

Ing. Milan Štrudl, Ing. Pavel Vaněk, divize Rekultivace, SU a.s. Sokolov

Zhodnocení bilance rizikových prvků v antropogenních půdotvorných substrátech v oblasti Sokolovska

Bewertung der Bilanz von Risikoelementen in anthropogenen bodenbildenden Substraten im Gebiet von Sokolov

Der Beitrag ist auf die Überwachung des Gehaltes von Risikoelementen, biogener sowie abiogener, in anthropogenen Böden des Beckens von Sokolov und für Vergleich auch in gewachsenen und ackerbodenmäßigen Überdeckungen hingezielt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind sehr wichtig von zwei Standpunkten aus. Einerseits limitieren sie Zweckmäßigkeit der Schlammeanwendung und industrieller Komposte bei der Rekultivierung und andererseits bestimmen sie die Anwendungsmöglichkeiten dieser Böden für eine einwandfreie landwirtschaftliche Produktion. Angemessene Werte wurden bei einzelnen Elementen mit dem Hintergrundlimit und der größten zulässigen Konzentration (NPK) verglichen. Von diesem Standpunkt aus zeigt sich auf den Kippen von Sokolov als meistens problematisches Element das Vanadium. Weitere Elemente, die das Hintergrundlimit übersteigen, sind Beryllium und Arsen. Restwerte der untersuchten Elemente weisen erhöhte Werte nur stellenweise aus und im Falle des Quecksilbers kann man sogar feststellen, daß es im Gebiet von Sokolov zu den Risikoelementen nicht gehört. Die Belastungsstufe durch Einzelelemente sind in der Praxis für die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Rekultivierung zu unterscheiden.

Evaluation of balance of risk elements in anthropogeneous soil-forming substrates in Sokolov area

The work is directed to following up the contents of risk elements, biogenic and abiogenic ones, in anthropogeneous soils of the Sokolov area and for comparison also in grown soils and mould onlaps. The results of these measurements are important from two standpoints. Partly they limitate the

suitability of application of sludges and industrial composts at restoration works and further then the possibility of utilization these soils for unexceptionable agricultural production.

The measured values were compared at single elements with the limit of background and highest accessible concentration (NPK). From this view it appears the most problematical element at Sokolov dumps vanadium. Further elements that overdrew the limit of background are beryllium and arsenic. The remained followed up elements presented the increased values only locally and in the case of mercury it can be even stated that in Sokolov area it does not belong among the risk elements.

The stage of load by single elements is necessary to differentiate in practice for agricultural restoration and forest restoration.

Оценка баланса элементов риска в антропогенных почвообразующих субстратах в Соколовском районе

Работа направлена на исследование наличия элементов риска - как биогенных, так и небиогенных - в антропогенных почвах Соколовского района и, с целью сравнения, также в нетронутых почвах и пахотном покрывающем слое. Результаты этих измерений представляют особую важность по двум точкам зрения: с одной стороны они лимитируют пригодность применения шламов и промышленных компостов для рекультивационных работ и с другой стороны возможность использования таких почв для безвредной сельскохозяйственной продукции. Измеренные величины у отдельных элементов сравнивались с лимитом фона и с максимально допустимой концентрацией (НПК). С данной точки зрения самым проблематическим элементом встречающимся на отвалах соколовских буроугольных разрезов

является ванадий. Следующими являются бериллий и мышьяк. Остающиеся исследуемые элементы показывали повышенные величины только локально, в случае ртути даже можно констатировать, что в Соколовском районе она к элементам риска не относится.

Степень загрузки отдельными элементами надо на практике дифференцировать для целей сельскохозяйственной рекультивации.

Zhodnocení bilance rizikových prvků v antropogenních půdotvorných substrátech v oblasti Sokolovska

Práce je zaměřena na sledování obsahu rizikových prvků, biogenních i abiogenních, v antropogenních půdách Sokolovska a pro srovnání také v rostlých půdách a orních překryvech. Výsledky těchto měření jsou

důležité ze dvou hledisek. Jednak limitují vhodnost aplikace kalů a průmyslových kompostů při rekultivačních pracích a dále pak možnost využití těchto půd pro nezávadnou zemědělskou produkci.

Naměřené hodnoty byly u jednotlivých prvků porovnány s limitem pozadí a nejvyšší přípustnou koncentrací (NPK). Z tohoto pohledu se jeví nejproblematictější prvkem na sokolovských výsypkách vanad. Dalšími prvky, které přecherávaly limit pozadí, jsou berylium a arsen. Zbýlé sledované prvky vykazovaly zvýšené hodnoty pouze místně a v případě rtuti lze dokonce konstatovat, že v oblasti Sokolovska mezi rizikové prvky nepatří.

Stupeň zatížení jednotlivými prvky je třeba v praxi diferencovat pro zemědělskou rekultivaci a rekultivaci lesnickou.

Úvod

Systematické a periodické znečišťování přírodního životního prostředí předpokládá celou řadu opatření ke kontrole jak současného stavu zájmového prostředí, tak i ke kontrole vstupujících znečišťujících látek. Jednou ze sfér prostředí Sokolovska je i antropogenní půda na výsypkách. Z hlediska kontaminace antropogenních půd nebo jejich schopností eliminovat nežádoucí či toxické účinky kontaminujících prvků či látek, jsou důležité zejména filtrační, pufrovací a transformační funkce antropogenní půdy. Sledované rizikové prvky (dále jen RP) můžeme rozdělit z hlediska posouzení kontaminace antropogenních půd sokolovského regionu v zásadě na dvě skupiny:

1. RP, které indikují plošný rozsah a stupeň kontaminace antropogenních půd zejména imisemi: arsen, kadmium, rtuť, olovo a zinek.
2. RP, které indikují geologickopetrografické rozšíření především bazických hornin (zemín): kobalt, chrom, měď, berylium, mangan, nikl a vanad.

V České republice (podle E. Podlešákové a J. Němečka, 1992) je pořadí potenciálního ovlivnění půdy vstupy škodlivin následující: imise aplikace odpadů do půdy, aplikace agrochemikálií závlahy.

Podíl RP v antropogenním příkonu do půd:

$Zn \gg Pb \gg Mn \gg Cu > Ni > As > Cr > Cd \gg Hg$.

Cílem příspěvku je nepatrným dílem přispět k informačnímu poznání a kvantifikaci probíhajících koloběhů RP, jejichž geochemické koloběhy jsou poměrně málo známy. Při kvantifikaci a celkové bilanci RP jsme vycházeli z jejich vstupů zvětráváním hornin (zemín) na půdních substrátech jednotlivých výsypek s rozdílnou délkou rekultivačního cyklu.

1. Přehled problematiky

Souborný systém hodnocení kontaminace jednotlivých ekologických médií a článku potravního řetězce je v různých zemích (Holandsko, SRN, ČR a jinde) řešený, avšak na odlišné analytické a syntetické bázi. Z toho důvodu rozeznáváme tzv. směr nizozemský a německý. Směr nizozemský staví strategii na důsledném hodnocení půdy a jejím prostřednictvím ovlivněné povrchové a podzemní vody včetně zemědělských plodin. Je nutno předeslat, že jejich současná koncepce jednoznačně preferuje asanační kritéria při silné kontaminaci půd. Směr německý je pro naše potřeby bližší, neboť staví na úseku ochrany potravního řetězce z prvovýroby a z vodních zdrojů při respektování přímého ovlivnění člověka kontaminovanou půdou.

Směr německý se opírá o tato kritéria:

- mobility RP v půdě ve spojení s příjmem rostlinou,
- mobility RP ve vztahu ke stupni kontaminace podzemních vod,
- a otázka specifických přenosových faktorů na půdu a rostliny. Pozoruhodných výsledků dosáhli v Německu zejména v otázce přenosu RP z půdy do rostlin v rámci projektu „Vyhodnocení působení odpadních kalů na půdu“ (Hasselback von Boguslawski, 1991, Lübben - Sauerbeck, 1991, Schaler - Diez, 1991).

V ČR byl nastoupen směr preferující principy ochrany potravního řetězce. Toto zaměření vyplynulo z provedené plošné monitorizace (J. Němeček - E. Podlešáková, 1994) rozsahu a vývoje kontaminace půd RP.

Vzhledem k tomu, že se velmi často vedly ničím nepodložené polemiky k zamoření devastovaných půd báňskou a ostatní průmyslovou činností nežádoucími RP, bylo třeba provést inventarizace současného stavu v našem regionu. Při posuzování RP v podmínkách rekultivovaných výsypek je třeba brát v úvahu skutečnost, že na povrchu výsypek jsou vrstveny horniny (zeminy) z různých geologických souvrství a obsahy RP v nich by měly prezentovat především jejich primární potenciální zastoupení v příslušných horninách a posléze ve vytvářených půdotvorných substrátech. Je přirozené, že zejména povrchové horizonty antropogenních půd na výsypkách mohou být ovlivněny (i pokud jde o zastoupení RP) činností člověka. Doba vývoje těchto půd (cca 30 - 40 let) je však příliš krátká na to, aby i v imisních oblastech mohlo dojít k výraznější kontaminaci tvořících se půd na výsypkových půdotvorných substrátech. Předpokládáme však, že ve specifických extrémních podmínkách je i zde výraznější kontaminace možná.

Velkou roli při posuzování výsledků laboratorních analýz má nejen metoda stanovení, jakož i použité přístroje, ale především použitý výluh (extrakční činidlo). V zahraničí jsou celkové obsahy RP udávány zásadně ve výluhu lučavky královské. Pro stanovení uvolnitelných a přístupných množství jsou používány různé výluhy (anorganické, organické a směsné sloučeniny s rozdílnou molaritou, různými pH roztoku apod.).

Výsledky, které jsou často reprodukovány ve vědecké a odborné literatuře postrádají nezřídka údaje nejen o extrakčních činidlech, ale i způsobu analytického postupu.

Z výsledků publikovaných v zahraničí vyplývá značná různorodost hodnot stanovení RP v závislosti právě na vyluhovacích roztocích. Rietz a Söchtig (1982) použili pro srovnání 23 extrakčních činidel a získané výsledky srovnávali na společný základ, t.j.

celkový obsah RP (ve výluhu lučavky královské). Výsledky prokázaly zcela jednoznačně velmi heterogenní kolísání v obsahu RP podle jednotlivých výluhů.

2. Metodika rozborů a způsob hodnocení výsledků

2.1 Laboratorní analýzy - půdní vzorky

Vzorky půdy, proseté sítem 2 mm, se vysuší při 105°C do konstantní hmotnosti 5 g vysušené zeminy. Po této přípravě jsou extrahovány ve výluhu 2 M HNO_3 s navázkou 5 g a vyluhovány v 50 ml roztoku s třepáním po dobu 6 hodin. Potom se suspenze zfiltruje přes filtrační papír - modrá páska a z takto připraveného výluhu se provede stanovení RP metodou AAS buď s plamenovou nebo elektrotermickou atomizací podle podmínek daných výrobcem.

Analýzy půd na obsah RP byly provedeny v Centrálních laboratořích Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, Praha.

Analyzované vzorky byly odebrané z výsypkových půdních substrátů:

- a) převrstvených ornici - výsypky Dvory, Gustav a Loketská
- b) nepřevrstvených, složených vesměs z jílovitých zemín cyprisové a vulkanodetritické série - výsypky Antonín, Gustav a Loketská
- c) nedevastované půdy - rostlé půdy - Rudolec.

2.2 Stanovení celkových obsahů RP - rostlinné vzorky

K navážce 2 g ve 250 ml kádince přidáme 10 ml HNO_3 a pozvolna zahříváme k bodu varu. Necháme 4 hodiny stát a potom odpaříme do sucha. Odparek několikrát zalijeme 1 ml HClO_4 a 1 ml HNO_3 (2-3 x podle barvy roztoku - nutně získat bílou nebo mírně nažloutlou barvu) a odpaříme do sucha. Nakonec přidáme 20 ml teplé H_2O a digerujeme na teplé lázni do rozpuštění odparku. Převédeme do 50 ml odměrné baňky, okyselíme 2 ml HNO_3 nebo 5 ml HCl (podle koncovky) a po vytemperování doplníme po značku. Ihned přelijeme do 200 ml polyetylenové lahvičky a proměňujeme.

2.3 Vyhodnocení laboratorních rozborů RP

Vyhodnocení zastoupených RP v analyzovaných půdách a půdotvorných substrátech na výsypkách Sokolovska bylo provedeno podle klasifikace (viz. tab. 1):

Tabulka 1

Prvky	Hranice požadovaných hodnot				Maximálně přípustné hodnoty			
	Celkový obsah		Výluh 2M HNO ₃		Celkový obsah		Výluh 2M HNO ₃	
	lehké půdy	ostatní půdy	lehké půdy	ostatní půdy	lehké půdy	ostatní půdy	lehké půdy	ostatní půdy
As	10,0	20,0	2,0	3,0	30,0	30,0	4,5	4,5
Be	1,5	3,0	0,5	0,7	7,0	7,0	2,0	2,0
Cd	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	1,0	0,4	1,0
Co	16,0	25,0	7,0	13,0	25,0	50,0	10,0	25,0
Cr	85,0	130,0	20,0	20,0	100,0	200,0	40,0	40,0
Cu	45,0	70,0	21,0	35,0	60,0	100,0	30,0	50,0
Hg	0,3	0,4	-	-	0,6	0,8	-	-
Mo	0,8	0,8	0,7	0,7	5,0	5,0	5,0	5,0
Ni	40,0	60,0	10,0	15,0	60,0	80,0	15,0	25,0
Pb	50,0	70,0	30,0	40,0	100,0	140,0	50,0	70,0
V	80,0	120,0	10,0	20,0	150,0	220,0	20,0	50,0
Zn	90,0	150,0	40,0	60,0	130,0	200,0	50,0	100,0

Vyhodnocení je provedeno prakticky podle jednotlivých lokalit a obsahu RP (graf 1 až 6).

V grafech je dále provedena konfrontace zjištěných obsahů (označených symbolem skutečnost) s limity požadovaných hodnot (limity pozadí) a nejvyšších přípustných koncentrací (NPK).

3. Výsledky a jejich diskuze

RP v zájmových antropogenních a rostlých půdách dělíme na biogenní (esenciální), které se nacházejí v živých organismech a jsou pro ně nezbytné. Mezi takové potřebné pro vzrůst a vývoj rostlin patří bor, molybden, mangan, měď a zinek.

Další velmi početná skupina RP jsou tzv. abiogenní (neesenciální), které jsou pro metabolismus rostlin nutné. Ze skupiny abiogenních prvků pro oblast Sokolovska byly stanoveny: arsen, berylium, kadmim, rtuť, nikl, olovo, kobalt a vanad.

Studium kontaminace antropogenních výsypkových půdních substrátů (výsypky - Antonín, Dvory, Gustav, Loketská) a rostlých nedevastovaných (ZD Rudolec) přineslo výsledky na úrovni ohrožení vstupu RP do potravního řetězce velmi optimistické. Výsledky studie, realizované po dobu 5 let, prokázaly pouze areálovou kontaminaci antropogenních půd As, Be a zejména V. Z grafického přehledu vidíme, že arsen převyšuje jak limit pozadí, tak i NPK u antropogenních půd na výsypkách Antonín (graf 1) a Loketská (graf 4 a 5). Berylium bylo stanoveno pouze na třech výsypkách (Antonín, Dvory, Gustav). Z vyobrazených hodnot vyplývá, že obsah Be převyšuje jen limit pozadí na výsypce Antonín a Dvory. Na výsypce Gustav je jeho obsah na úrovni

limitu pozadí. Ani v jednom případě stanovené obsahy Be nepřekročily hodnoty NPK. Zvýšené koncentrace Be ve srovnání s půdami z čistých sedimentárních substrátů mají jily cyprisové a vulkanodetritické série, jež jsou produktem metamorfovaných čedičových hornin limnického charakteru. U desagregovaných (zvětralých) jílovitých zemin na výsypkách Antonín a Loketská koreluje obsah Be s nárůstem obsahu jílové frakce (obsah jílnatých částic v % větší než 75 %).

Z grafického přehledu vidíme, že vanad překračuje pozad'ové hodnoty na všech zkoumaných antropogenních substrátech (Antonín, Dvory, Gustav) a hodnoty NPK pouze na výsypce Antonín. Je nutné dodat, že všechny tři RP (As, Be, V) jsou geogenního původu.

Na základě provedených analýz biomasy nebyl jejich přenos do zemědělských plodin ve zvýšené míře prokázán. Extrémní zatížení antropogenních půdních substrátů zinkem bylo stanoveno v odchovnách bažantů v bažantnici Dvory. Toto extrémní zatížení je způsobeno antropogenními vlivy, tj. aplikací desinfekčních prostředků a pozinkovaných pletiv. Tyto vzorky jsou z celkového hodnocení kontaminace výsypky zinkem vyloučeny, protože by podávaly zkreslený obraz o situaci v zatížení zinkem na této výsypce, která už celou řadu let slouží k aktivnímu chovu bažantů.

Ostatní RP námi stanovené 2M HNO₃ - Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb jsou v souladu s běžnými podlimitními obsahy těchto prvků v normálních zemědělských půdách sokolovska.

Značný vliv na mobilitu RP mají hodnoty pH antropogenní půdy. Průměrná acidita zdejších antropogenních půdních substrátů, složených ze strukturních zemin jílovité povahy, se pohybuje v rozpětí od 6,4 do 7,2 pH.

Stabilní diagramy pro iontové druhy RP jsou mj. funkcí pH a Eh (redox potenciálu). Ve většině antropogenních půd, jak již bylo řečeno, se hodnota pH pohybuje na úrovni půd mírně kyselých až neutrálních, hodnota Eh+0,6 až 0,1, s výjimkou silně redukčního prostředí v zamokřených půdách. Obecně lze konstatovat, že obvykle se nejmobilnější frakce RP vyskytují v antropogenním půdním roztoku za nižších hodnot pH a nižších hodnot redox potenciálu. Platí zde zásada, že se zvyšujícím se pH klesá rozpustnost RP (graf 7).

Rozpustnost RP v půdě má výrazný vliv na jejich biologickou dostupnost a migraci v systému půda - rostlina. Těžké antropogenní půdy na zdejších výsypkách, ať již mírně kyselé, neutrální či slabě alkalické, představují dobrý poutací „sorbent“ pro RP a budou omezovat jejich vstup do rostlin.

Tato zákonitost může na druhé straně způsobit deficit některých mikroživin.

Z výzkumu vybraných RP v rostlinách a jejich přenosu z půd je možno zobecnit jen výsledky odvozené od tzv. párových vzorků (půda - rostlina).

Jako měřítko ovlivnění rostlin RP bývá uváděna celá řada ukazatelů (Gupta a Haeni, 1980, Kiekens a Cottenie, 1983, Kozák, 1991 aj.):

- index tolerance IT = výnos v konst. půdě/výnos v nekonstantní půdě
- koeficient přenosu C_t = zvýšení RP v rostlině/koncentrace RP v půdě
- koncentrační faktor C_f = kon. RP v rostlině/koncentrace RP v půdě.

V našem případě byl použit k vyhodnocení přenosu RP do rostlin koncentrační faktor. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2 a 3.

Obsahy rizikových prvků v rostlinách

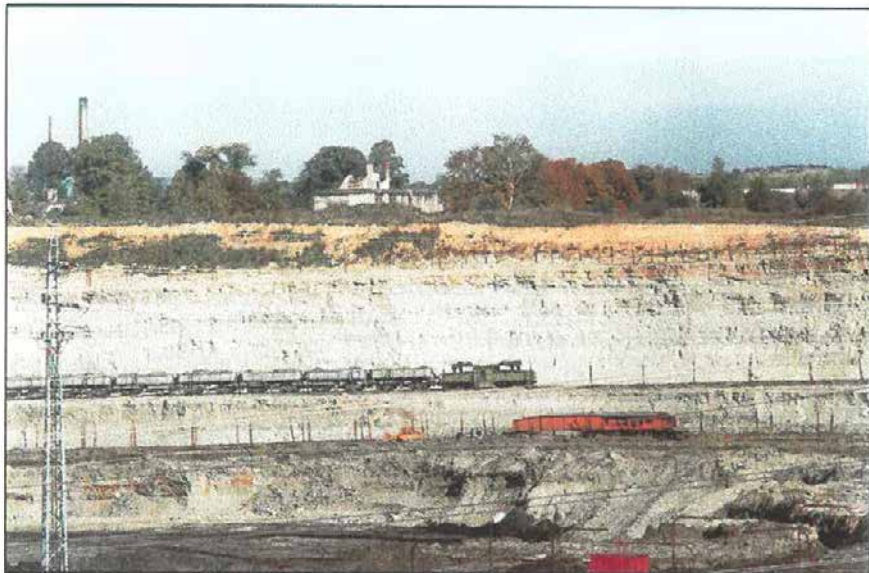
Tabulka 2

Číslo vzorku	Datum odběru	Popis vzorku	arsen mg/kg	beryllium mg/kg	chrom mg/kg	kadmium mg/kg	kobalt mg/kg	měď mg/kg	mangan mg/kg	molybden mg/kg	nikl mg/kg	olovo mg/kg	vanad mg/k g	zinek mg/k g	rtuť mg/kg
525	21.07	Loketská	0,01	0,002	1,70	0,034	0,04	1,21	34,4	0,41	0,29	0,20	0,44	13,0	0,009
526	21.07	Loketská	0,11	0,002	1,15	0,015	0,02	1,13	34,2	0,37	0,65	0,20	0,10	8,4	0,008
527	21.07	Bažantnice	0,37	0,002	1,85	0,070	0,13	9,42	60,7	0,67	1,65	0,54	3,10	48,3	0,028
528	21.07	Bažantnice	0,13	0,002	1,50	0,066	0,04	8,35	62,8	0,82	1,34	0,20	1,73	41,2	0,022
529	21.07	Gustav	0,02	0,002	1,35	0,042	0,03	10,30	29,6	0,66	1,41	0,20	1,28	39,0	0,017
530	21.07	Gustav	0,01	0,002	1,25	0,068	0,02	8,96	73,3	0,68	1,80	0,20	2,03	36,2	0,026

Obsahy rizikových prvků v rostlinách - pastevní areály skotu

Tabulka 3

Číslo vzorku	Datum odběru	Popis vzorku	arsen mg/kg	beryllium mg/kg	chrom mg/kg	kadmium mg/kg	kobalt mg/kg	měď mg/kg	mangan mg/kg	molybden mg/kg	nikl mg/kg	olovo mg/kg	vanad mg/kg	zinek mg/kg
76	04.05	Staré Sedlo 1	0,27	0,032	< 0,25	0,070	0,11	4,64	61,9	0,61	0,86	0,19	1,10	27,2
77	04.05	Staré Sedlo 2	< 0,02	0,044	2,55	0,033	0,42	7,24	50,8	1,18	1,85	0,19	1,10	27,2
78	04.05	Staré Sedlo 3	0,15	0,032	0,41	< 0,010	0,18	10,72	202,0	2,15	1,80	0,37	1,50	26,5
79	04.05	Staré Sedlo 4	0,11	0,036	stopy	0,140	0,10	8,12	103,0	2,11	0,77	0,34	0,91	36,4
80	04.05	Staré Sedlo 5	0,12	0,025	stopy	0,150	0,11	9,72	196,0	1,00	0,99	0,30	1,61	31,5
81	04.05	Staré Sedlo 6	0,06	0,033	stopy	0,080	0,11	9,80	96,7	0,98	1,47	0,38	1,29	35,5
82	04.05	Staré Sedlo 7	0,09	0,034	0,47	0,281	0,21	0,58	163,0	2,29	1,71	3,76	1,61	37,7
83	04.05	Staré Sedlo 8	0,12	0,026	stopy	0,080	0,16	8,42	119,0	1,43	1,41	0,66	1,38	32,7
84	04.05	Staré Sedlo 9	0,25	0,036	0,35	0,090	0,14	10,11	102,0	2,32	1,81	0,99	1,89	44,1
85	04.05	Staré Sedlo 10	0,03	0,027	stopy	stopy	0,13	10,14	172,0	0,68	2,16	0,62	1,38	43,0
94	27.06	Staré Sedlo 1	stopy	0,020	stopy	0,220	0,04	5,20	510,0	0,73	0,43	1,35	1,14	54,7
95	27.06	Staré Sedlo 2	0,42	0,039	0,73	0,180	0,29	8,50	108,0	1,19	0,60	0,66	3,19	38,0
96	27.06	Staré Sedlo 3	0,19	0,045	0,46	0,160	0,46	8,58	727,0	1,41	2,55	0,60	3,34	55,5
97	27.06	Staré Sedlo 4	0,21	0,039	4,45	0,160	0,80	10,40	119,0	1,73	2,37	2,30	10,20	55,5



Obr. 1 Makroskopický pohled nadloží uhelné sloje v oblasti Sokolovska



Obr. 2 Kombinovaná rekultivační činnost
- v popředí rekultivace zemědělská - řepka
- v pozadí rekultivace lesnická - výsypka loketská



Obr. 3 Zdařilý porost pšenice ozimé, pěstované na antropogenních půdních substrátech



Obr. 4 Ukázka uplatňování masného plemene Charolais v rámci divize Rekultivace

Z uvedených údajů jsou pro praxi nejzajímavější výsledky přestupových koeficientů. Důležité je zjištění, že i u nejtoxičtějších prvků jsou experimentálně stanovené koeficienty nízké. Problematický je tento přenos u chromu, výrazně ovlivněný dvěma analytickými hodnotami, což neopravňuje k činění hlubších závěrů.

Přenos v systému půda - rostlina je logicky nejvyšší u RP, které vedle toho, že mohou být v půdě i v toxických koncentracích, jsou současně esenciálními mikroprvky pro rostliny. Výsledky přenosu, uvedené v tab. 2 a 3, je nutno považovat pouze za první krok v zahájeném výzkumu. Z omezených výzkumů (podzim 1995) u objemových krmiv zastoupených vojtěškou, jetelem červeným a trvalými travními porosty, a v zrně obilovin (pšenice), pěstovaných na antropogenních půdních substrátech převrstvených ornici a bez převrstvení na výsypce Loketská vyplývá, že krmiva se sušinou cca 28 % nejsou ani v jednom případě kontaminována RP. Provedeme-li hodnocení zrn pšenice podle čs. Krmivářské směrnice Sb. 117/1987, zjistíme, že zrna pšenice není kontaminována, což z hlediska ochrany potravního řetězce je skutečnost velmi příznivá.

Závěr

1. Pedologická a hydropedologická charakteristika zkoumaných antropogenních substrátů na výsypkách Antonín, Dvory, Gustav a Loketská je téměř analogická, proto jsou výsledky porovnatelné. Při hledání přímých a zpětných vazeb jednotlivých činitelů, nejvíce ovlivňujících stabilitu nebo labilitu antropogenních substrátů na výsypkách v otázce obsahu RP geogenního nebo jiného původu (imisiční zatížení, organická a anorganická hnojiva apod.) a jejich přenosu do rostlin, byly zjištěny jako významné tyto autoregulační půdní mechanismy:
 - pufovinnost antropogenních substrátů vesměs jílovité povahy,
 - výměnná acidita (pH),
 - sorpční vlastnosti.
2. Obsahy jednotlivých RP jsou diferencovány mezi jednotlivými lokalitami, jejich půdotvornými substráty i uvnitř těchto substrátů.
3. Pro všechny sledované lokality a jejich půdní substráty byly stanoveny problematické RP, které překračují limity pozadí i NPK, dále pak prvky, které překračují pouze limity pozadí.
4. Jako problematické prvky se jeví vanad, arsen, berylium, molybden, ale i jiné prvky (jednotlivě).
5. Vzhledem k tomu, že zatím je velmi málo poznatků k přenosu (transferu) vanadu, berylia a antimonu mezi půdou a rostlinami, je třeba na tento problém v daných ekologických podmínkách soustředit pozornost.
6. Aby bylo možné řešit koeficienty rozpustnosti RP, stanovených ve výluhu 2M HNO₃, je třeba ve vybraných vzorcích půd a lokalitách stanovit celkové obsahy rizikových prvků v půdách. Celkové obsahy mikroprvků je třeba stanovit především tam, kde se předpokládá aplikace kalů a průmyslových kompostů.
7. Je doporučeno, aby jako kritéria pro aplikaci kalů a průmyslových kompostů byly zařazeny rizikové prvky, kterými jsou půdotvorné substráty výsypek nadměrně zatíženy, tj. vanad, berylium a antimon. Antimon zatím nebyl stanoven, ale dá se předpokládat jeho zvýšený obsah.

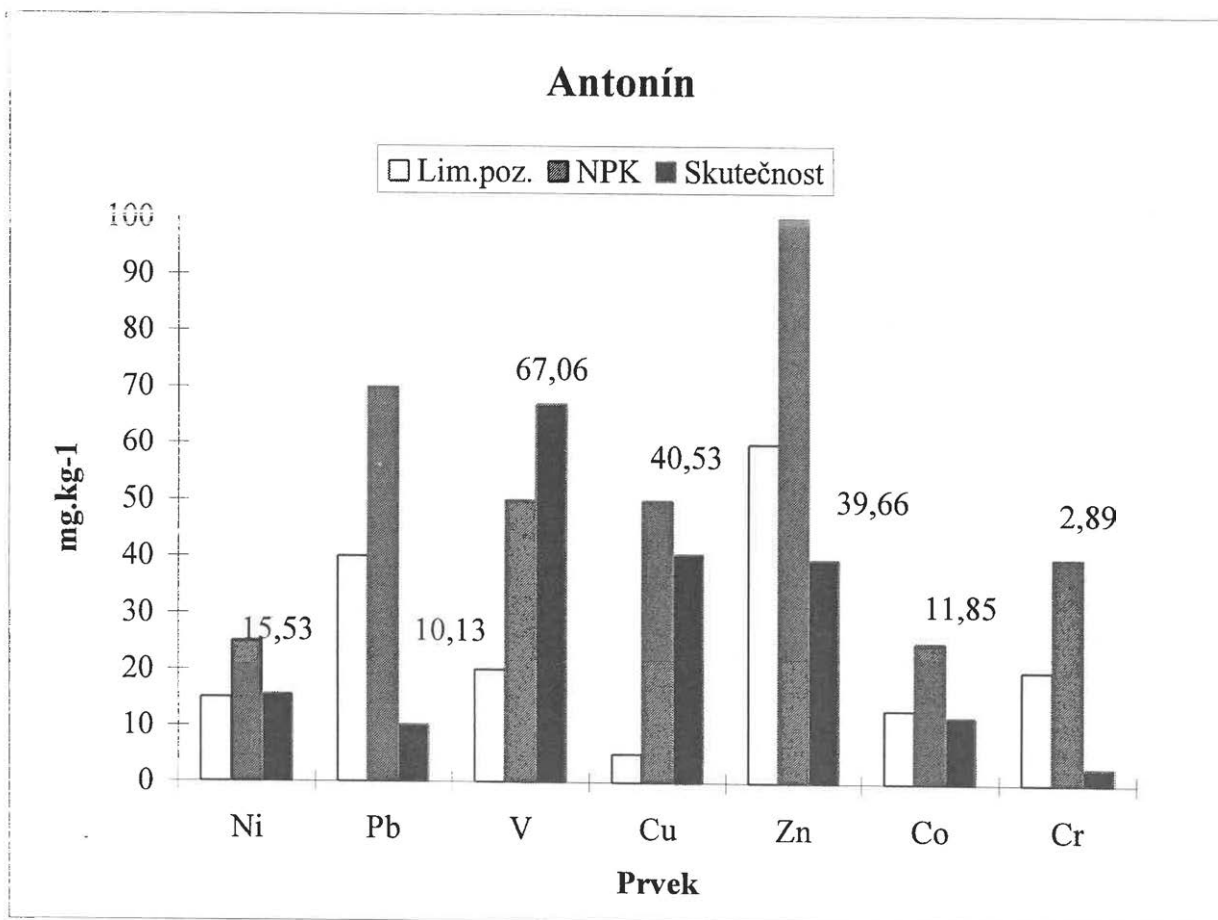
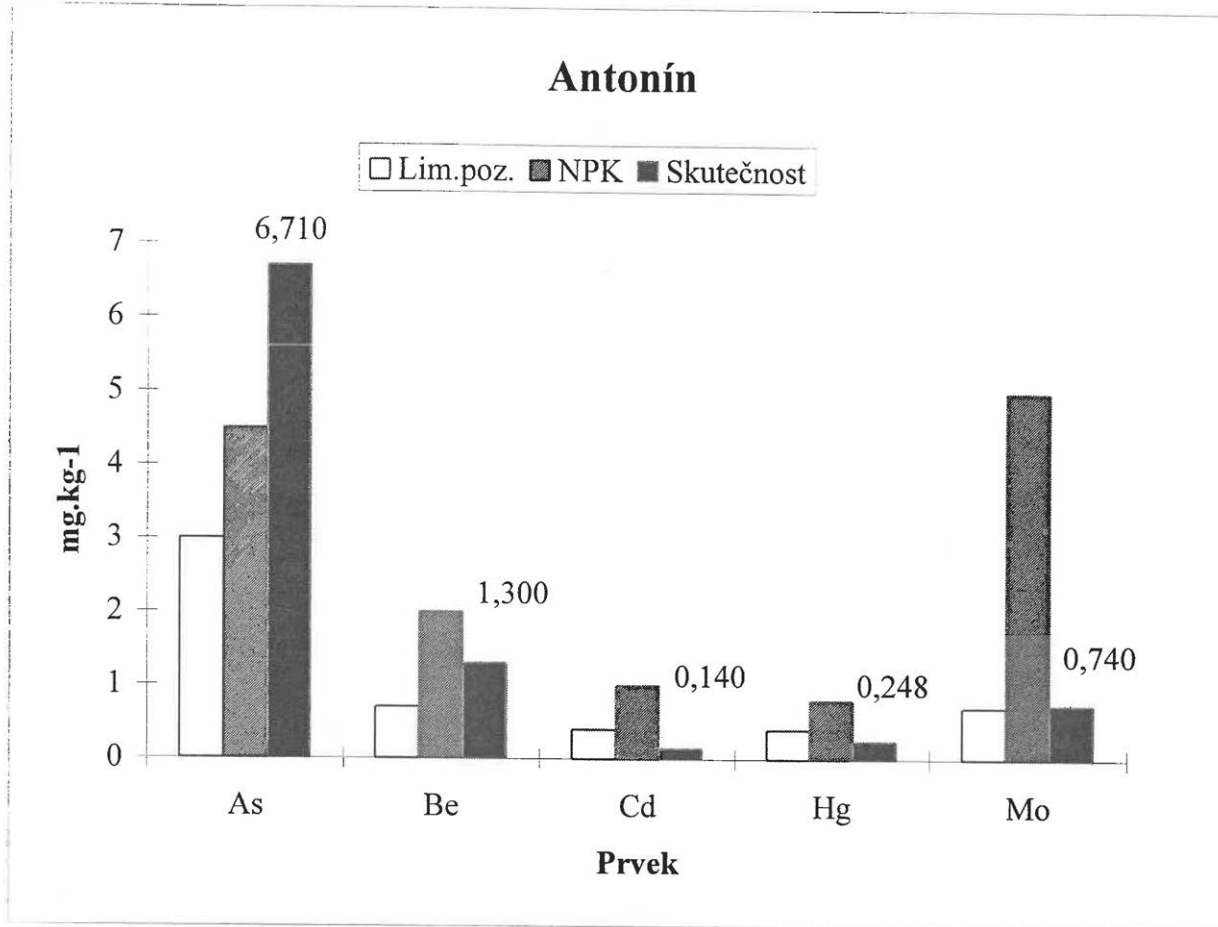
8. Na základě zjištěných nadnormativních obsahů rizikových prvků ve většině půdotvorných substrátů, ale i ornických překryvů, je aplikace kalů bez předchozího prověření vlastností půd, kde budou tyto hmoty aplikovány, vyloučena.

Literatura

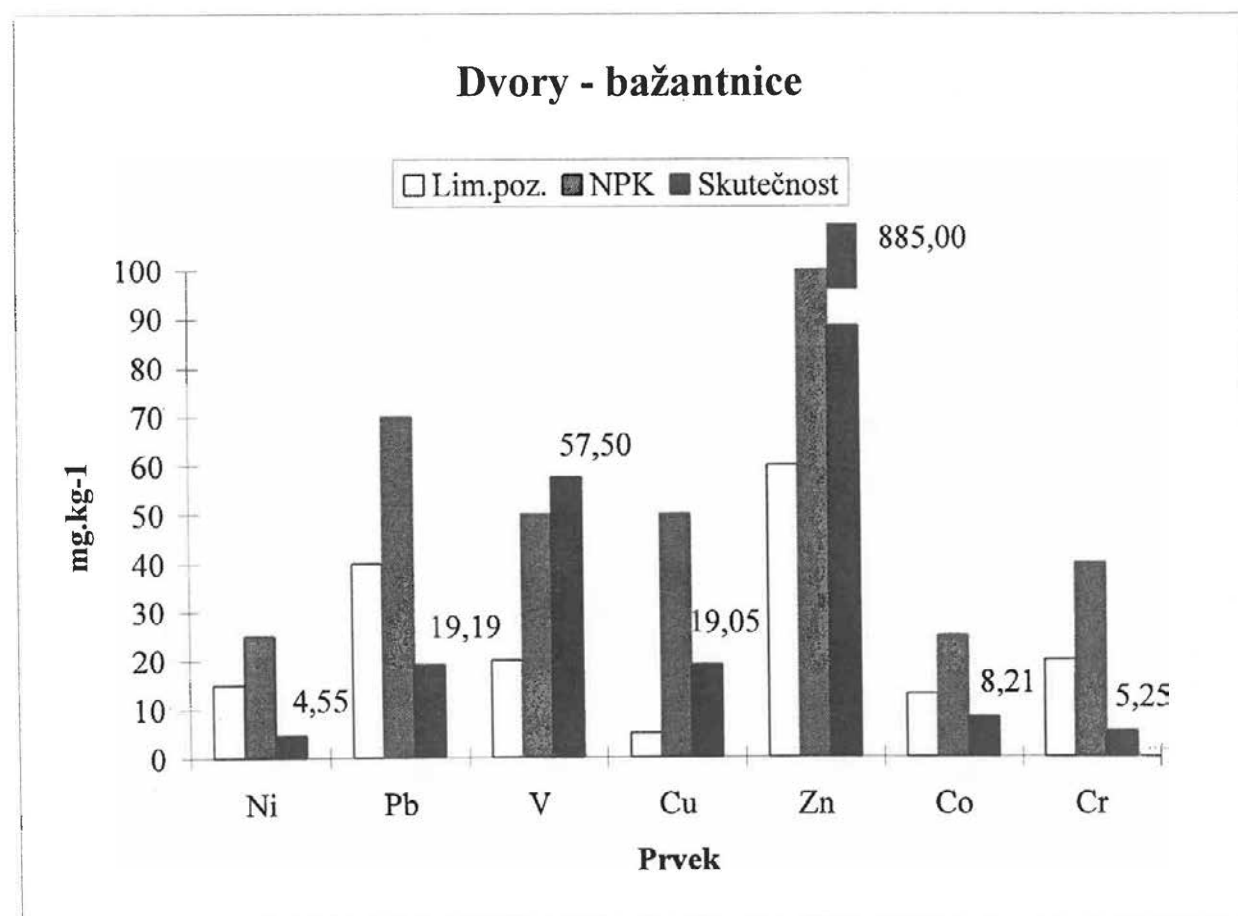
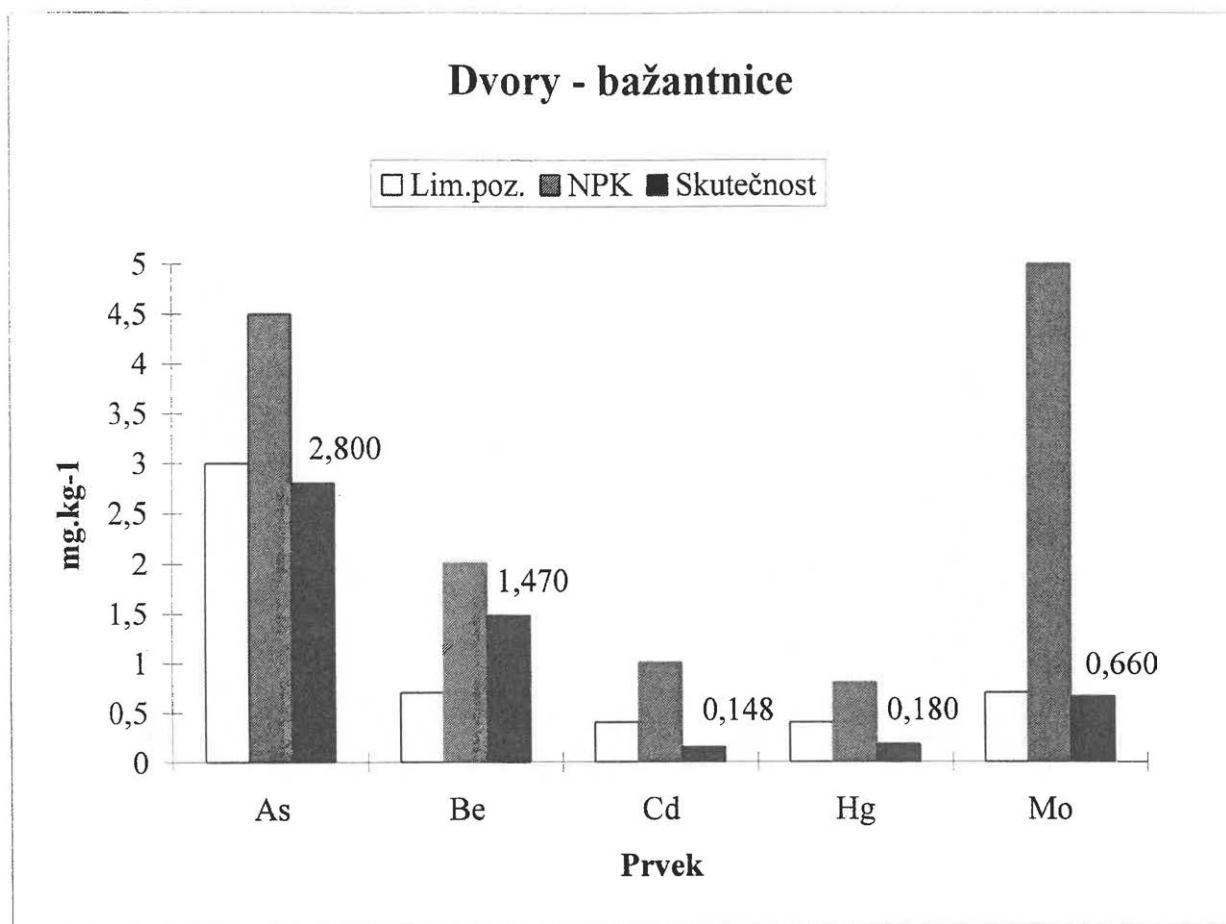
- Amadi, T. H. Lazim, I.T.: A study on micronutrients distribution in northern Iraqi soils. ZANCO, 2, 1989: 5-17
- Asami, T., Kubota, M.: Background levels of soil beryllium in several countries. Environ Geochemistry and Health, 17, 1995: 32-38
- Beneš, S.: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, I. část. MZe ČR, Praha, 1993:88 s.
- Dimitrovský, K.: Bilance rizikových prvků v antropogenních půdotvorných substrátech v oblasti Sokolovska, 1994, Závěrečná zpráva VÚMOP Zbraslav, 64 s.
- Goldberg, S., Glaubig, R. A.: Anion sorption on a calcareous, montmorillonitic soil: arsenic, Soil Sci. Soc. Am. J., 52, 1988: 1297-1300.
- Hadwari, G. J., Gandhi, A. P., Patel, M. S., Yadav, B.S.: Available boron in calcareous soils of Saurashtra (India).Gujarat-Agricultural-University-Research-Journal, 17, 1992: 147-150.
- Hasselbach G.- von Boguslawski E., 1991: Bodenspezifische Einflüsse auf die Schwermetallaufnahme der Pflanzen und Einordnung der Ergebnisse in Bodenschutznormen. - Berichte aus der ökologischen Forschung Bd 6/1991, Forschungs-Zentrum Jülich GmbH: 126-179.
- Hou, J., Evans, L.J., Spiers, G.A.: Boron fractionation in soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 25, 1994: 1841-1853.
- Jin, J. Y. , Martens, D. C., Zelazny, L.W.: Distribution and plant availability of soil boron fractions. Soil Sci. Soc. Am. J., 51, 1987: 1228-1231.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H.: Trace Elements in Soils and Plants. 2nd edition. CRS Press. Boca Raton Ann Arbor, London, 1992: 1-45.
- Kitaeva, L. I.: Correlations between iron, zinc, and manganese contents and humus content and acidity in the soils of Penza Oblast.. Pochvovedenie, 9, 1990: 132-135.
- Marzaadori, C., Vittori-Antisari, L., Ciavatta, C., Sequi, P.: Soil organic matter influence on adsorption and desorption of boron. Soil Sci. Soc. Am. J., 55, 1991: 1582-1585.
- Meeussen, J. C. L., Keizer, M. G., Riemsdijk, W. H. van, Haan, F. A. M. de: Solubility of cyanide in contaminated soils. J. Environm. Qual., 23, 1994: 785-792.
- Meeussen, J. C.L., Riemsdijk, W. H. van, Zee, S. E. A. T. M. van der: Transport of Complexed Cyanide in Soil. Geoderma, 67, 1995: 73-85.
- Plichta, W., Kuczynska, I.: Metal contents in different disintegration fractions of mor humus. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 155, 1992: 19-23.
- Podlešáková, E., Němeček, J., Hálková, G.: Pozadíové obsahy potenciálně rizikových prvků v půdách ČR (celkové obsahy). Rostl. Výr., 40, 1994: 1095-1105.

- Sauerbeck D., 1982: Welche Schwermetallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigungen zu vermeiden. Landwirtschaftlich Forschung, Sonderheft 39, Kongressband: 108-129.
- Sauerbeck D., 1985: Schadstoffeinträge in den Boden durch Industrie, Besiedlung, Verkehr und Landbewirtschaftung (anorganische Stoffe). - VDLUFA - Schriftenreihe, 16, Kongressband 1985, Darmstadt, s. 59-72.
- Sauerbeck D., 1986: Vorkommen, Verhalten und Bedeutung von anorganischen Schadstoffen in Böden. - Hoheinheimer Arbeiten, Bodenschutz-Feb. 1986: 77-96.
- Sauerbeck D., 1989: Der Transfer von Schwermetallen in die Pflanze. - In: Beurteilung von Schwermetallkontaminationen in Boden. Vorträge der DECHEMA - Arbeitsgruppe: 281-316.
- Sheppard, S. C. - Gaudet, C. - Sheppard, M.I. - Cureton, P. M. - Wong, M. P. , 1992: The development of assessment and remediation guidelines for contaminated soils, a review of the science. - Can. J. Soil. Sci., 72: 759-394.
- Tauchnitz, J., Hoffmann, J., Kiese, G.: Zur Kinetik des Abbaus von Cyanidionen in Gemischten Schadstoffdeponien. Hercynia, 22, 1985: 53-59.
- Vyhláška MŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu, Sb. zákonů ČR č. 13/1994, s. 88.
- Yermiyahu, U., Keren, R., Chen, Y.: Boron Sorption by Soil in the Presence of Composted organic Matter. Soil. Sci. Soc. Am. J., 59, 1995: 405-409.
- Zhu, B., Alva, A. K.: Distribution of trace metals in some sandy soils under citrus

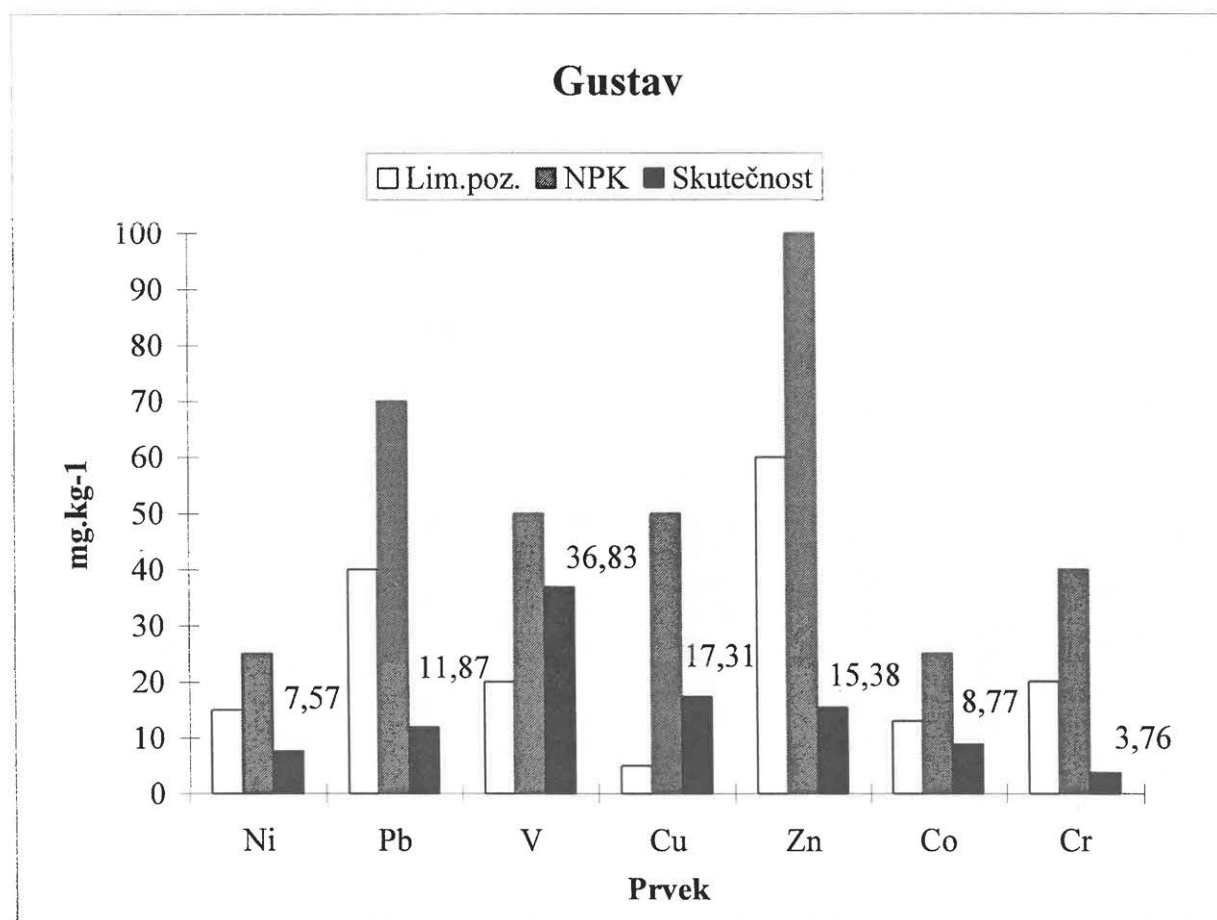
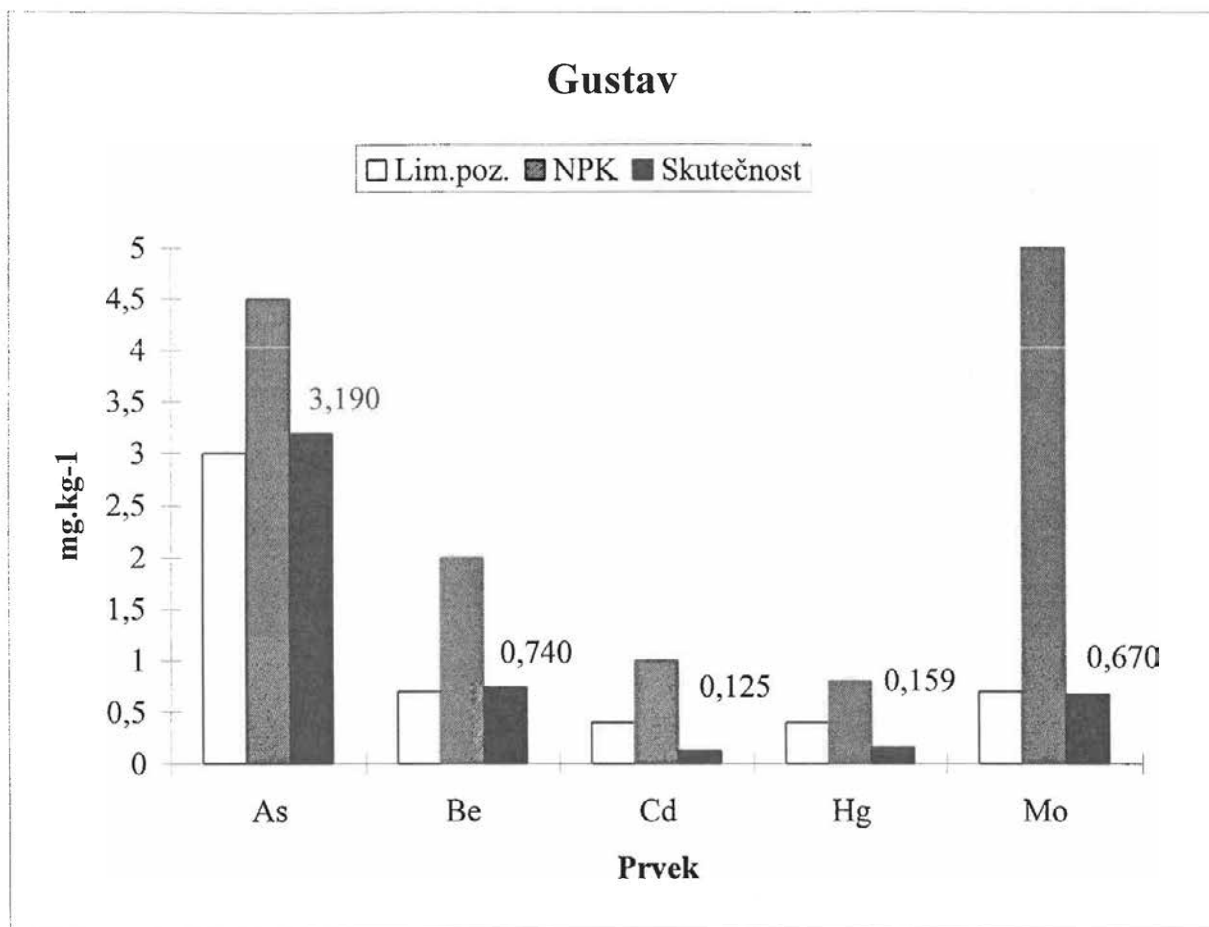
Graf č. 1



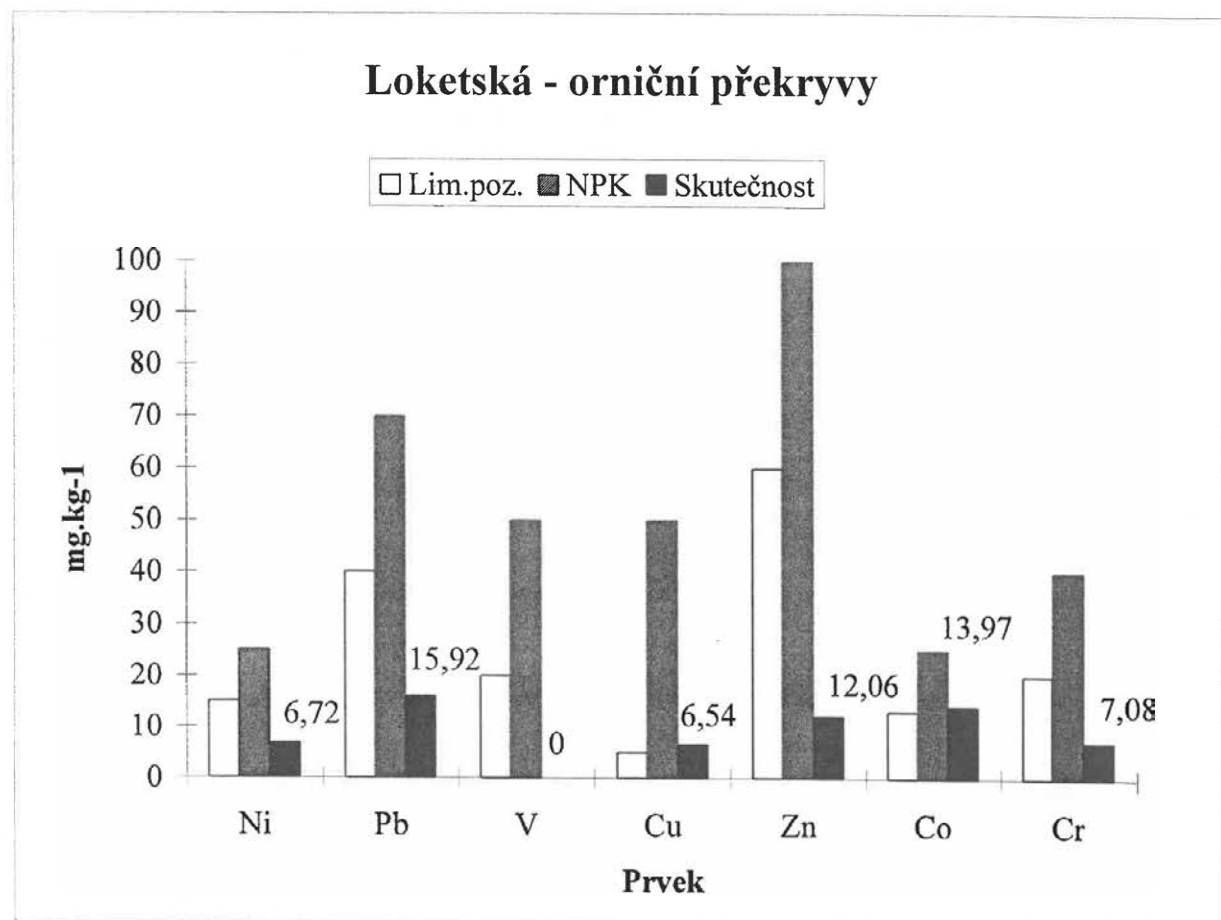
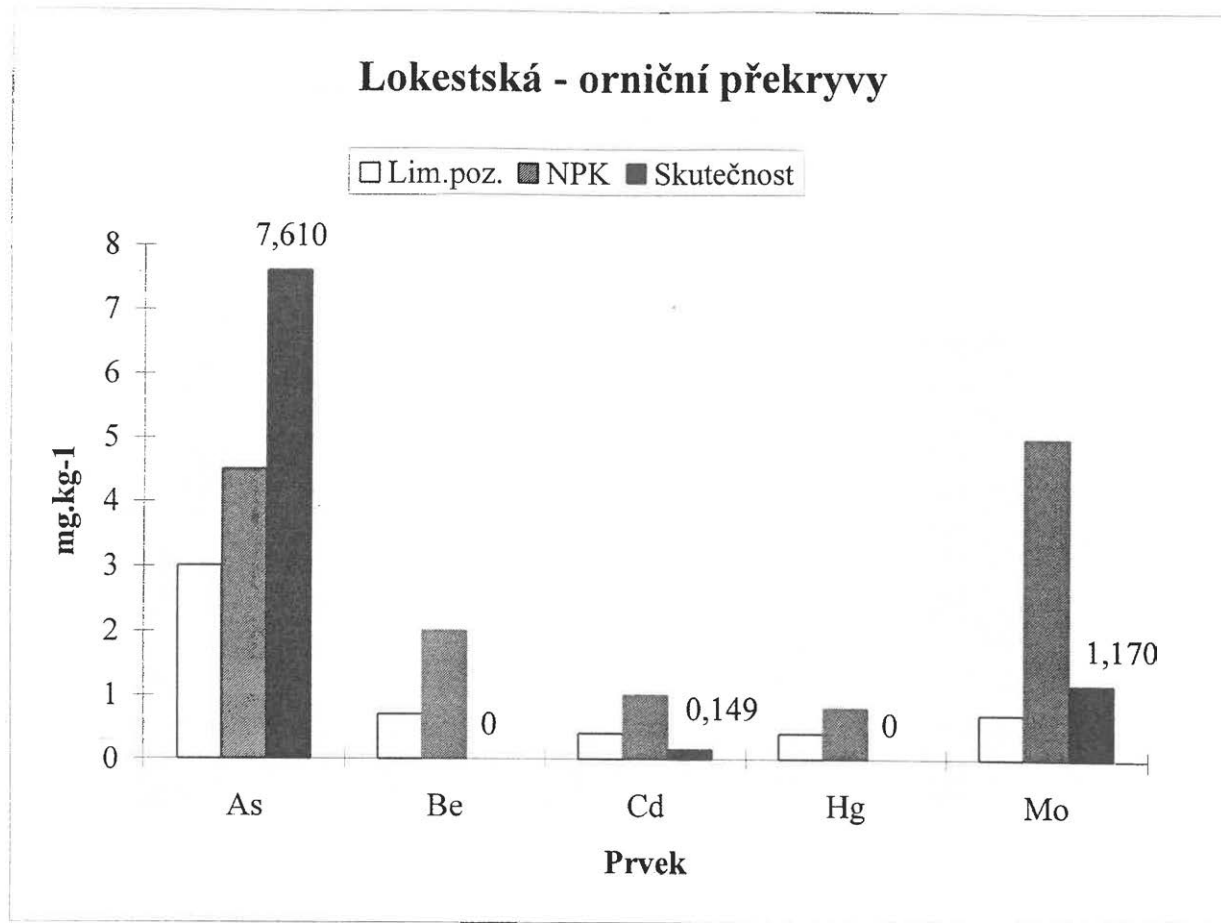
Graf č. 2



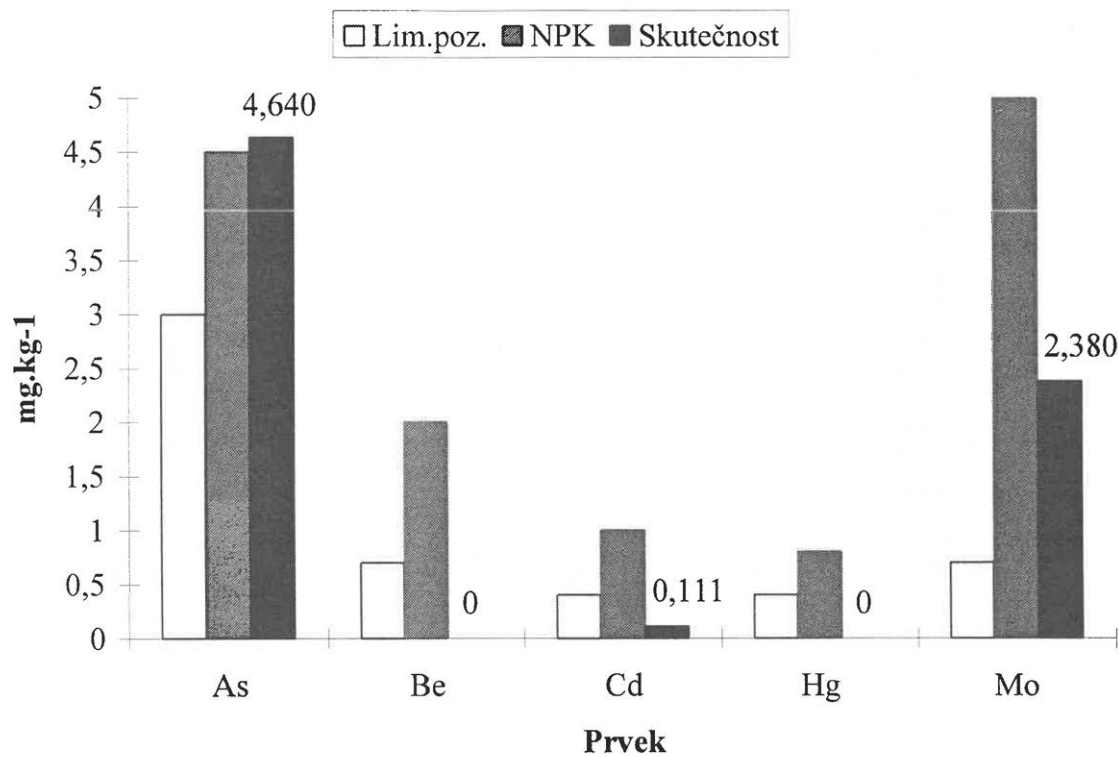
Graf č. 3



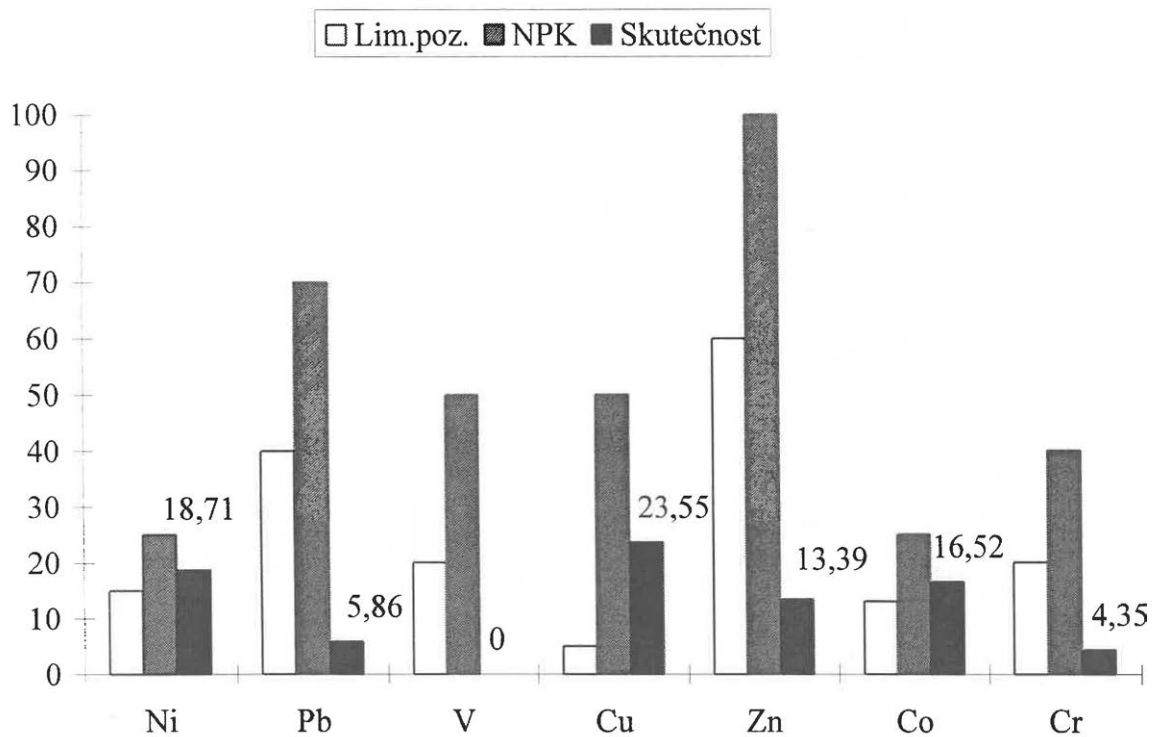
Graf č. 4



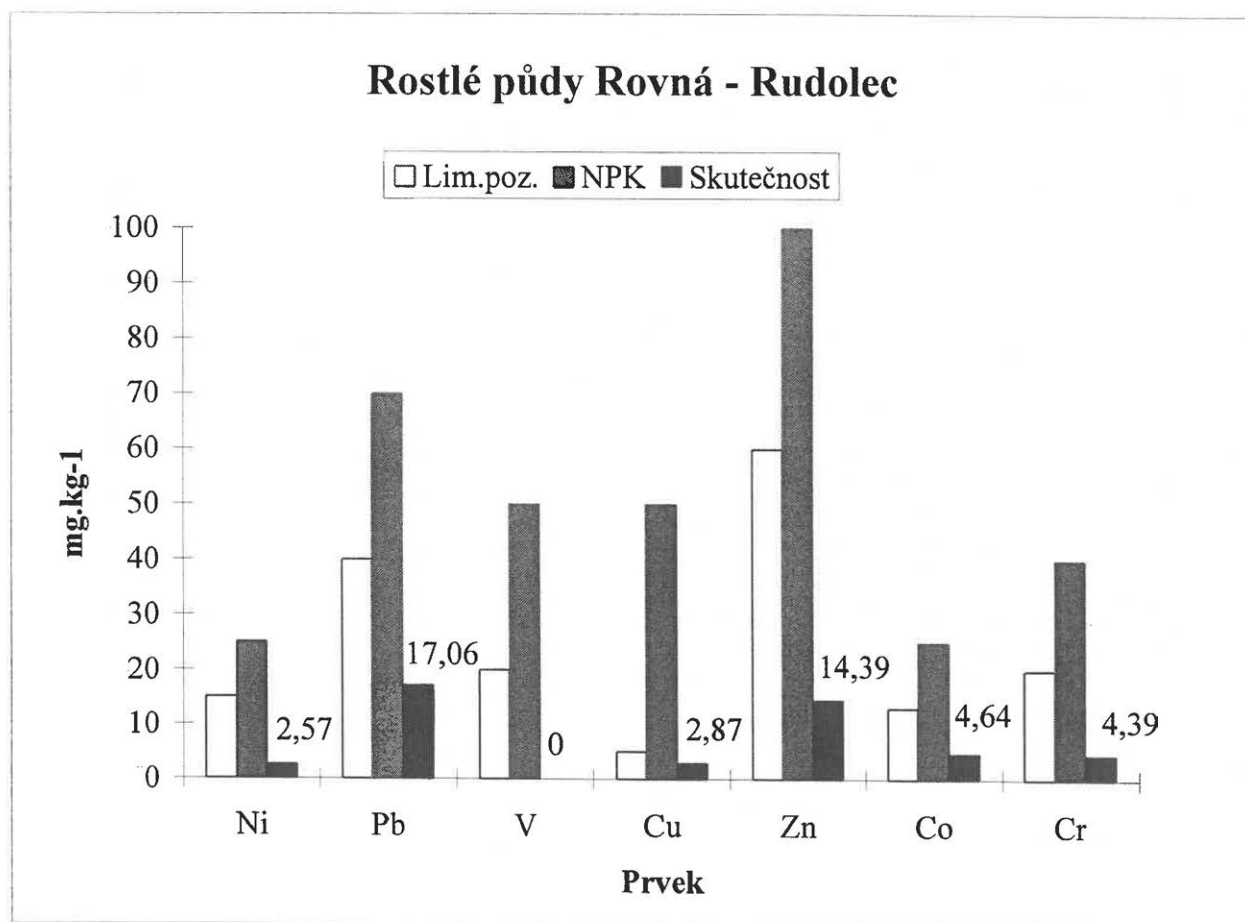
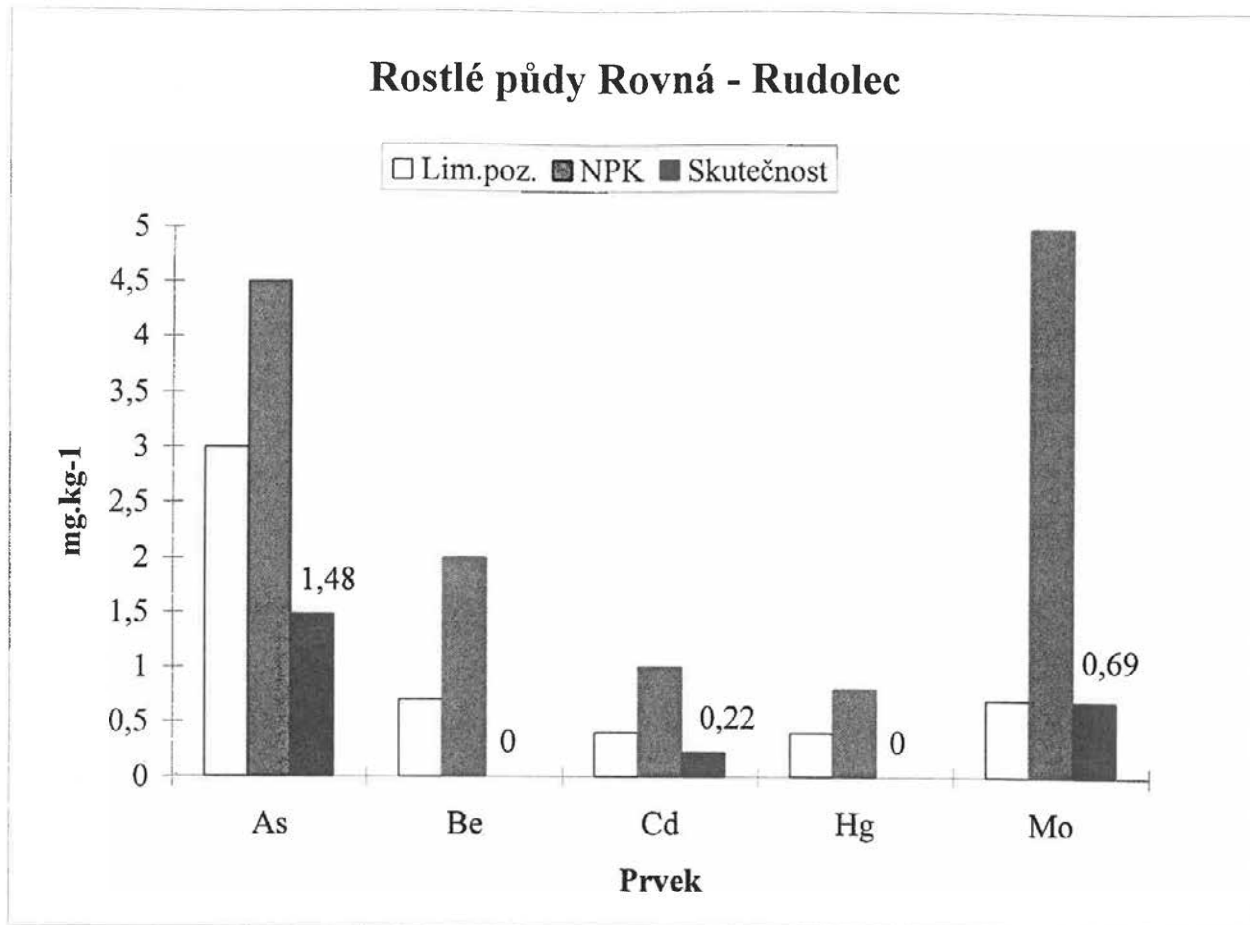
Loketská - jílové půdotvorné substráty



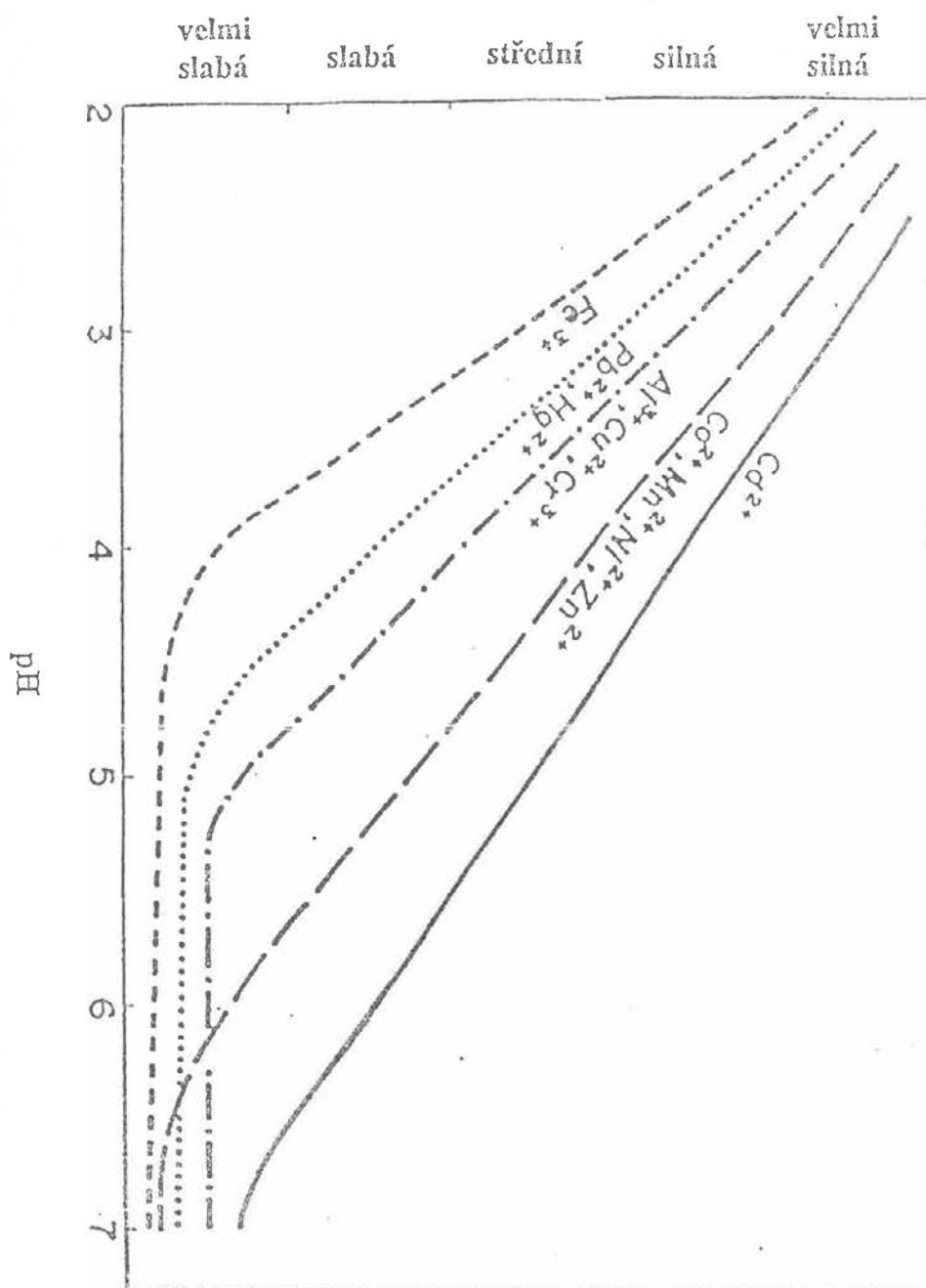
Loketská - jílové půdotvorné substráty



Graf č. 6



POHYBLIVOST



Graf č.7 - Rozdíl v mobilitě rizikových prvků při změně hodnoty pH