

# Ťažké kovy v ovzduší v oblasti medzi Krompachmi a Košicami

Milan Bobro<sup>1</sup>, Jozef Hančulák<sup>1</sup>, Ján Brehuv<sup>1</sup> & Pavel Slančo<sup>1</sup>

## Heavy metals in the air between Krompachy and Košice

The metallurgic activity of Kovohuty Krompachy (Non-ferrous Metal Works in Krompachy) in the past left its visible devastation sign on the nature. It was evident that the dispersion of some elements, especially Cu, Pb, Sb and As, in the air was caused by the activity of metal works and their point sources. The properties of these metals may cause changes in health of biological objects as a result of long-term effect on the natural or communal spheres. After the treatment activities in ŽB Rudňany enterprise ended, Kovohuty Krompachy bought a treatment concentrate from ŽB Rudňany, which was freed from mercury. This concentrate still contained a lot of Cu, Sb, As, Bi and it should have been processed in Kovohuty to the so called black copper. The Municipality of the city of Košice, its department of the environment, expressed its apprehension of the possibility that this processing could cause that heavy metals may be spread in a direction of prevailing winds, i.e. south-east direction, where the city of Košice is situated. This was a reason for a task to monitor movement and occurrence of heavy metals on the route between Krompachy and Košice, as well as to monitor the share of individual sources of pollution on the quality of air in Košice urban agglomeration.

Two methods applied were chosen for research purposes. The dust deposition was monitored, i.e. dust that sediments from air, its value is stated in  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 30\text{ days}^{-1}$ . Another method used was the so called aspiration dust content, when air is sucked through a suitable filter and the value is stated in  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . In the given locality, there were 15 newly built or renovated sedimentation stations, where samples of sedimented dust were taken by the end of 1999 in six stages. They are marked by letters A to F. The samples of dust were analysed by atomic absorption spectrophotometry. The presented paper shows the results of phases A and D, or B and D.

Aspiration method was used for fine-dispersed dust – aerosol dust content was sampled on 9 places. On the basis of analysis of this method, it is possible to compare contents of heavy metals in the air with the admissible hygiene standards, which are valid for free atmosphere.

The extent of pollution of Košice area was estimated from various sources on the basis of this study of movement and occurrence of solid immissions in the area between Krompachy and Košice and on the basis of a long-term experience as follows:

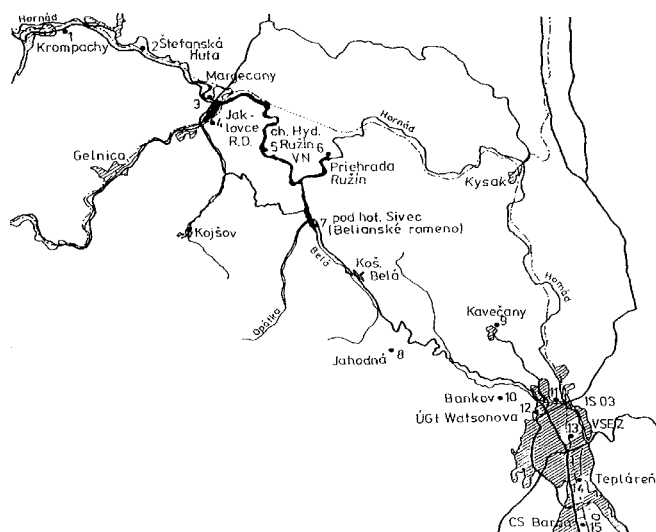
- close sources, local sources exceeding 10 km	10%
- extra-local sources, regional import	15%
- communal and industrial sphere of the city	75%

**Key words:** aerosol, dust deposition, heavy metals.

## Úvod

V oblasti Košíc bola spadová prašnosť s určitými prestávkami sledovaná a analyzovaná od roku 1980 (Bobro a kol. 1985, 1990). V posledných dvoch rokoch bol na trase medzi Krompachami a Košicami vybudovaný systém monitorovacích miest na odber spadovej prašnosti a aerosólu. V priestore Košíc bolo novovybudovaných a obnovených 5 stanovišť (obr.1).

Ovzdušie je kontaminované rôznymi tuhými, kvapalnými aj plynými látkami, ktoré majú miestny aj mimomiestny pôvod. Jemné rozptýlené tuhé a kvapalné častice, ktorých pôvod je prevažne v antropogénnej činnosti, vytvárajú so vzduchom aerosól. Vlastnosti jeho tuhej fázy sa podľa chémie hodnotia metódou sedimentačnou a aspiračnou. Okrem výskumu vlastností aerosólov sme hľadali aj zdroje ich znečistenia. V predmetnom úseku môžeme tieto zdroje rozdeliť podľa charakteru do niekoľkých skupín na zdroje prírodné, komunálne a priemyselné. Uvedený výskum mal odhaliť zdroje a mieru znečistenia ovzdušia ťažkými kovmi (ŤK) a na základe určitých skúseností odhadnúť ich podiel na znečistení najmä v mestskej aglomerácii Košíc.



Obr.1. Orientačný náčrt odberových miest spadovej prašnosti v priestore Krompachy-Košice.

Fig.1. Orientation draft in bleeding places of dust deposition the Krompachy-Košice area.

<sup>1</sup> host. Doc. RNDr. Milan Bobro, PhD., Ing. Jozef Hančulák, Ing. Ján Brehuv, PhD. & RNDr. Pavel Slančo, Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice (Recenzované v roku 2000)

## Použité metódy

Sedimentačná alebo gravimetrická metóda vychádza zo zákonitostí spadu tuhých častíc za určitú dobu na určitú plochu a jej výsledky sa udávajú v  $\text{g.m}^{-2} \cdot (\text{30 dní}^{-1})$ . Aspiračná metóda pozostáva z presatia definovaného množstva vzduchu cez vhodnú filtračnú látku a jej výsledky sa udávajú v  $[\text{mg.m}^{-3}]$ . Táto metóda je pre hodnotenie hygienickej záťaže ovzdušia najvhodnejšia, lebo je možné výsledky porovnávať s platnými hygienickými normami pre voľné ovzdušie. Okrem toho každá zmena v kvalite ovzdušia sa dá citlivo monitorovať. Spadová prašnosť má len jednu normu, a to pre celkový depozičný limit, zbavený organických častíc, jeho hodnota je  $12,5\text{g.m}^{-2} \cdot (\text{30 dní}^{-1})$  (Križan, 1981; MZ SSR 1982; SR 1991).

## Experimentálne práce

Odberové stojany na spadovú prašnosť boli vybudované a obnovené na nasledovných miestach, s označením: 1 - Krompachy, východný okraj mesta nad cestou, 2 - Štefánska Huta, medzi obcou a traťou, 3 - Margecany, západný okraj mesta pri vodnej nádrži, 4 - Jaklovce pri Rybárskom dome, 5 - Gregorov prameň, 6 - Priehradný múr Ružín I., 7 - Košické Hámre, pri lodenici smerom na Košickú Belú, 8 - Jahodná lyžiarske stredisko, 9 - Kavečany, za obcou smerom na ZOO, 10 - Bankov, záhrada Reedukačného domova pre deti a mládež, 11 - IS 03, objekt bufetu, Košice, 12 - Watsonova 45, Košice, 13 - budova VSEZ Košice, 14 - budova vrátnice Zdroj, 15 - budova CS Barca. Stanovišťa sú znázornené na obr. 1. Polietavý prach, tuhá fáza aerosólu, bol odoberaný na miestach, ktoré sa približne zhodovali s odberovými miestami spadovej prašnosti. Boli to: Krompachy, Štefánska Huta, Margecany, Jahodná, Bankov, IS Košice, Watsonova 45 Košice, VSEZ stred Košice, Zdroj Košice-Jazero, Barca CS.

Tab.1. Prašný spad  $[\text{g.m}^{-2} \cdot (\text{30 dní}^{-1})]$  a obsah vybraných prvkov v prašnom spade v  $\text{mg.m}^{-2} \cdot (\text{30 dní}^{-1})$  v oblasti medzi Krompachami a Košicami vo fázach odberu A, B, D.

Tab.1. Dust deposition  $[\text{g.m}^{-2} \cdot (\text{30 days})]$  and the content of select elements in the dust deposition  $[\text{mg.m}^{-2} \cdot (\text{30 days})]$  in the Krompachy – Košice area, in the A,B,D phases.

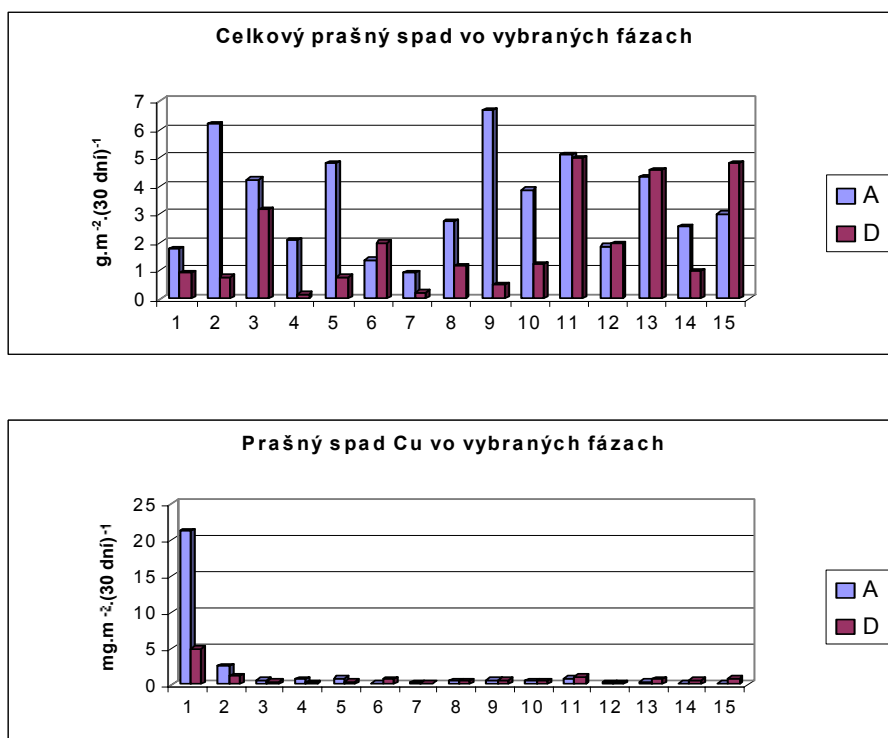
Č.	Miesto	F	(**)	Fe	Ca	Mg	Al	Cu	Pb	Zn	Mn	Ni	Co	As	Hg	Sb	Cd
				$\text{mg.m}^{-2} \cdot (\text{30 days})^{-1}$													
1	Krompachy	A	1,76	156,9	8,30	7,7	2,4	21,3	3,40	16,3	0,950	0,490	0,070	0,833	0,055	0,417	0,318
		D	0,93	108,7	8,80	2,6	5,6	5,0	0,730	2,90	0,510	0,230	0,018	3,690	10,84	8,828	0,140
2	Štefánska Huta	A	6,19	44,6	21,70	16,7	15,5	2,6	1,670	5,94	0,790	0,439	0,113	0,033	0,031	0,204	0,073
		D	0,76	14,8	0,18	2,5	5,8	1,2	0,110	1,08	0,840	0,188	0,012	0,247	0,012	0,739	0,016
3	Margecany	A	4,23	24,9	13,7	17,6	14,6	0,67	0,600	1,65	0,870	0,153	0,074	0,066	0,016	0,068	0,030
		D	3,16	32,5	223,2	11,3	33,5	0,44	0,040	1,10	1,840	0,060	0,012	0,018	0,003	0,256	0,006
4	Jaklovce	A	2,06	11,7	8,0	6,0	14,6	0,70	0,550	1,62	0,281	0,221	0,064	0,006	0,006	0,600	0,020
		D	0,16	12,2	3,8	0,8	1,7	0,28	0,040	0,18	0,094	0,015	0,001	0,022	0,001	0,193	0,003
5	Folkmársky vrch	A	4,80	71,1	14,9	22,6	27,4	0,86	0,720	3,60	3,490	0,434	0,071	0,028	1,074	0,060	0,040
		D	0,76	106,1	6,6	2,5	3,6	0,37	0,040	0,70	0,700	0,122	0,005	0,056	0,003	0,067	0,040
6	Priehrada Ružín I	A	1,39	17,5	24,3	12,3	35,5	0,15	0,120	0,43	0,600	0,072	0,019	0,002	0,002	0,130	0,003
		D	1,98	61,9	5,7	4,9	17,6	0,79	0,130	0,61	0,536	0,102	0,003	0,091	0,009	0,168	0,009
7	Košické Hámre	A	0,94	12,4	4,3	4,9	16,4	0,24	0,310	0,71	0,290	0,220	0,062	0,005	0,003	0,022	0,007
		D	0,23	17,5	4,8	1,5	2,3	0,14	0,040	0,11	0,120	0,029	0,002	0,009	0,001	0,028	0,002
8	Jahodná	A	2,75	41,2	42,0	12,4	25,8	0,49	0,570	2,22	0,860	0,170	0,059	0,011	0,017	0,060	0,022
		D	1,17	107,8	7,8	7,1	12,4	0,46	0,090	0,66	0,720	0,179	0,008	0,058	0,005	0,077	0,002
9	Kavečany	A	6,69	30,8	40,2	20,7	31,4	0,60	0,530	4,41	1,110	0,462	0,092	0,009	0,011	0,013	0,065
		D	0,49	111,8	6,8	2,1	3,7	0,60	0,100	0,44	0,600	0,140	0,004	0,113	0,016	0,299	0,010
10	Bankov	A	3,86	71,1	12,8	15,5	36,3	0,46	0,540	2,66	1,100	0,335	0,064	0,001	0,013	0,042	0,014
		D	1,22	151,8	9,9	5,3	11,2	0,58	0,059	1,45	1,070	0,248	0,009	0,074	0,004	0,069	0,004
11	IS-03 Košice	B	5,10	88,8	413,2	260,2	39,8	0,86	1,270	6,07	4,020	0,235	0,094	0,026	0,005	0,010	0,143
		D	4,97	117,7	622,3	173,8	56,1	1,09	0,160	16,3	4,020	0,124	0,044	0,019	0,003	0,004	0,020
12	Watsonova Košice	B	1,87	36,6	78,4	53,6	13,7	0,26	0,600	2,28	1,540	0,079	0,027	0,012	0,002	0,003	0,047
		D	1,96	28,02	69,7	33,9	30,9	0,31	0,070	2,17	1,280	0,078	0,015	0,005	0,013	0,017	0,011
13	VSEZ Košice stred	B	4,32	102,9	281,2	100,4	28,1	0,43	1,470	4,54	3,270	0,167	0,053	0,027	0,003	0,005	0,095
		D	4,55	320,7	295,2	73,2	80,5	0,77	0,250	5,64	5,940	0,195	0,063	0,027	0,045	0,045	0,031
14	Zdroj Košice juh	B	2,57	72,6	34,7	28,5	18,5	0,15	0,740	2,13	1,910	0,132	0,027	0,017	0,001	0,003	0,042
		D	1,00	212,0	51,7	16,6	12,7	0,64	0,020	1,04	0,980	0,033	0,010	0,008	0,001	0,005	0,004
15	CS Barca	B	3,02	104,7	77,4	32,1	26,9	0,15	0,660	2,36	2,500	0,158	0,029	0,021	0,002	0,003	0,042
		D	4,81	110,6	605,1	173,6	52,4	0,86	0,110	16,3	3,970	0,139	0,038	0,019	0,004	0,005	0,024

(\*\*) C. prašný spad  $\text{g.m}^{-2} \cdot (\text{30 dní}^{-1})$

Sedimentovaný prach bol v r. 1998 a 1999 odoberaný v šiestich etapách v trojmesačných intervaloch, v období od mája 1998 do októbra 1999. Označenie odberových fáz bolo máj-júl 1998 ako A, júl-október 1998 ako B, október 1998-január 1999 ako C, január-marec 1999 ako D, august 1999 E, október 1999 F. Polietavý prach bol odoberaný v júli, októbri 1998, auguste a októbri 1999. V tomto príspevku sú interpretované výsledky odberu z októbra 1998. V Krompachoch prestali pracovať Kovohuty v auguste 1998, a tak len úvodné merania a odbery tuhých imisii boli ovplyvnené týmto druhom priemyselnej činnosti a produkovanými tuhými emisiami. Pri hodnotení spadovej prašnosti a na ňu viazaných ŤK v oblasti Krompachy – Košice boli v tomto príspevku interpretované fázy A a D pre lokality 1 až 10, respektíve B a D na lokalitách 11 až 15, a to v tabuľke 1.

### Výsledky

Spadová prašnosť má svoj špecifický vývoj tak v smere Krompachy-Košice, ako aj sezónny, v priebehu jar - leto - jeseň - zima - jar, čo je graficky znázornené na obr. 2. V oblasti Krompach pozorujeme nízku prašnosť, ale zvýšenú v oblasti Štefanskej Huty. Tu je predpoklad najvyššieho spadu tuhých častíc z dymovej vlečky Kovohút, čomu nasvedčuje aj obsah znečisťujúcich prvkov. Ukazuje sa skutočnosť, niekoľkokrát zdôrazňovaná ( Kontrišová, Kontriš, Kováčová, 1999 ), že vrcholové partie (Folkmársky vrch, Jahodná, Kavečany, Bankov) sú intenzívnejšie postihnuté imisiami tuhých látok pôvodu z blízkych, ale aj vzdialených zdrojov. Vyššia prašnosť sa v oblasti mesta Košice vyskytuje v strednom koridore prúdenia vzdušín cez aglomeráciu. Zvýšený prašný spad je na severe a v strede mesta, kde sú príčiny tohoto stavu vysvetliteľné. Priestory starého magnezitového závodu a baňa predstavujú plošný zdroj a zastavané priestory mesta (staré budovy, strechy, komunikácie) sú tiež stálym a intenzívnym zdrojom. Jednou z príčin sú aj zvýšené rýchlosti vetra od miest zúženého údolia rieky prechádzajúceho do širšej nivy, kde už intenzita nedosahuje takú silu a vyvíate tuhé častice z aerosólu vypadávajú a nie sú prenášané na veľké vzdialenosti. Nízka prašnosť je na okrajových stanovištiach (Watsonova), kde je intenzita vetra oproti údolnej nive evidentne nižšia a v blízkosti nie sú zdroje prašnosti plošného alebo bodového charakteru. Tento vývoj prašnosti je pre mestskú aglomeráciu Košice priaznivý.



Obr.2. Celkový prašný spad a spad Cu vo vybraných fázach.

Fig.2. Whole dust deposition and deposition of Cu in the select phases.

Na prašnosť sú viazané kovové zložky, ktoré všeobecne nazývame ťažké kovy. Tieto veľmi spoľahlivo indikujú zdroj svojho vzniku (tab.1). V priestore mesta a v prímestských častiach môžeme pozorovať zvýšené podiely Fe v smere od juhovýchodu, s klesajúcou tendenciou na severovýchod a v blízkosti zdroja v Krompachoch znova jeho zvýšenie. Podobný úkaz je s pohybom Zn. Ako zdroj podielu As, Cu a Pb môžeme v prašnom spade označiť Kovohuty. Pozorovateľný je úbytok týchto prvkov po útlme priemyselnej aktivity

v oblasti Kropáč. Pre spadovú prašnosť nemáme konkrétnu normu pre obsah jednotlivých prvkov, čo nám nedáva možnosť priamo zaujať stanovisko k ich hygienickému riziku.

Tab.2. Koncentrácia polietavého prachu a vybraných prvkov v priestore Kropáčy – Košice nameraných v r. 1998.

Tab.2. Concentration of fine-dispersed dust and selected elements on the territory of Kropáčy – Bankov, measured in 1998.

Lokalita	Celkový PP	Fe	Ca	Mg	Al	Cu	Pb	Zn	Mn	Ni	Co	As	Hg	Sb
	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$													
Kropáčy	105	4,57	5,88	1,64	1,45	1,33	4,05	9,30	0,17	0,10	0,004	0,08	0,04	0,010
Štef. Huta	98	5,73	3,10	2,06	1,40	0,93	2,51	4,43	0,32	0,08	0,006	0,04	0,05	0,001
Margecany	31	1,57	3,21	0,82	0,48	0,26	0,75	2,23	0,08	0,03	0,002	0,02	0,06	<0,001
Jahodná	42	1,80	2,01	1,10	1,03	0,19	0,40	0,36	0,10	0,07	0,004	0,01	0,01	<0,001
Bankov	56	4,27	2,87	1,74	0,57	0,69	0,20	0,61	0,20	0,07	0,003	0,01	0,02	<0,001
IS 03 Košice	75	4,53	8,23	2,93	1,15	0,23	<0,01	0,12	0,13	0,01	<0,001	<0,01	0,01	0,008
Watsonova ul.	112	6,29	11,68	3,90	1,98	0,14	0,07	0,59	0,16	0,12	0,002	<0,01	0,07	0,035
Zdroj- Jazero	116	8,07	10,30	2,49	2,20	0,83	0,02	0,32	0,24	0,01	<0,001	<0,01	0,02	<0,001
CS Barca	89	7,40	2,16	1,14	1,14	0,36	0,01	0,37	0,12	0,02	<0,001	<0,01	0,03	<0,001
NPK	150	150	150,00	150,00	150,00	0,50	0,70	40,00	10,00	1,00	1,000	3,00	0,30	15,000

Komplexnejší obraz o hygienických rizikách z prítomnosti ŤK v reálnom ovzduší dávajú výsledky aerosólovej prašnosti. Platia normy, ktoré sú zavedené aj v našej hygienickej praxi (Križan a kol., 1981) a ich tvorba je usmerňovaná Svetovou hygienickou organizáciou (WHO) v Ženeve. Pri pohľade na tab.2. vidíme v oblasti zdrojov prašnosti zvýšené hodnoty niektorých prvkov. Je to Cu a Pb. Pb takmer 7x a Cu 3x prekračuje normu v Kropáčoch. Zvýšené sú aj v bližšom okolí Štefanskej Huty. V oblasti Košíc je norma Cu prekročená Nad jazerom, kde predpokladáme vplyv teplárne – SE a.s, prípadne spaľovne komunálnych odpadov. Mierne nad normou sú hodnoty na Bankove, čo považujeme za vrcholovú horskú partiu, kde prínos tohoto prvku môže byť z oboch smerov, t.j. od mesta aj od Kropáč. Zo štúdia pohybu týchto dvoch prvkov s dôrazom na Pb jednoznačne vyplýva zdroj v Kropáčoch. Podobný pohyb prvkov môžeme pozorovať u Zn a čiastočne Fe. Ich hodnoty sú hlboko pod prípustnou normou. V obsahu týchto prvkov vidíme výrazné rozdiely v období prevádzky Kovohút a po ich odstavení. Ich množstvo pokleslo štyri aj viackrát, ako v blízkosti, take aj na vzdialenejších miestach od zdroja.

Za zdroj zvýšeného obsahu Fe v aerosóle v Košiciach môžeme označiť na juhu až juhozápade situovaný hutnícky závod. Pri južnom prúde preniká nad mesto tuhá fáza aerosólu, bohatá na Fe a v priestoroch mesta dochádza k jej depozícii, odkiaľ sa dostáva do vznosu pri akomkoľvek zvýšenom prúde vzdušnin. Ostatné prvky vo väčšine prípadov nedosahujú ani desatinu percenta z normy, čo poukazuje na priaznivý vývoj. Prvky Ca, Mg, Al sa nachádzajú vo vyššom podiele v meste, čo poukazuje na ich pôvod v líniových (cesty) a plošných (budovy, nezatravné plochy a i.) zdrojoch. Za obsah Mg v mestskej aglomerácii donedávna zodpovedali technológie v SMZ.

Obsah sledovaných prvkov v sedimentovaných aj polietavých prachoch je závislý na charaktere a množstve tuhých látok, ktoré sú obvyčajne aj nosičmi ťažkých kovov v ovzduší. Exhalačnými zdrojmi v Spišskom regióne sú Kropáčy so svojimi priemyselnými podnikmi Kovohuty a SEZ. V oblasti Košíc je to mestská aglomerácia. Tu sú deponované a novovytvárané prašné zložky z celkových plošných a líniových zdrojov a južná časť mestského zoskupenia, kde sa sústreďuje maximum bodových zdrojov, ako sú tepláreň, spaľovňa a hutnícky kombinát. Po útlme hutníckej činnosti v Kropáčoch sa znižuje prašný spad na severozápade sledovaného územia, hoci v jeho strede to nie je výrazné. Táto skutočnosť nás upozorňuje aj na vplyv importu zo zdrojov mimo predmetného územia.

### Záver

Monitoring predstaveného územia použitými metódami naznačuje zameranie ako by bolo možné sledovať imisnú záťaž aj širších regiónov tuhými zložkami. V uvádzaných výsledkoch boli jednoznačne odhalené zdroje, ktoré znečisťovali ovzdušie. V súčasnosti bodový exhalačný zdroj v Kropáčoch nie je funkčný, ale stále sú aktuálne plošné zdroje zo starších depónii a doposiaľ nesanovalých odkalísk. V oblasti mesta Košice sú stále aktuálne zdroje, tepláreň – SE, a.s. – Tepelná energetika Košice, odštepny závod, spaľovňa – Centrum zneškodňovania odpadov v Kokšov - Bakši, VSŽ a.s., ktoré určitou formou ovplyvňujú charakter ovzdušia v mestskej aglomerácii. V takomto veľkom sídlíštnom zoskupení nie je stále dohodnotená funkcia komunálnej sféry pri znečisťovaní ovzdušia. Tento problém bude nutné riešiť v spolupráci s hygienickou službou aj legislatívnymi orgánmi a u stále nepriaznivých znečisťovateľov hľadať možnosti nápravy pomocou nových technológií a eliminovať ich vplyv na ovzdušie v najbližšom okolí. Počas činnosti Kovohút Kropáčy, bolo možné za priaznivých poveternostných pomerov, pripísať vplyv na obsah kovových prvkov v košickej aglomerácii aj tomuto zdroju. V súčasnosti je tento zdroj málo významný, hoci ako bolo spomenuté môžu sa dostávať častice

s obsahom kovov do ovzdušia zo starších depónií. Na základe tejto úvahy a dlhoročných skúseností výskumu kvality ovzdušia v oblasti Košíc môžeme odhadnúť zdroje znečistenia a ich percentuálne zastúpenie nasledovne:

- blízke lokálne zdroje, prírodné a priemyselné nad 10 km  
(Krompachy, Margecany, Vieska a i. ) 10% ,
- mimolokálny, regionálny import 15% ,
- komunálna a priemyselná sféra mesta 75% .

### Literatúra

- AUGUSTÍNOVÁ, E., SABÓ, P. & KOVALOVÁ, M. 1996. Ozón v atmosfére. *Zachráňme ozónovú vrstvu zeme*, Bratislava, ISBN 80-85740-03-6, 1996, s. 1-7.
- BOBRO, M. a kol. 1985. Ekologický dosah banickej priemyselnej činnosti na životné prostredie vybraných rudných a magnezitových závodov, ŠPZV II – 6 – 1/02, *Záverečná správa*, BaÚ SAV, Košice 1985.
- BOBRO, M. a kol. 1988. Zhodnotenie výskytu škodlivých zložiek a ekorajóne stredný Spiš, *Záverečná správa* ŠPZV II – 6 - 5/03, BaÚ SAV Košice 1988.
- BOBRO, M. a kol. 1990. Kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie dosahu škodlivín na vybrané subsystemy životného prostredia v baníctve. *Záverečná správa etapy ŠPZV II – 6 – 5/05 – 02, Expertízna správa*, Banický ústav SAV Košice 1990.
- BOBRO, M. et al. 1995. Analýza imisnej situácie v mestskej aglomerácii Košice po utlmení prevádzky v závode Košický magnezit š.p., *Expertízna správa pre KOMAG Košice*, máj 1995.
- BOBRO, M. et al. 1999. Monitorovanie tuhých imisíí v území medzi Krompachmi a Košicami v r. 1998, *Expertízna správa*, Ústav geotechniky SAV pre MÚ Košice apríl 1999.
- KONTRIŠOVÁ, O. KONTRIŠ, J. & KOVÁČOVÁ, A. 1999. Kontaminácia ovzdušia suchými depozíciami tuhých častíc v hrebeňovej časti Nízkych Tatier, *Acta Facultatis Ecologiae*, FEE TU Zvolen, 1999, s. 15-22.
- KRIŽAN, V. a kol. 1981. Analýza ovzdušia. *ALFA* Bratislava , 1981.
- MZ SSR 1982. Metodické opatrenia 13. *Zisťovanie obsahu škodlivín v ovzduší – metodické pokyny* (Jednotné analytické metódy) z 25. mája 1982.
- ŠIŠKA, F. & AUGUSTÍNOVÁ, E. 1981. Analýza prашného spadu v košickej aglomerácii. In: *Životní prostředí v městech*, DT ČSVTS Praha, s. 251-253, 1981.
- ZZ SR čiastka 32. 1992. *Nariadenie vlády SR, ktorým sa vykonáva zákon č. 309/1991 Zb. O ochrane ovzdušia před znečišťujúcimi látkami (zákon o ovzduší) v znení neskorších predpisov.*