

Monitoring depozície ťažkých kovov z prašného spad v oblasti pôsobenia železorudného banského závodu v Nižnej Slanej

J. HANČULÁK, M. BOBRO, E. FEDOROVÁ, O. ŠESTINOVÁ, J. BREHUV, T. ŠPALDON and P. SLANČO

Ústav geotechniky Slovenskej akadémie vied, Košice, Slovenská republika (e-mail: hanculak@saske.sk)

Abstract The contribution deals with the evaluation of dust fallout monitoring, which was focused on heavy metals. The results from the years of 2001 – 2006 are introduced. The monitoring has been realised in the vicinity of mining and siderite processing plant. The siderite feed is treated by thermal technologies. Besides of gaseous emissions the plant also produces the solid ones compound of iron oxides and other heavy metals. The dust fallout was monitored by means of 17 sampling points located maximally up to 8 km from main source of pollution. After comparison with other localities, the monitored area is mostly loaded by heavy metals, which come from siderite feed, i.e. namely Fe, Mn and As. The highest values of deposition were detected on sampling points situated in the main flow of air, in the central part of valley. Thus, loads of individual sampling points are very different. Applied measuring methods and dust fallout analyses enable matter-of-fact evaluation of immission loading in given area.

Key words: *dust fallout, heavy metals, iron ore works, emissions, immissions*

Úvod

Sedimentácia častíc prachu a najhrubšej frakcie aerosólov na zemský povrch sa definuje ako prašný spad. Zdroj týchto častíc prírodného aj antropogénneho pôvodu je predovšetkým v povrchovej prašnosti spôsobenej veternou eróziou plôch zbavených vegetačného krytu, v doprave, v rôznych spaľovacích procesoch, v stavebnej a poľnohospodárskej činnosti. V priemyselných oblastiach sa na zložení prašného spad výrazne podieľajú emisie z energetických aj technologických spaľovacích procesov. Tuhé častice z tepelných technológií spracovania rudných aj nerudných surovín svojím špecifickým zložením ovplyvňujú zloženie prašného spad, predovšetkým v blízkosti svojich prevádzok. Po sedimentácii sa prašný spad dostáva do interakcie s pôdou a ostatnými zložkami životného prostredia, čím môže priamo ovplyvňovať ich kvalitu.

Hlavným emisným zdrojom v oblasti Nižnej Slanej je v súčasnosti jediný železorudný banský – úpravňický závod na Slovensku. Závod ťaží ložisko sideritu, z ktorého vyrába pelety pre vsádzku do vysokých pecí. Okrem plynných emisií produkuje aj tuhé emisie hlavne oxidov železa, s obsahom ďalších ťažkých kovov. Príspevok sa zaoberá hodnotením výsledkov monitoringu prašného spad, prevedeného Ústavom geotechniky, v oblasti pôsobenia závodu Siderit, v rokoch 2001 až 2006, predovšetkým z hľadiska depozície ťažkých kovov z prašného spad v predmetnej oblasti.

Charakteristika závodu a emisií tuhých znečisťujúcich látok

Závod je lokalizovaný v údolí rieky Slaná, orientácie sever – juh a severozápad - juhovýchod, severozápadne od Rožňavy, v katastri obce Nižná Slaná. Veterné pomery sú preto

do značnej miery určené orografiou tohto údolia. Smery vetra, orientované kolmo na smer doliny sú menej časté. Prevalu majú vetry severných a južných smerov. Rozdelenie smerov vetra a výskyt bezvetria v Rožňave je uvedený v tabuľke 1 (Kyntera et al., 1984).

Tab. 1 Percentuálne zastúpenie smerov vetra a bezvetria v Rožňave [%]

S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvetrie
38	8	6	2	25	2	3	6	10

Exploatované ložisko sa nachádza v Revúckej vrchovine, Dobšinskom predhorí Slovenského rudohoria, v horninách staršieho paleozoika (kambrium-spodný devón), kde sa nachádzajú ložiská metasomatického ankeritu a sideritu (Grecula et al., 1995). Hlavnou úžitkovou zložkou ložiska je jemnozrnný tmavosivý metasomatický siderit. Nižnoslanský siderit je vysoko železnatý, so zvýšeným obsahom Mn. Priemerný obsah Fe v rastlej rude je 33,5 % a Mn 2,18 %. Mangán je viazaný izomorfne v mriežke sideritu. Medzi nežiadúce prímеси na ložisku patria predovšetkým As, S, Pb a Zn, ktoré vystupujú vo forme oxidov, sírníkov, síranov a sulfosolí. Najvýznamnejšou nežiadúcou prímesou z ťažkých kovov je arzén, ktorý je viazaný hlavne v arzenopyrite. Je vyvinutý v niektorých úsekoch kontaktu sideritovej polohy s nadložnými čiernymi fylitmi a lydytmi. Priemerný obsah As v ťaženej surovine sa pohybuje v rozmedzí 0,01 – 0,1 %. V okolí porúch sa vyskytujú impregnácie rumelky, ale aj rýdza ortuť. Ortuť bola v minulosti na ložisku aj predmetom ťažby. Priemerný obsah sledovaných parametrov vsádzky je: Fe – 31,00 %, Mn – 2,00 % a SiO₂ – 14,64 % (Mihók, 1997). Celý postup úpravy rudy pozostáva z drvenia, magnetizačného praženia, mokrého

Tab. 2 Obsah vybraných prvkov v tuhých úletoch z tepelných technológií

Miesto	Obsah prvkov v %						Obsah prvkov v ppm							
	Fe	Mn	Mg	Ca	Al	Cu	Ni	Co	Cd	Cr	Pb	Zn	As	Hg
Peletizácia	30,4	3,48	3,31	0,53	0,68	99	114	89	25	39	32,6	94	636	1,3
Rotačné pece	27,8	2,12	2,56	0,89	0,57	170	150	101	24	63	127	200	176	9,5

Tab. 3 Emisie TZL zo závodu v rokoch 1998 – 2006 [t.rok⁻¹]

1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
156,4	116,3	116,9	86,7	32,9	63,3	63,8	121,5	155,8

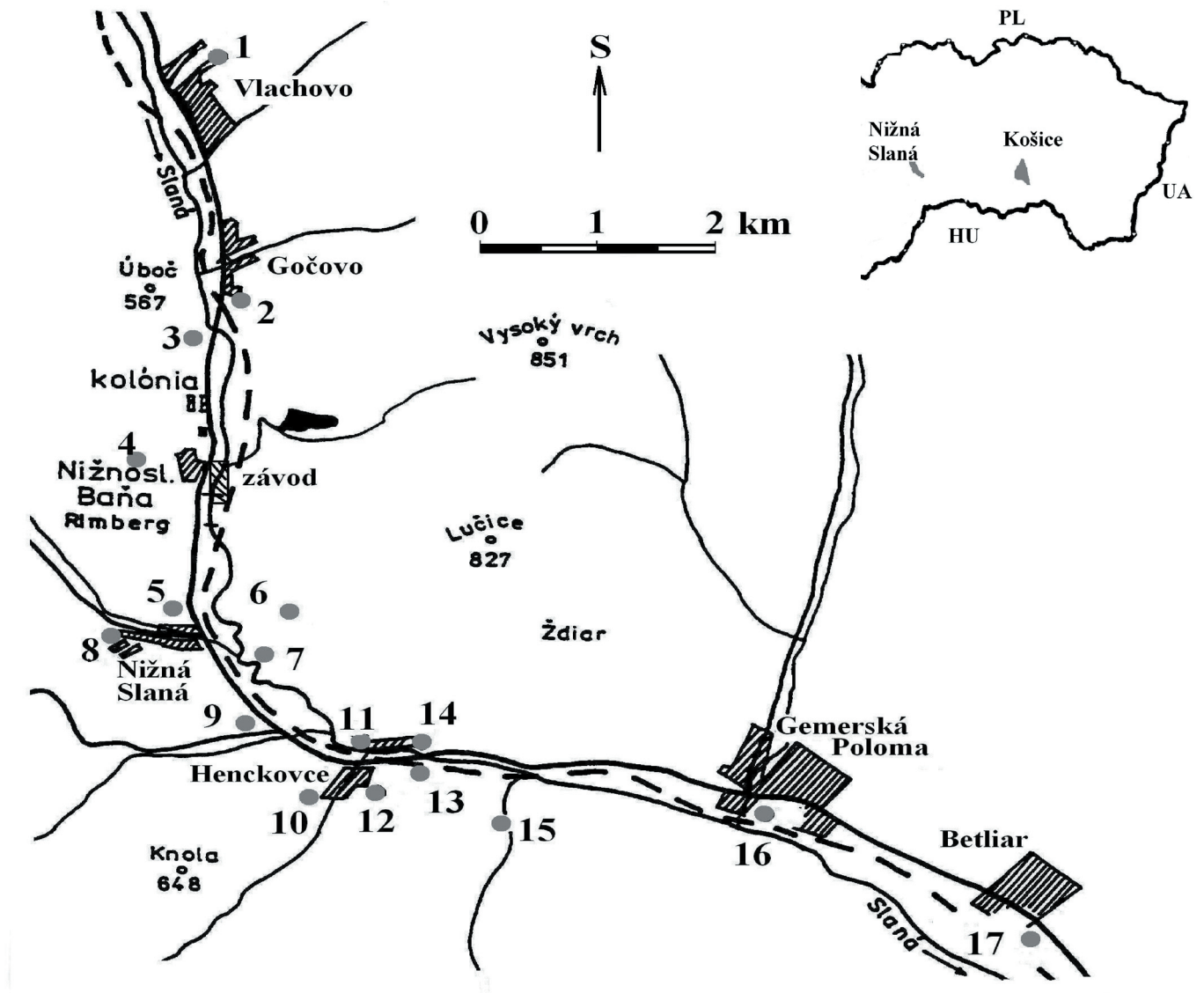
mletia, magnetickej separácie a peletizácie, čím sa vyprodukuje priama vsádzka do vysokých pecí. Zdrojmi úletov tuhých znečisťujúcich látok (TZL) sú drviareň, rotačné pece (RP), chladiče praženca a peletizácia. Na úletoch TZL sa v rozhodujúcej miere podieľajú tepelné technológie peletizácie a RP. Po jednotlivých stupňoch odprašenia sú emisie odvádzané 120 m vysokým komínom do ovzdušia. V tabuľke 2 sú uvedené priemerné koncentrácie vybraných prvkov v úletoch z prevádzok peletizácie a RP (Fedorová, 2003). V tabuľke č. 3 sú uvedené emisie TZL v rokoch 1998 až 2006. Emisie TZL boli najnižšie v roku 2002 - 32,9 t, v dôsledku prerušenia výroby závodu na niekoľko mesiacov, v roku 2006 stúpli na 155,6 t.

Materiál a metódy

Prašný spad bol odoberaný v mesačných intervaloch, zo sedemnástich odberných miest. Na odbery prašného spadu boli použité plastové sedimentačné nádoby tvaru valca, s vnútorným priemerom 12,5 cm, umiestnené po dvoch na stojanoch vo výške 2,5 až 3 m. Nádoby boli plnené 250 ml destilovanej vody s prídavkami látok proti tvorbe rias v letnom a zamrznutiu v zimnom období. Po odbere vzoriek bol v laboratóriu obsah nádob kvantitatívne prenesený na odparovacie misky a odparený. Na odstránenie organickej hmoty bol odparok žiháný pri teplote 450 °C. Teplota bola volená tak, aby nenastala degradácia prítomných karbonátov a tým možné skreslenie gravimetrie prašného spadu. Vzorky boli gravimetricky vyhodnotené pred aj po žihaní, v hmotnostných jednotkách prepočítaných na plochu a príslušné časové obdobie. Žiháním stanovený anorganický podiel z dvanástich mesiacov bol kumulovaný do jednej vzorky a po mineralizácii analyzovaný na jednotlivé sledované prvky metódou AAS, na zariadení SpectrAA- 30 VARIAN. Ortuť bola stanovená na analyzátore ortuti TMA 254 priamo z pevnej vzorky bez mineralizácie. Z týchto chemických analýz a gravimetrie anorganického podielu prašného spadu boli vypočítané priemerné ročné depozície sledovaných ťažkých kovov, vyjadrené v jednotkách mg.m⁻².rok⁻¹ pre každé zo sedemnástich odberných miest.

Výsledky a diskusia

Lokalizácia odberných miest prašných spadov je znázornená na obr. č.1 a popísaná v tab. č. 4, kde sú uvedené priemerné hodnoty anorganickej zložky prašného spadu v rokoch 2001 a 2006, z ktorých boli vypočítané ročné depozície sledovaných prvkov. Priemerné ročné hodnoty z jednotlivých odberných miest sa pohybujú v rozmedzí 0,54 až 3,41 g.m⁻².(30 dní)⁻¹. V minulosti bola platná najvyššia prípustná hodnota pre prašný spad 12,5 g.m⁻².(30 dní)⁻¹. Najvyššie hodnoty boli namerané na odberných miestach lokalizovaných južným smerom, v blízkosti závodu. Relatívne nízke hodnoty sú trvale zaznamenávané na odbernom mieste č. 8, vzdialenom len cca. 500 m od najviac zaťaženého odberného miesta č.5 (cca.1200 m od hlavného komína). Tieto hodnoty sa približujú hodnotám prašného spadu z najmenej zaťaženého odberného miesta č. 17, vo vzdialenosti cca 8 km od zdroja. Odberné miesto č. 8 je však lokalizované na západnom okraji doliny a komínovou vlečkou je pravdepodobne zasiahnuté len sporadicky, čo potvrdzujú aj namerané koncentrácie sledovaných ťažkých kovov. Štúdiom difrakčných záznamov vzoriek prašného spadu boli identifikované minerály: kremeň, chlorit, siderit, ankerit, čo sú minerály, ktoré sa do prašného spadu dostávajú pri manipulácii s vyťaženou surovinou, ale aj vyvieváním z okolitého prostredia. Ďalej sú to minerály, ktorých pôvod je v tepelných technológiách závodu. Takéto sú hematit + maghemit, magnetit, wüstit (Baluchová et al., 2004). Oxidy Fe sú známe ako dobré sorbenty ťažkých kovov. Vzostup emisií TZL v rokoch 2005 a 2006 oproti predchádzajúcim rokom sa na absolútnych hodnotách celkového prašného spadu na väčšine odberných miest neprejavil. Avšak po analýzach prašného spadu bol na väčšine odberných miest zaznamenaný výrazný vzostup hodnôt depozície predovšetkým Fe, Mn a As.



Obr. 1 Náčrt lokalizácie odberných miest v oblasti Nižnej Slanej

Tab. 4 Priemerný prašný spad v rokoch 2001 – 2006 (anorganický podiel)

Č.	Miesto odberu	Priemerný prašný spad [g.m ⁻² .(30 dní) ⁻¹]					
		2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	Vlachovo - rybník	1,09	1,63	1,25	0,87	0,94	1,04
2	Gočovo - ihrisko	1,48	1,59	0,86	1,22	1,09	0,99
3	N. Slaná - kolónia	1,19	1,32	1,30	1,21	1,66	1,44
4	Nad starým závodom	1,27	1,23	2,07	2,03	1,72	1,38
5	Pred N. Slanou J od závodu	2,00	2,08	2,79	3,41	3,07	2,37
6	N. Slaná - RD	1,89	1,55	1,14	1,98	1,75	1,77
7	N. Slaná - ihrisko	2,81	2,50	1,65	3,02	2,27	2,07
8	N.S. - smerom na Kobeliarovo	0,88	1,06	0,89	0,57	0,58	0,41
9	Križovatka na Štítnik	1,11	1,75	1,38	1,91	2,15	1,79
10	Henckovce - SZ	1,57	0,66	1,17	1,39	1,27	1,30
11	Henckovce - SV	1,13	1,55	1,01	1,73	1,75	1,39
12	Henckovce - cintorín	1,05	1,17	0,71	1,05	1,39	0,98
13	Henckovce - J žel. trať	1,34	1,13	1,29	1,40	1,17	1,42
14	Henckovce - JV	1,23	1,55	1,28	1,96	1,87	1,84
15	Medzi H. a G. polomou	1,17	1,33	1,13	1,17	1,12	1,87
16	Gemerská Poloma	0,87	1,18	0,88	1,00	1,20	1,75
17	Betliar	1,14	0,82	0,71	0,59	0,54	0,59

Tab. 5 Priemerná depozícia sledovaných ťažkých kovov z prahného spadu na jednotlivých odberných miestach z oblasti Nižnej Slanej v rokoch 2001 –2006

MIESTO ODBERU		Fe	Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	As
		[mg.m ⁻² .rok ⁻¹]							
1	Vlachovo - rybník	2128	66,9	19,3	1,84	2,61	2,19	0,067	2,52
2	Gočovo - ihrisko	2925	185,6	12,0	0,72	2,70	4,44	0,039	7,04
3	N. Slaná - kolónia	4008	226,9	71,5	1,01	3,36	2,66	0,074	7,41
4	Nad starým závozom	4889	301,5	15,6	0,59	3,94	3,73	0,065	16,54
5	Pred N. Slanou J od závodu	9079	569,5	19,9	1,42	5,86	2,72	0,046	29,28
6	N. Slaná - RD	5713	389,0	19,0	0,82	3,51	4,64	0,047	16,82
7	N. Slaná - ihrisko	7536	552,0	38,2	1,18	4,90	2,67	0,084	19,07
8	N.S. - smerom na Kobeliarovo	1885	57,7	13,6	0,23	2,97	1,18	0,064	1,28
9	Križovatka na Štítnik	4002	259,4	54,1	0,29	3,32	2,57	0,060	5,20
10	Henckovce - SZ	2769	211,4	9,4	0,24	2,62	1,27	0,047	3,63
11	Henckovce- SV	3706	244,9	14,5	0,37	2,86	1,60	0,049	6,67
12	Henckovce – juh, pri cintoríne	2049	125,0	9,7	0,11	1,94	1,21	0,033	2,19
13	Henckovce – juh, pri žel. trati	4094	259,8	18,9	0,27	3,39	2,16	0,041	11,08
14	Henckovce - JV	5684	298,3	24,8	1,26	4,22	2,44	0,068	13,90
15	Medzi H. a G. Polomou	3593	204,0	14,6	0,42	2,98	4,46	0,047	10,82
16	Gemerská Poloma	4129	225,0	23,8	2,44	3,79	2,82	0,061	11,66
17	Betliar	1209	65,7	13,7	0,38	1,74	1,08	0,054	2,56

Tab. 6 Priemerná depozícia ťažkých kovov z prahného spadu z jednotlivých oblastí

Sledovaná oblasť		Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	As	Fe
		[mg.m ⁻² .rok ⁻¹]							
Nižná Slaná (2001 – 2005)	Priem.	249,6	23,1	0,80	3,34	2,58	0,056	9,862	4082
	Min.	57,7	9,4	0,11	1,74	1,08	0,033	1,278	1209
	Max.	569,5	71,5	2,44	5,86	4,64	0,084	29,276	9079
Jelšava (1996 –2003)	Priem.	227,4	62,4	8,32	17,44	10,52	0,678	4,701	-
	Min.	112,3	40,2	3,29	15,21	8,15	0,511	0,998	-
	Max.	406,4	77,7	17,52	20,81	12,53	1,119	7,726	-
Krompachy (1998 – 1999)	Priem.	8,1	39,4	9,20	38,57	1,87	1,265	4,090	-
	Min.	4,6	11,1	2,49	4,52	0,95	0,237	0,232	444
	Max.	13,6	100,5	21,89	128,26	4,04	3,862	14,588	3902
Košice (1998 – 1999)	Priem.	34,4	59,6	4,54	6,71	9,13	0,742	0,298	-
	Min.	18,2	21,7	1,48	4,64	2,78	0,102	0,095	232
	Max.	48,2	85,8	9,18	10,55	14,62	1,433	0,705	7568
Slovenský raj (1990 – 1997)	Priem.	3,6	6,7	1,62	1,74	0,64	0,087	0,075	-
	Min.	1,0	2,7	0,72	0,92	0,27	0,043	0,044	220
	Max.	8,8	13,7	3,82	3,28	1,00	0,154	0,155	482
ČR* Baz. Plocha (2005)	Priem.	13,1	50,6	1,75	7,52	0,50	0,065	0,219	231
	Min.	5,0	9,0	1,03	1,2	0,21	0,025	0,090	69
	Max.	68,3	120,1	4,47	113,76	0,93	0,185	0,527	566
ČR* Kont. Plocha (2005)	Priem.	13,6	54,3	8,77	2,88	0,67	0,148	0,466	291
	Min.	5,4	18,0	1,13	1,15	0,21	0,030	0,005	83
	Max.	34,2	206,0	119,91	5,13	2,81	1,230	2,108	1002

* metóda „bulk precipitation“

V tabuľke č. 5 sú spracované priemerné hodnoty depozície vybraných ťažkých kovov za celé sledované obdobie, pre všetky odberné miesta. Kvalitatívne zloženie prahného spadu na rozdiel od jeho kvantity výrazne poukazuje na záťaž jednotlivých odberných miest vplyvom činnosti závodu. Veľké rozdiely v depozícii na rôznych odberných miestach môžeme pozorovať predovšetkým u Fe, Mn a As. Pri ostatných prvkoch nie sú tak výrazné rozdiely. Najviac zaťažené odberné miesta sú situované južne od závodu v centrálnej časti údolia.

Na Slovensku nie sú stanovené limitné hodnoty pre depozíciu ťažkých kovov z prahného spadu. V Nemecku boli v minulosti stanovené limitné hodnoty depozície z prahného spadu pre Pb a Cd (Ursíniová et al., 1992). Pri hodnotení imisnej záťaže sa preto vychádza z relatívneho porovnania depozície ťažkých kovov z prahného spadu z rôznych oblastí.

Hodnoty z oblasti Nižnej Slanej sú porovnávané s depozíciou z oblasti Jelšavy z 8 odberných miest z rokov 1996 - 2003, z oblasti Krompách (4 odberné miesta) a Košíc

(5 odberných miest) z rokov 1998 – 1999 a z 8 odberných miest relatívne čistého územia Národného parku Slovenský raj z rokov 1990 – 1997 z monitorovania prevedeného Ústavom geotechniky (Hančulák et al., 2005). Počas monitoringu v oblasti Krompách bol hlavný zdroj TZL (miestne Kovohuty) väčšiu časť obdobia mimo prevádzky. Ďalej sú porovnávané z výsledkov meraní na vybraných zatažených územiach Slovenska v rokoch 1986 –1989 (Ursíniová et al., 1992) a z meraní na území Prahy v rokoch 1983 –84 (Moldan, 1992). Do porovnania sú zahrnuté aj hodnoty z meraní atmosférickej depozície metódou „bulk precipitation“ v ČR, prevedených Ústredným kontrolným a skúšobným ústavom poľnohospodárskym v Brne (ÚKZÚZ) za rok 2005 (Prášková et al., 2006). Merania boli prevedené na subsystéme 30 základných plôch a 18 kontaminovaných plochách po celej ČR. Metóda merania prašného spadu sa odlišuje od metódy „bulk precipitation“, ale z hľadiska depozície sledovaných ťažkých kovov predovšetkým v zatažených oblastiach prináša výsledky, ktoré je možné porovnávať s touto metódou.

V tabuľke č.6 sú zhrnuté výsledky niektorých meraní prašného spadu, kde sú uvedené priemerné hodnoty depozície zo sledovaných oblastí, ako aj hodnoty z minimálne a maximálne zatažených odberných miest v rámci sledovaných oblastí

Z hodnôt uvedených v tabuľke 6 a ich grafickej interpretácie na obr. 2 sú zrejme výrazné rozdiely medzi sledovanými územiami. Oblasti s veľkými priemyselnými zdrojmi vykazujú pre niektoré prvky oproti relatívne čistej oblasti Slovenského raja aj niekoľko desiatok násobne vyššie hodnoty.

V oblasti Nižnej Slanej dosahuje vysoké hodnoty depozícia Fe, keďže emisie TZL sú z prevažnej časti tvorené minerálmi tohto kovu. Depozícia Fe sa na jednotlivých stanovištiach pohybuje v rozmedzí 1209 až 9 079 mg.m⁻².rok⁻¹. V Košiciach s hutníckym priemyslom, južne od mesta v rozmedzí 232 – 7568 mg.m⁻².rok⁻¹. Z monitoringu v ČR bola v roku 2005 zaznamenaná cca desaťnásobne nižšia depozícia Fe oproti Nižnej Slanej, v rozpätí 69 až 1002 mg.m⁻².rok⁻¹(Prášková et al., 2006).

Najvyššie obsahy mangánu v prašnom spade boli zaznamenané v oblasti Nižnej Slanej a Jelšavy, s maximálnymi hodnotami depozície Mn 569 resp. 406,4 mg.m⁻².rok⁻¹. Priemerné hodnoty presahujú 200 mg.m⁻².rok⁻¹. Na Slovensku bola v minulosti mangánom najviac zatažená oblasť Dolného Kubína v blízkosti ferozliatinových závodov v Itebnom, kde bola nameraná maximálna depozícia Mn z prašného spadu 668 mg.m⁻².rok⁻¹ (Ursíniová et al., 1992). Priemerná depozícia Mn z prašného spadu z ostatných oblastí sa pohybuje v intervale od 3,6 mg.m⁻².rok⁻¹ v Slovenskom raji, po 34,4 mg.m⁻².rok⁻¹ v Košiciach. V prípade Nižnej Slanej a Jelšavy sú jednoznačnými zdrojmi mangánu závody železoruďných baní a magnezitových závodov a v nich spracovávané vstupné suroviny siderit a magnezit. V ČR v roku 2005 na monitorovaných plochách bola priemerná

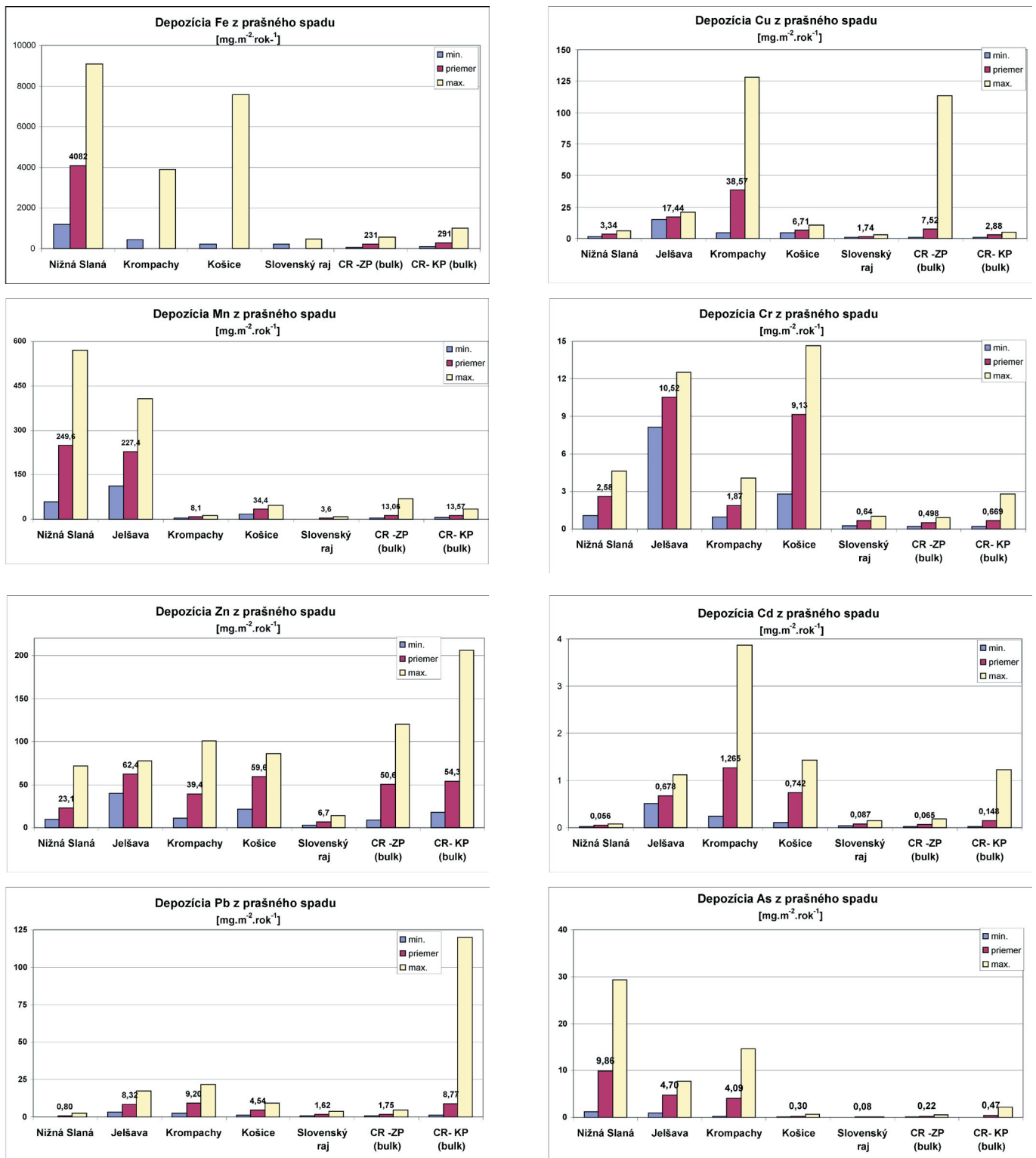
atmosférická depozícia Mn 13,6 mg.m⁻².rok⁻¹ a maximálna depozícia 68,3 mg.m⁻².rok⁻¹ (Prášková et al., 2006).

Hodnoty depozície Zn v oblasti Nižnej Slanej sa pohybujú v rozpätí 9,4 až 71,5 mg.m⁻².rok⁻¹, s priemerom 23,1 mg.m⁻².rok⁻¹. Vo všeobecnosti to nie sú vysoké hodnoty. Z ostatných oblastí sa priemerná depozícia zinku pohybuje v intervale hodnôt od 6,7 mg.m⁻².rok⁻¹ v Slovenskom raji, po 62,4 mg.m⁻².rok⁻¹ v oblasti Jelšavy. Na Slovensku v rokoch 1986 – 89 boli v okolí cementárne Rohožník namerané hodnoty 390 až 1880 mg.m⁻².rok⁻¹ (Ursíniová et al., 1992), v Prahe v rokoch 1983 –84 dokonca 600 až 7200 mg.m⁻².rok⁻¹ (Moldan, 1992). V roku 2005 priemerná atmosférická depozícia Zn na subsystémoch základných a kontaminovaných plôch v ČR bola 50,6 resp. 54,3 mg.m⁻².rok⁻¹, maximum 206 mg.m⁻².rok⁻¹ (Prášková et al., 2006).

V oblasti Nižnej Slanej je depozícia Pb relatívne nízka a pohybuje sa v rozsahu 0,11 až 2,44 mg.m⁻² rok⁻¹. v Krompachoch bol nameraný maximálny obsah olova v prašnom spade 21,89 mg.m⁻².rok⁻¹, pričom hlavný zdroj TZL v oblasti – miestne Kovohuty, boli v prevádzke len cca. 20% času monitoringu. Pre obsah olova v prašnom spade bola v Nemecku stanovená maximálne prípustná hodnota v prepočte na rok 90 mg.m⁻². V minulosti na Slovensku bol nameraný maximálny obsah Pb v prašnom spade v oblasti Prievidze, spôsobený vplyvom spaľovania energetického hnedého uhlia 380 mg.m⁻².rok⁻¹ (Ursíniová et al., 1992). Taktiež extrémne hodnoty boli zaznamenané v Prahe, 48 až 420 mg.m⁻².rok⁻¹, hlavne vplyvom používania olovnatého benzínu v doprave (Moldan, 1992). Z meraní v ČR v roku 2005 boli priemerné hodnoty depozície Pb 1,75 resp. 8,77 mg.m⁻².rok⁻¹, maximálne zaznamenaná hodnota bola až 119,91 mg.m⁻².rok⁻¹(Prášková et al., 2006).

Depozícia Cu v Nižnej Slanej dosahuje relatívne nízke hodnoty 1,74 až 5,68 mg.m⁻².rok⁻¹. V Krompachoch bola nameraná depozícia medi 128,26 mg.m⁻².rok⁻¹, vplyvom jej výroby v miestnych kovohutách. Relatívne vysoké hodnoty v rozpätí 15,21 až 20,81 mg.m⁻².rok⁻¹ boli zaznamenané v prípade Jelšavy. V minulosti boli zaznamenané vysoké hodnoty v blízkosti cementárne Rohožník a v Prahe, kde maximálne hodnoty dosahovali rádovo niekoľko stoviek mg.m⁻².rok⁻¹ (Ursíniová et al., 1992, Moldan, 1992). Priemerné hodnoty v ČR z roku 2005 boli 2,88 resp. 7,52 mg.m⁻².rok⁻¹, s maximom 113,76 mg.m⁻².rok⁻¹ pravdepodobne vplyvom postrekov s mednatými prípravkami (Prášková et al., 2006).

V oblasti Nižnej Slanej sa priemerná depozícia chrómu pohybuje v intervale 1,19 až 4,77 mg.m⁻².rok⁻¹. Priemerná depozícia chrómu z prašného spadu sa pohybuje v intervale 0,64 mg.m⁻².rok⁻¹ v Slovenskom raji, po 10,52 mg.m⁻².rok⁻¹ v Jelšave. Maximálne nameraná hodnota 14,62 mg.m⁻².rok⁻¹ bola zaznamenaná v Košiciach. Medzi hlavné zdroje emisií chrómu patria hutníctvo, spaľovacie procesy, ale aj prídavky Cr zložiek do žiaruvzdorných tehál a ich otery vo výmurovkách pecí. Najvyššia depozícia Cr z prašného spadu presahujúca 100 mg.m⁻².rok⁻¹ bola



Obr. 2 Depozícia ťažkých kovov z prашného spađu z jednotlivých oblastí

v minulosti zaznamenaná v blízkosti niklovej huty v Seredi (Ursíniová et al., 1992). V Prahe boli zaznamenané hodnoty od 3 do 23 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Moldan, 1992). Monitoring atmosférickej depozície v ČR v roku 2005 zaznamenal hodnoty v rozpätí 0,21 až 2,81 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Prášková et al., 2006).

Hodnoty depozície kadmia sa v Nižnej Slanej pohybujú v intervale 0,033 až 0,084 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ čo sú relatívne nízke hodnoty. V Jelšave a Košiciach boli namerané hodnoty s priemerom 0,678 resp. 0,742 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Maximálna hodnota obsahu Cd 3,862 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ bola nameraná v Kropachoch. Pre obsah Cd v prашnom spađu bola v Nemecku stanovená maximálne prípustná hodnota

po prepočte $1,8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Ursíniová et al., 1992). Z iných lokalít boli v minulosti zaznamenané maximálne hodnoty v Rohožníku $6,7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ a v Prahe od 1,5 do 50 (Moldan, 1992). Monitoring atmosferickej depozície v ČR v roku 2005 zaznamenal hodnoty v rozpätí 0,025 až $1,230 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Prášková et al., 2006).

V oblasti Nižnej Slanej boli zaznamenané relatívne vysoké hodnoty depozície arzénu, kde priemerné hodnoty na sledovaných odberných miestach sa pohybujú v rozpätí 1,28 až $29,28 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Zdrojom arzénu je predovšetkým arzenopyrit prítomný v sideritovej vsádzke. Maximálna hodnota pochádza zo stanovišťa č. 5, v blízkosti závodu. Táto hodnota dvojnásobne prevyšuje maximálnu hodnotu z Krompách, kde bolo nameraných $14,588 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. V relatívne nezaťaženom prostredí Slovenského raja boli zaznamenané hodnoty depozície As v rozpätí 0,044 až $0,155 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Monitoring atmosferickej depozície v ČR v roku 2005 zaznamenal hodnoty v rozpätí 0,21 až $2,81 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. V rámci Slovenska bol v minulosti najvyšší obsah As v prašnom spade $35 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ zaznamenaný v okolí Prievidze, v dôsledku spaľovania hnedého uhlia s vysokým obsahom arzénu (Ursíniová et al., 1992). V ČR v roku 2005 bola priemerná atmosférická depozícia As $0,50$ resp. $0,67 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$, s maximom $2,11 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Prášková et al., 2006).

Z dôvodu prítomnosti minerálov ortuti na ložisku, bolo v roku 2006 zo vzoriek prašných spadov z októbra vyčlenených 5 vzoriek na orientačné stanovenie ortuti. Ortuť bola stanovená priamo z pevných vzoriek pred vyžiháním organického podielu na jednocelovom analyzátore ortuti TMA 254. Depozícia Hg z prašného spadu sa po prepočte na rok pohybovala na jednotlivých odberných miestach v rozsahu 0,016 až $0,212 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ na odbernom mieste č. 7, v blízkosti závodu.

Záver

Podrobná analýza prašného spadu z oblasti pôsobenia závodu Siderit, s.r.o., poukázala na mieru záťaže blízkeho okolia. Oblasť je v porovnaní s inými oblasťami z ťažkých kovov najviac zaťažená železom, mangánom a arzénom, čo odráža zloženie vsádzky a použité technológie úpravy sideritovej rudy v závode. Aj v rámci relatívne malého sledovaného územia sa v miere záťaže nachádzajú významné rozdiely. Je to dané množstvom faktorov, meteorologických, orografických, emisných, mechanizmom väzby a sedimentácie častíc, na ktoré sú naviazané škodliviny a mnohých iných. Metóda merania a analýzy prašného spadu je síce pracnou metódou, zaťaženou chybami, avšak pre relatívne hodnotenie imisnej záťaže jednotlivých území poskytuje použiteľné výsledky.

Podakovanie

Táto práca vznikla s finančnou podporou agentúry VEGA MŠ SR v rámci riešenia grantového projektu č. 2/5149/26.

Literatúra

- [1] BALUCHOVÁ B., FEJDI P., BOBRO M., 2004: Prašný spad v oblasti Nižnej Slanej z hľadiska environmentálnej mineralógie. *Mineralia Slovaca*, roč. 36, 3-4, s.357-366.
- [2] FEDOROVÁ E., 2003: Rozptyl tuhých a plyných látok v ovzduší kontaminovanom závozom Siderit, s.r.o., Nižná Slaná, *Doktorandská dizertačná práca*, ÚGt, Košice, 2003, 166 s.
- [3] GRECULA, P. et al., 1995: Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Zv. 1. *Mineralia Slovaca – Monogr.*, Geocomplex Bratislava, , 829 s.
- [4] HANČULÁK, J., BOBRO, M., BREHUV, J., SLANČO, P., 2005: Depozícia ťažkých kovov z prašného spadu vo vybraných územiach Východného Slovenska In: *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 10, () s.246-253, ISSN 1335-1788
- [5] KYNTERA, F., NEVYJEL, E., LEŠKO, O., 1984: Meranie škodlivín v oblasti závodu ŽB, n.p. Nižná Slaná, Správa ÚVR Košice pre ŽB Nižná Slaná, Košice.
- [6] MIHÓK, J., 1997: Banskó – úpravarenský závod SIDERIT Nižná Slaná, *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 2, s. 125-136
- [7] MOLDAN, B., 1992: Atmosférická depozície na území Československa v letech 1976 –1987. Národní klimatický program ČSFR, Praha.
- [8] Prášková, L., Kubík, L., Malý, S., 2006: Kontrola a monitoring cizorodých látok v zemélskej pôde a vstupech do pôdy. Zpráva za rok 2005, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, http://www.zeus.cz/publikace/pudy/AE_MADzprava.pdf, 13 s.
- [9] URSÍNIOVÁ, M., VAŇOVÁ, R., PALUŠOVÁ, O., 1992: Sledovanie prašného spadu a jeho zložiek vo vonkajšom prostredí na Slovensku. *Acta Hygienica et Epidemiologica et Microbiologica*, Praha, 21/2, , s. 1-8.