



CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE

TVORBA, VÝVOJ A KLASIFIKACE

ANTROPOGENNÍCH PŮD

Josef Kozák

Uměle vytvořené půdy

Technosols? Anthrosols?

→ Půdy na rekultivovaných výsypkách

→ Urbánní (městské) půdy

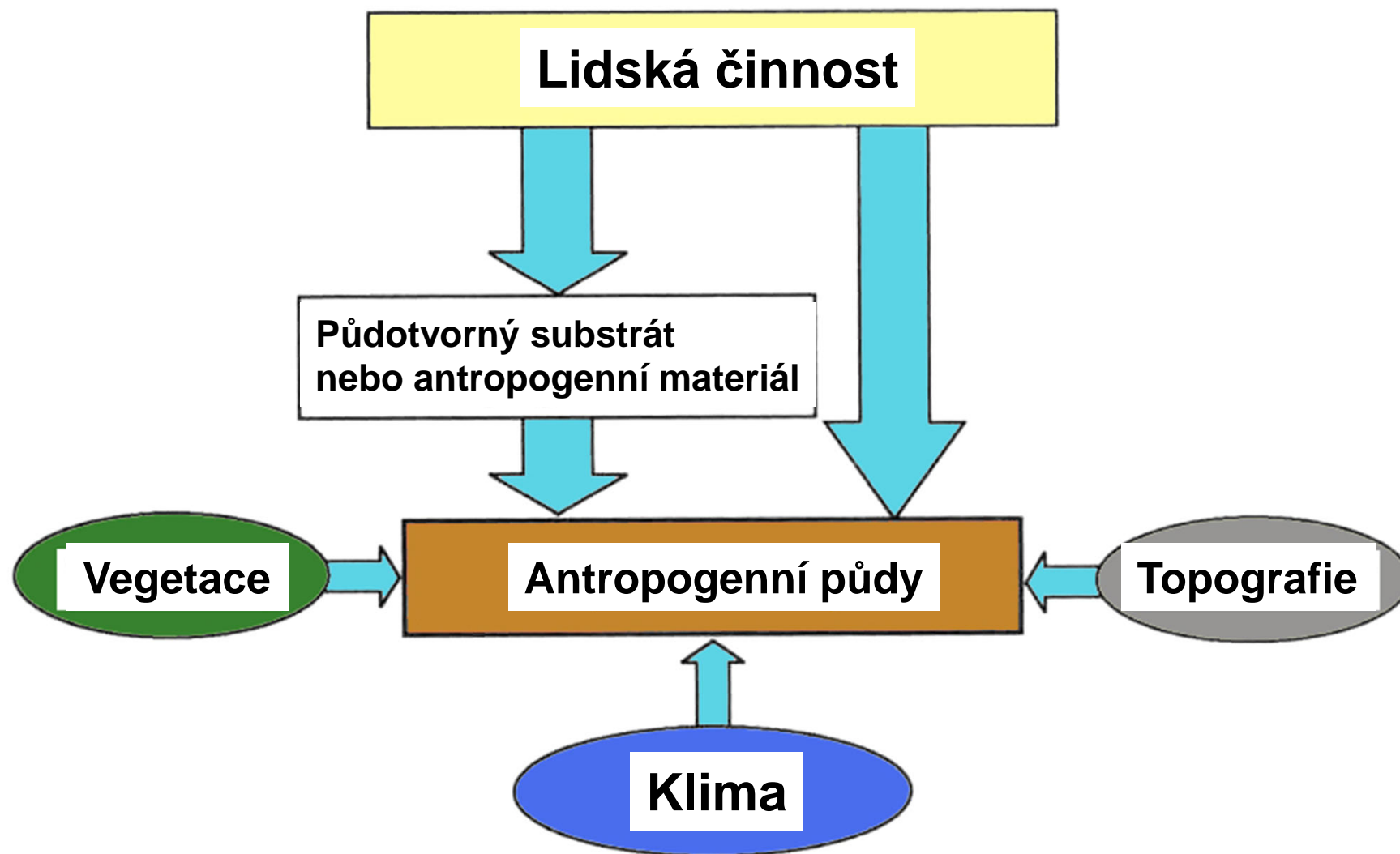
➤ půdy vytvořené na směsných materiálech – povrchové vrstvy >50 cm mísení, přídavky, kontaminace

➤ Půdy parků a zahrad

➤ půdy vzniklé při stavební činnosti – napropustně zakrytý povrch

→ Rekultivované skládky

→ Apod.

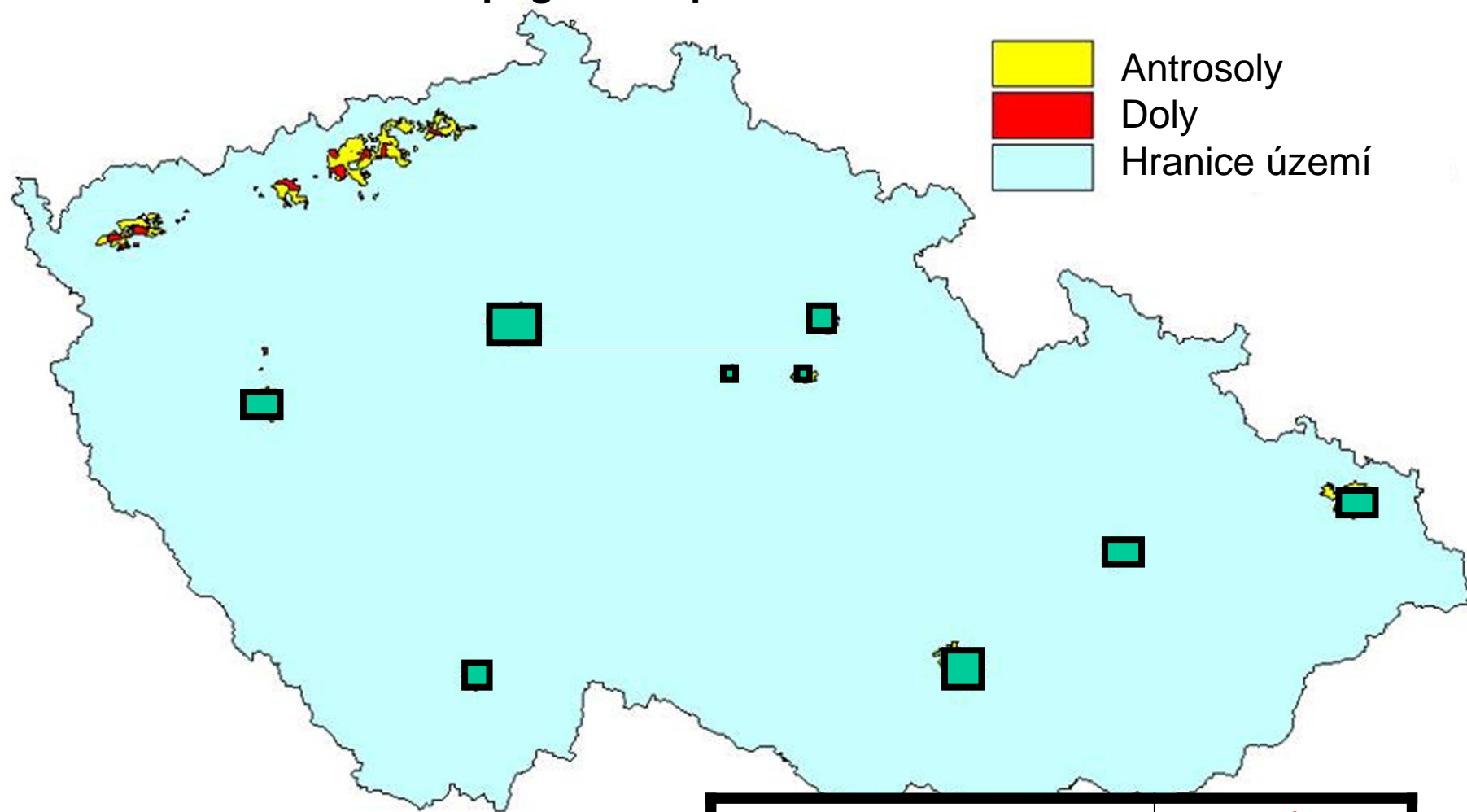


Antropogenní půdy – tvorba a vývoj

Půdy na rekultivovaných výsypkách

- české zkušenosti

Rozsah antropogenních půd



Celková rozloha	78 860 km²
Oblasti dolů	90,4 km²
Antrosols	862,9 km²

Dlouholetá tradice -

Velkoplošné rekultivace – déle než 60 let

Jak celý proces začíná

Povrchový důl Maxim





Detail dolu



V popředí počáteční stadium rekultivace



Těžba a rekultivace probíhají simultánně

Kategorizace procesů a technologií

Devastace území

Devastace
půdy

Devastace
vody

Devastace
vegetace

Devastace
vzduchu

Zemědělské
půdy

Lesní
půdy

Povrchové
vody

Podzemní
vody

Zemědělské
plodiny

Lesy

Výsypky

Zbytkové jámy

Výsypky

Zbytkové jámy

**Zemědělská
rekultivace**

**Lesnická
rekultivace**

**Hydrická
rekultivace**

**Ostatní
rekultivace**

**Orná
půda**

**Trvalé
travní porosty**

**Listnaté
lesy**

**Jehličnaté
lesy**

**Přípravné
období**

**Smíšené
lesy**

Monokultury

**Smíšené
lesy**

krátkodobé

dlouhodobé

Velmi důležitý první krok

-Technická rekultivace

tvorba budoucí krajiny

Předurčení budoucího využití a

Použité rekultivační techniky

Začátek technické rekultivace



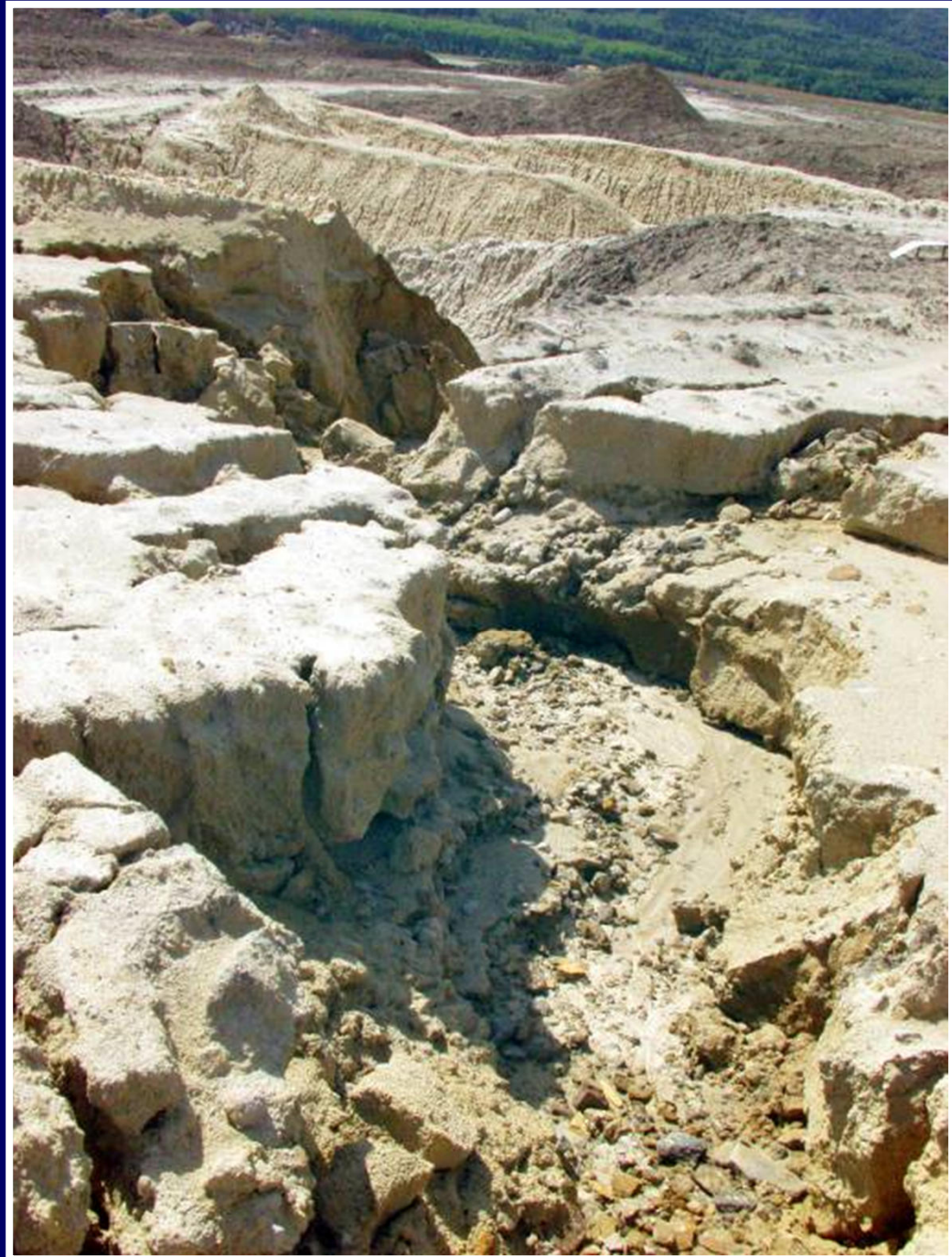
Přípravné období





Primární struktura jílovitého materiálu

Eroze půdy – velký problém





Postup technické rekultivace

Možnosti:

-Žádná biologická rekultivace

-Aplikace rekultivačních technologií

Důležitý krok:

**Klasifikace geologických substrátů
podle jejich vhodnosti
pro využití v rekultivačním procesu**



**Přirozená sukcese
– žádná rekultivace neaplikována**

Hlavní otázky které musí být zodpovězeny

- Jaký byl původní půdní pokryv***
- Jak bude vytvořená krajina využívána***
- Jaké materiály jsou k dispozici***
- Jaké náklady si navržená technologie vyžádá***

Různé rekultivační techniky - příklady

- **Převrstvení přirozenou ornici**
- **Kombinace přirozené ornice a slínovců**
- **Samotné slínovce**
- **Spraš a sprašové materiály**
- **Přídavek organické hmoty**
- **Žádné pokrytí ani přídavky**

***Příklady původního půdního pokryvu
narušeného území***

Černozem



Kambizem



Smonice



Erodovaná smonice





Pokryv ornici – počátek procesu



**Technologie rekultivace - pokryv půdní
vrstvou – situace po 5ti letech**

Překrytí ornicí





Překrytí orníci



Počáteční stadium lesnické rekultivace



Využití porcelanitů pro zlepšení struktury velmi těžkých půd

Vnitřní výsypka



Půdy s nejlepšími předpoklady pro vývoj příznivých profilů

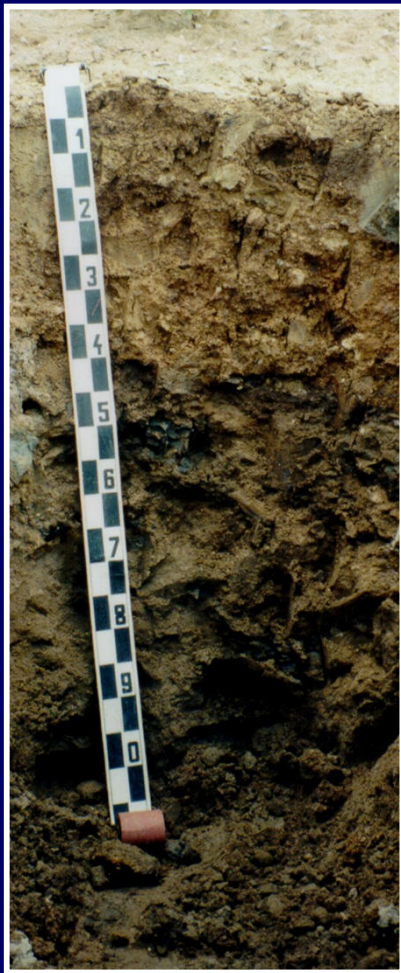
Reclama- tion	Site	Depth cm	Particles <0.01mm %	CaCO ₃ %	pH _{KCl}	CEC mmol. kg ⁻¹	C _{ox} %	A ₄₀₀ / A ₆₀₀
Marls + topsoil (cover)	Radovesice II (R1)	0-25	43.2	7.0	Nd	325	1.08	5.4
		25-46	63.3	41.0	Nd	250	Nd	Nd
		46-80	11.2	0.2	7.6	Nd	Nd	Nd
Marls + topsoil (ploughed)	Radovesice III (R2)	0-25	40.9	8.9	Nd	275	1.26	4.7
		25-50	56.0	20.0	Nd	225	Nd	Nd
		50-70	25.3	0	8.0	Nd	Nd	Nd

Půdy se středními předpoklady pro vývoj příznivých profilů

rekultivace: 60 cm vrstva sprašovitých materiálů

lokalita: Braňany (S12)

Vegetace: spontánní vývoj trav



Depth (cm)	Particles <0.01mm %	CaCO ₃ %	pH _{KCl}	CEC mmol. kg ⁻¹	C _{ox} %	A ₄₀₀ / A ₆₀₀
0-40	43.7	0	6.9	200	0.66	5.07
40-100 A	29.9	0	6.0	150	Nd	Nd
40-100 B	65.2	0	Nd	200	Nd	Nd

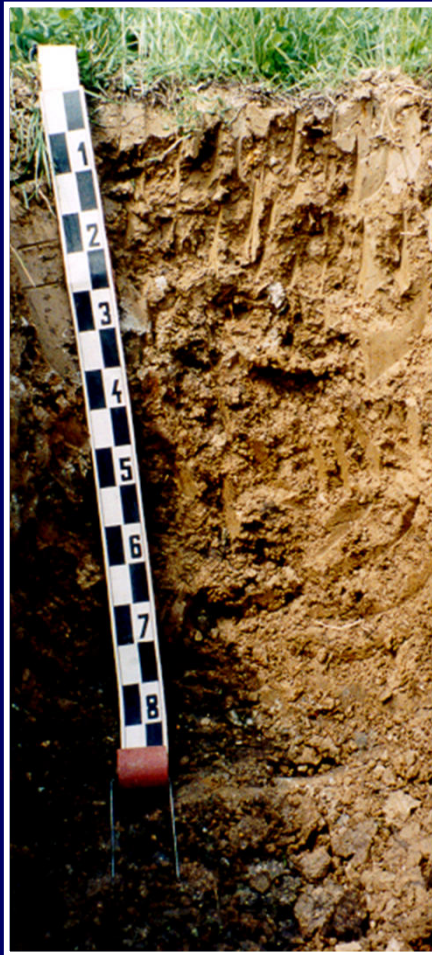
Půdy se středními podmínkami pro vývoj příznivých profilů



rekultivace: 60 cm vrstva sprašovitých materiálů.
Zapravení papírenských kalů do svrchních 10 cm
lokalita: Braňany (S9)
Vegetace: zemědělské využití

Depth (cm)	Particles <0.01mm %	CaCO ₃ %	pH _{KCl}	CEC mmol. kg ⁻¹	C _{ox} %	A ₄₀₀ / A ₆₀₀
0-15	Nd	0	6.9	1000	4.27	5.03
15-90	34.0	0	7.0	100	Nd	Nd
90-110	82.8	0	7.3	175	Nd	Nd

Půdy s méně příznivými podmínkami pro vývoj příznivých profilů



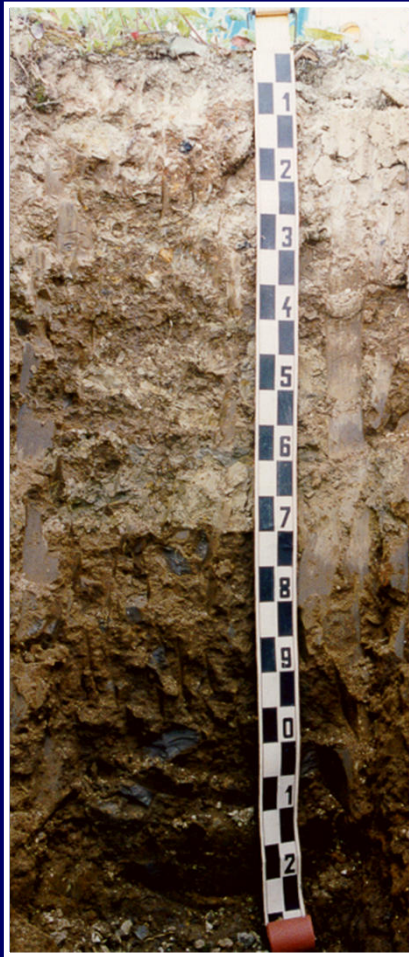
Rekultivace: 60 cm vrstva sprašovitých materiálů

lokalita: Braňany (S11)

Vegetace: zwmnědělské využití

Depth (cm)	Particles <0.01mm %	CaCO ₃ %	pH _{KCl}	CEC mmol. kg ⁻¹	C _{ox} %	A ₄₀₀ /A ₆₀₀
0-30	66.0	0.8	Nd	300	0.98	5.03
30-80	44.1	1.1	Nd	175	Nd	Nd
80-110	55.7	0	5.1	205	Nd	Nd

Půdy s méně příznivými podmínkami pro vývoj příznivých profilů



Rekultivace: 30 cm vrstva slínu, 30 cm vrstva

Přirozené ornice, orba

lokalita: Radovesice III (S1)

Vegetace: mladé stromky

Depth (cm)	Particles <0.01mm %	CaCO ₃ %	pH _{H2O}	CEC mmol. kg ⁻¹	C _{ox} %	A ₄₀₀ /A ₆₀₀
0-30	67.9	2.8	7.5	175	1.09	7.89
30-70	75.2	3.6	7.7	175	Nd	Nd
70-125 A	38.0	0	7.6	100	Nd	Nd
70-125 B	62.7	0.2	7.6	175	Nd	Nd

Půdy s nejhoršími podmínkami pro vývoj půdních profilů



Rekultivace: 60 cm vrstva slínu

lokalita: Radovesice IV (S2)

Vegetace: žádná (1996)

Depth (cm)	Particles <0.01mm %	CaCO ₃ %	pH _{H2O}	CEC mmol. kg ⁻¹	C _{ox} %	A ₄₀₀ /A ₆₀₀
0-60	57.4	10.7	7.8	150	Nd	Nd
60-95	47.5	0	7.5	150	Nd	Nd

Půdy bez rekultivačního zásahu



Rekultivace: žádná, původní výsypková zemina

lokalita: Braňany II (S13)

Vegetace: spontánní výskyt rostlin

Depth (cm)	Particles <0.01mm %	CaCO ₃ %	pH _{KCl}	CEC mmol. kg ⁻¹	C _{ox} %	A ₄₀₀ / A ₆₀₀
0-45	47.4	0	7.2	175	1.05	5.48
45-105	38.3	0	7.4	75	Nd	Nd

Předpokládaný dlouhodobý vývoj rekultivovaných antrozemí

- Nevápnité materiály → Kambizemě
- Vápnité materiály → Leptosoly (nebo Černozemě)
- Půdy s jílovitou vrstvou v profilu → Luvisoly
- Půdy poblíž vodních toků a v depresích → Gleje
- Půdy s nepropustnou vrstvou v oblasti vyšších srážek → Stagnosoly

**Klíčová charakteristika pro posouzení
kvality provedené rekultivace
-fyzikální vlastnosti profilů**

**Struktura půdy – Pórovitost
– Hydraulická vodivost**

Stabilita půdní struktury

Test I

- prudké zatopení agregátů vodou
- roztržení vlivem uvnitř stlačeného vzduchu
- Test II
- pomalé ovlhčování a vysoušení
- destrukce vlivem objemových změn
- Test III
- destrukce působením mechanických sil
- Stanovení stability agregátů
- (Le Bissonnais, 1996)

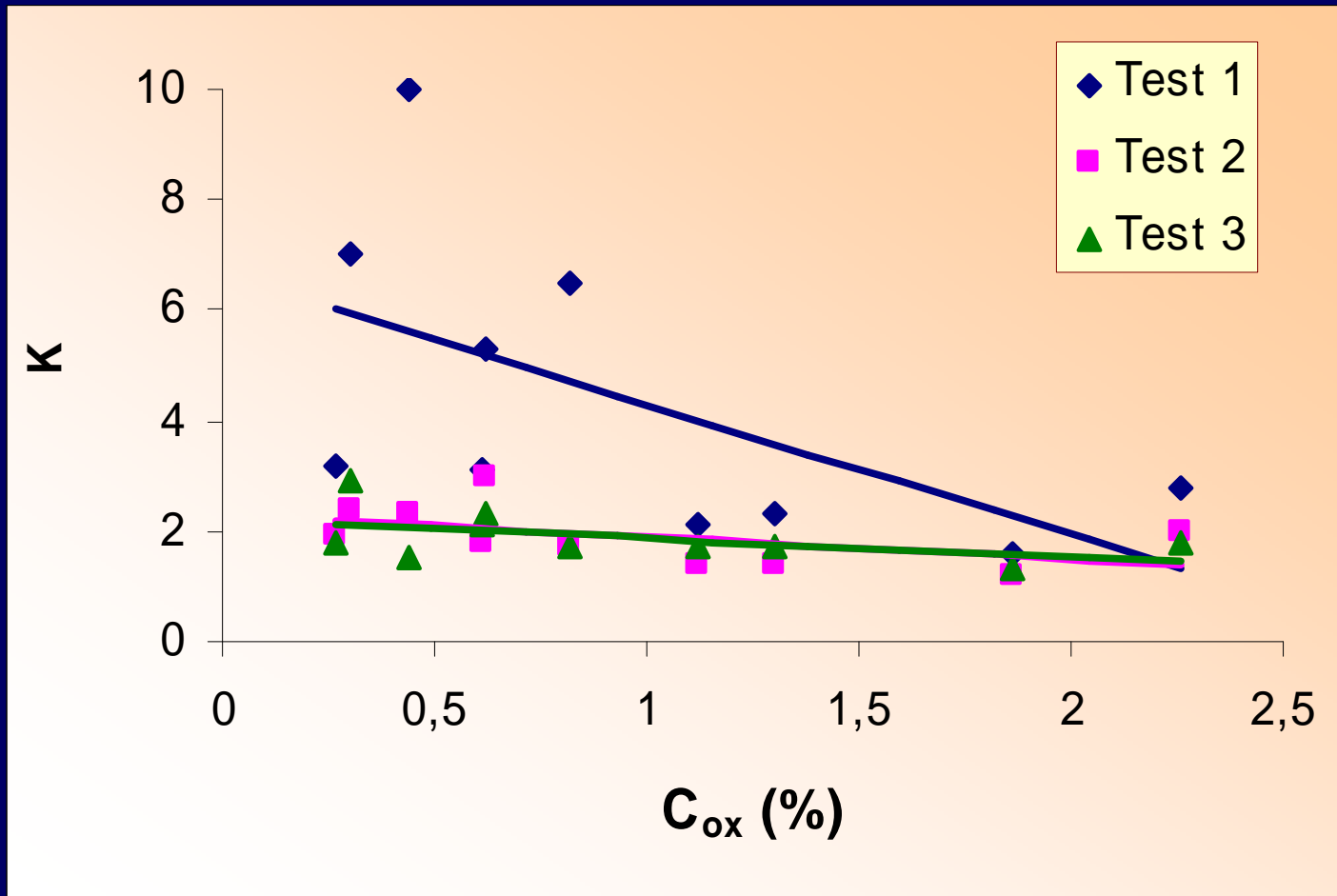
Stabilita půdní struktury

Koeficient vulnerability půdní struktury

Test	Výsypková zemina (půměr)	Černozem
Test 1	4.4	1.4
Test 2	1.9	1.1
Test 3	1.9	1.2

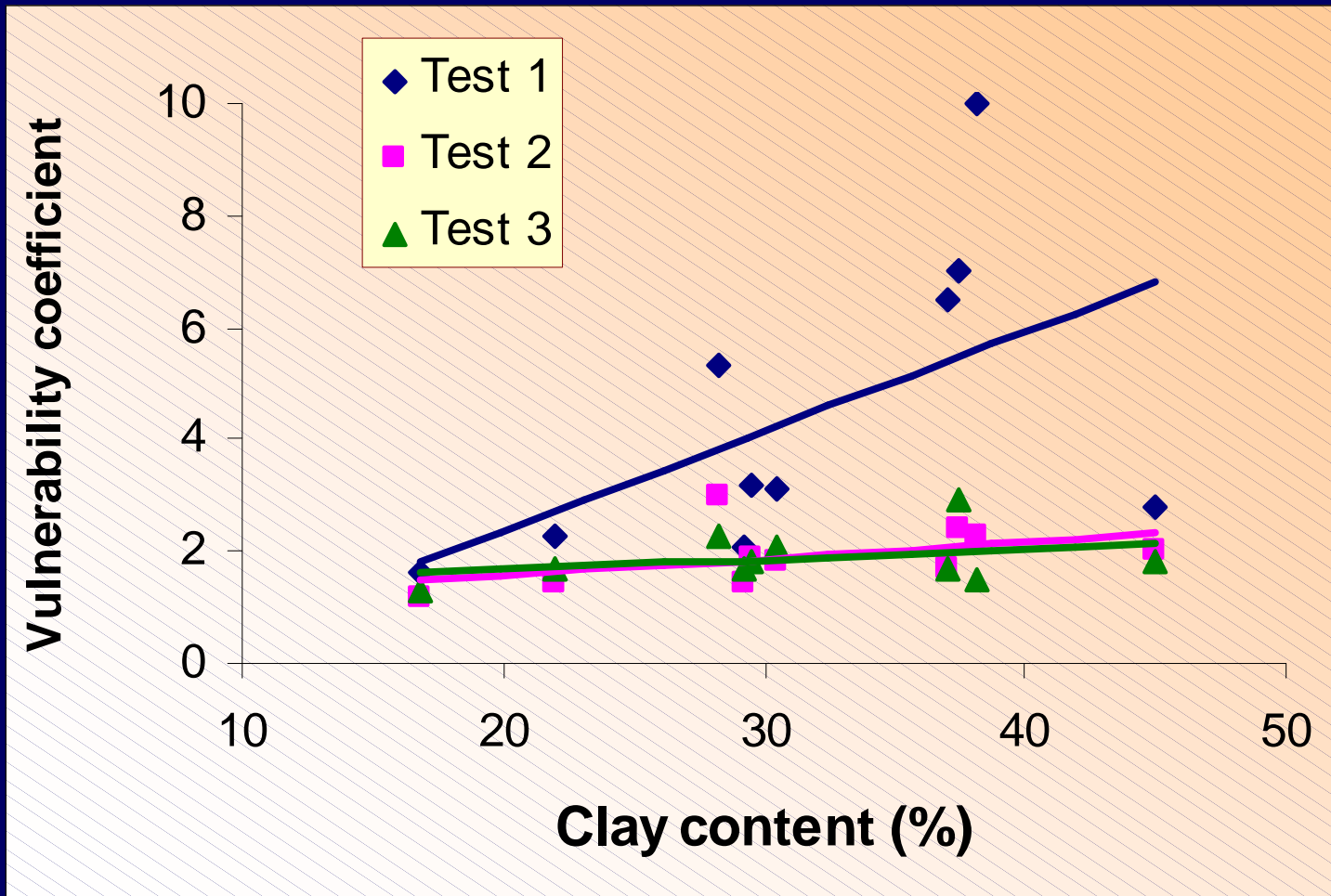
➔ **Agregáty jsou nejvíce náchylné k destrukci při rychlém ovlhčení**

Zranitelnost půdní struktury- vliv organického uhlíku



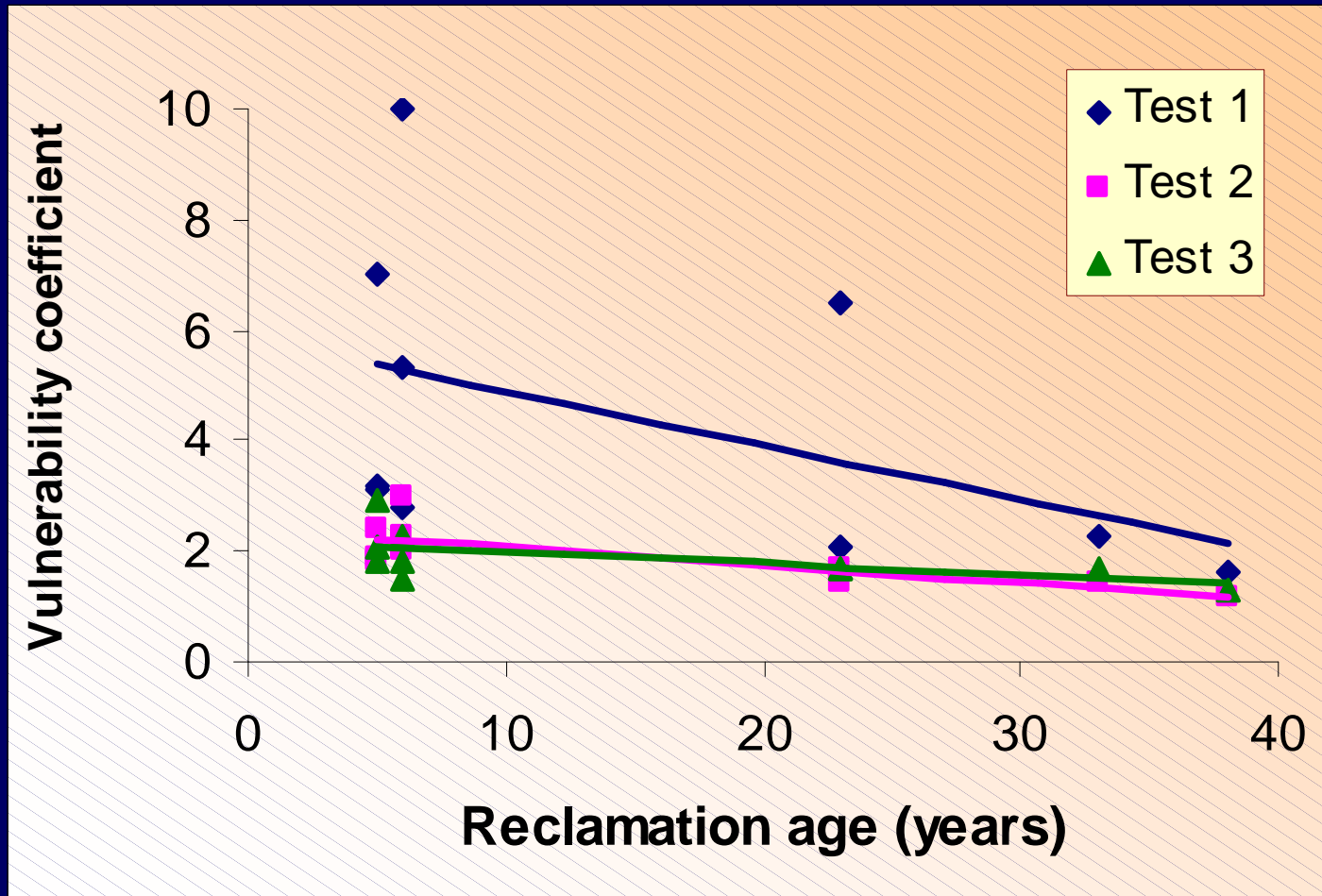
Zranitelnost půdní struktury

- vliv obsahu jílu



Zranitelnost půdní struktury

- vliv stáří rekultivace



Závěry z dílčích výsledků

- Velmi silná heterogenita půd na výsypkách
- Jejich vývoj ovlivněn zejména:
 - Uloženým materiálem
 - Způsobem rekultivace, rostlinným pokryvem
 - Obsahem a kvalitou organické hmoty
 - Stářím rekultivace
- Vývoj v dlouhodobé perspektivě se dá očekávat směrem k původním půdám dané oblasti
- Zemědělské či lesnické využití antrozemí je možné a žádoucí
- Je zapotřebí další výzkum

Případy některých nezdarů

Nevhodné třídění skrývkových materiálů použitých pro finální fázi technické rekultivace

Výsledek - intenzivní zvětrávání pyritů



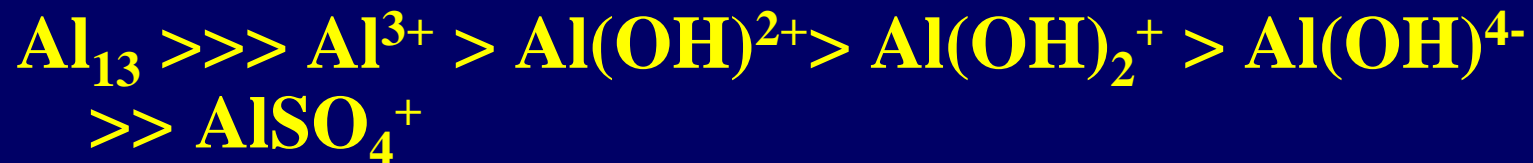
Dramatický pokles pH půdy !

Al toxicita

Al TOXICITA PRO ROSTLINY !!!

▶ různé formy Al – různá toxicita

▶ Řada toxicity – popis různých účinků :



▶ kvantitativní odhad - složitý

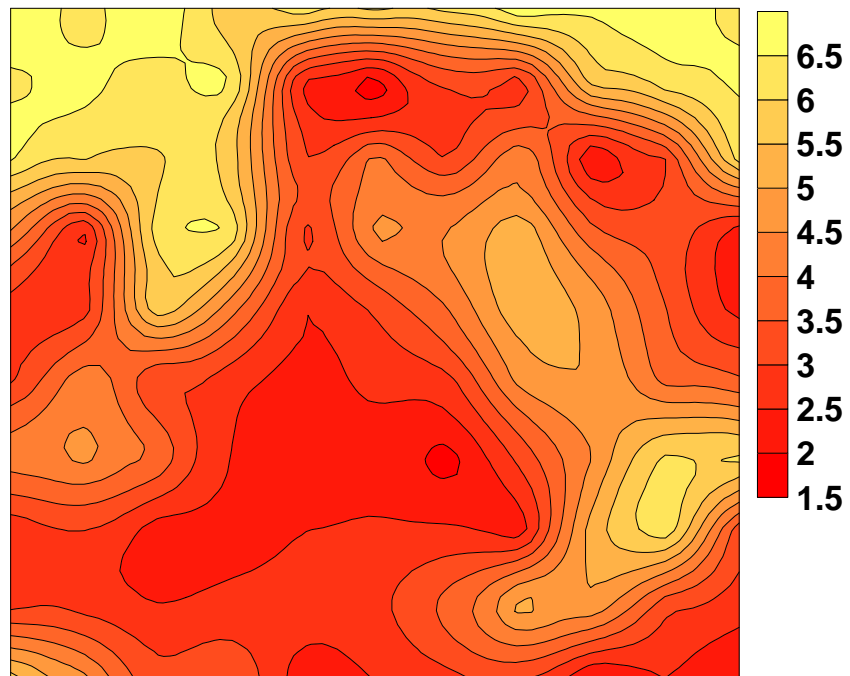
příklad: Ca / Al

Index toxicity Al

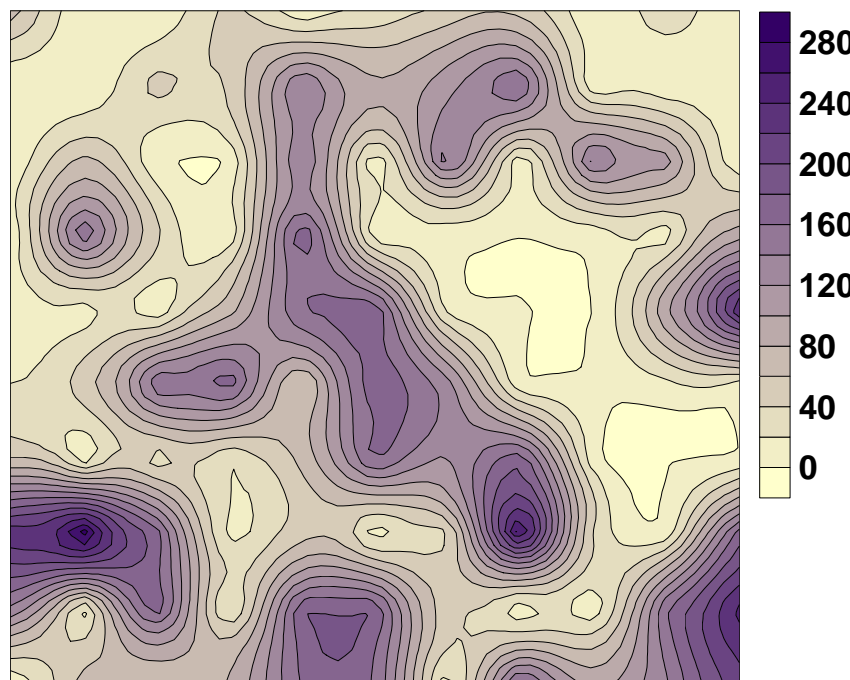
Výsypka Lítov



Geostatistické zhodnocení
pH (KCl) a obsahu Al^{3+}
Na části výsypky Lítov



pH_{KCl}



Al^{3+}
mg/kg

Výsypka Lítov po rekultivaci





Problémy řešené v současnosti

- **Odhad heterogenity rekultivovaných území**
- **Aplikace moderních mapovacích metod**

Rekultivované výsypky

- Vytvořené po ukončení důlní činnosti

Vlastnosti půd a jejich prostorová heterogenita závisí na:

- Uložení materiálu a přísadách
- Metodě rekultivace
- vegetaci
- Době vývoje (stáří) atd.

Analýzy půd

- pH půdy
- Výměnná kyselost (E_a)
- Obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox})
- organický uhlík extrahovatelný Na pyrofosfátem (EOC)
- Kvalita humusu (A_{400}/A_{600})
- Obsah labilního Al (Al_{lab})
- Al extrahovatelný Na pyrofosfátem (Al_{org})



**Popis půdních profilů při kontrole
úspěšnosti rekultivace**



V důsledku heterogenity se vyskytují neúrodná místa



Práce musí být vedena zodpovědně – blízkost památek





















Větrák



Radovesice



Rekultivovaná výsypka Braňany



Fučík



Křinec



Pokrok





Kombinovaná rekultivace



**Příklad zemědělského využití úspěšně
rekultivované výsypky**

**Příklad
hydričké
rekultivace**

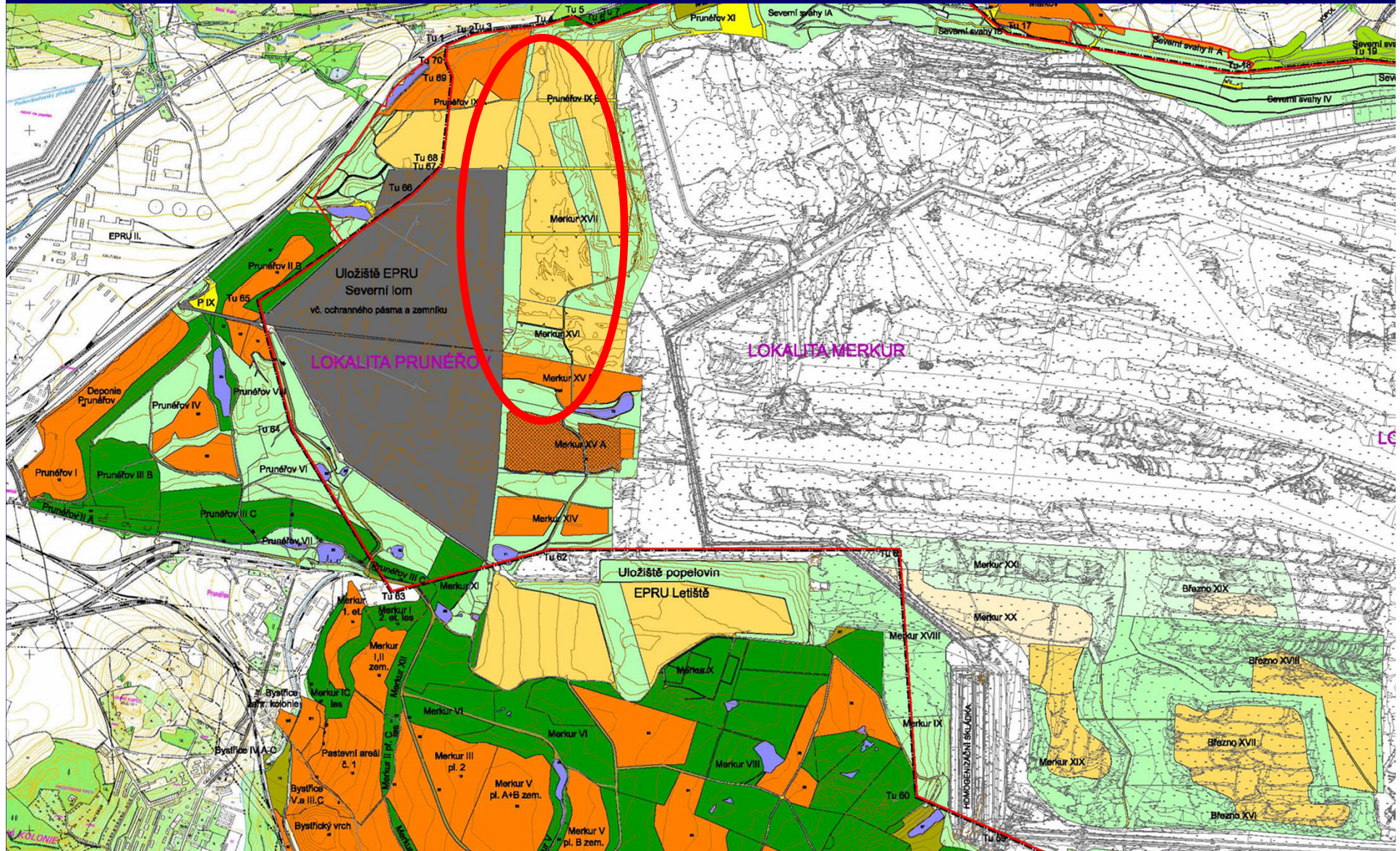


Cíl průzkumu v roce 2011

- Zhodnotit půdní vlastnosti na vybraných výsypkách převážně s rozpracovanou zemědělskou rekultivací



Umístění odběrů



Umístění odběrů



● Prunéřov IX B

– 10 vzorků

● Merkur XVII

– 10 vzorků

● Merkur XVI

– 10 vzorků



Umístění odběrů



Umístění odběrů



Merkur XIX

– 10 vzorků



Umístění odběrů



● Březno XVIII

– 15 vzorků

● Březno XVI

– 10 vzorků



Umístění odběrů



Laboratorní analýzy

- Porušené vzorky
 - zrnitost
 - půdní reakce aktivní a výměnná (pH)
 - obsah a kvalita organické hmoty
 - obsah přístupných živin
 - P, K, Mg, Ca
 - obsah rizikových prvků
 - As, Cd, Cu, Mn, Pb, Zn
- Neporušené vzorky (Prunéřov IXB)
 - pórovitost, kategorie pórů
 - vlhkost, objemová hmotnost



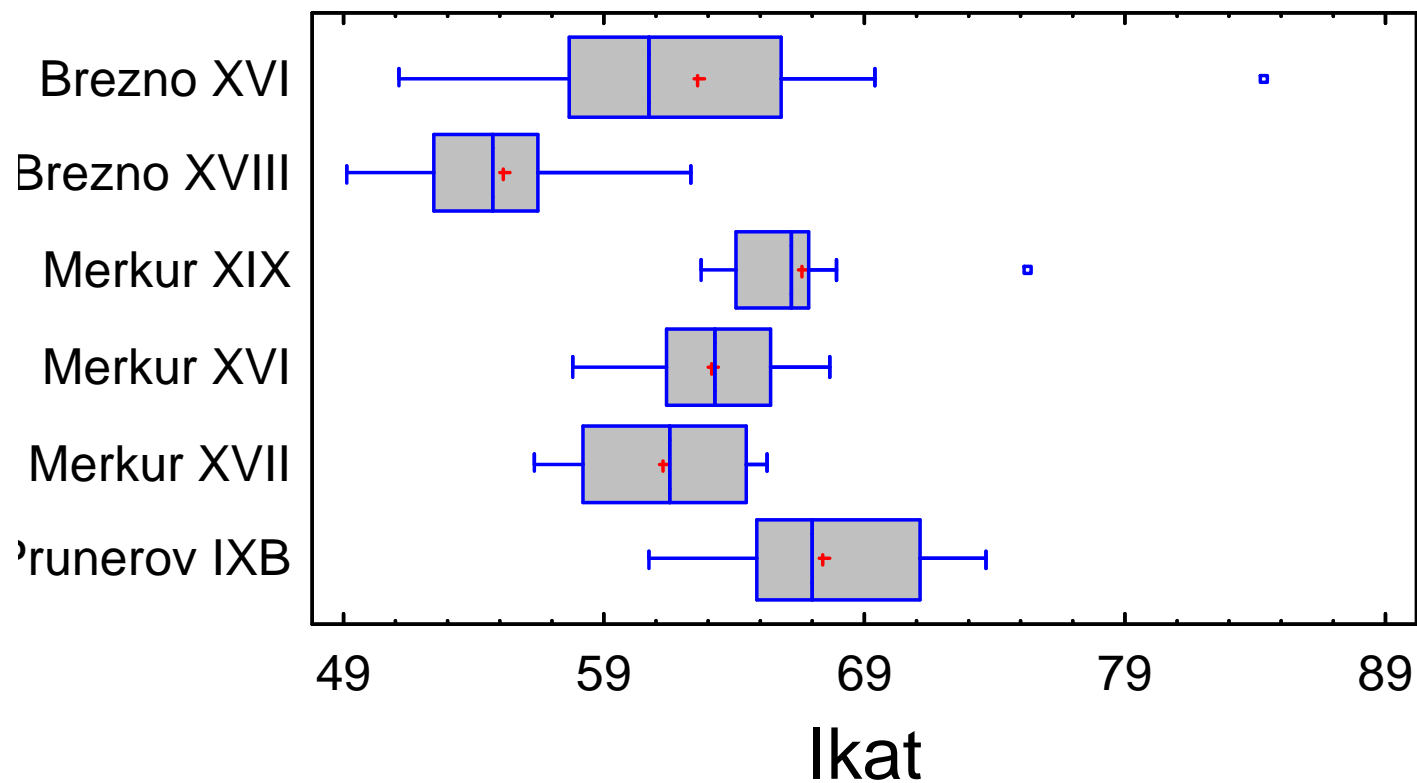
Zrnitost půdy (%)

- srovnání ploch (průměry)

Plocha	Počet	Jíl	I. kat. (jíln. č.)	II. kat. (prach)	III. kat. (pr. písek)	IV. kat. (písek)
Březno XVI	10	41,5	62,6	14,8	4,1	18,5
Březno XVIII	15	38,9	55,1	14,7	5,5	24,7
Merkur XVI	10	47,6	63,1	13,8	4,2	18,8
Merkur XVII	10	48,5	61,3	14,6	4,5	19,6
Merkur XIX	10	49,8	66,5	16,3	3,2	13,9
Pruněřov IX B	10	55,3	67,5	13,8	3,6	15,2

Obsah jílnatých částic (%) - srovnání ploch (průměry)

Box-and-Whisker Plot



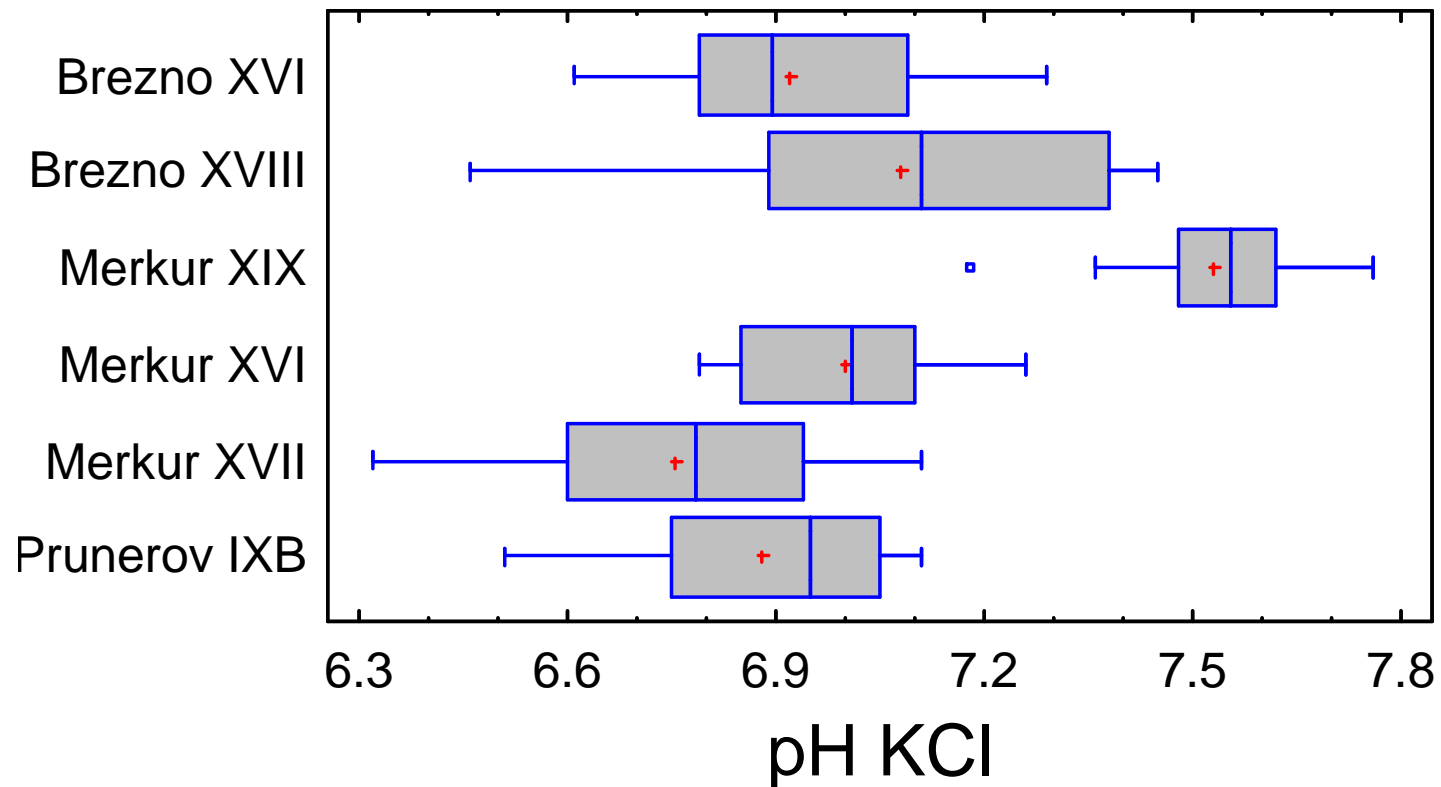
Chemické vlastnosti půd

- srovnání ploch (průměry)

Plocha	Počet	pH _{H2O}	pH _{KCl}	V _a (mmol. .100g ⁻¹)	C _{ox} (%)	Q _{4/6}
Březno XVI	10	7,3	6,9	0,32	1,46	3,98
Březno XVIII	15	7,5	7,1	0,27	1,58	3,94
Merkur XVI	10	7,7	7,0	0,31	1,52	3,70
Merkur XVII	10	7,4	6,8	0,37	1,74	3,99
Merkur XIX	10	8,0	7,5	0,21	1,40	4,97
Pruněřov IX B	10	7,4	6,9	0,31	1,75	4,91

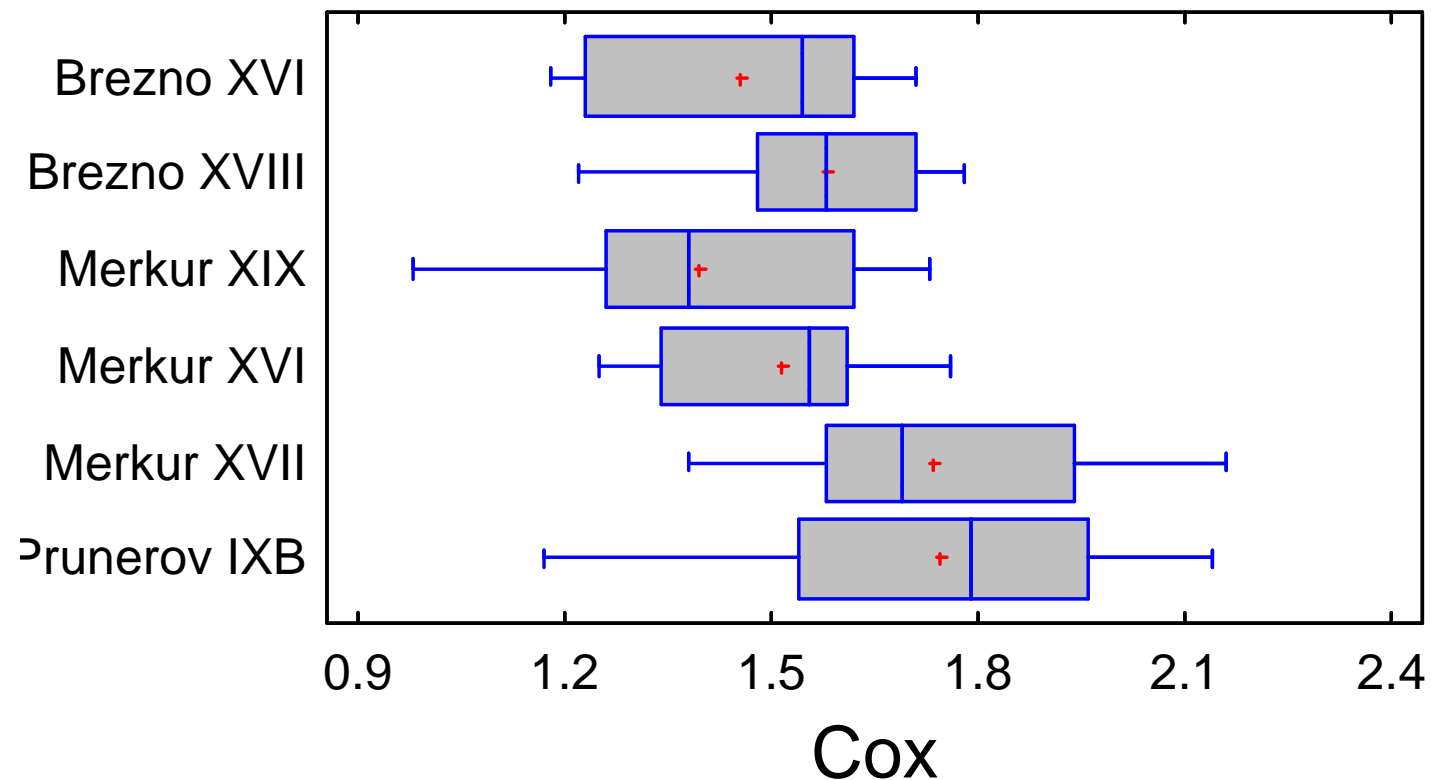
Výměnná půdní reakce - srovnání ploch (průměry)

Box-and-Whisker Plot



Obsah oxidovatelného uhlíku - srovnání ploch (průměry)

Box-and-Whisker Plot

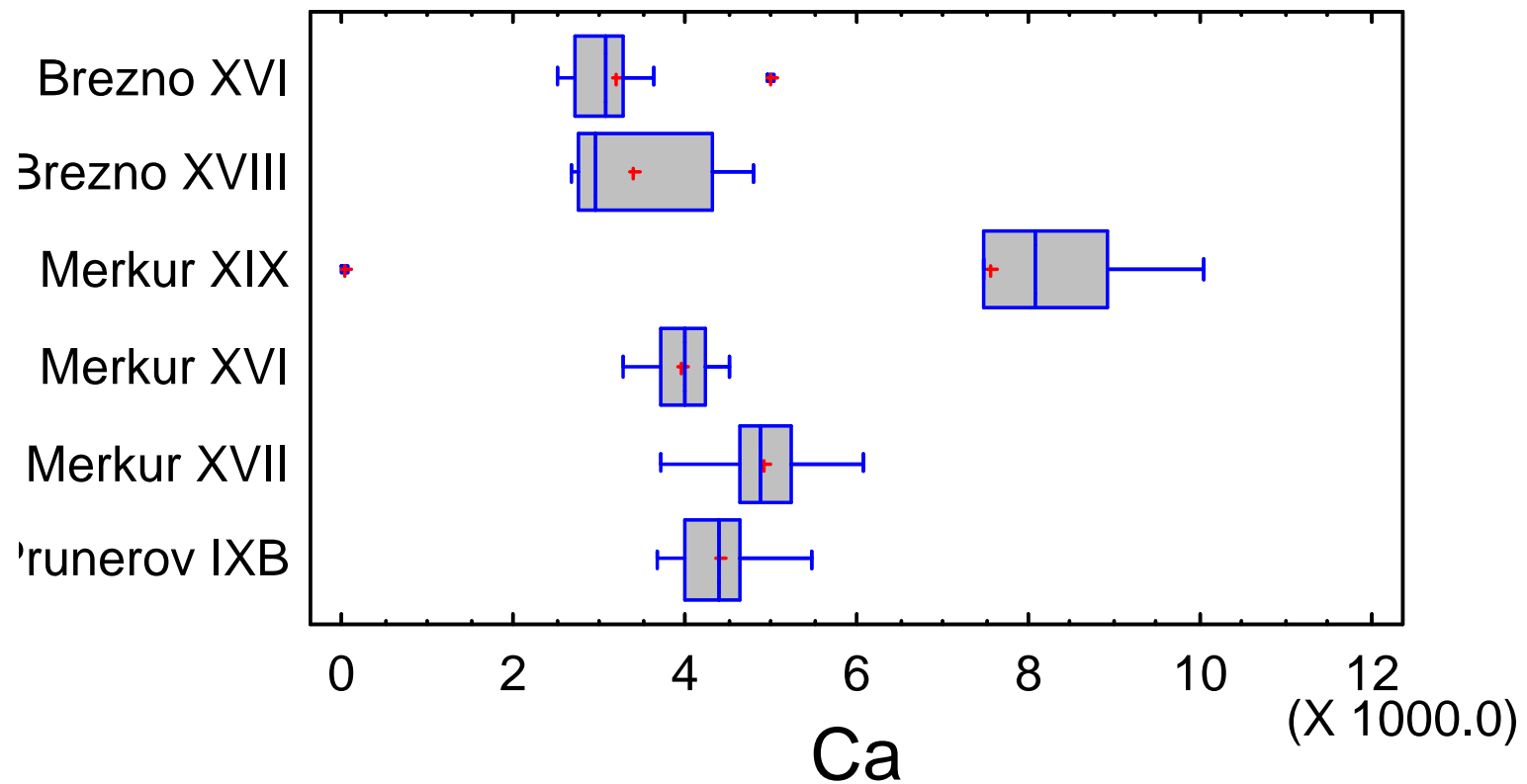


Zásoba živin (mg.kg⁻¹)

Plocha	Počet	Ca	Mg	K	P
Březno XVI	10	3205	1438	413,4	83,4
Březno XVIII	15	3398	501	368,4	76,4
Merkur XVI	10	3946	925	205,5	14,5
Merkur XVII	10	4913	966	223,1	7,6
Merkur XIX	10	7558	1129	459,4	40,0
Pruněřov IX B	10	4415	1033	246,0	19,8
Nízký obsah			< 120	<170	< 50

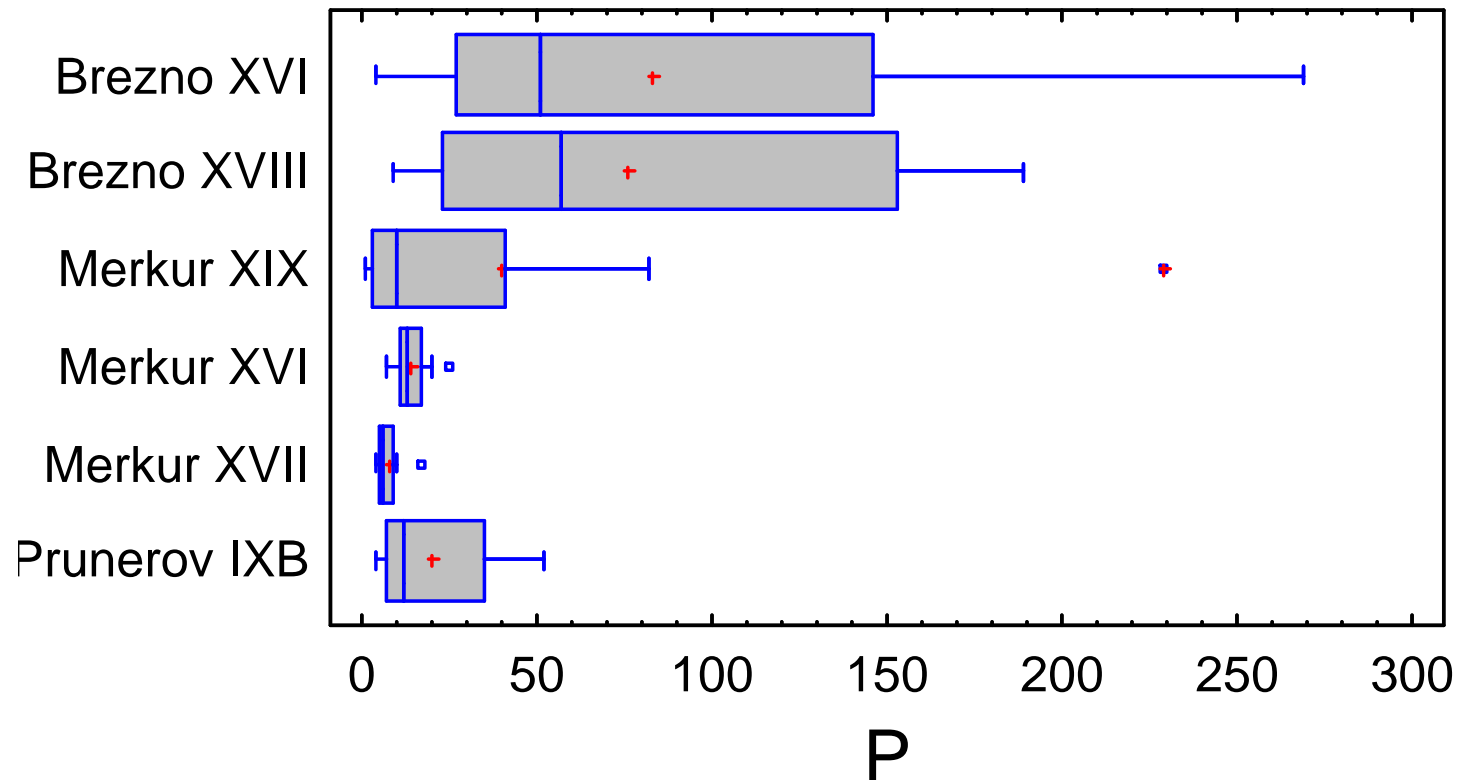
Zásoba přístupného vápníku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Box-and-Whisker Plot



Zásoba přístupného fosforu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Box-and-Whisker Plot

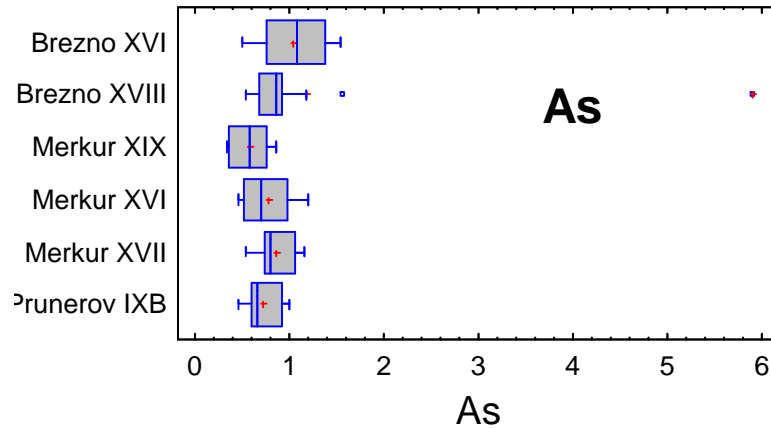


Obsah rizikových prvků (mg.kg⁻¹)

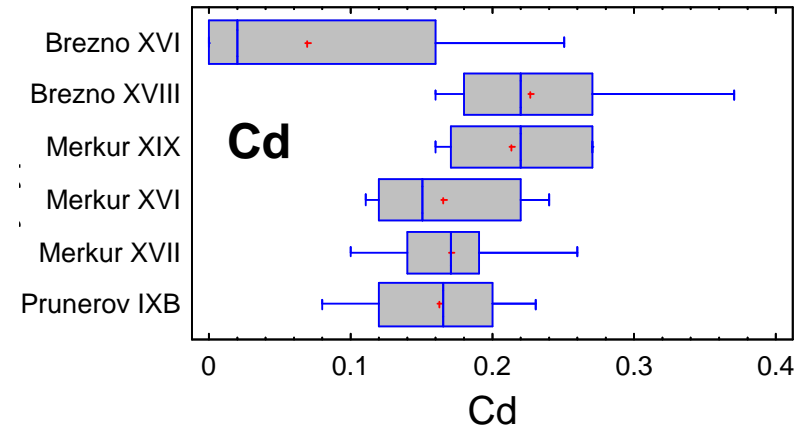
Plocha	As	Cd	Cu	Mn	Pb	Zn
Březno XVI	1,04	0,07	18,6	781,7	15,8	78,7
Březno XVIII	1,17	0,23	11,6	613,8	13,1	16,7
Merkur XVI	0,78	0,17	11,4	535,8	16,0	11,9
Merkur XVII	0,86	0,17	12,7	643,4	17,8	13,0
Merkur XIX	0,57	0,21	11,1	557,0	14,6	14,3
Pruněřov IX B	0,72	0,16	11,6	535,3 a	17,8	14,1
Limit pro zem. půdy	4,5/4,5	0,4/1,0	30/50	-	50/70	50/100

Obsah rizikových prvků ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

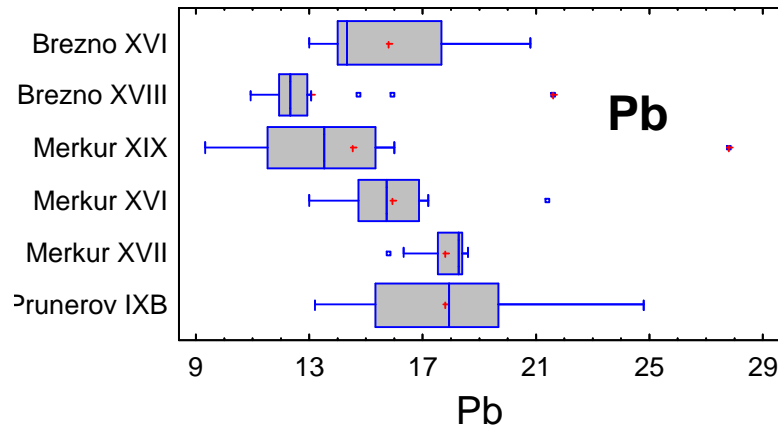
Box-and-Whisker Plot



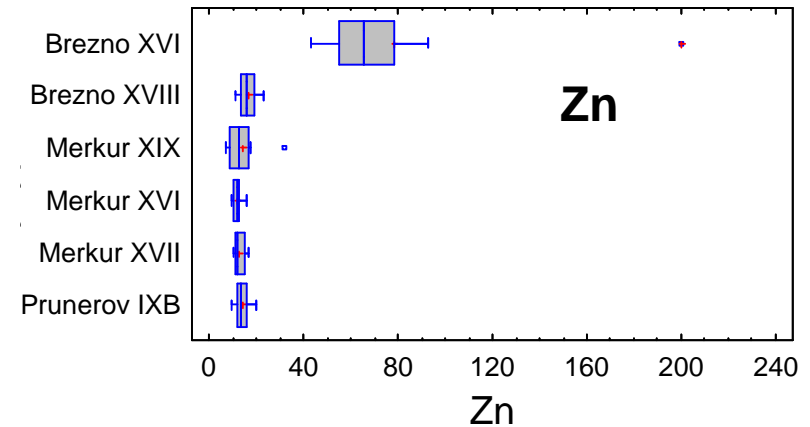
Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot



Shrnutí (1)

- Těžké půdy
- Střední zásoba organického uhlíku
- Střední kvalita humusu
- Příznivá půdní reakce – neutrální až slabě alkalická
- Velmi dobré obsahy přístupného Ca a Mg, převážně dobrá zásoba K, velmi nízký obsah fosforu
- Rizikové prvky nepředstavují významný problém

Shrnutí (2)

- Vlastnosti rekultivovaných půd víceméně odpovídají půdním vlastnostem přirozených rostlých půd v dané oblasti
- Fyzikální vlastnosti:
 - vysoký podíl kapilární pórovitosti
 - vyšší vododržnost, ale nižší propustnost



Doporučení

- Hnojení fosforem
- Kypření, úprava vodního a vlhkostního režimu půd s ohledem na omezenou propustnost a nebezpečí povrchového zamokření
- Organické hnojení
- Volba plodin snášejších těžké půdy



Doporučení pro další výzkum

- Podrobnější zhodnocení zásoby přístupného fosforu
- Dlouhodobější sledování vlivu různého způsobu rekultivace na půdní vlastnosti
- Sledování dlouhodobého vývoje obsahu organického uhlíku v rekultivovaných půdách a hodnocení faktorů, které jej ovlivňují





Contents lists available at [SciVerse ScienceDirect](http://SciVerse.Sciencedirect.com)

Journal of Geochemical Exploration

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jgeoexp



Effect of covering with natural topsoil as a reclamation measure on brown-coal mining dumpsites

Luboš Borůvka^{*}, Josef Kozák, Marcela Mühlhanslová, Helena Donátová, Antonín Nikodem, Karel Němeček, Ondřej Drábek

Department of Soil Science and Soil Protection, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences in Prague, Prague 6 - Suchbát, CZ-165 21, Czech Republic

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 October 2010

Accepted 22 November 2011

Available online 30 November 2011

Keywords:

Soil reclamation

Mining dumpsites

Basic soil characteristics

Topsoil cover

Spatial heterogeneity

Geostatistics

ABSTRACT

Soil reclamation after open-cast brown coal mining is a classical way of landscape restoration. Covering of the dumpsite material with natural topsoil (topsoiling) is a common reclamation practice. We compared soil characteristics between areas covered with natural topsoil and areas without this cover on two different dumpsites in the Czech Republic. It was shown that natural topsoil cover increased organic carbon content and humus quality of the soil and slightly increased the content of available phosphorus that is generally deficient in the dumpsite soils of the studied region. In contrast, content of available calcium and magnesium was lower on the covered sites; however, the content of these nutrients is still very good. The content of clay was also decreased by natural topsoil cover. However, the total and capillary porosity decreased. The effect of topsoil cover on soil pH was not consistent between the two sites under study. Effect of topsoil cover on soil heterogeneity was also assessed using geostatistics. In conclusion, the natural topsoil cover can generally improve the starting quality of the developing soil.

© 2011 Elsevier B.V. All rights reserved.



Děkuji za pozornost