

## THE SOIL HYGIENE POINT AND ALIMENTARY WHEAT OF VIEW CONTAIN OF RISK ELEMENTS IN AROUND CHEMICAL FACTORY STRÁŽSKE

Ján Tomáš, Juraj Čéry, Július Árvay, Tomáš Tóth, Ladislav Lahučký

### ABSTRACT

Stredozemľská localita - Strážske ranks among regions that are areal monitored as one of nine contaminated sites in Slovakia. Contamination in this region has anthropic character that has been caused by industrial enterprises in Vranov nad Topľou, Strážske and Humenné. It could be stated that by monitoring of total and potential mobile contents of risky and trace elements in the vicinity of Strážske the total content of risky elements in horizon A was exceeded in four from six monitored heavy metals. Content of Cd was exceeded in all sampling points. Range of values was from 1.10 to 1.90 mg/kg, what presents increasing by 57.1 to 171 %. Content of Ni was increased in seven sampling points while its content was in range from 40.4 to 70.4 mg.kg<sup>-1</sup> and exceeding presented 0 – 40.8 %. The exceeding of limit value for Cd, Pb, Hg and As was the most commonly evaluated when monitoring content of heavy metals. In the vicinity of chemical enterprise of Humenné the exceeding of Co was found in all sampling points. Content of Co was in range 19.6 - 29.6 mg.kg<sup>-1</sup> what presented exceeding of limit value by 30.7 - 97.3 %.

Pseudototal content of selected elements showed local exceeding of all selected heavy metals in horizon B. In soil extract from horizon B of *aqua regia* the limit values of Cd, Pb, Zn, Ni, Cr and Co were exceeded. Content of Cd in monitored horizon was increased in all sampling points. Range of values was from 1.3 to 2.0 mg.kg<sup>-1</sup>. The highest value 2.0 mg.kg<sup>-1</sup> presented increasing by 185 % when compared to limit value. The lowest value exceeded limit value by 85 %. Content of Pb was in range from 39.6 to 114.8 mg.kg<sup>-1</sup>. Lead belongs among highly toxic metals with its content in soils in SR ranging from 7.95 to 10.79 mg.kg<sup>-1</sup>. Limit value of Pb defined by legislative norm (70 mg.kg<sup>-1</sup>) was exceeded in two sampling points. The highest content meant increasing by 64 %, the second highest content presented increasing by 62.8 % to limit value. Contents of Ni were exceeded by 52.8 %. Obtained values were in range from 32.8 to 76.4 mg.kg<sup>-1</sup>. The legislative norm defining value of Zn was exceeded in two sampling points. The highest content value of Zn 164.8 mg.kg<sup>-1</sup> represented increasing by 9.8 %. Increased content of Cu and Cr in chosen point character, the highest value of Cu exceeded limit value by 12.6 %. Highest assessed value of Cr 86.6 mg/kg represented increasing by 24 %. Average contents of Cu and Cr in soil of SR are in range 5.34 - 6.34 mg.kg<sup>-1</sup>, and 1.78 - 1.87 mg.kg<sup>-1</sup>, respectively. Assessed valued of Co were found in range from 19.2 to 40 mg.kg<sup>-1</sup>. Limit value for Co was exceeded in all sampling sites. Limit value was exceeded over 2.6-times in the highest concentration.

Evaluation of soil hygiene revealed increased content of Cd, Pb, Ni and Co, partially Zn, Cu and Cr, what reflects their contents in plant production, but increased moiety of mobile form besides Cd in soil was not manifested in increased content in production parts of grown crops. In grain of wheat (*Triticum aestivum*, L.) the highest acceptable amount (0.1 mg/kg) of Cd was exceeded in seven sampling points of chosen site. Increased content of Cd was in range from 0.12 to 0.18 mg.kg<sup>-1</sup>, what was increasing by 20-80 % when compared to highest acceptable amount (HAA).

The highest values of Cd and Ni in grain of oat (*Avena sativa*, L.) were found in sampling point 8. The highest value of Cd in grain was increased over 0.1-times higher than HAA.

**Keywords:** soil hygiene, Stredný Zemplín-Strážske, contamination, heavy metals in soil and plant products

### ÚVOD

Pôda je svojim rozsahom a funkciou rozhodujúcou zložkou prírody, pričom patrí medzi základný výrobný prostriedok a je zároveň neobnoviteľný zdroj. Preto je nevyhnutné zabezpečiť jej udržateľný rozvoj, a to nielen v záujme jej samej, ale aj ako súčasť udržateľnosti prírody ako celku. Agroekosystémy a z nich hlavne pôda aktívne reagujú na vstupy znečisťujúcich látok, ktoré spôsobujú jej biologickú degradáciu. Medzi hlavné faktory biologickej degradácie patria anorganické (nedegradabilné) kontaminanty predstavované ťažkými kovmi a metaloidmi, ktoré sa kumulujú v pôdnom prostredí (Alloway, 1995). Sú to najmä ťažké kovy (Cd, Pb, Hg, Cr, As atď. ako aj mikroelementy Ni, Cu, Zn ďalšie). Uvedené rizikové prvky znižujú hygienickú kvalitu pôdneho prostredia (Vollmannová a kol., 2007). Časť rizikových prvkov, ktoré sú emitované z rôznych výrobných činnosti do pôdy sa sorbuje pevnejšími či labilnejšími väzbami na pôdny organominerálny komplex, časť je transportovaná do podzemných vôd alebo prijímaná rastlinami a to v závislosti od

hygienického stavu konkrétnej pôdy. Aj „zdravá pôda“ je však zraniteľná a je schopná zabezpečovať svoju hygienickú funkciu len do určitej hranice. Po prekročení limitných hodnôt indikátorov zraniteľnosti pôdy dochádza k narušeniu jej funkcie a následne k prieniku znečisťujúcich látok do biomasy a do podzemných vôd.

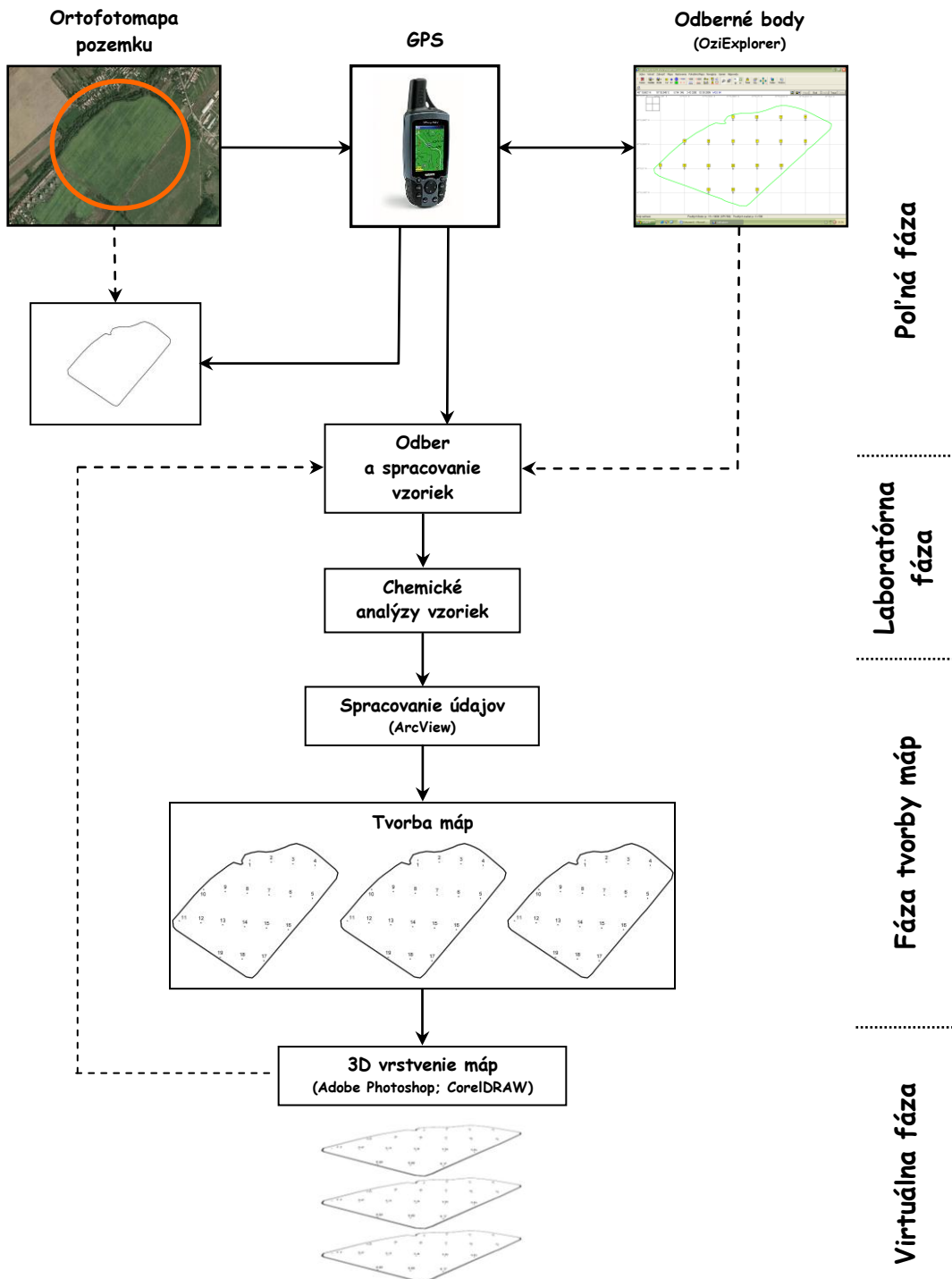
Miera účinku ťažkých kovov na produkčný a bioenergetický potenciál pôd závisí od ich množstva a chemickej povahy. Pôdy v záujmovom území (Stredozemľskej oblasti) sú dlhodobo vystavené emisnému vplyvu z viacerých zdrojov. Prejavuje sa to v acidifikácii pôdneho fondu vplyvom Chemlon Humenné (Správa o stave ŽP v SR, 2004).

K ťažkým kovom patria biologicky nezastupiteľné mikroelementy (napr. Cu, Zn, Fe) ako i početné neesenciálne chemické prvky (Cd, Pb, Cr, atď.). Toxické sú aj biologicky nezastupiteľné mikroelementy ak prekročia určitú koncentráciu (Kabata – Pendias, 2001; Bujnovský – Juráni, 1998; Tomáš a kol., 2001; Tóth a kol., 2000).

**MATERIÁL A METODIKA**

Pôdne vzorky sme odobrali z presne určených odberných miest za pomoci navigačného systému GPS Garmin 60 CX. Predchádzalo tomu zozbieranie informácií o pozemku, polohe, trase a nadmorskej výške. Tieto informácie sme spracovali v programe OziExplorer, vyhodnotili a upravili do grafickej podoby

a určili odberné body. Pôdne vzorky sme odobrali z dvoch hĺbok (orné pôdy) 0 – 0,1 m (horizont A) 0,2 – 0,35 m (horizont B). Pri lokalizácii, sme pracovali s presnosťou navigácie ± 2 metre. Prúdový diagram všetkých úkonov je znázornený na obrázku 1.



**Obrázok 1 Prúdový diagram jednotlivých úkonov, potrebných na získanie grafického zobrazenia sledovaných pôdnych parametrov na pozorovaných pozemkoch (Árvay, 2009).**

Vzorky sme odobrali z presne určených miest. Po lokalizovaní odberného bodu, sme na odbernom mieste vykonali odber pôdnej vzorky z dvoch miest, ich

vzdialenosť je závislá od presnosti určenia polohy (vzdialenosť vrtov na jednom mieste sa rovná chybe lokalizácie). Samotný odber vzoriek sme realizovali

pomocou pedologickej vrtnej sondy GeoSampler fy. Fisher z dvoch hĺbok. Odobrané vzorky pôdy z jedného miesta a rovnakých hĺbok sme zmiešali a urobili priemernú vzorku.

V príspevku hodnotíme obsah rizikových prvkov (ťažkých kovov) na pozemku s aktívnou poľnohospodárskou činnosťou v katastrálnom území Strážske pričom pozemok sa predpokladá za kontaminovaný, ktorá je výsledkom rozsiahlej priemyselnej činnosti v danom regióne. Odobrané vzorky pôdy boli spracované podľa záväzných rozborov pôdy VÚPOP (Fiala a kol. 1999). Obsahy rizikových prvkov boli stanovované v lúčavke kráľovskej ako pseudototálny obsah a 2 mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub> ako potenciálne mobilizovateľné formy.

Vzorky rastlinného materiálu sme odoberali vo fenologickej fáze plnej zrelosti. Odber vzoriek sme zrealizovali z identických miest ako vzorky pôdy. Odoberané vzorky sme podrobili jednotlivým analýzám, ktorým predchádzala úprava spočívajúca vo vysušení, pomletí a mineralizácii mokrou cestou. Mineralizáciu rastlinného materiálu sme uskutočnili pomocou mikrovlnnej digescie na prístroji MARS Xpress (CEM). Analytickou metódou stanovenia obsahu ťažkých kovov bola atómová absorpčná spektrometria prístrojom VARIAN 240 FS.

#### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsah ťažkých kovov v extrakte lúčavky kráľovskej v horizonte A (mg.kg <sup>-1</sup> )							
	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Cr	Co
1	1,10	38,8	40,4	98,4	27,6	42,0	19,6
2	1,60	53,2	70,4	146,4	50,0	60,4	29,6
3	1,10	41,2	50,0	114,4	32,4	47,6	22,0
4	1,40	44,0	68,8	128,0	45,6	54,0	26,4
5	1,40	44,8	57,2	116,8	39,6	48,8	25,6
6	1,90	54,4	67,6	153,2	44,8	65,6	28,4
7	1,40	45,6	66,0	134,4	45,6	59,6	26,0
8	1,40	44,4	53,6	112,4	42,8	50,4	24,0
LH	0,70	70,0	50,0	150,0	60,0	70,0	15,0

Tabuľka 1 Obsah ťažkých kovov z výluhu lúčavky kráľovskej v horizonte A na pozemku oblasti Strážske

\* LH – Limitná hodnota

Interval hodnôt sa pohyboval od 1,10 do 1,90 mg Cd.kg<sup>-1</sup> pôdy. Najvyššia hodnota 1,90 mg.kg<sup>-1</sup> predstavovala zvýšenie 171 % k limitnej hodnote. Najnižšia hodnota prekročila limitnú hodnotu o 57,1 %. Obsah Ni sa pohyboval v širšom intervale 40,4 – 70,4 mg Ni kg<sup>-1</sup> pôdy. Namerané obsahy Ni boli prekročené v siedmich odberných bodoch. Pri najvyššom obsahu bola limitná hodnota prekročená o 40,8 %. Limitná hodnota Zn bola prekročená v jednom odbernom bode, táto hodnota 153,2 mg.kg<sup>-1</sup> znamená zvýšenie 2,1 %. Obsah kobaltu sa pohyboval v intervale 19,6 – 29,6 mg.kg<sup>-1</sup>. Limitná hodnota pre Co bola prekročená vo

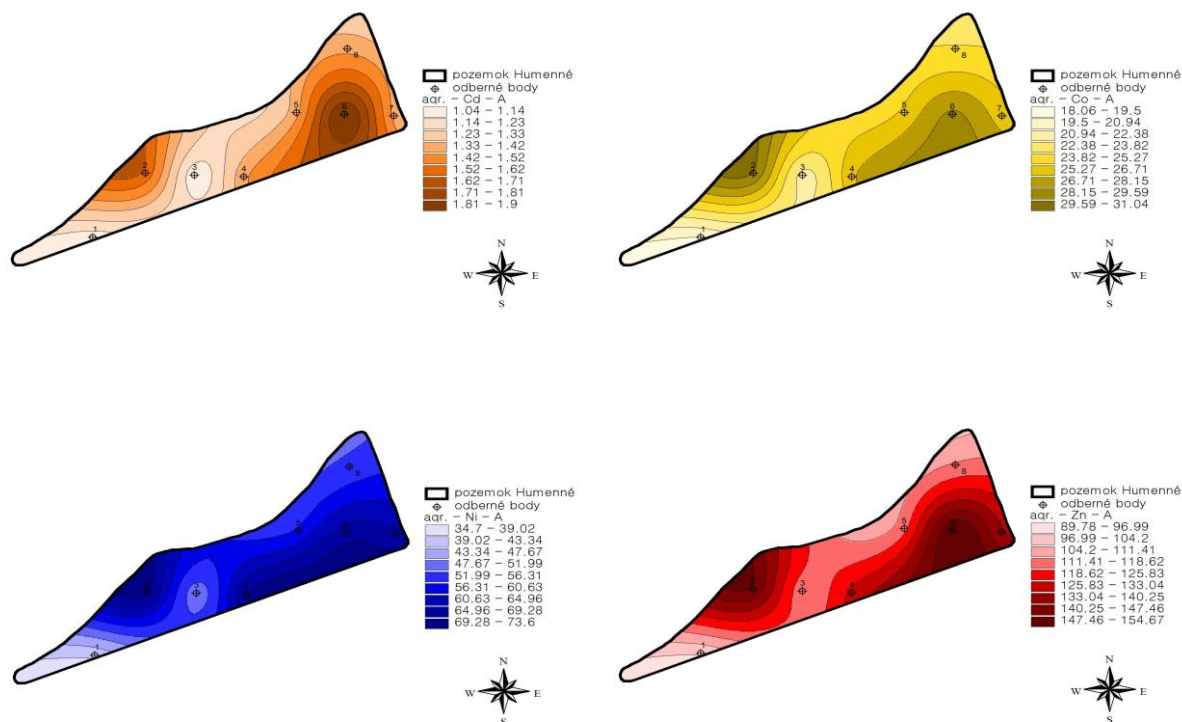
Celkový obsah rizikových stopových prvkov v pôdach, zahŕňa všetky formy výskytu určitého prvku v pôde.

Služi najmä pre porovnanie prirodzeného podielu z pôdotvorných substrátov k povrchovej časti profilu pôd, kde sa vplyv imisií a bioakumulácie prejavuje najintenzívnejšie.

Lúčavka kráľovská je extrakčné činidlo, ktoré je schopné z pôdnej vzorky uvoľniť do roztoku takmer všetky ťažké kovy. Obsah, získaný z výluhu lúčavky kráľovskej na pôdnu vzorku predstavuje pseudototálny (nie úplný) obsah ťažkých kovov v danej vzorke. Je to z toho dôvodu, že lúčavka kráľovská (zmes HNO<sub>3</sub> a HCl v pomere 1:3) nie je schopná rozrušiť niektoré štruktúry v pôdnej vzorke (silikáty a alumosilikáty), a teda prvky, ktoré sa nachádzajú v týchto štruktúrach sa do výluhu nedostanú. V našich pôdnych vzorkách sme stanovili tieto vybrané rizikové prvky Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Cr, Co. Namerané výsledky sme vyhodnotili podľa Zákona č.220/2004 Z. z. O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (MPSR, 2004).

Hodnotený pozemok (Strážske) mal v horizonte A (Tab. 1) prekročené limitné hodnoty u štyroch sledovaných rizikových prvkoch Cd, Ni, Zn a Co. Obsah Cd bol v sledovanom horizonte zvýšený vo všetkých odberných bodoch.

všetkých odberných miestach. Limitná hodnota bola pri najvyššej koncentrácii prekročená o 97,3 %. Na tomto pozemku zaznamenali lokálne zvýšenie obsahu zinku na odbernom mieste č. 6, kde nameraná hodnota 153,2 mg.kg<sup>-1</sup> prekračovala limitnú hodnotu 150 mg.kg<sup>-1</sup> o 2,13 %. Obsahy olova (38,8 – 54,4 mg.kg<sup>-1</sup>), medi (27,6 – 50,0 mg.kg<sup>-1</sup>), chrómu (42,0 – 65,6 mg.kg<sup>-1</sup>) na sledovanom pozemku neprekročili ani na jednom odbernom mieste limitnú hodnotu 70 mg.kg<sup>-1</sup>, 60,0 mg.kg<sup>-1</sup> resp. 70,0 mg.kg<sup>-1</sup> (Pb, Cu, Cr). Plošné znázornenie obsahu rizikových prvkov (Cd, Ni, Zn a Co) vyjadruje obrázok 2.



Obrázok 2 Plošné znázornenie obsahu ťažkých kovov (Cd, Ni, Zn, Co) ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) v horizonte A, pozemok oblasti Strážske

Pseudototálny obsah sledovaných prvkov poukazuje na lokálne zvýšenie všetkých sledovaných ťažkých kovov v horizonte B. V horizonte B (Tab. 2) vo výluhu lúčavky

kráľovskej boli prekročené limitné hodnoty u Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Cr a Co.

Tabuľka 2 Obsah ťažkých kovov z výluhu lúčavky kráľovskej v horizonte B na pozemku oblasti Strážske  
Obsah ťažkých kovov v extrakte lúčavky kráľovskej v horizonte B ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Cr	Co
1	1,80	51,2	64,8	139,6	37,6	63,2	26,4
2	1,40	114,8	42,8	104,0	33,2	43,6	21,6
3	1,20	40,0	59,6	138,0	38,8	36,8	19,2
4	2,00	39,6	32,8	141,6	44,8	86,8	40,0
5	1,30	45,6	52,0	102,0	33,2	42,8	26,0
6	2,00	56,4	76,4	164,8	67,6	66,8	34,0
7	1,80	56,4	72,4	152,4	49,2	66,8	31,2
8	1,70	114,0	56,4	113,2	36,4	51,6	25,2
LH	0,70	70,0	50,0	150,0	60,0	70,0	15,0

\* LH – Limitná hodnota

Obsah Cd bol v sledovanom horizonte zvýšený vo všetkých odberných bodoch. Interval hodnôt sa pohyboval od 1,30 do 2,0  $\text{mg.kg}^{-1}$  pôdy. Najvyššia hodnota 2,0  $\text{mg.kg}^{-1}$  predstavovala zvýšenie 185 % k limitnej hodnote. Najnižšia hodnota prekročila limitnú

hodnotu o 85 %. Obsah Pb sa pohyboval v širšom intervale 39,6 – 114,8  $\text{mg.kg}^{-1}$  pôdy. Pb patrí medzi vysoko toxické, v pôdach SR sa vyskytuje v množstve 7,95 – 10,79  $\text{mg.kg}^{-1}$  (Tomáš a kol., 2009).

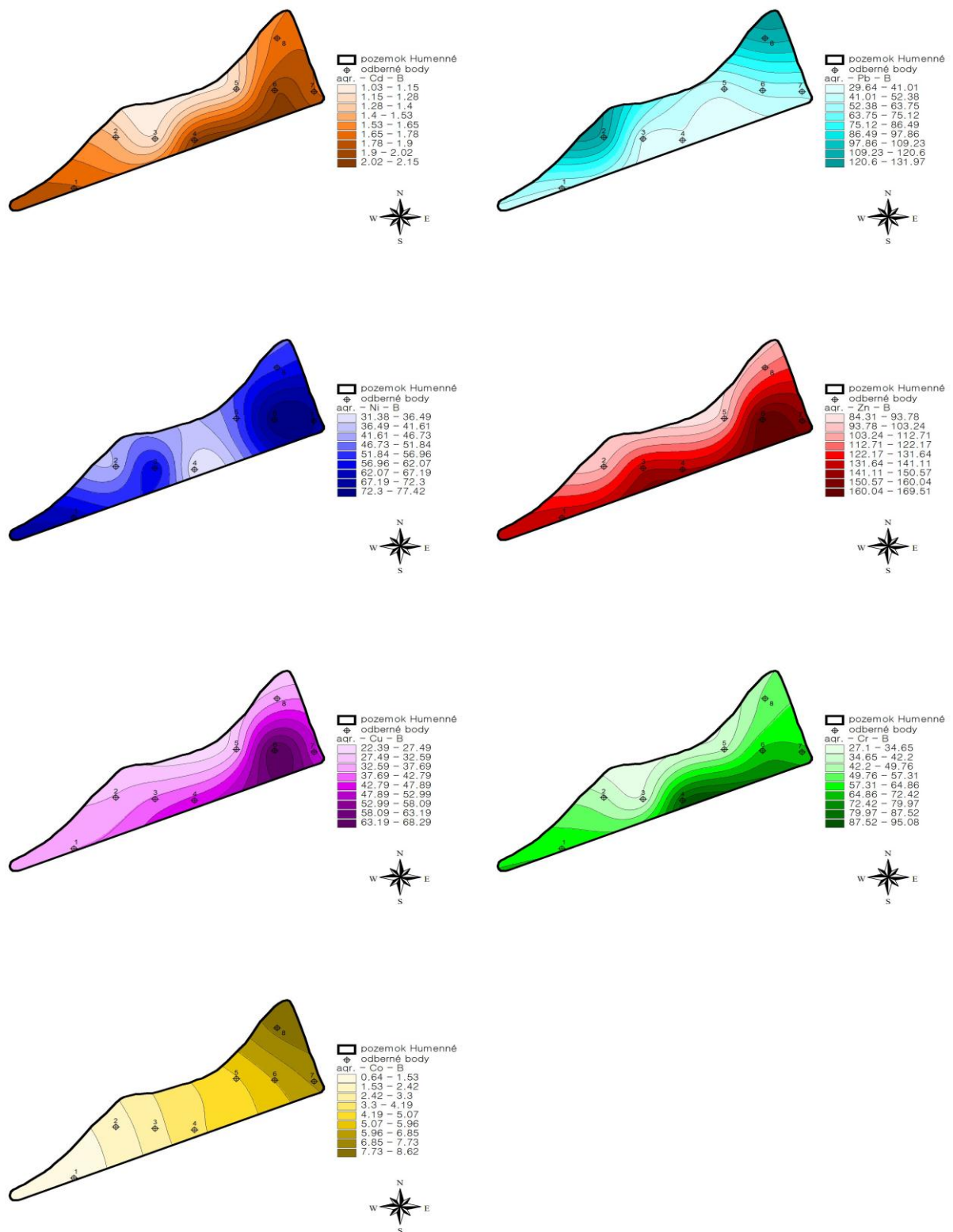
Limitný hodnota Pb stanovená zákonom je  $70,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ , bola prekročená v dvoch odberných bodoch. Najvyšší obsah znamenal zvýšenie o 64 %, druhý najvyšší obsah o 62,8 % ku limitnej hodnote stanovenia. Obsahy Ni boli prekročené v šiestich odberných bodoch. Pri najvyššom obsahu bola limitná hodnota prekročená o 52,8 %. Namerané hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 32,8 – 76,4  $\text{mg Ni.kg}^{-1}$  pôdy. Zákomom určená limitná hodnota Zn bola prekročená v dvoch odberných bodoch. Najvyššia hodnota 164,8  $\text{mg Cd.kg}^{-1}$  pôdy, znamená zvýšenie o 9,8 %. Zvýšený obsah Cu a Cr na sledovanom pozemku má bodový charakter, najvyššia hodnota Cu prekročila limitnú hodnotu o 12,6 %. Najvyššia nameraná hodnota Cr, 86,8  $\text{mg.kg}^{-1}$  pôdy, znamenala 24 % zvýšenie. Priemerný obsah Cu, Cr sa v pôdach SR pohybuje v rozmedzí 5,34 – 6,34  $\text{mg.kg}^{-1}$  respektíve 1,78 – 1,87  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Namerané hodnoty kobaltu sme zistili v intervale 19,2 – 40,0  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Limitná hodnota pre Co bola prekročená vo všetkých odberných miestach. Limitná hodnota bola pri najvyššej koncentrácii prekročená 2,6 násobne. Obr. 3 znázorňuje plošné zobrazenie obsahov rizikových prvkov (Cd, Pb, Ni, Zn, Cr, Co) v horizonte B, ktoré prekročili zákonom stanovené limitné hodnoty.

Obsah ťažkých kovov vo výluhu  $2 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ HNO}_3$ , označovaný ako potenciálne uvoľniteľný obsah, zahŕňa rôzne frakcie prvkov z hľadiska ich rozpustnosti. Tento výluh umožňuje s dostatočnou citlivosťou zistiť minimálne, aj maximálne obsahy u všetkých prvkov v pôdach. Výsledky sme hodnotili podľa „**Rozhodnutia Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994 – 540 o najvyšších prípustných hodnotách rizikových látok v pôde**“. Pre dokonalé zhodnotenie obsahu rizikových prvkov, resp. pre posúdenie stupňa fytoxicity daného kovu je dôležitý jeho obsah, ktorý je rastlinou za istých okolností využitelný. V skutočnosti teda nie je dôležitý celkový obsah prvku v pôde, ale iba jeho určitá časť s charakteristickými vlastnosťami. Obsah ťažkých kovov vo výluhu  $2 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ HNO}_3$  predstavuje množstvo rizikových prvkov, resp. ich koncentráciu, ktorá môže byť za daných okolností pre rastliny prístupná. Toto množstvo pre rastlinu využitelného kovu je vždy menšie ako celkový obsah prvku v pôde. Potenciálne uvoľniteľné obsahy prvkov sú relatívne citlivejšie pre posúdenie hygienického stavu pôd ako celkové obsahy a dá sa na základe nich zmapovať situácia v obsahu rizikových stopových prvkov v pôdach, ktorá je podmienená geochemicky aj imisiami.

**Tabuľka 3 Obsah ťažkých kovov vo výluhu  $2 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ HNO}_3$  v horizonte A na pozemku oblasti Strážske**

Obsah ťažkých kovov vo výluhu $2 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ HNO}_3$ v horizonte A ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )							
	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Cr	Co
1	2,3	13,1	3,0	26,1	7,3	2,6	4,4
2	2,6	22,0	5,2	25,2	12,0	3,0	4,1
3	2,2	69,4	3,6	13,0	8,2	3,0	3,1
4	2,5	133,2	5,0	13,9	10,4	3,4	6,2
5	2,0	116,8	6,8	12,0	8,9	2,2	4,8
6	3,2	153,0	7,8	14,4	12,2	3,6	5,7
7	2,3	185,0	6,1	11,9	11,4	3,4	5,9
8	1,9	107,6	3,6	10,0	7,2	2,5	4,7
A <sub>1</sub>	0,3	30	10	40	20	10	

\* A<sub>1</sub> – referenčná hodnota,

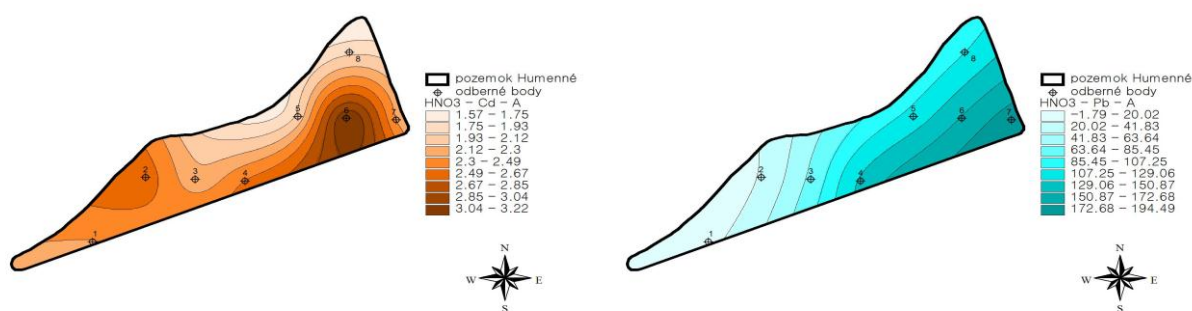


Obrázok 3 Plošné zobrazenie obsahov rizikových prvkov (Cd, Pb, Ni, Zn, Cr, Co) (mg.kg<sup>-1</sup>) v horizonte B na pozemku oblasti Strážske



Obsah kadmia vo vrchnom horizonte oblasti Humenné (Tab. 3) sa pohybuje v intervale 1,9 – 3,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Všetky namerané hodnoty Cd prekračujú referenčnú hodnotu (A<sub>1</sub>). Referenčná hodnota znamená, že pôda nie je znečistená, ak je koncentrácia rizikového prvku pod touto hodnotou. Najvyššia hodnota 3,2 mg.kg<sup>-1</sup> predstavuje 10,6 násobné zvýšenie ku referenčnej hodnote. Kontaminácia Cd má celoplošný charakter a dotýka sa všetkých odberných bodov. Namerané hodnoty Pb sa pohybovali v rozsahu 13,1 – 185,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Namerané hodnoty prekračujú referenčnú hodnotu v šiestich odberných bodoch. Ďalšie štúdium a kontrola

miesta znečistenia sa vyžaduje vtedy, ak vznik, rozloha a koncentrácia môže mať nepriaznivý dopad na ľudské zdravie alebo iné zložky životného prostredia. Najvyššia nameraná hodnota prekračuje indikačnú hodnotu o 23 %. Najnižšia hodnota 13,1 mg.kg<sup>-1</sup> predstavuje 43,6 % referenčnej hodnoty. Ďalšie hodnoty meraných ťažkých kovov (Ni, Zn, Cu, Cr, Co) v horizonte A sa neprejavili zvýšenou potenciálnou uvoľniteľnosťou a ich obsahy boli pod limitným obsahom. Obr. 4 vyjadruje plošné znázornenie obsahu kadmia a olova v pôde vo výluhu 2 mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub> v horizonte A na pozemku Humenné (v mg.kg<sup>-1</sup>).



Obrázok 4 Plošné znázornenie obsahu rizikových prvkov (Cd, Pb) (mg.kg<sup>-1</sup>) v pôde vo výluhu 2 mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub> v horizonte A na pozemku Strážske

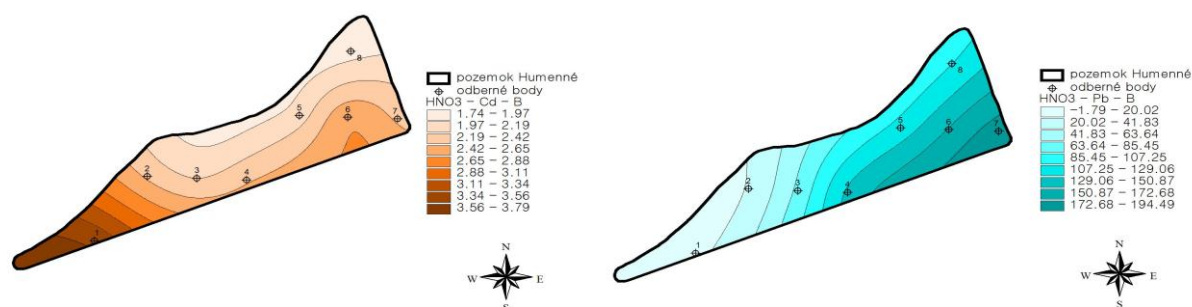
Tabuľka 4 Obsah ťažkých kovov vo výluhu 2 mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub> v horizonte B na pozemku oblasti Strážske

Obsah ťažkých kovov vo výluhu 2 mol.dm <sup>-3</sup> HNO <sub>3</sub> v horizonte B (mg.kg <sup>-1</sup> )							
	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Cr	Co
1	3,5	193,4	6,7	32,0	11,8	3,8	5,5
2	2,4	221,6	2,5	12,5	8,4	2,6	4,0
3	2,2	108,2	3,3	12,7	8,0	3,0	2,8
4	2,4	129,8	5,7	13,9	11,5	4,3	6,3
5	2,1	100,4	6,3	12,1	9,7	2,2	4,9
6	2,6	124,2	5,6	14,3	11,9	3,4	4,4
7	2,4	128,2	5,4	13,1	11,3	3,2	5,1
8	1,9	253,6	4,1	9,9	7,2	3,1	5,3
A <sub>1</sub>	0,3	30	10	40	20	10	–

\* A<sub>1</sub> – referenčná hodnota

Vo výluhu 2 mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub> bol nadlimitne zvýšený obsah Cd a Pb. Vo výluhu roztoku kyseliny dusičnej (Tab. 4) sa hodnoty obsahu Cd v horizonte A pohybovali v intervale 1,9 – 3,5 mg.kg<sup>-1</sup>. Tieto hodnoty prekračujú nielen referenčnú hodnotu A<sub>1</sub>. Jeho najvyššia hodnota je zvýšená 11,6 násobne k referenčnej hodnote. Obsah Pb v potenciálne prístupnej forme bol v A horizonte v intervale 100,4 – 253,6 mg.kg<sup>-1</sup>. Referenčnú hodnotu

(A) namerané obsahy Pb prekročili v piatich odberných bodoch. Obsahy prvkov Ni, Zn, Cu, Cr, Co nepredstavujú riziko pre pestovanie poľnohospodárskych plodín. Ich namerané hodnoty neprekračujú zákonom stanovené referenčné hodnoty. Obr. 5. vyjadruje plošné znázornenie obsahu kadmia a olova v pôde vo výluhu 2 mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub> v horizonte B na pozemku Strážske (v mg.kg<sup>-1</sup>).



Obrázok 5 Plošné znázornenie obsahu rizikových prvkov (Cd, Pb) ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) v pôde vo výluhu  $2 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ HNO}_3$  v horizonte B na pozemku Strážske

Hodnotenie obsahu sledovaných prvkov v dopestovanej rastlinnej produkcii na pozemku Strážske za roky 2007 a 2009 sú v tab. 5. V odobraných vzorkách sme sledovali obsahy Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb a Zn v produktívnych orgánoch pestovaných plodín. V roku 2007 sa na monitorovanom pozemku pestovala pšenica letná f. ozimná (*Triticum aestivum*, L.), a v roku 2009 ovos siaty (*Avena Sativa*, L.). Z hodnotenia pôdnej hygieny bol v sledovanej lokalite zvýšený obsah kadmia, olova, niklu, kobaltu a čiastočne zinku, medi a chrómu, čo je aj odrazom s obsahom v rastlinnej produkcii, ale zvýšený podiel mobilnej formy olova v pôde sa neprejavil na zvýšenom obsahu v produktívnych častiach pestovaných plodín. V roku 2007 bola na pozemku Strážske pestovaná mlynská obilnina pšenica letná f. ozimná (*Triticum aestivum*, L.). V jej zrne sme zistili prekročenie NPM kadmia ( $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) v siedmych

odberných bodoch skúmaného pozemku. Zvýšený obsah Cd v zrne sa pohyboval v rozsahu  $0,12 - 0,18 \text{ mg.kg}^{-1}$  čo je zvýšenie o 20 – 80 % oproti NPM, pričom podobné výsledky dosiahli aj Tomáš a kol. (2009).

Namerané obsahy kadmia v zrne korešponujú s dosiahnutými výsledkami autorov Tóth (2000), Hanes - Fiala (1999), ktorí uvádzajú priemerné namerané hodnoty obsahu Cd pre zrna *Triticum aestivum* na úrovni  $0,12 - 0,28 \text{ mg.kg}^{-1}$ . V roku 2009 bol na pozemku vysiaty a pestovaný ovos siaty (*Avena sativa*, L.). V jeho zrne sme zaznamenali prekročenie NPM u Cd a Ni, u ostatných prvkov sme prekročenie NPM nezistili v žiadnom odbernom bode. Najvyššie hodnoty obsahov kadmia a niklu v zrne ovsa siateho (*Avena sativa*, L.) tab.6, sme namerali v odbernom bode č.8. Najvyššia hodnota Cd v zrne bola k NPM zvýšená o 0,1 násobok.

Tabuľka 5 Obsahy rizikových prvkov v zrne pšenice letnej f. ozimnej (*Triticum aestivum*, L.) ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) na pozemku Strážske (rok 2007)

Odberné body	Co	Ni	Cr	Pb	Cd	Cu	Zn
1.	0,22	0,2	0,2	0,35	0,15	3,3	10,7
2.	0,22	0,1	0,3	0,20	0,1	3,5	12,3
3.	0,32	0,5	0,4	0,15	0,12	3,1	12,1
4.	0,01	0,5	1,2	0,16	0,11	2,5	11,5
5.	0,22	0,4	1,1	0,22	0,18	2,2	10,2
6.	0,12	0,3	0,3	0,24	0,13	2,3	10,2
7.	0,18	0,6	0,4	0,28	0,14	3,1	11,1
8.	0,16	0,5	0,1	0,20	0,15	3,2	13,2

Tabuľka 6 Obsahy rizikových prvkov v zrne ovsa siateho (*Avena Sativa*, L.) ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) na pozemku Strážske (rok 2009)

Odberné body	Co	Ni	Cr	Pb	Cd	Cu	Zn
1.	1,7	2,4	2,1	0,37	0,10	4,9	20,2
2.	0,6	2,6	2,0	0,30	0,08	3,7	22,0
3.	0,6	3,9	3,6	0,45	0,08	4,1	24,6
4.	0,5	2,0	2,6	0,58	0,06	3,3	20,4
5.	0,2	2,4	2,0	0,72	0,08	3,5	18,7
6.	0,5	3,5	1,9	0,57	0,08	3,6	20,1
7.	0,7	3,4	3,4	0,83	0,09	3,5	19,6
8.	0,9	4,2	2,5	0,70	0,11	3,8	20,8



Odobrané vzorky pšenice letnej f. ozimná sme po odležaní sme zrno pomleli na pokusnom laboratórnym mlyne (Quadrumat Senior fy. Brabender), ktorý má 1 šrotováciu, 1 vymieľaciu stolicu a vyosievač, pričom mlyn poskytuje štyri mlynské frakcie: frakcia I. – múka nízko vymletá (stred endospermu), frakcia II. – múka z vymieľacej stolice (vonkajšie vrstvy endospermu), frakcia III. – vymieľacie otruby, frakcia IV. – šrotové otruby (Muchová et al., 2000). Zvýšenú hladinu obsahu Cd sme namerali aj v IV. mlynskej frakcii. Jej hodnota 0,14 mg.kg<sup>-1</sup> prekročila legislatívne najvyššie určené množstvo o 0,4 násobok. Celková výťažnosť jedlých mlynských produktov ( $\Sigma = \text{MF I.} + \text{II.} + \text{III.}$ ) bola 77,04 %. Obsah ťažkých kovov vzrastal v tomto poradí: Cd: MF III. < MF I. < MF II. < MF IV.; Co: MF III. < MF II. < MF I.  $\approx$  MF IV.; Cr: MF I. < MF II. < MF III. < MF IV.; Cu: MF I. < MF II. < MF III. < MF IV.; Ni: MF I. < MF II. < MF IV. < MF III.; Pb: MF I.  $\approx$  MF II. < MF III. < MF IV.; Zn: MF I. < MF II. < MF IV. < MF III. Najvyššie obsahy sledovaných rizikových prvkov v mlynských frakciách sme zaznamenali najčastejšie v štvrtej mlynskej frakcii, ktorá sa využíva hlavne v živočíšnej výrobe ako súčasť kŕmnej dávky.

## ZÁVER

Stredozemplínska oblasť patrí medzi regióny, ktoré sú plošne sledované ako jedna z deviatich kontaminovaných oblastí Slovenska. Kontaminácia v tomto regióne má charakter antropogenný, ktorý je spôsobovaný priemyselnými podnikmi vo Vranove nad Topľou, Strážskom a Humennom. Sledovaním celkových a potenciálne mobilných obsahov rizikových a stopových prvkov v okolí Humenného je možné konštatovať, že celkový obsah rizikových v horizonte A bol prekročený u štyroch zo šiestich sledovaných ťažkých kovov. Obsah Cd bol prekročený vo všetkých odberných bodoch. Interval hodnôt sa pohyboval v rozmedzí 1,10 až 1,90 mg.kg<sup>-1</sup>, čo predstavuje zvýšenie o 57,1 – 171 %. Obsah Ni bol zvýšený na siedmich odberných bodoch pričom jeho obsah bol v rozsahu 40,4, - 70,4 mg.kg<sup>-1</sup> a prekročenie predstavovalo 0 – 40,8%. Pri sledovaní obsahu ťažkých kovov sa najčastejšie posudzovalo prekročenie limitnej hodnoty pre Cd, Pb, Hg a AS. V oblasti chemického závodu Humenné bolo zistené prekročenie Co na všetkých sledovaných bodoch. Obsah Co bol zistený v intervale 19,6 – 29,6 mg.kg<sup>-1</sup> čo predstavuje prekročenie limitnej hodnoty o 30,7 – 97,3 %.

Pseudototálny obsah sledovaných prvkov poukazuje na lokálne zvýšenie všetkých sledovaných ťažkých kovov v horizonte B. V horizonte B vo výluhu lúčavky kráľovskej boli prekročené limitné hodnoty u Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Cr a u Co. Obsah Cd bol v sledovanom horizonte zvýšený vo všetkých odberných bodoch. Interval hodnôt sa pohyboval od 1,30 do 2,0 mg Cd kg<sup>-1</sup> pôdy. Najvyššia hodnota 2,0 mg.kg<sup>-1</sup> predstavovala zvýšenie 185 % k limitnej hodnote. Najnižšia hodnota prekročila limitnú hodnotu o 85 %. Obsah Pb sa pohyboval v širšom intervale 39,6 – 114,8 mg Pb kg<sup>-1</sup> pôdy. Olovo patrí medzi vysoko toxické, v pôdach SR sa vyskytuje v množstve 7,95 – 10,79 mg.kg<sup>-1</sup>. Limitná hodnota Pb stanovená zákonom je 70,0 mg.kg<sup>-1</sup>, pričom bola

prekročená v dvoch odberných bodoch. Najvyšší obsah znamenal zvýšenie o 64 %, druhý najvyšší obsah o 62,8 % ku limitnej hodnote stanovenia. Obsah Ni boli prekročené v šiestich odberných bodoch. Pri najvyššom obsahu bola limitná hodnota prekročená o 52,8 %. Namerané hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 32,8 – 76,4 mg Ni kg<sup>-1</sup> pôdy. Zákom určená limitná hodnota Zn bola prekročená v dvoch odberných bodoch. Najvyššia hodnota 164,8 mg Zn kg<sup>-1</sup> pôdy, znamenala zvýšenie o 9,8 %. Zvýšený obsah Cu a Cr na sledovanom pozemku má bodový charakter, najvyššia hodnota Cu prekročila limitnú hodnotu o 12,6 %. Najvyššia nameraná hodnota Cr, 86,8 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy, znamenala 24 % zvýšenie. Priemerný obsah Cu, Cr sa v pôdach SR pohybuje v rozmedzí 5,34 – 6,34 mg.kg<sup>-1</sup> respektíve 1,78 – 1,87 mg.kg<sup>-1</sup>. Namerané hodnoty kobaltu sme zistili v intervale 19,2 – 40,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Limitná hodnota pre Co bola prekročená vo všetkých odberných miestach. Limitná hodnota bola pri najvyššej koncentrácii prekročená 2,6 násobne.

## LITERATÚRA

- ALLOWAY, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Chapman and Hall. Glasgow. 1995, 360 s. ISBN 0 7514 0198 6.
- ÁRVAY, J. 2009. Monitoring poľnohospodársky využívaných pôd a na nich dopestovaných plodín pomocou GPS v rôzne environmentálne zaťažených oblastiach Slovenska. Dizertačná práca, FBP, SPU v Nitre, 2009.
- ALLOWAY, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Chapman and Hall. Glasgow. 1995, 360 s. ISBN 0 7514 0198 6.
- BUJNOVSKÝ, R. – JURÁNI, B. 1998. Kvalita pôdy jej vymedzenie a hodnotenie. Výskumný ústav pôdozvedectva a pôdy. 1998. 150 s.
- FIALA, K. a kol.. 1999. Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – pôda. Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave, Edičné stredisko VÚPOP, 142 s., ISBN 80 – 85361 – 55 – 8.
- HANES, J. – FIALA, K. 1999. Content of elements in the soil and plant after application of dross from the production of ferroalloy. In: Agriculture, roč. 45, č. 1, SPU-Nitra, Nitra, 1999. s. 1 – 15 (<http://www.uvtip.sk>)
- KABATA, A. – PENDIAS, K. 2001. Trace in Soil and Plant. 3<sup>rd</sup> Editin. London, 2001. 356 s.
- Správa o stave životného prostredia SR. 2004. MŽP SR. 2004.
- LAHUČKÝ, L. – ÁRVAY, J. – BYSTRICKÁ, J. – ČÉRY, J. 2009. Obsah ťažkých kovov v poľnohospodárskej produkcii dopestovanej v metalicky zaťaženom regióne Slovenska. In: Agriculture. Bratislava, Vol. 55, No. 3, 2009, s. 156 – 163. ISSN 0551 – 3677.
- MUCHOVÁ, Z. – SLAMKA, P. – GORNÝ, M. 2000. Kumulácia ťažkých kovov v hlavných mlynských frakciách potravinárskych obilnín. In: Cudzorodé látky v životnom prostredí – III. Medzinárodná konferencia, Nitra, 2000. s. 168 – 172, ISBN: 80-7137-745-7
- MPSR, 2004. Zákon 220/2004 Z.z. O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy z 10. marca 2004. Zbierka zákonov SR, čiastka 69 z 28. apríla 2004, MP SR Bratislava, s. 2278 – 2315
- TOMÁŠ, J. – ÁRVAY, J. – TÓTH, T. – SZABÓOVÁ, G. – HARANGOZO, E. 2009. Obsah ťažkých kovov v pôde a dopestovanej produkcii z metalicky zaťaženou oblasťou. In: Potravinárstvo, roč. 3, č. 4, 2009, s. 74 – 79. ISSN: 1338 – 0230.

TOMÁŠ, J. – ČÉRY, J. – MELICHÁČOVÁ, S. – ÁRVAY, J. – LAZOR, P. 2009. Monitoring of risky elements in zone of pollution Strážske area. In: Czech journal of food sciences. Praha. Vol. 27, 2009, s. 397 – 400. ISSN 1212 – 1800.

TOMÁŠ, J. – TÓTH, J. – LAZOR, P. et al., 2001. Heavy Metals Content and Distribution in Soils in Relation to Soil Hygiene. In: Poľnohospodárstvo, Roč. 47, č.1., 2001, s. 11 – 26.

TÓTH, J. – TOMÁŠ, J. – LAZOR, P., 2000. Hodnotenie bioprístupnosti kadmia, olova, medi, zinku a chrómu v silne kontaminovanej fluvizemi. In: Acta fytotechnica et zootechnica. Roč.3., č.1., 2000. s. 25 – 28.

VOLLMANNOVÁ, A. – TOMÁŠ, J. – LAHUČKÝ, L. – HARANGOZO, L. 2007. Príjem Cd minoritnými plodinami používaných na výrobu funkčných potravín vo vzťahu k obsahu celkových polyfenolov. In : XXXVIII. Symposium o nových smerech výroby a hodnotení potravín. Skalský Dvůr - Praha: VÚP Praha, 2007. p. 163-166, ISSN 1802-1433

**Kontaktná adresa:**

prof. Ing. Ján Tomáš, CSc. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KCH, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, E-mail: jan.tomas@uniag.sk