vaši pozornost