

Obsah

07	MONITOROVANIE RIEČNYCH SEDIMENTOV.....	2
07.1	Základná charakteristika monitorovacej siete.....	2
07.2	Sledované ukazovatele a metódy hodnotenia jednotlivých veličín.....	3
07.3	Spôsob a frekvencia odberu vzoriek.....	7
07.4	Štatistické vyhodnotenie odobratých vzoriek.....	10
07.5	Výsledky monitoringu.....	11
	<i>Štatistické zhodnotenie analyzovaných parametrov.....</i>	<i>11</i>
	<i>Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline)</i>	
	<i>distribúciou.....</i>	<i>26</i>
	<i>Kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov (legislatívny</i>	
	<i>a kombinovaný prístup).....</i>	<i>28</i>
07.6	Vyhodnotenie kvality sledovaných ukazovateľov v rámci Európy.....	31
07.7	Záver.....	33
07.8	Literatúra.....	34

07. MONITOROVANIE RIEČNYCH SEDIMENTOV

Autori: Jozef Kordík – Igor Slaninka – Dušan Bodiš

Riečny sediment reprezentuje častice odvozené z hornín alebo biologických materiálov znosovej oblasti, ktoré boli transportované kvapalnou fázou, alebo pevnú, resp. suspendovanú fázu (anorganický a organický sestón) usadzovanú z vody (Bodiš – Rapant, 1999). Riečny sediment je jemnozrnný dnový (resp. príbrežný, brehový) sediment akumulovaný pri vhodných podmienkach prúdenia v povrchovom toku, ktorý poskytuje citlivú indikáciu kumulovaného účinku vody sprostredkovanú ukladaním suspendovaného materiálu, ako aj rozpustných zložiek koncentrovaných najmä prostredníctvom sorpčných reakcií. Dôvodom zvýšeného záujmu o riečne sedimenty nielen u nás ale aj vo svete sú ich vlastnosti a genéza a ktorých štúdium umožňuje robiť dôležité závery v rámci prospektorských, geochemických a v poslednom období veľmi významných environmentálnych hodnotení.

Riečne sedimenty predstavujú prostredie, v ktorom prebieha podstatná časť samočistiacich procesov v povrchových tokoch. V prírodných podmienkach Slovenska reprezentujú z environmentálneho hľadiska dôležité vzorkovacie a hodnotiace médium, najmä v dôsledku široko rozvinutej riečnej siete a relatívne silnej členitosti reliéfu. V jemnej frakcii riečného sedimentu predovšetkým pod 0,125 mm vplyvom silnej sorpčnej kapacity dochádza k sorpcii, zrážaniu a zachytávaniu prvkov prinášaných do tokov zo znosových oblastí. Riečny sediment odráža geochemický charakter pôd, hornín a produktov ich zvetrávania v povodí a charakterizuje tiež samotný vodný tok.

07.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Cieľom monitorovacieho subsystému je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahov vybraných prvkov v aktívnom riečnom sedimente hlavných tokov Slovenska, a to vplyvom primárnych (geogénnych) ako aj antropogénnych podmienok. Z hodnotenia výsledkov monitoringu je možné poukázať na potenciálne riziko ohrozenia prirodzenej rovnováhy vo vodnom ekosystéme na konkrétnej lokalite.

Monitorovacia sieť riečnych sedimentov predstavuje v súčasnosti 48 referenčných odberových miest. Pri výbere reprezentatívnych lokalít boli zohľadnené:

- *kritérium ekologickej účelnosti* (t.j. situovanie odberových miest v oblastiach s predpokladaným antropogénnym zaťažením ako aj v oblastiach s rozhodujúcim vplyvom prírodných faktorov na chemickom zložení stanovovaných parametrov),

- *regionálny charakter monitorovacej siete* (odberové miesta charakterizujú približne každý 70 km významného toku v hlavných povodiach Slovenska),
- *situovanie odberov v miestach národného monitoringu povrchových tokov, ktorý je realizovaný Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ).*

Monitoring riečnych sedimentov je realizovaný od roku 1996. Vzhľadom ku zmenám a optimalizácii národného monitoringu kvality povrchových tokov (SHMÚ), problémom odberu reprezentatívnej vzorky na niektorých stanovištiach, aktuálnemu stavu poznatkov a vyhodnotení výsledkov monitoringu za 8-ročné obdobie bola v roku 2004 realizovaná **optimalizácia** monitorovacej siete (Kordík et al., 2004). Lokalizácia a popis odberových miest sú uvedené na obr. 07.1. Detailná lokalizácia (slovný popis) odberových miest riečneho sedimentu bola a je priebežne v databáze aktualizovaná. V zásade sú na približne 30 lokalitách odbery realizované na rovnakých miestach. Na ostatných stanovištiach v dôsledku dynamiky vodného toku, príp. antropogénnych úprav koryta sa môže konkrétne odberové miesto meniť – odber je v takom prípade realizovaný podľa možností v miestach vhodnej akumulácie riečneho sedimentu (posun odberového miesta nepresahuje viac ako 50-100 m pozdĺž toku).

07.2 Sledované ukazovatele a metódy hodnotenia jednotlivých veličín

Analyzovaná asociácia prvkov v riečnych sedimentoch štandardne predstavuje hlavné (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) a stopové (Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb) prvky. V roku 2007 bol na všetkých monitorovacích stanovištiach realizovaný zrnitostný rozbor vzoriek k určeniu zastúpenia prachovej, pieskovej a štrkovej frakcie v riečnom sedimente.

Výsledky chemických analýz, zrnitostných, resp. mineralogických rozborov sú digitálne spracované, georeferencované a uložené v **databázovom programe MS ACCESS**. **Mapové podklady** (základná riečna sieť, hlavné sídla, lokalizácia monitorovacích stanovíšť) spolu **s príslušnou databázou** sú spracované v prostredí softvéru **MapInfo Professional**, ktorý zabezpečuje vzájomné prepojenie databázových informácií s jednoduchým geografickým informačným systémom. Databázové informačné vrstvy sú interaktívne priradené k bodovým entitám miest odberov vzoriek riečnych sedimentov. Vzhľadom na širší charakter informácií z monitoringu riečnych sedimentov bola vybudovaná relačná databáza s nasledovnými relačne prepojenými hlavnými tabuľkami (príloha 07.3):

- „CMS_RS_databaza“ (základná databáza chemického zloženia riečnych sedimentov),

- „CMS_RS_popis_lokalit“ (základné lokalizačné údaje o monitorovacích bodoch),
- „CMS_RS_mineralogicky_rozbor“ (výsledky mineralogického rozboru),
- „CMS_RS_zrnitostna_analyza“ (výsledky zrnitostnej analýzy).

Výsledky chemických analýz riečnych sedimentov v roku 2007 sú sumarizované v prílohe 07.1. Výsledky zrnitostnej analýzy sú spracované v prílohe 07.2. Terénna dokumentácia je predmetom prílohy 07.4.

Prezentácia výsledkov monitoringu riečnych sedimentov je vzhľadom k zložitosti podmienok tvorby sedimentu a dynamickým prejavom (zvetrávanie, sedimentácia, migrácia látok) interpretačne náročná. Zloženie riečneho sedimentu reprezentuje prírodné danosti prislúchajúcej oblasti povodia, ako aj antropogénny vplyv. Interpretácia výsledkov zohľadňuje nasledovné **prístupy** (Bodiš – Rapant, 2000):

- aplikácia štatistickej analýzy (bližšie v časti 07.4.),
- environmentálno-geochemický prístup – porovnanie výsledkov monitoringu so základnými (baseline) hodnotami analyzovaných komponentov,
- legislatívny prístup,
- kombinovaný legislatívno-geoštatistický prístup.

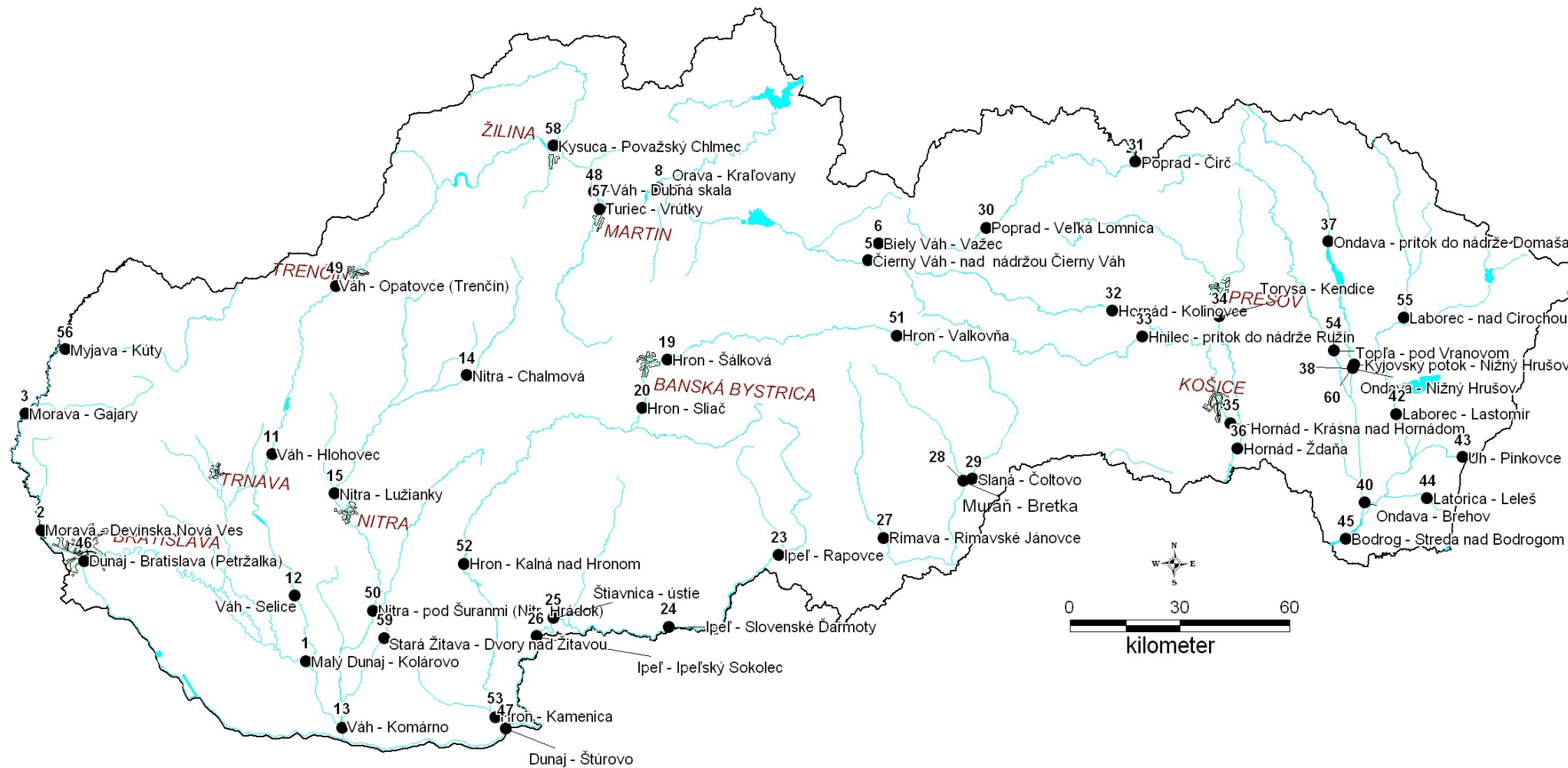
Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou porovnáva hodnoty mediánu koncentrácií stanovovaných parametrov na monitorovaných lokalitách ako celku a lokalitách jednotlivo (pre lokality monitorované od roku 2004 do výpočtu vstupovalo zatiaľ len štvorročné pozorovanie) ku hodnotám mediánu koncentrácií parametrov vypočítaných pre vzorky Geochemického atlasu riečnych sedimentov (Bodiš – Rapant, 1999). Porovnanie je vyjadrené v percentách pomocou **indexu obohatenia, resp. ochudobnenia I_r** :

$$I_r = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\tilde{x}_i} \cdot 100 (\%), \text{ kde:}$$

\tilde{x}_{ij} medián z 12-ročného pozorovania i -parametra na j -lokalite,

\tilde{x}_i medián i -zložky zo všetkých meraní Geochemického atlasu.

Obr. 07.1 Lokalizácia a identifikačné číslo monitorovacích stanovišť riečnych sedimentov v roku 2007



Výsledky porovnania monitoringu so základnou (baseline) distribúciou sú zhrnuté vo výsledkovej časti (tab. 07.6). Hodnoty nad 100% vyjadrujú obohatenie prvku v systéme, naopak hodnoty pod 100% reprezentujú ochudobnenie prvku v riečnych sedimentoch. Tento prístup porovnáva stanovované parametre pre určité konkrétne horninové (*geochemické*) prostredie. Zvýšené hodnoty koeficientu nad 100% ako aj znížené hodnoty pod 100% môžu byť prejavom príslušných lokálnych prírodných podmienok, a to najmä charakteru horninového prostredia vo vznosovej oblasti. Inak povedané, uvedený postup je zameraný na posúdenie, či obsahy látok v sedimente na základe teoretických znalostí korešpondujú s príslušnými lokálnymi prírodnými podmienkami, v ktorých riečne sedimenty formujú ich chemické zloženie. Na druhej strane hodnoty zvyčajne prevyšujúce základné (baseline) koncentrácie môžu indikovať antropogénny podiel látok v riečnom sedimente, a teda reprezentujú hodnotenie *environmentálne* významných koncentrácií prvkov v riečnych sedimentoch.

Na **posúdenie obsahu kontaminujúcich látok** v riečnych sedimentoch je v rámci monitoringu využívaný **legislatívny prístup** porovnávajúci namerané obsahy prvkov s konkrétnymi limitnými koncentraciami (Bodiš – Rapant, 1999; Čurlík – Šefčík, 1999). Pre účel hodnotenia kontaminácie riečnych sedimentov sú využité limitné koncentrácie platné pre pôdy (Anonym, 1994). Tento postup je v súlade s odporúčaním Smernice MŽP SR na zostavovanie a vydávanie Geochemickej mapy riečnych sedimentov. Prehľad limitných hodnôt analyzovaných parametrov je znázornený v tab. 07.1.

Tab. 07.1 Limitné hodnoty analyzovaných rizikových látok podľa Rozhodnutia ministerstva pôdohospodárstva SR číslo 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde (údaje sú vyjadrené v mg.kg⁻¹)

Zložka	A	B	C	Zložka	A	B	C
As	29	30	50	Ni	35	100	500
Cd	0,8	5	20	Pb	85	150	600
Co	20	50	300	Sb	20	30	100
Cr	130	250	800	Se	0,8	5	20
Cu	36	100	500	Zn	140	500	3000
Hg	0,3	2	10				

Pozn.: kategória A predstavuje referenčnú hodnotu, pri prekročení B kategórie je potrebný monitoring lokality, pri prekročení C kategórie sú potrebné sanačné opatrenia

Charakter znečisťujúcich látok, resp. látok prekračujúcich stanovené limity je charakterizovaný prostredníctvom **stupňa (indexu) znečistenia C_d**. Prístup je založený na legislatívnom posúdení parametrov znečistenia a následnom geoštatistickom spracovaní indexu znečistenia v jednoduchej monotematickej mape. Hodnoty indexu znečistenia sú vypočítané zo sumy podielov absolútnych koncentrácií posudzovaných parametrov k ich limitným obsahom pre pôdy (Slaninka, 1994; Backman et al., 1998):

$$C_d = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{Ai}}{C_{Ni}} - 1 \right)$$

kde: C_{Ai} analytická hodnota i-zložky,
 C_{Ni} limitná (normatívna) hodnota i-zložky.

07.3. Spôsob a frekvencia odberu vzoriek

Vzhľadom k eróznym procesom je jednou zo základných otázok reprezentatívnosť riečného sedimentu, ktorý by mal prezentovať a geochemicky hodnotiť príslušnú oblasť povodia. Hodnotiace procesy, ktoré kontrolujú zloženie sedimentu, nemusia vždy vyjadrovať prírodné podmienky distribúcie prvkov v oblasti. Je to zapríčinené najmä tým, že vo vzorkovacom období nemusí byť sediment aktívny (Bogen et al., 1992), resp. chemické zloženie riečného sedimentu podlieha premenám vplyvom antropogénnej činnosti – takáto situácia nie je v podmienkach Slovenska výnimočná (Bodiš – Rapant, 1999). Tieto hľadiská zapríčiňujú problémy pri odbere sedimentu a samotnej interpretácii výsledkov.

Aktívny riečny sediment reprezentuje jemnozrnný materiál transportovaný tečúcou vodou. Pre účely monitoringu riečne sedimenty reprezentujú veľké drenážne oblasti (> 100 km²) a sú odoberané do obalov z PVC. Dôležité je zabránenie kontaminácie pri odbere. Samotný odber je podľa možností realizovaný metódou tzv. asociačnej vzorky, pozdĺž brehu povrchového toku (zvyčajne do 20 m), a to v miestach, kde hydrodynamické podmienky umožňujú ukladanie jemnozrnných sedimentov. Pri odbere je potrebné odobrať čo najmenšie množstvo organickej hmoty a vyhnúť sa redukčnému prostrediu (prevažne tmavá farba sedimentu a častý zápach). Hmotnosť odoberanej asociačnej vzorky je cca 3 kg.

Úprava odobratých asociačných vzoriek je najskôr realizovaná sušením pri laboratórnej teplote a následným sitovaním pod frakciu 0,125 mm. Vzorky sú odoberané jedenkrát ročne, analyzované na celkový (totálny) obsah vybraných prvkov a prevedené do roztoku kompletným rozkladom.

Analytické práce boli v roku 2007 realizované v akreditovanom laboratóriu GAL ŠGÚDŠ, regionálne centrum Spišská Nová Ves. V tab. 07.2 sú zhrnuté použité analytické metódy stanovovania jednotlivých parametrov, medze ich stanovenia a rozšírené neistoty meraní pri danom rozsahu stanovenia.

Tab. 07.2 Analyzovaná asociácia a laboratórne techniky (G – gravimetria, AAS – atómová absorpčná spektrometria, AES-ICP – atómová emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou, RFS – röntgenfluorescenčná spektrometria)

Parameter	Metóda	Jednotka	Medza stanovenia	Rozsah	rozšírená neistota U(k=2) %
strata sušením	G	%	0.01	0,01-1,00	15
				1,00-10,00	5
				10,00-45,00	3
strata žíhaním	G	%	0.01	0,01-1,00	15
				1,01-10,00	5
				10,01-45,00	3
Na	AES-ICP	%	0.005	0,005-0,6	20
				0,6-2	10
				2-10	5
K	AES-ICP	%	0.03	0,03-0,6	20
				0,6-2	10
				2-10	5
Ca	RFS	%	0.05	0,05-2	10
				2-10	5
				10-55	2.5
Mg	RFS	%	0.05	0,05-0,5	10
				0,5-5	5
				5-50	2.5
Fe	RFS	%	0.05	0,05-2	10
				2-10	5
Mn	RFS	%	0.01	0,01-0,1	10
				0,1-0,5	5
Al	RFS	%	0.05	0,05-2	10
				2-10	5
				10-35	3
As	AAS	mg.kg ⁻¹	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Cd	AAS	mg.kg ⁻¹	0.1	0,1-5	20
				5-50	10
				50-5000	5
Co	AAS	mg.kg ⁻¹	3	3-10	20
				10-100	10
				100-10000	5
Cr	RFS	mg.kg ⁻¹	10	10-50	15
				50-500	7.5
				500-900	5
Cu	RFS	mg.kg ⁻¹	5	5-50	10
				50-3000	5
Hg	AAS	mg.kg ⁻¹	0.01	0,01-0,1	15
				0,1-1	10
				1-1000	5
Ni	RFS	mg.kg ⁻¹	4	4-50	25
				50-150	10
				150-750	5
Pb	RFS	mg.kg ⁻¹	5	5-50	15
				50-1000	7.5
				1000-5500	5
Sb	AAS	mg.kg ⁻¹	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Se	AAS	mg.kg ⁻¹	0.1	0,1-1	25
				1-10	15
				10-1000	8
Zn	RFS	mg.kg ⁻¹	5	5-100	10
				100-2000	5
				2000-7000	3

07.4. Štatistické vyhodnotenie odobratých vzoriek

Charakteristika chemického zloženia riečnych sedimentov je spracovaná štandardnými štatistickými metódami, a to najmä s využitím **popisných (deskriptívnych) štatistických parametrov**. Interpretácia výsledkov štatistickej analýzy nie je mechanický proces a je aj po 12 rokoch trvania monitoringu v mnohých prípadoch pomerne zložitá. Súvisí to najmä s veľkou mobilitou mnohých prvkov a dynamikou riečnych sedimentov v zložitých lokálnych podmienkach ovplyvňujúcich chemické zloženie sedimentu.

Štatistické spracovanie formou sumárnych štatistických tabuliek je uvedené v tab. 07.3 (pre porovnanie je tabuľka doplnená aj o výsledky z geochemického atlasu – Bodiš-Rapant, 1999). V tab. 07.4 sú uvedené lokality s najvyššími, resp. najnižšími hodnotami **mediánov** koncentrácií stanovených zložiek. Medián ako interpretačný štatistický parameter predstavuje dôležitú hodnotu reprezentujúcu charakter polohy štatistického súboru (50 percentil). V dôsledku prítomnosti odľahlých, resp. extrémnych hodnôt najmä pre stopové prvky, reprezentuje medián reprezentatívnejšiu hodnotu ako aritmetický priemer.

Popisná štatistika je zvlášť vyjadrená prostredníctvom **charakteristiky variability**, ktorá predstavuje menlivosť hodnôt znaku v štatistickom súbore. **Časová variabilita** reprezentujúca v zásade stabilitu obsahu prvku v sedimente na lokalitách s 12-ročným monitorovacím obdobím je hodnotená pomocou **variačného koeficientu** v_j . Jeho výpočet je založený na percentuálnom vyjadrení pomeru hodnoty štandardnej odchýlky k hodnote aritmetického priemeru pre každý sledovaný parameter a každú monitorovanú lokalitu:

$$v_{\varepsilon} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100 \quad [\%], \text{ kde:}$$

s_{ij} štandardná odchýlka i-zložky na j-lokalite

\bar{x}_{ij} aritmetický priemer i-zložky na j-lokalite.

Priemerná hodnota variačného koeficientu pre všetky lokality v_{priem} je vypočítaná zo vzťahu: $\bar{v}_{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{\varepsilon}$, (n – počet monitorovaných lokalít).

Podobne je formou variačného koeficientu riešená aj **priestorová variabilita** prvku v rámci všetkých monitorovaných lokalít. Charakterizuje ju vzťah vyjadrujúci pomer štandardnej odchýlky k hodnote aritmetického priemeru všetkých meraní sledovaného parametra: $v_p = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%]$. Hodnoty variačných koeficientov sú uvedené v tab. 07.4.

07.5 Výsledky monitoringu

Výsledková časť monitoringu riečnych sedimentov sa zaoberá regionálnym hodnotením jednotlivých chemického zloženia analyzovaných zložiek v sedimente a hodnotením ich kvality vo vzťahu k legislatíve. Obsahy prvkov na monitorovaných lokalitách odrážajú na jednej strane prislúchajúce geologické prostredie, resp. hydrologicko-klimatické podmienky a na druhej strane sekundárny antropogénny, resp. antropogénno-geogénny vplyv. Základné štatistické zhodnotenie jednotlivých monitorovaných lokalít a dátového súboru ako celku prezentuje tab. 07.3. Variabilita koncentrácií stanovovaných parametrov na jednotlivých lokalitách je vyjadrená formou variačného koeficientu v tab. 07.4. Lokality s najvyššími a najnižšími hodnotami mediánu koncentrácií analyzovaných zložiek vyjadrujú regionálne rozdiely v distribúcii prvkov a sú zobrazené v tab. 07.5. Indexy obohatenia, resp. ochudobnenia koncentrácií prvkov monitorovaných lokalít voči základným hodnotám z Geochemického atlasu riečnych sedimentov sú uvedené v tab. 07.6 a kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov je prezentované v tab. 07.7.

Štatistické zhodnotenie analyzovaných parametrov

Hlavné prvky

Medzi hlavné prvky s priemerným obsahom v riečnom sedimente zvyčajne nad 1% sú z analyzovanej asociácie ukazovateľov zaradené sodík, draslík, horčík, vápnik, železo a hliník.

Sodík (Na)

Plošná distribúcia sodíka sa vyznačuje pomerne vyrovnanými obsahmi v riečnych sedimentoch Slovenska (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 28\%$) a aj z hľadiska časovej stability obsahov na jednotlivých lokalitách patrí medzi stabilné prvky s priemernou hodnotou $\bar{v}_c = 14\%$ (tab. 07.4.). Najvariabilnejšie obsahy Na sú zaznamenané na lokalitách č. 5 (Čierny Váh – nad nádržou) a 37 (Ondava – prítok do Domaše).

V porovnaní s hodnotou mediánu sodíka 0,97% zo všetkých údajov (tab. 07.3, 07.5) sú nižšie koncentrácie sodíka (do 0,85%) sledované v tokoch Kysuca (58), Nitra (lokalita č. 50), Malý Dunaj (1), Váh (11, 49), Turiec (57), Morava (2, 3) a Myjava (56). Nadpriemerné zastúpenie sodíka (nad 1,16%) bolo pozorované v sedimentoch Muráňa (28), Rimavy (27), Popradu (30, 31), Hrona (19, 20, 51) a hornej časti Váhu (5, 6).

Keďže sodík patrí medzi hlavné litofilné prvky, rozdielne obsahy Na sú spôsobené najmä variabilitou geologického prostredia v drénovanom povodí. Najvyššie koncentrácie sodíka (nad 1,2%) sú viazané na znosové oblasti kryštalinika tatrika a veporika, príp. na

neovulkanické horniny (najmä oblasť stredného Slovenska). Naopak najnižšie obsahy sodíka v riečnych sedimentoch sú viazané na znosové oblasti karbonatických hornín (Bodiš – Rapant, 1999).

Draslík (K)

Podobne ako v prípade sodíka, plošné obsahy draslíka sú v riečnych sedimentoch veľmi vyrovnané (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 21\%$). Z hľadiska časovej stability obsahov na jednotlivých lokalitách draslík reprezentuje najstabilnejší prvok s priemernou hodnotou $\bar{v}_c = 13\%$ (tab. 07.4.). Najvariabilnejšie obsahy K sú zaznamenané v sedimentoch Dunaja (lokality č. 46, 47).

Obsah draslíka zvyčajne sleduje geologické podmienky v povodí. Najvyššie obsahy sú viazané na zdrojové povodia tvorené kryštalinikom jadrových pohorí a paleozoickými metamorfovanými horninami (obsah zvyčajne v rozpätí 1,8-2,4%). Územia deficitné na draslík (najmä mezozoické karbonáty) podmieňujú nízke obsahy draslíka v riečnom sedimente, a to zvyčajne do 1,2%. Distribúcia draslíka v nížinných oblastiach môže byť ovplyvnená aj antropogénnou činnosťou (najmä poľnohospodárskou). Priemerný obsah draslíka je 1,47%, medián 1,47% (tab. 07.3.). Najvyššie obsahy draslíka nad 1,6% (tab. 07.5.) boli pozorované v riečnych sedimentoch Hnilca (lokality č. 33), niektorých riek Východoslovenskej nížiny (40, 44-45), Hrona (19, 20, 51) a Slanej (29). Najnižšie obsahy draslíka do 1,15% boli zaznamenané v riečnych sedimentoch Dunaja (46, 47), Turca (57) a Váhu (8, 12, 13).

Vápnik (Ca)

Spomedzi hlavných prvkov v riečnych sedimentoch sa vápnik vyznačuje najvyššou plošnou variabilitou koncentrácií (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 78\%$) a patrí aj k časovo najpremenlivejším zložkám s priemernou hodnotou $\bar{v}_c = 25\%$ (tab. 07.4.). Vysoká variabilita vápnika je podmienená najmä veľkými rozdielmi koncentrácie v zdrojových horninách. Vápnik charakterizujú aj špecifické podmienky pri zvetrávaní, migrácii a tvorbe sekundárnych minerálnych fáz. Najvariabilnejšie obsahy Ca sú sledované v sedimentoch horného Váhu (lokality č. 5, 6), Moravy (3) a Nitry (14).

Priemerný obsah vápnika v monitorovaných riečnych sedimentoch je 3,15%, medián 2,33% (tab. 07.3.). Vysoké koncentrácie vápnika zvyčajne nad 6 % (tab. 07.5.) vo Vážskych sedimentoch (lokality č. 11-13, 48, 49) a Turci (57) sú viazané predovšetkým na pôvodný horninový substrát mezozoických karbonátov. V prípade vysokých koncentrácií vápnika v Dunaji (46, 47) a Morave (1) sa predpokladá jeho pôvod predovšetkým z karbonatických sedimentov, resp. pôd s vysokým podielom karbonátov (nie je možné vylúčiť ani jeho

antropogénny pôvod). Sedimenty s nízkymi koncentraciami vápnika zvyčajne pod 1,15% sú charakteristické najmä pre metamorfované paleozoické horniny (nízky obsah CaO) v oblastiach Spišsko-gemerského rudohoria a sedimenty vonkajšieho flyšového pásma (Hnilec – lokalita č. 33; toky Východoslovenskej nížiny – 38, 42-45 a Ipeľ – 23, 24).

Horčík (Mg)

Horčík sa vyznačuje pomerne veľkou plošnou variabilitou koncentrácií spomedzi hlavných prvkov (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 55\%$), avšak časovo patrí k pomerne stabilným prvkom s priemernou hodnotou $\bar{v}_\varepsilon = 16\%$ (tab. 07.4). Veľká plošná variabilita Mg v sedimentoch Slovenska je podmienená variabilným zložením zdrojového horninového substrátu v príslušnom povodí. Najvariabilnejšie obsahy Mg sú zaznamenané v sedimentoch horného Váhu (lokality č. 5, 6), Hornádu (32) a Ondavy (37).

Celoslovenská priemerná koncentrácia Mg dosahuje hodnotu 1,29%, medián 1,01% (tab. 07.3). Najvyššie obsahy horčíka s hodnotami mediánu zvyčajne nad 2,0% (tab. 07.5) boli podobne ako v prípade vápnika pozorované v sedimentoch Váhu (lokality č. 5, 11-13), Turca (57) a Muráňa (28), ktoré predstavujú znosové oblasti s prevahou mezozoických karbonátov (najmä dolomitov). Vysoké koncentrácie horčíka v sedimentoch Dunaja (46, 47) a Moravy (1), ako už bolo uvedené, môžu byť okrem prírodných daností (prevaha karbonatického materiálu v sedimentoch) podmienené aj antropogénnym vplyvom. Najnižšie koncentrácie horčíka zvyčajne pod 0,8% boli sledované v povodiach Ondavy (38), Laborca (42), Tople (37), Ipľa a Štiavnice (24-26) a sú charakteristické najmä pre oblasť Spišsko-gemerského rudohoria, stredoslovenské neovulkanity a sedimenty vonkajšieho flyšového pásma.

Hliník (Al)

Hliník patrí z časového hľadiska spolu s draslíkom, sodíkom a horčíkom k prvkom s najstabilnejším obsahom v sedimente (priemerná hodnota koeficientu variability $\bar{v}_\varepsilon = 13\%$). Podobne aj priestorová variabilita Al je nízka s hodnotou $v_p = 22\%$ (tab. 07.4).

Priemerná koncentrácia hliníka zo všetkých údajov predstavuje hodnotu 5,44%, medián 5,43%, čo sú najvyššie hodnoty spomedzi všetkých analyzovaných parametrov. Dôvodom je fakt, že hliník patrí medzi hlavné litofilné prvky v geologickom prostredí s dobrou migračnou schopnosťou a uvoľňovaním do sedimentu. Rozdielna distribúcia hliníka je kontrolovaná rôznym pomerným zastúpením na hliník bohatších (kryštalínikum, ílovce, andezity), resp. chudobnejších hornín (pieskovce, karbonatické horniny) v povodí.

Najvyššie obsahy hliníka (zvyčajne nad 6,5%) sú trvalo charakteristické pre riečne sedimenty tokov Hnilec (lokalita č. 33), Latorica (44), Rimava (27), Bodrog (45), Ipeľ (23) a

Hron (20, 51, 52, 53). Najnižšie hodnoty obsahu Al (zvyčajne pod 4,5%) sú sledované v sedimentoch Váhu (lokality 8, 11-13, 49), Dunaja (46-47), Laborca (42) a Ondavy (37) – tab. 07.3, 07.5.

Železo (Fe)

Železo patrí medzi prvky so stabilnými obsahmi v čase s priemernou hodnotou variačného koeficientu $\bar{v}_\varepsilon = 19\%$ (tab. 07.4). Priestorová variabilita koncentrácií s hodnotou $v_p = 39\%$ je riadená geologickými podmienkami v jednotlivých povodiach. Rozhodujúcim faktorom distribúcie železa sa javí byť pomer hornín so zvýšeným zastúpením tmavých minerálov s obsahom železa (smerom k bázejšším horninám je všeobecný trend vzostupu obsahu železa). Najvýraznejšou časovou variabilitou železa sa vyznačujú sedimenty Hnilca a Hornádu (lokality č. 32, 33).

Priemerná koncentrácia železa v celom súbore je 2,93%, medián 2,75% (tab. 07.3). Najvyššie obsahy železa zvyčajne nad 3,4% sú typické pre riečne sedimenty stredoslovenských neovulkanitov (povodia Hrona – lokalita č. 52, Štiavnice a Ipľa – 23-26) a paleogénnych metamorfítov Spišsko-gemerského rudohoria (povodia Slanej – 29 a Hnilca – 33) – tab. 07.3, 07.5. Vysoké obsahy železa boli sledované aj v sedimentoch Latorice (44) a Bodrogu (45). Najnižšie obsahy železa (zvyčajne pod 2,3%) sú pravidelne zaznamenávané v sedimentoch Váhu (5, 6, 8, 11-13) a Toryse (34).

Stopové prvky

Stopové prvky sa vyznačujú koncentraciami v riečnych sedimentoch zvyčajne ďaleko nižšími ako 1% a z analyzovanej asociácie ukazovateľov je k nim možné zaradiť: Mn, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn.

Mangán (Mn)

Mangán sa vyznačuje pomerne nízkou plošnou variabilitou koncentrácií (koeficient variácie všetkých meraní $v_p = 55\%$) a spomedzi stopových prvkov patrí k časovo pomerne stabilným prvkom s priemernou hodnotou $\bar{v}_\varepsilon = 32\%$ (tab. 07.4.). Variabilita obsahu mangánu v sedimentoch je kontrolovaná najmä rozdielnou mobilitou a vysokou citlivosťou mangánu na oxidačno-redukčné podmienky vo vzorkovanom sedimente (v oxidačných podmienkach je mobilita mangánu nízka, v anoxických naopak). Podmienkou vyšších obsahov mangánu v sedimente je zvyčajne aj jeho prítomnosť v zdrojových horninách (najmä v intermediárnych až bázeických metavulkanitoch, andezitoch a ílovcach). Najvariabilnejšie obsahy mangánu boli zaznamenané v sedimentoch Štiavnice (lokalita č. 25), Hornádu (32) a Dunaja (47).

Priemerná koncentrácia mangánu v riečnych sedimentoch monitorovaných lokalít je 0,1%, medián 0,09% (tab. 07.3). Najvyššie koncentrácie mangánu zvyčajne nad 0,12% boli sledované v sedimentoch na tokoch Morava (lokalita č. 2, 3), Hnilec (33), Ipeľ a Štiavnica (24-26) a Latorica (44) – tab. 07.5. Najnižšie zastúpenie mangánu v sedimentoch zvyčajne pod 0,07% obsahujú sedimenty Turca (57), Nitry (lokalita č. 14, 50), Hrona (19-20, 51) a Váhu (5).

Arzén (As)

Distribúcia arzénu v riečnych sedimentoch Slovenska má viaceré špecifiká. Vo veľkej miere je podmienená výskytom rudných mineralizácií, na druhej strane však jeho obsah významne ovplyvňuje antropogénna činnosť. Priemerná koncentrácia arzénu všetkých údajov je 20,25 mg.kg⁻¹, medián 10,09 mg.kg⁻¹ (tab. 07.3).

Geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienené vysoké obsahy arzénu (obvykle nad 40 mg.kg⁻¹) sú sledované na lokalitách Hnilec (č. 33) a Slaná (29) – tab. 07.3 a 07.5. Zdroj arzénu v týchto oblastiach predstavujú najmä greizenizované granity gemerika a početné rudné mineralizácie viazané na tento región, ktoré sa v minulosti ťažili a upravovali. Podobného charakteru sú anomálie v oblasti kryštalinika Nízkych Tatier, resp. neovulkanitoch Štiavnických a Kremnických vrchov a dokumentujú ich najmä zvýšené koncentrácie v riečnych sedimentoch Hrona (19, 20, 52-53). Predovšetkým antropogénneho pôvodu sú anomálie arzénu v sedimentoch Ondavy (38) pravdepodobne pôvodom z odkaliska Poša (záťaž CHEMKO Strážske) a Nitry (14, 15, 50) pôvodom najmä z banskej a úpravárenskej činnosti v oblasti. Najnižšie koncentrácie arzénu (zvyčajne pod 7,0 mg.kg⁻¹) boli sledované v sedimentoch Dunaja (46, 47), niektorých tokov Východoslovenskej nížiny (37, 42, 55), Váhu (6, 12), Torysy (34).

Koeficient variácie koncentrácií arzénu v čase dosiahol hodnotu $\bar{v}_c = 64\%$ (tab. 07.4) a naznačuje zložité vlastnosti migrácie arzénu v prírodnom systéme. V prípade priestorovej distribúcie koncentrácií As bola spolu s Hg sledovaná ďaleko najvyššia hodnota koeficientu variability zo všetkých stanovovaných parametrov $v_p = 573\%$ (pre ortuť $v_p = 640\%$). Výrazne najvariabilnejšie obsahy arzénu boli zaznamenané v sedimentoch Hornádu (32).

Kadmium (Cd)

Koncentrácie kadmia sú v riečnych sedimentoch zvyčajne veľmi nízke – priemerná koncentrácia pozorovaná zo všetkých meraní dosiahla hodnotu 0,78 mg.kg⁻¹, medián 0,58 mg.kg⁻¹ (tab. 07.3). Ďaleko najvyššie koncentrácie kadmia boli sledované na toku Štiavnica (lokalita č.25) s hodnotou mediánu až 7,55 mg.kg⁻¹. Ďalej sú vysoké koncentrácie kadmia

charakteristické pre znosové oblasti Ipľa (26) a Hrona (52, 53) pochádzajúce predovšetkým z banskoštiavnickej rudnej oblasti (tab. 07.3, 07.5). Dôvodom týchto prevažne geogénnych, príp. geogénno-antropogénnych kontaminácií je prirodzený výskyt kadmia v rudných mineralizáciách neovulkanitov čiastočne mobilizovaný ťažobnou a úpravárenskou činnosťou. Najnižšie koncentrácie arzénu (zvyčajne pod 0,3 mg.kg⁻¹) boli sledované v sedimentoch Popradu (31) a niektorých tokov Východoslovenskej nížiny (37, 38, 42, 54, 55).

Koeficient variácie koncentrácií v čase ($\bar{v}_t = 75\%$) zaraďuje kadmium k prvkom s najpremenlivejším obsahom v sedimentoch hlavných slovenských riek (tab. 07.4). Rozsah a rýchlosť koncentračných zmien závisí od typu zdrojov znečistenia a konkrétnych hydrodynamických a geochemických podmienok v prostredí povrchových tokov. Priestorová variabilita kadmia je tiež vysoká s hodnotou $v_p = 194\%$. Výrazne najvariabilnejšie obsahy kadmia sú sledované v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32) a Laborca (42).

Nikel (Ni)

Distribúcia niklu je veľmi indikatívna najmä pre sedimenty flyšového pásma, neovulkanické horniny a čiastočne granitoidy tatrika, veporika a gemerika. Priemerná koncentrácia niklu je 29,53 mg.l⁻¹, medián 27,6 mg.l⁻¹ (tab. 07.3). Najvyššie hodnoty niklu (zvyčajne nad 40 mg.kg⁻¹) sú viazané predovšetkým na znosové oblasti ílovcov a pieskovcov vonkajšieho flyšového pásma, čo sa prejavilo vyššími koncentraciami niklu najmä v tokoch východného Slovenska (lokality č. 30, 31, 37, 40, 44, 45, 55), Kysuce (58) – tab. 07.3, 07.5. resp. Moravy (1, 2). Najnižšie obsahy niklu (zvyčajne pod 20 mg.kg⁻¹) sú pozorované v sedimentoch Ipľa a Štiavnice (24-26), Hrona (19, 51, 52), Váhu (5), Muráňa (28) a Nitry (14).

Z časového hľadiska obsah niklu v sedimentoch nepodlieha výraznejším zmenám. Zo stopových prvkov patrí spolu s chrómom k časovo najstabilnejším prvkom s nízkou hodnotou koeficientu variácie $\bar{v}_t = 24\%$, a podobne aj priestorová variabilita je nízka s hodnotou $v_p = 38\%$ (tab. 07.4). Najvariabilnejšie obsahy niklu boli vypočítané pre sedimenty Nitry (lokalita č. 14), Hrona (19) a Hornádu (32).

Meď (Cu)

Priemerná koncentrácia medi dosiahla hodnotu 41,24 mg.kg⁻¹, medián 27,23 mg.kg⁻¹ (tab. 07.3). Distribúcia medi je do značnej miery podmienená jej obsahom v horninovom prostredí, výskytom rudných mineralizácií a v nemalej miere aj antropogénnymi aktivitami (najmä pri aplikácii fungicídov v poľnohospodárstve, vinohradníctve a pod.).

Najvyššie koncentrácie medi (tab. 07.5.) geogénneho, resp. geogénno-antropogénneho charakteru zvyčajne nad 50 mg.kg⁻¹ sú situované v riečnych sedimentoch

Spišsko-gemerského rudohoria a stredoslovenských neovulkanitov a boli zaznamenané v povodiach Hnilca (lokalita č. 33 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu 331 mg.kg^{-1}), Štiavnice (25), Hrona (20, 52, 53) a Hornádu (32). Zvýšené obsahy medi na lokalite Malý Dunaj (1) sú pravdepodobne antropogénneho pôvodu. Najnižšími koncentraciami medi v porovnaní z celoslovenským priemerom (zvyčajne menej ako 18 mg.kg^{-1}) sa vyznačujú sedimenty niektorých úsekov Váhu (lokalita č. 5, 12), Hrona (51), Dunaja (46, 47), Ipľa (24), Muráňa (28) a Ondava (38).

Koeficient časovej variácie $\bar{v}_t = 49\%$ zaraďuje med' medzi stredne variabilné stopové prvky. Veľmi vysoká priestorová variabilita ($v_p = 211\%$) je spôsobená najmä výskytom anomálnych koncentrácií v znosových oblastiach rudných ložísk (tab. 07.4). Výrazne najvariabilnejšie obsahy medi sú pozorované v sedimentoch Hornádu (lokalita č. 32).

Chrómu (Cr)

Spomedzi stopových prvkov patrí distribúcia chrómu spolu s niklom k časovo najstabilnejším zložkám s priemernou hodnotou koeficientu variácie $\bar{v}_t = 30\%$ (tab. 07.4), a podobne aj priestorová variabilita chrómu je nízka ($v_p = 41\%$). Najvariabilnejšie obsahy chrómu boli sledované v sedimentoch Dunaja (47) a Váhu (lokalita č. 12).

Priemerná koncentrácia chrómu v monitorovaných sedimentoch je $70,16 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $62,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Všeobecne je distribúcia chrómu výrazne ovplyvňovaná horninovým prostredím. Podobne ako v prípade niklu, anomálne, resp. nadpriemerné obsahy chrómu (nad 85 mg.kg^{-1}) sú predovšetkým podmienené jeho obsahom v zdrojových horninách paleogénnych sedimentov, kde chróm migruje zvyčajne na veľké vzdialenosti vďaka dobrej odolnosti voči zvetrávaniu. Z monitorovaných lokalít sú najvyššie koncentrácie chrómu viac menej geogénneho pôvodu zaznamenávané najmä v sedimentoch Latorice (lokalita č. 44), Bodrogu (45) a Moravy (2, 3). V povodí Nitry (15, 50) a Malého Dunaja (1) je možné predpokladať aj antropogénny pôvod chrómu v riečnom sedimente (tab. 07.5). Oblasť jadrových pohorí, Spišsko-gemerského rudohoria a neovulkanitov sa vyznačujú podpriemernými koncentraciami chrómu (menej ako 55 mg.kg^{-1}) v porovnaní z celoslovenským priemerom – Váh (lokality č. 5, 6, 12), Hron (51, 52), Štiavnica (25), Ipľa (26) a Hornád (35).

Zinok (Zn)

Zinok predstavuje z časového hľadiska zo stopových prvkov stredne stabilný prvok s hodnotou koeficientu variácie $\bar{v}_t = 32\%$ (tab. 07.4). Jeho vysoká priestorová variabilita (v_p

= 137%) je spôsobená predovšetkým anomálnymi koncentráciami v oblastiach s výskytom rudných ložísk. Výrazne najvariabilnejšie obsahy zinku boli zaznamenané pre sedimenty Hornádu (lokalita č. 32) a Váhu (11).

Priemerná koncentrácia zinku predstavuje hodnotu 196 mg.kg^{-1} , medián $123,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Výraznejšie anomálie distribúcie zinku nad 300 mg.kg^{-1} v riečnych sedimentoch sú viazané predovšetkým na geogénne, resp. geogénno-antropogénne podmienky v oblastiach výskytu rudných mineralizácií (tab. 07.5). K takýmto oblastiam je možné priradiť najmä stredoslovenské neovulkanity – sedimenty Štiavnice (lokalita č. 25 – ďaleko najvyššia hodnota mediánu analyzovaných vzoriek 1444 mg.kg^{-1}), Hrona (20, 52, 53), Ipľa (23, 26) a Spišsko-gemerské rudohorie – sedimenty Hnilca (33). Ďalším potenciálnym zdrojom anomálnych koncentrácií zinku sú antropogénne aktivity spojené predovšetkým so širokým uplatnením zinku v rozličných priemyselných odvetviach a poľnohospodárstve – napr. Malý Dunaj (1) a Myjava (56). Najnižšie obsahy zinku (zvyčajne pod 100 mg.kg^{-1}) zodpovedajú najmä jeho koncentráciam v materskom horninovom substráte paleogénu flyšového pásma, príp. karbonátogénných hornín a sú charakteristické pre povodia Váhu (8, 12) a niektorých tokov Východoslovenskej nížiny a prilahlých oblastí (34, 37-38, 54-55).

Olovo (Pb)

Priemerná koncentrácia olova predstavuje hodnotu $42,33 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $27,37 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Distribúcia olova je podobne ako v prípade zinku okrem prírodných daností (nadväznosť s materským horninovým prostredím) podmienená aj antropogénnym ovplyvnením. Z hľadiska prírodných zdrojov je distribúcia olova ovplyvnená najmä početnými polymetalickými ložiskami. V prípade rozsiahlej banskej činnosti spojenej s ťažbou a úpravou takýchto rúd je možné očakávať v riečnych sedimentoch vysoké koncentrácie olova. Svedčí o tom najmä monitorovaný tok Štiavnice (lokalita č. 25) s ďaleko najvyššou hodnotou mediánu koncentrácií olova na úrovni 460 mg.kg^{-1} (tab. 07.5). Ďalšie oblasti s vysokou koncentraciou olova v sedimentoch (zvyčajne nad $50,0 \text{ mg.kg}^{-1}$), ktoré sú viazané na horninové prostredie polymetalického zrudnenia stredoslovenských vulkanitov a čiastočne aj Spišsko-gemerského rudohoria, sú dokumentované v sedimentoch Ipľa (23, 26), Hrona (20, 52-53) a Hnilca (33).

Koeficient variácie s priemernou hodnotou $\bar{v}_c = 53\%$ zaraďuje Pb v rámci stopových prvkov medzi prvky s veľkou časovou variabilitou v riečnych sedimentoch (tab. 07.4). Podobne je sledovaná aj veľká priestorová variabilita ($v_p = 182\%$) spôsobená výskytom anomálnych koncentrácií Pb predovšetkým v oblastiach rudných ložísk. Najvariabilnejšie obsahy medi sú pozorované v sedimentoch Moravy (lokalita č. 3), Váhu (8, 11) a Hornádu (32).

Ortuť (Hg)

Obsah ortuti v priestore aj čase je veľmi premenlivý (tab. 07.4). Priemerná hodnota koeficientu časovej variácie je veľká ($\bar{v}_t = 75\%$) a zapríčinená jednak vplyvom časovej premenlivosti najmä sekundárnych zdrojov ortuti, resp. jej komplikovanými geochemickými vlastnosťami (migračná schopnosť). Priestorovú variabilitu charakterizuje najvyššia hodnota z prezentovanej asociácie prvkov $v_p = 640\%$. Najvariabilnejšie obsahy medi sú sledované v sedimentoch Nítry (lokalita č. 14), Hrona (20) a Laborca (42).

Priemerná koncentrácia ortuti je nízka s hodnotou $1,02 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián však iba $0,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Najvýznamnejšie obsahy ortuti sú typické pre Spišsko-gemerské rudohorie, resp. okolie Banskej Bystrice (zvyčajne nad $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) a sú zapríčinené najmä výskytom Hg-ložísk v oblastiach. Celá oblasť tvorí geogénno-antropogénnu anomáliu obsahov ortuti. Jedná sa najmä o monitorovacie stanovišťa na Hornáde (najmä lokalita č. 32), Hnilci (33) a Slanej (29) – tab. 07.5. Anomálne obsahy ortuti v sedimentoch Nítry (14-15, 50) a Malého Dunaja (1) je možné považovať za antropogénne. Najnižšie obsahy ortuti zvyčajne pod $0,06 \text{ mg.kg}^{-1}$ boli sledované v sedimentoch Váhu (5, 8, 12) a v niektorých tokoch Východoslovenskej nížiny (37-38, 54, 55).

Antimón (Sb)

Priemerná koncentrácia antimónu je $2,82 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián však iba $0,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.3). Podobne ako v prípade iných stopových prvkov (napr. Hg, Zn, Pb, Cu), aj vysoké obsahy antimónu v riečnych sedimentoch sú zvyčajne dôsledkom geogénno-antropogénnych anomálií najmä v oblastiach Spišsko-gemerského rudohoria a stredoslovenských neovulkanitov. Zvyčajne sa jedná o obsahy antimónu nad 4 mg.kg^{-1} – Hnilec (lokalita č. 33), Hron (19-20, 52, 53), Slaná (29) a Hornád (32, 35) – tab. 07.5. V ostatných monitorovaných lokalitách boli sledované podstatne nižšie koncentrácie antimónu väčšinou do 1 mg.kg^{-1} . Pre antimón v riečnych sedimentoch je charakteristická veľká priestorová variabilita hodnôt (koeficient priestorovej variácie $v_p = 256\%$). Komplikované podmienky migrácie antimónu sa odrazili v najvyššej hodnote koeficientu časovej variability $\bar{v}_t = 95\%$ (tab. 07.4) spomedzi všetkých stanovovaných ukazovateľov. Najvariabilnejšie obsahy antimónu boli vypočítané pre sedimenty Malého Dunaja (lokalita č. 1), Ondava (40) a Bodrog (45).

Selén (Se)

Koncentrácie selénu dosahujú v riečnych sedimentoch veľmi nízke hodnoty (priemer $0,34 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $0,30 \text{ mg.kg}^{-1}$) – tab. 07.3, s pomerne vysokou hodnotou časovej

variability $\bar{v}_c = 81\%$ (tab. 07.4). Priestorová variabilita prvku spomedzi stopových prvkov však nie je veľká ($v_p = 87\%$). Najvyššie koncentrácie selénu zvyčajne nad $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.5) boli zaznamenané v sedimentoch Nitry (stanovište č. 50), Turca (57), Nitry (14), Ipľa (23), Malého Dunaja (1), Hnilca (33), Váhu (48) a Moravy (2). Najnižšie koncentrácie selénu zvyčajne pod $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 07.5) boli zaznamenané v sedimentoch Laborca (stanovište č. 55), Ipľa (26), Dunaja (46, 47), Muráňa (28), Váhu (8, 12, 13).

Kobalt (Co)

Priemerná koncentrácia kobaltu reprezentuje hodnotu $11,48 \text{ mg.kg}^{-1}$, medián $10,74 \text{ mg.kg}^{-1}$. (tab. 07.3). Koeficient variácie zaraďuje z časového aj plošného hľadiska kobalt medzi stopové prvky s nízkou variabilitou ($\bar{v}_c = 30\%$, resp. $v_p = 44\%$) – tab. 07.4. Výrazne najvariabilnejšie obsahy kobaltu sú sledované pre sedimenty Hornádu (lokalita č. 32).

Najvyššia hodnota mediánu ($27,18 \text{ mg.kg}^{-1}$) bola sledovaná na lokalite Hnilec (33) v Spišsko-gemerskej oblasti. Zvýšené obsahy Co môžu byť v podmienkach Slovenska typické pre neovulkanity, avšak výraznejšie anomálie v týchto oblastiach neboli zaznamenané – tab. 07.5. Celkovo je možné v prípade zastúpenia kobaltu v riečnych sedimentoch hovoriť o pomerne vyrovnaných koncentráciách pohybujúcich sa prakticky medzi $6 - 14 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Tab. 07.3 Základné štatistické parametre analyzovaných zložiek za obdobie rokov 1996-2006 (x - aritmetický priemer; med - medián; s - štandardná odchýlka)

lokalita	1			2			3			5			6			8			11		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	2,59	2,17	2,27	2,35	2,12	1,12	1,96	1,51	1,17	1,75	1,03	1,51	1,60	1,30	1,09	0,76	0,75	0,24	1,53	1,27	0,84
strata žihaním do 380 °C (%)	6,04	6,41	1,39	4,36	4,25	0,91	3,43	3,41	0,59	5,65	4,57	3,12	3,85	2,85	1,85	2,39	2,23	0,92	4,48	4,09	1,38
strata žihaním nad 380 °C (%)	11,53	11,52	0,82	4,22	4,02	0,77	3,29	3,15	0,67	8,21	9,33	3,72	3,29	3,15	1,27	6,26	5,99	0,78	11,10	10,93	1,34
Na (%)	0,72	0,70	0,07	0,79	0,77	0,08	0,86	0,85	0,07	1,35	1,21	0,34	1,41	1,44	0,11	0,97	0,97	0,07	0,74	0,73	0,07
K (%)	1,60	1,62	0,14	1,69	1,67	0,14	1,56	1,54	0,10	1,60	1,58	0,24	1,48	1,46	0,22	1,12	1,05	0,16	1,31	1,25	0,14
Mg (%)	2,27	2,32	0,15	0,92	0,89	0,15	0,68	0,66	0,05	2,59	2,86	1,01	0,89	0,83	0,23	1,16	1,16	0,14	2,01	1,97	0,31
Ca (%)	7,03	7,14	0,66	2,30	2,13	0,70	1,86	1,76	0,67	3,98	4,20	1,87	1,50	1,32	0,63	3,89	3,76	0,68	6,95	6,96	0,75
Fe (%)	3,27	3,18	0,33	3,09	3,07	0,45	2,73	2,78	0,33	2,22	2,13	0,48	2,41	2,28	0,34	2,05	2,06	0,35	2,46	2,33	0,53
Mn (%)	0,12	0,12	0,02	0,17	0,15	0,04	0,17	0,14	0,09	0,06	0,06	0,02	0,11	0,10	0,03	0,08	0,08	0,02	0,13	0,13	0,03
Al (%)	5,67	5,69	0,55	5,45	5,45	0,70	4,94	4,96	0,54	5,34	4,95	1,13	5,63	5,60	0,50	4,20	4,32	0,63	4,42	4,29	0,64
As (mg.kg ⁻¹)	14,20	14,12	6,02	9,71	9,58	4,12	7,89	8,17	3,70	8,56	8,29	4,10	7,21	7,30	3,93	12,50	8,12	15,75	9,67	9,50	4,21
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,91	0,85	0,63	0,75	0,75	0,39	0,61	0,66	0,39	0,49	0,44	0,42	0,42	0,40	0,31	0,61	0,63	0,53	0,67	0,68	0,45
Co (mg.kg ⁻¹)	11,85	11,57	2,40	13,25	11,87	4,70	11,08	10,17	3,34	8,97	8,28	2,41	9,22	8,93	2,09	8,43	8,31	2,25	9,24	8,60	3,50
Cr (mg.kg ⁻¹)	85,90	87,13	12,71	95,81	94,76	12,95	89,94	91,95	26,14	47,50	48,03	10,67	55,04	52,99	13,04	73,67	59,04	44,01	71,85	65,64	19,29
Cu (mg.kg ⁻¹)	53,78	58,08	13,16	32,64	33,00	6,94	29,84	28,50	8,77	15,49	15,66	6,29	20,13	19,01	11,65	23,91	20,17	12,04	52,20	33,65	36,54
Hg (mg.kg ⁻¹)	0,44	0,45	0,16	0,22	0,18	0,19	0,18	0,11	0,17	0,07	0,06	0,04	0,08	0,08	0,05	0,06	0,05	0,03	0,27	0,09	0,31
Ni (mg.kg ⁻¹)	40,65	41,66	4,89	41,04	40,42	6,87	33,47	33,19	5,74	19,87	19,16	4,27	29,12	26,82	8,32	27,26	26,52	6,91	34,71	34,02	7,23
Pb (mg.kg ⁻¹)	39,73	42,60	13,85	28,21	29,87	7,74	45,89	26,00	75,73	25,53	28,77	10,79	21,02	22,82	10,62	38,53	24,13	46,66	52,87	28,39	80,66
Sb (mg.kg ⁻¹)	3,04	1,13	7,04	0,55	0,69	0,48	0,45	0,45	0,38	0,71	0,75	0,57	0,88	0,54	0,87	0,45	0,45	0,39	0,88	0,97	0,67
Se (mg.kg ⁻¹)	0,59	0,56	0,38	0,50	0,47	0,36	0,38	0,43	0,23	0,38	0,25	0,36	0,33	0,26	0,24	0,30	0,20	0,23	0,40	0,35	0,26
Zn (mg.kg ⁻¹)	339,91	360,00	84,30	178,84	167,34	25,74	153,39	148,59	32,83	98,53	95,42	25,37	97,95	104,32	19,14	86,68	85,43	19,41	230,63	117,09	287,63
lokalita	12			13			14			15			19			20			23		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	0,91	0,62	1,14	1,08	1,03	0,40	1,95	1,83	1,00	1,81	1,52	0,63	1,33	0,86	1,03	2,08	1,28	2,04	2,46	2,14	1,31
strata žihaním do 380 °C (%)	1,58	1,49	0,50	2,73	2,70	1,21	5,04	4,82	2,47	4,82	4,51	1,77	3,84	3,81	1,51	6,32	5,03	3,16	6,60	6,94	2,02
strata žihaním nad 380 °C (%)	11,16	11,55	0,97	10,73	10,38	1,72	8,04	7,58	3,06	5,34	5,19	1,24	4,47	4,60	0,88	6,44	6,48	1,02	3,25	3,05	0,95
Na (%)	0,90	0,92	0,08	0,86	0,86	0,09	0,84	0,85	0,14	0,91	0,91	0,10	1,48	1,50	0,18	1,18	1,19	0,16	1,07	1,11	0,24
K (%)	1,03	1,04	0,11	1,13	1,11	0,20	1,20	1,19	0,14	1,52	1,54	0,10	1,65	1,65	0,17	1,70	1,72	0,21	1,59	1,62	0,23
Mg (%)	2,09	2,08	0,14	2,12	2,12	0,32	1,06	0,99	0,23	1,05	1,06	0,08	1,52	1,55	0,32	1,92	1,87	0,24	0,88	0,89	0,04
Ca (%)	7,79	7,76	1,05	6,89	6,91	1,12	6,04	5,69	2,78	3,06	3,08	0,66	2,48	2,53	0,71	3,23	3,10	0,64	1,18	1,12	0,17
Fe (%)	1,64	1,62	0,34	2,17	1,98	0,45	2,63	2,64	0,48	2,74	2,75	0,27	2,78	2,66	0,31	2,96	2,90	0,53	3,72	3,57	0,73
Mn (%)	0,08	0,08	0,02	0,09	0,09	0,02	0,06	0,05	0,01	0,07	0,07	0,01	0,06	0,05	0,01	0,06	0,06	0,01	0,09	0,09	0,03
Al (%)	3,53	3,49	0,60	4,41	3,98	1,13	4,44	4,57	0,88	5,59	5,64	0,50	6,16	5,96	0,62	6,19	6,28	0,94	6,94	6,92	0,85
As (mg.kg ⁻¹)	6,78	6,67	3,21	9,34	9,60	4,28	45,38	41,35	39,64	25,25	23,79	12,13	22,98	23,66	11,38	35,84	38,52	15,43	13,34	12,12	7,55
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,42	0,39	0,38	0,57	0,63	0,35	0,47	0,36	0,40	0,52	0,71	0,34	0,43	0,38	0,34	0,45	0,37	0,33	0,51	0,54	0,33
Co (mg.kg ⁻¹)	7,13	7,79	2,06	7,60	7,90	2,30	9,73	10,16	2,54	10,51	9,46	3,70	8,77	8,13	2,55	11,75	11,06	2,53	13,17	12,65	3,72
Cr (mg.kg ⁻¹)	51,82	43,11	36,04	67,59	60,41	28,47	47,33	46,30	12,64	104,57	97,00	34,07	56,84	56,12	11,38	59,55	55,05	13,60	86,90	71,62	43,69
Cu (mg.kg ⁻¹)	11,23	10,93	4,67	20,40	17,97	7,23	34,62	27,84	28,04	31,29	23,80	23,65	32,33	31,74	10,81	83,47	78,43	24,93	31,84	28,07	16,60
Hg (mg.kg ⁻¹)	0,07	0,06	0,03	0,60	0,48	0,37	24,28	9,23	38,62	3,35	3,30	1,82	0,09	0,08	0,03	0,70	0,28	1,28	0,43	0,28	0,52
Ni (mg.kg ⁻¹)	20,41	21,51	5,26	24,18	22,34	8,57	20,13	19,82	8,32	23,99	25,00	4,16	20,44	17,96	10,08	22,46	23,23	5,02	29,01	25,89	8,40
Pb (mg.kg ⁻¹)	14,07	12,70	7,09	23,11	21,89	9,13	26,52	29,68	11,56	23,73	25,00	9,50	34,34	33,96	12,98	54,53	54,73	22,60	77,22	64,63	43,70
Sb (mg.kg ⁻¹)	0,58	0,47	0,46	0,67	0,64	0,55	0,68	0,81	0,51	0,82	0,60	0,79	7,59	6,97	6,74	16,60	16,23	12,46	3,11	1,86	3,38
Se (mg.kg ⁻¹)	0,22	0,21	0,24	0,26	0,17	0,20	0,63	0,64	0,55	0,43	0,40	0,21	0,30	0,25	0,29	0,33	0,36	0,26	0,68	0,60	0,75
Zn (mg.kg ⁻¹)	56,95	58,45	13,11	112,28	102,16	39,69	138,45	116,10	60,33	126,80	118,89	26,21	136,10	133,47	19,38	223,76	208,74	60,29	372,12	377,90	101,23

Tab. 07.3 pokračovanie

lokalita	24			25			26			27			28			29			30		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	2,66	2,69	1,49	2,72	2,43	1,13	1,97	1,94	0,97	1,22	1,06	0,67	0,78	0,77	0,25	1,24	0,98	0,85	1,61	1,21	1,54
strata žihaním do 380 °C (%)	5,42	5,11	2,69	4,47	4,15	1,69	3,31	3,43	1,12	4,10	4,16	1,85	3,16	2,83	0,93	4,91	4,58	2,84	3,86	3,45	1,81
strata žihaním nad 380 °C (%)	2,89	3,00	0,83	2,31	2,16	0,72	2,20	1,99	0,76	2,57	2,67	0,71	6,17	6,57	1,18	3,26	3,30	0,57	4,59	4,41	1,20
Na (%)	0,93	0,89	0,15	0,95	0,96	0,10	1,05	1,07	0,10	1,66	1,70	0,25	1,70	1,79	0,21	1,05	1,03	0,14	1,45	1,51	0,21
K (%)	1,35	1,33	0,15	1,52	1,52	0,08	1,25	1,30	0,15	1,62	1,63	0,14	1,23	1,19	0,13	1,76	1,75	0,22	1,53	1,54	0,18
Mg (%)	0,70	0,72	0,06	0,67	0,66	0,06	0,81	0,77	0,17	0,95	0,97	0,08	2,51	2,69	0,62	0,80	0,75	0,20	1,21	1,22	0,18
Ca (%)	1,16	1,14	0,25	1,50	1,56	0,28	1,65	1,62	0,47	1,37	1,37	0,25	2,73	2,68	0,48	1,67	1,66	0,40	2,31	2,22	0,71
Fe (%)	3,53	3,40	0,36	3,63	3,57	0,48	4,03	4,00	0,78	3,03	2,97	0,28	3,11	3,15	0,37	3,80	3,86	0,54	2,65	2,54	0,45
Mn (%)	0,16	0,15	0,07	0,20	0,15	0,15	0,13	0,13	0,03	0,09	0,08	0,05	0,10	0,09	0,02	0,13	0,12	0,02	0,06	0,07	0,02
Al (%)	6,32	6,31	0,47	6,22	6,25	0,52	6,02	6,21	0,68	6,92	7,12	0,58	6,05	6,06	0,36	5,87	5,82	0,51	6,06	6,11	0,67
As (mg.kg ⁻¹)	8,48	8,32	6,01	16,30	16,29	9,98	6,87	7,10	3,79	11,53	13,10	5,50	9,77	10,80	4,50	36,61	37,71	16,75	9,26	9,17	4,36
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,34	0,34	0,28	8,98	7,55	4,89	2,07	1,87	0,77	0,51	0,49	0,30	0,47	0,56	0,37	0,58	0,58	0,36	0,43	0,57	0,30
Co (mg.kg ⁻¹)	13,70	13,48	5,15	14,30	13,24	3,85	14,54	13,70	4,10	11,85	11,83	4,14	11,59	11,57	2,86	11,62	10,97	2,21	12,58	12,11	3,70
Cr (mg.kg ⁻¹)	59,81	59,31	12,06	48,44	48,66	7,76	51,03	52,02	10,77	59,63	59,38	7,42	55,86	55,16	11,99	63,79	60,63	19,04	63,37	66,82	14,96
Cu (mg.kg ⁻¹)	15,44	17,12	7,50	103,90	101,63	32,34	33,07	33,92	10,64	26,94	27,48	10,55	18,41	17,24	9,41	47,17	43,01	18,62	32,14	29,20	16,59
Hg (mg.kg ⁻¹)	0,08	0,07	0,03	0,14	0,13	0,06	0,07	0,07	0,03	0,18	0,11	0,19	0,10	0,06	0,10	0,86	0,52	0,69	0,20	0,20	0,11
Ni (mg.kg ⁻¹)	21,44	20,34	6,36	16,55	15,94	4,29	16,23	17,83	5,26	23,29	24,25	4,60	20,26	18,50	5,03	27,82	28,23	4,37	40,51	39,41	9,18
Pb (mg.kg ⁻¹)	25,11	25,33	11,40	475,85	460,03	206,28	105,87	104,90	41,50	26,83	30,15	10,09	27,57	27,42	9,39	35,06	31,97	12,59	31,02	31,29	10,71
Sb (mg.kg ⁻¹)	0,89	0,63	0,86	1,13	1,40	0,80	0,41	0,26	0,36	1,04	0,90	0,94	1,00	0,86	0,81	14,39	14,96	11,96	1,07	0,87	1,00
Se (mg.kg ⁻¹)	0,29	0,31	0,22	0,23	0,28	0,17	0,13	0,10	0,17	0,32	0,35	0,24	0,18	0,15	0,19	0,29	0,31	0,23	0,33	0,33	0,18
Zn (mg.kg ⁻¹)	128,76	138,59	29,96	1589,74	1443,96	726,63	433,83	425,20	70,20	129,15	124,13	29,21	93,01	89,98	13,03	164,10	168,85	61,37	162,34	157,95	49,86
lokalita	31			32			33			34			35			36			37		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	1,20	1,07	0,80	1,20	0,64	1,29	1,91	1,95	0,73	0,78	0,71	0,38	1,53	1,23	1,44	1,78	1,79	0,62	1,23	1,14	0,58
strata žihaním do 380 °C (%)	2,87	2,47	1,10	2,77	2,72	1,23	8,38	9,01	3,41	1,87	1,76	0,85	2,56	2,27	1,66	3,75	4,13	1,53	2,43	2,29	0,97
strata žihaním nad 380 °C (%)	4,86	4,87	1,06	5,66	5,45	1,34	3,15	3,24	0,62	3,98	4,13	0,56	4,79	4,75	0,77	4,40	4,38	0,81	3,18	3,05	0,67
Na (%)	1,14	1,15	0,12	1,01	1,01	0,11	1,02	1,00	0,12	1,09	1,08	0,13	0,98	0,97	0,11	0,97	0,96	0,11	0,89	0,88	0,23
K (%)	1,50	1,47	0,16	1,46	1,39	0,27	2,21	2,18	0,35	1,36	1,35	0,12	1,49	1,44	0,19	1,55	1,54	0,21	1,37	1,31	0,22
Mg (%)	1,21	1,23	0,21	1,22	1,12	0,36	0,91	0,90	0,09	0,84	0,85	0,11	1,19	1,20	0,16	1,06	1,02	0,18	0,70	0,65	0,22
Ca (%)	2,57	2,59	0,54	2,57	2,66	0,43	0,72	0,64	0,19	2,35	2,40	0,58	2,40	2,43	0,40	2,33	2,51	0,48	1,73	1,44	0,65
Fe (%)	2,56	2,47	0,44	3,64	2,57	3,60	6,34	5,33	3,32	2,12	2,09	0,23	2,52	2,53	0,20	2,68	2,66	0,29	2,42	2,41	0,22
Mn (%)	0,08	0,08	0,02	0,11	0,08	0,09	0,15	0,14	0,04	0,07	0,07	0,01	0,08	0,08	0,01	0,09	0,09	0,02	0,06	0,06	0,01
Al (%)	5,39	5,30	0,60	5,00	4,97	0,95	7,57	7,85	1,04	4,69	4,80	0,37	4,85	4,83	0,73	5,45	5,31	0,86	4,78	4,48	0,89
As (mg.kg ⁻¹)	7,79	8,22	3,18	239,76	12,59	789,71	56,79	58,64	27,24	5,92	6,34	3,07	13,93	15,03	5,39	10,79	11,79	5,04	6,73	6,50	4,11
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,33	0,20	0,28	0,92	0,52	1,55	0,76	0,86	0,47	0,45	0,50	0,31	0,54	0,58	0,27	0,55	0,54	0,30	0,29	0,30	0,23
Co (mg.kg ⁻¹)	10,27	9,62	2,96	14,77	9,98	14,68	28,66	27,18	7,35	10,10	9,35	3,55	10,52	9,37	3,32	10,91	10,90	2,57	11,92	11,42	3,20
Cr (mg.kg ⁻¹)	78,79	64,54	31,83	70,61	54,51	29,61	78,74	74,84	12,99	63,45	53,76	29,70	62,19	52,54	22,61	68,50	68,42	21,66	75,62	62,37	35,83
Cu (mg.kg ⁻¹)	20,45	20,74	7,84	202,20	59,08	491,77	316,36	331,57	80,04	21,22	18,00	18,98	39,77	39,16	8,26	30,76	29,57	11,74	20,69	21,79	6,11
Hg (mg.kg ⁻¹)	0,12	0,10	0,06	8,25	7,68	4,81	1,44	0,91	1,15	0,12	0,10	0,06	0,58	0,38	0,47	0,35	0,29	0,19	0,05	0,04	0,02
Ni (mg.kg ⁻¹)	38,77	39,00	9,83	30,87	29,43	12,43	34,74	35,43	7,39	27,03	27,11	3,89	33,17	33,50	4,84	31,17	30,83	7,15	39,73	42,90	12,23
Pb (mg.kg ⁻¹)	22,33	25,48	9,49	35,85	24,22	38,62	67,29	68,17	25,63	19,69	20,73	9,62	24,65	26,38	9,26	24,06	25,21	10,24	18,14	17,25	10,99
Sb (mg.kg ⁻¹)	0,62	0,63	0,47	6,63	5,36	7,05	32,33	31,17	19,17	0,79	0,52	0,80	2,31	2,37	1,83	1,55	1,66	1,20	0,41	0,20	0,43
Se (mg.kg ⁻¹)	0,36	0,41	0,21	0,26	0,25	0,18	0,45	0,54	0,38	0,24	0,28	0,18	0,26	0,18	0,26	0,32	0,33	0,24	0,31	0,30	0,28
Zn (mg.kg ⁻¹)	105,00	103,70	29,93	216,42	118,79	332,74	447,81	382,07	168,60	84,78	79,13	21,44	144,75	136,77	38,73	140,29	140,39	44,79	78,35	74,21	24,17

Tab. 07.3 pokračovanie

lokalita	38			40			42			43			44			45			46		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	1,91	1,78	0,76	2,67	2,40	1,20	1,57	1,65	0,68	1,91	1,38	1,06	2,00	1,97	0,40	2,47	2,27	1,13	0,22	0,24	0,13
strata žihaním do 380 °C (%)	3,05	2,95	0,75	4,20	3,66	1,36	2,74	2,73	0,95	4,62	4,18	1,40	4,58	4,60	0,85	4,30	4,03	0,70	0,63	0,68	0,42
strata žihaním nad 380 °C (%)	2,44	2,35	0,83	3,52	3,49	0,68	2,14	2,21	0,58	2,93	3,03	0,78	3,62	3,49	1,12	3,63	3,63	0,58	13,50	13,20	1,60
Na (%)	0,82	0,85	0,13	0,88	0,89	0,14	0,82	0,86	0,13	0,94	0,95	0,13	0,87	0,85	0,15	0,87	0,87	0,12	1,05	1,12	0,16
K (%)	1,46	1,44	0,16	1,77	1,75	0,20	1,17	1,22	0,20	1,59	1,56	0,26	2,16	2,20	0,32	1,90	1,90	0,18	0,96	1,10	0,22
Mg (%)	0,56	0,53	0,08	0,82	0,82	0,13	0,64	0,64	0,06	0,81	0,78	0,12	1,13	1,11	0,19	0,91	0,91	0,08	3,06	3,01	0,25
Ca (%)	1,11	1,02	0,45	1,55	1,56	0,23	0,91	0,90	0,25	0,81	0,78	0,19	1,07	1,03	0,30	1,03	1,12	0,15	7,69	8,29	2,44
Fe (%)	2,47	2,34	0,34	3,17	3,18	0,40	2,69	2,65	0,31	3,37	3,34	0,44	4,48	4,62	0,67	3,72	3,68	0,52	2,72	2,70	0,51
Mn (%)	0,09	0,08	0,02	0,11	0,10	0,02	0,10	0,07	0,05	0,06	0,06	0,03	0,15	0,15	0,04	0,11	0,10	0,03	0,09	0,07	0,04
Al (%)	4,73	4,75	0,49	6,11	5,95	0,66	4,42	4,52	0,70	6,13	6,13	0,69	7,94	7,83	0,87	6,84	7,08	0,76	4,02	4,11	0,69
As (mg.kg ⁻¹)	37,27	26,82	35,49	25,99	17,07	18,98	6,25	6,59	2,40	7,94	8,65	3,26	12,82	12,84	6,19	15,31	12,84	10,03	4,79	3,67	2,84
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,29	0,23	0,27	0,40	0,45	0,27	0,53	0,29	0,77	0,43	0,54	0,33	0,60	0,58	0,41	0,52	0,58	0,30	0,46	0,46	0,49
Co (mg.kg ⁻¹)	11,40	11,05	2,75	12,17	11,98	2,89	10,11	10,45	2,51	12,03	11,43	3,40	18,11	18,20	4,14	15,09	14,26	3,36	8,57	9,95	2,97
Cr (mg.kg ⁻¹)	69,74	55,55	28,75	83,89	77,60	20,03	64,37	60,48	16,66	75,13	76,52	8,68	108,65	108,52	16,74	91,81	92,59	11,60	55,65	56,91	10,63
Cu (mg.kg ⁻¹)	24,65	17,88	23,00	23,56	25,84	7,31	24,86	23,34	12,92	28,88	27,32	9,63	39,11	37,00	10,96	32,14	33,40	4,91	16,31	16,05	7,39
Hg (mg.kg ⁻¹)	0,07	0,06	0,04	0,14	0,10	0,12	0,19	0,09	0,32	0,10	0,09	0,05	0,10	0,08	0,04	0,11	0,09	0,09	0,09	0,06	0,08
Ni (mg.kg ⁻¹)	33,68	33,52	5,58	44,04	46,52	8,13	32,77	33,43	7,13	36,46	35,36	6,55	54,95	56,12	8,23	46,52	46,96	7,47	22,30	21,14	6,49
Pb (mg.kg ⁻¹)	18,54	20,32	6,17	23,48	24,25	6,26	22,23	21,87	12,54	24,63	23,57	10,71	27,11	30,04	10,27	24,18	24,05	8,83	18,94	18,00	10,35
Sb (mg.kg ⁻¹)	0,50	0,54	0,43	0,75	0,45	1,26	0,57	0,57	0,49	0,55	0,43	0,62	0,49	0,55	0,38	0,98	0,45	1,96	0,25	0,23	0,21
Se (mg.kg ⁻¹)	0,34	0,35	0,23	0,32	0,31	0,23	0,37	0,43	0,25	0,41	0,44	0,27	0,45	0,44	0,34	0,37	0,40	0,25	0,13	0,13	0,16
Zn (mg.kg ⁻¹)	81,91	82,99	21,35	115,92	121,55	20,60	105,11	102,99	21,50	116,55	110,44	27,60	139,82	143,15	16,83	118,14	120,18	17,19	73,12	72,92	23,13
lokalita	47			48			49			50			51			52			53		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	0,80	0,46	0,88	1,65	1,65	0,41	1,29	1,28	0,49	2,37	2,37	0,68	0,84	0,76	0,34	1,69	1,78	0,71	1,94	2,04	0,49
strata žihaním do 380 °C (%)	1,41	1,42	0,84	6,89	6,89	3,51	5,43	5,43	2,57	6,39	6,39	2,77	5,88	5,88	4,21	4,47	4,47	0,08	6,66	6,66	4,12
strata žihaním nad 380 °C (%)	11,67	12,66	3,20	10,95	10,95	0,36	7,68	7,68	3,56	4,52	4,52	1,57	5,44	5,44	0,12	3,94	3,94	0,08	3,33	3,33	0,33
Na (%)	0,98	0,95	0,21	0,92	0,87	0,17	0,72	0,76	0,10	0,73	0,69	0,19	1,60	1,64	0,22	1,13	1,11	0,04	1,00	0,98	0,07
K (%)	1,04	0,98	0,26	1,50	1,52	0,17	1,27	1,32	0,24	1,61	1,66	0,17	1,85	1,86	0,09	1,54	1,54	0,08	1,53	1,51	0,08
Mg (%)	2,64	2,70	0,63	1,89	1,77	0,49	1,64	1,70	0,54	1,02	1,03	0,10	1,70	1,69	0,04	1,49	1,53	0,15	1,01	1,02	0,06
Ca (%)	7,68	7,84	2,16	5,96	5,97	2,07	6,82	7,18	2,72	3,68	3,90	1,61	2,73	2,73	0,14	2,37	2,43	0,27	2,17	2,13	0,63
Fe (%)	3,27	2,82	1,93	2,79	2,75	0,11	2,13	2,26	0,56	2,99	2,99	0,34	2,24	2,19	0,18	3,78	3,81	0,57	3,33	3,29	0,23
Mn (%)	0,12	0,10	0,09	0,11	0,12	0,04	0,06	0,06	0,02	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05	0,01	0,11	0,10	0,03	0,11	0,12	0,02
Al (%)	4,32	4,37	0,75	5,41	5,27	0,58	4,12	4,36	0,81	5,85	5,76	0,41	6,20	6,36	0,69	6,31	6,26	0,61	6,36	6,35	0,38
As (mg.kg ⁻¹)	8,21	6,18	8,16	13,96	11,88	5,24	7,54	8,11	2,96	22,70	23,03	2,82	9,55	9,53	2,09	37,88	35,09	11,97	30,33	28,22	13,04
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,65	0,69	0,44	0,73	0,75	0,56	0,47	0,48	0,51	1,07	0,79	0,77	0,56	0,56	0,61	1,32	1,29	0,33	1,19	1,11	0,61
Co (mg.kg ⁻¹)	9,78	10,05	3,78	10,80	10,65	3,24	8,25	9,23	3,07	10,53	9,96	2,00	6,82	6,00	2,17	14,43	13,80	2,61	12,40	12,15	2,38
Cr (mg.kg ⁻¹)	85,39	59,95	74,13	101,81	99,41	37,88	75,70	75,26	19,55	112,15	103,06	33,97	43,81	44,37	1,97	51,12	52,39	7,21	63,80	62,04	10,76
Cu (mg.kg ⁻¹)	17,33	17,51	9,14	34,70	36,88	6,66	26,16	28,26	9,40	41,09	41,07	4,07	14,27	14,92	3,49	75,05	73,10	11,31	44,78	41,29	18,29
Hg (mg.kg ⁻¹)	0,14	0,11	0,10	0,12	0,12	0,06	0,10	0,09	0,07	2,60	2,59	0,88	0,07	0,06	0,07	0,52	0,39	0,46	0,25	0,28	0,10
Ni (mg.kg ⁻¹)	22,06	21,36	4,28	32,10	32,05	2,33	30,19	31,87	8,00	28,88	30,50	4,85	15,12	16,11	5,41	18,45	17,88	4,42	21,87	22,38	3,78
Pb (mg.kg ⁻¹)	36,29	34,39	27,73	47,62	45,18	8,89	26,93	29,84	7,51	33,23	29,29	10,77	27,89	26,88	3,51	69,64	72,28	6,61	41,47	41,86	9,82
Sb (mg.kg ⁻¹)	0,50	0,50	0,31	3,14	3,25	1,37	1,00	0,92	0,46	1,07	0,92	0,50	1,38	0,96	0,95	10,46	11,10	6,20	5,30	4,61	2,58
Se (mg.kg ⁻¹)	0,16	0,17	0,18	0,51	0,51	0,17	0,40	0,34	0,25	0,68	0,76	0,26	0,23	0,25	0,25	0,16	0,18	0,20	0,29	0,33	0,31
Zn (mg.kg ⁻¹)	119,26	107,84	58,17	140,95	135,50	18,17	104,92	105,30	41,27	195,31	175,63	65,33	98,73	94,14	27,11	443,27	431,68	51,66	394,32	353,77	185,32

Tab. 07.3 pokračovanie

lokality	54			55			56			57			58			59		
	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s	x	med	s
strata sušením do 110 °C (%)	0,96	1,00	0,37	1,28	1,11	0,48	2,04	1,61	1,01	2,24	2,10	1,10	2,00	2,20	1,18	1,54	1,51	0,17
strata žihaním do 380 °C (%)	2,58	2,58	0,01	1,73	1,73	0,63	4,05	4,05	1,01	6,64	6,64	1,80	4,01	4,01	2,43	4,07	4,07	0,39
strata žihaním nad 380 °C (%)	3,74	3,74	0,14	3,49	3,49	1,16	6,10	6,10	0,66	15,20	15,20	0,31	7,26	7,26	3,79	7,70	7,70	0,34
Na (%)	1,14	1,16	0,15	0,91	0,96	0,18	0,73	0,77	0,15	0,81	0,74	0,17	0,62	0,63	0,06	1,01	1,03	0,08
K (%)	1,56	1,56	0,15	1,40	1,43	0,07	1,58	1,58	0,07	1,14	1,19	0,20	1,40	1,45	0,42	1,46	1,45	0,09
Mg (%)	0,78	0,78	0,08	0,86	0,94	0,17	0,85	0,83	0,05	2,90	2,94	0,52	0,79	0,81	0,23	1,14	1,23	0,20
Ca (%)	1,66	1,71	0,25	3,27	2,15	2,78	4,43	3,94	1,26	9,12	8,96	1,47	5,23	5,23	2,26	4,48	4,37	0,55
Fe (%)	2,33	2,25	0,24	2,70	2,80	0,29	2,77	2,89	0,37	2,97	3,08	0,29	2,78	2,93	0,91	2,52	2,53	0,11
Mn (%)	0,06	0,06	0,00	0,07	0,07	0,02	0,13	0,10	0,05	0,05	0,05	0,02	0,09	0,08	0,06	0,11	0,11	0,05
Al (%)	5,42	5,34	0,36	4,83	4,79	0,34	4,83	4,85	0,38	4,90	4,97	0,31	4,84	5,31	1,69	5,21	5,22	0,17
As (mg.kg ⁻¹)	7,83	7,55	1,83	6,82	6,99	2,10	8,30	8,41	2,43	9,24	9,15	1,79	7,36	7,40	1,74	12,56	10,45	6,05
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,32	0,29	0,48	0,34	0,34	0,38	0,55	0,55	0,31	0,86	0,79	0,61	0,52	0,45	0,28	0,63	0,53	0,64
Co (mg.kg ⁻¹)	9,77	9,93	1,32	10,20	10,00	1,88	8,69	8,50	1,44	10,28	10,19	2,63	10,35	10,47	2,31	8,18	7,50	1,98
Cr (mg.kg ⁻¹)	85,64	86,23	26,37	74,83	79,94	17,78	82,53	78,31	27,42	71,57	66,97	15,09	86,23	90,36	37,22	62,38	63,68	10,73
Cu (mg.kg ⁻¹)	20,81	19,43	6,40	26,46	25,50	7,57	29,01	30,27	3,04	42,71	44,50	8,40	39,66	39,44	6,91	24,69	25,32	4,21
Hg (mg.kg ⁻¹)	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,18	0,11	0,17	0,25	0,30	0,12	0,16	0,15	0,12	0,05	0,04	0,03
Ni (mg.kg ⁻¹)	32,97	32,11	2,63	36,33	38,84	6,61	36,00	38,00	4,85	32,62	32,49	3,35	46,47	51,22	17,44	24,86	23,55	3,01
Pb (mg.kg ⁻¹)	19,59	19,63	1,30	19,90	19,51	2,56	26,64	27,00	5,89	41,97	41,80	6,59	29,79	32,97	10,30	23,59	20,69	6,28
Sb (mg.kg ⁻¹)	0,87	0,77	0,48	0,66	0,62	0,16	0,80	0,79	0,11	2,06	1,12	2,24	0,65	0,65	0,07	0,75	0,72	0,24
Se (mg.kg ⁻¹)	0,17	0,24	0,19	0,15	0,07	0,29	0,50	0,45	0,47	0,60	0,75	0,38	0,38	0,38	0,12	0,40	0,35	0,35
Zn (mg.kg ⁻¹)	72,12	70,44	14,32	76,59	77,31	12,66	303,67	295,21	72,91	192,49	199,08	41,95	145,11	151,79	46,81	106,69	104,30	32,65
lokality	monitoring - celý súbor (údaje 1996-2007)			Geochemický atlas														
	x	med	s	x	med	s												
strata sušením do 110 °C (%)	1,66	1,38	1,18	-	-	-												
strata žihaním do 380 °C (%)	3,94	3,52	2,21	-	-	-												
strata žihaním nad 380 °C (%)	5,53	4,27	3,51	-	-	-												
Na (%)	1,03	0,97	0,28	0,94	0,87	0,40												
K (%)	1,47	1,47	0,32	1,54	1,51	0,40												
Mg (%)	1,29	1,01	0,72	1,13	0,82	1,03												
Ca (%)	3,15	2,33	2,45	3,06	1,69	3,61												
Fe (%)	2,93	2,75	1,14	2,86	2,65	1,20												
Mn (%)	0,10	0,09	0,05	0,10	0,08	0,11												
Al (%)	5,44	5,43	1,19	5,76	5,68	1,43												
As (mg.kg ⁻¹)	20,25	10,09	116,07	10,75	6,00	48,93												
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,78	0,57	1,51	0,34	0,10	2,04												
Co (mg.kg ⁻¹)	11,48	10,74	5,02	8,87	8,00	5,41												
Cr (mg.kg ⁻¹)	70,16	62,00	28,89	79,37	70,00	94,64												
Cu (mg.kg ⁻¹)	41,24	27,23	86,95	31,99	20,00	132,54												
Hg (mg.kg ⁻¹)	1,02	0,11	6,54	0,30	0,08	3,31												
Ni (mg.kg ⁻¹)	29,53	27,60	11,25	26,76	23,00	35,13												
Pb (mg.kg ⁻¹)	42,33	27,37	77,18	20,35	14,00	55,53												
Sb (mg.kg ⁻¹)	2,82	0,70	7,23	3,28	0,50	49,56												
Se (mg.kg ⁻¹)	0,34	0,30	0,30	0,31	0,20	0,56												
Zn (mg.kg ⁻¹)	196,05	123,81	269,12	115,79	79,00	236,47												

Tab. 07.4 Koeficient časovej a plošnej variability vyjadrený v % (zvýraznené sú hodnoty časovej variability vyššie ako priemerná hodnota + štandardná odchýlka)

číslo monitorovanej lokality	koeficienty časovej variability																				
	110	380	900	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
1	88	23	7	10	9	6	9	10	18	10	42	69	20	15	24	36	12	35	232	64	25
2	48	21	18	10	8	16	31	15	26	13	42	52	35	14	21	90	17	27	89	71	14
3	60	17	20	8	7	8	36	12	54	11	47	64	30	29	29	96	17	165	85	62	21
5	87	55	45	25	15	39	47	21	38	21	48	86	27	22	41	53	22	42	80	93	26
6	68	48	39	8	15	26	42	14	25	9	54	73	23	24	58	62	29	51	99	73	20
8	31	38	12	7	14	12	17	17	28	15	126	87	27	60	50	57	25	121	86	77	22
11	55	31	12	9	10	15	11	22	26	15	43	67	38	27	70	117	21	153	76	66	125
12	125	32	9	9	11	7	13	21	24	17	47	92	29	70	42	47	26	50	79	107	23
13	38	44	16	10	18	15	16	21	24	26	46	61	30	42	35	61	35	40	83	78	35
14	51	49	38	17	12	22	46	18	24	20	87	85	26	27	81	159	41	44	76	87	44
15	35	37	23	11	7	7	22	10	20	9	48	65	35	33	76	54	17	40	97	50	21
19	78	39	20	12	10	21	29	11	24	10	50	77	29	20	33	37	49	38	89	98	14
20	98	50	16	13	13	12	20	18	20	15	43	75	22	23	30	183	22	41	75	78	27
23	53	31	29	22	15	4	14	20	27	12	57	65	28	50	52	120	29	57	109	110	27
24	56	50	29	16	11	8	21	10	43	7	71	81	38	20	49	39	30	45	97	77	23
25	42	38	31	10	5	10	19	13	78	8	61	54	27	16	31	41	26	43	71	72	46
26	49	34	35	10	12	22	29	19	25	11	55	37	28	21	32	43	32	39	90	126	16
27	55	45	28	15	9	9	18	9	54	8	48	60	35	12	39	102	20	38	90	76	23
28	32	29	19	12	11	25	18	12	17	6	46	78	25	21	51	101	25	34	81	107	14
29	69	58	17	14	13	25	24	14	15	9	46	62	19	30	39	81	16	36	83	80	37
30	96	47	26	15	12	15	31	17	24	11	47	69	29	24	52	53	23	35	93	56	31
31	66	38	22	11	11	18	21	17	25	11	41	83	29	40	38	51	25	43	76	58	29
32	107	44	24	11	18	29	17	99	82	19	329	169	99	42	243	58	40	108	106	70	154
33	38	41	20	11	16	9	27	52	30	14	48	62	26	16	25	80	21	38	59	84	38
34	48	45	14	12	9	13	24	11	18	8	52	68	35	47	89	54	14	49	101	76	25
35	94	65	16	12	13	13	16	8	13	15	39	49	32	36	21	81	15	38	79	99	27
36	35	41	18	11	13	17	20	11	19	16	47	55	24	32	38	54	23	43	77	77	32
37	47	40	21	26	16	31	38	9	16	19	61	78	27	47	30	50	31	61	106	91	31
38	40	25	34	15	11	14	41	14	27	10	95	91	24	41	93	49	17	33	85	67	26
40	45	32	19	16	11	16	15	13	15	11	73	67	24	24	31	91	18	27	168	71	18
42	43	35	27	16	17	10	28	12	53	16	38	145	25	26	52	171	22	56	85	68	20
43	55	30	27	14	16	15	24	13	49	11	41	76	28	12	33	52	18	43	113	65	24
44	20	19	31	17	15	17	28	15	24	11	48	68	23	15	28	43	15	38	76	75	12
45	46	16	16	14	10	9	15	14	24	11	66	57	22	13	15	82	16	37	199	66	15
46	61	67	12	16	23	8	32	19	43	17	59	106	35	19	45	87	29	55	83	123	32
47	109	60	27	21	25	24	28	59	73	17	99	68	39	87	53	70	19	76	63	110	49
priemerná hodnota koeficientu časovej variability	60	39	23	14	13	16	25	19	32	13	64	75	30	30	49	75	24	53	95	81	32
štandardná odchýlka koeficientu časovej variability	25	13	9	5	4	8	10	17	18	4	49	24	13	17	38	37	8	32	35	19	28
koeficient plošnej variability	71	56	64	28	21	55	78	39	55	22	573	194	44	41	211	640	38	182	256	87	137

Pozn.: 110-strata sušením do 110 °C; 380-strata žíhaním do 380 °C; 900-strata žíhaním nad 380 °C

Tab. 07.5 Lokality s najvyššími a najnižšími koncentraciami stanovovaných parametrov

	ID	Na	ID	K	ID	Mg	ID	Ca	ID	Fe	ID	Mn	ID	Al
	%													
najvyššie hodnoty mediánu	28	1,79	44	2,20	46	3,01	57	8,96	33	5,33	2	0,15	33	7,85
	27	1,70	33	2,18	57	2,94	46	8,29	44	4,62	44	0,15	44	7,83
	51	1,64	45	1,90	5	2,86	47	7,84	26	4,00	24	0,15	27	7,12
	30	1,51	51	1,86	47	2,70	12	7,76	29	3,86	25	0,15	45	7,08
	19	1,50	29	1,75	28	2,69	49	7,18	52	3,81	3	0,14	23	6,92
	6	1,44	40	1,75	1	2,32	1	7,14	45	3,68	33	0,14	51	6,36
	5	1,21	20	1,72	13	2,12	11	6,96	25	3,57	11	0,13	53	6,35
	20	1,19	2	1,67	12	2,08	13	6,91	23	3,57	26	0,13	24	6,31
	54	1,16	50	1,66	11	1,97	48	5,97	24	3,40	29	0,12	20	6,28
	31	1,15	19	1,65	20	1,87	14	5,69	43	3,34	48	0,12	52	6,26
	0,97		1,47		1,01		2,33		2,75		0,09		5,43	
najnižšie hodnoty mediánu	38	0,85	11	1,25	43	0,78	27	1,37	11	2,33	54	0,06	14	4,57
	3	0,85	42	1,22	54	0,78	6	1,32	6	2,28	20	0,06	42	4,52
	2	0,77	14	1,19	26	0,77	24	1,14	49	2,26	37	0,06	37	4,48
	56	0,77	28	1,19	29	0,75	23	1,12	54	2,25	50	0,06	47	4,37
	49	0,76	57	1,19	24	0,72	45	1,12	51	2,19	43	0,06	49	4,36
	57	0,74	13	1,11	3	0,66	44	1,03	5	2,13	5	0,06	8	4,32
	11	0,73	46	1,10	25	0,66	38	1,02	34	2,09	19	0,05	11	4,29
	1	0,70	8	1,05	37	0,65	42	0,90	8	2,06	51	0,05	46	4,11
	50	0,69	12	1,04	42	0,64	43	0,78	13	1,98	14	0,05	13	3,98
	58	0,63	47	0,98	38	0,53	33	0,64	12	1,62	57	0,05	12	3,49

	ID	As	ID	Cd	ID	Co	ID	Cr	ID	Cu	ID	Hg	ID	Ni	ID	Pb	ID	Sb	ID	Se	ID	Zn
	mg.kg ⁻¹																					
najvyššie hodnoty mediánu	33	58,64	25	7,55	33	27,18	44	108,52	33	331,57	14	9,23	44	56,12	25	460,03	33	31,17	50	0,76	25	1443,96
	14	41,35	26	1,87	44	18,20	50	103,06	25	101,63	32	7,68	58	51,22	26	104,90	20	16,23	57	0,75	52	431,68
	20	38,52	52	1,29	45	14,26	48	99,41	20	78,43	15	3,30	45	46,96	52	72,28	29	14,96	14	0,64	26	425,20
	29	37,71	53	1,11	52	13,80	15	97,00	52	73,10	50	2,59	40	46,52	33	68,17	52	11,10	23	0,60	33	382,07
	52	35,09	33	0,86	26	13,70	2	94,76	32	59,08	33	0,91	37	42,90	23	64,63	19	6,97	1	0,56	23	377,90
	53	28,22	1	0,85	24	13,48	45	92,59	1	58,08	29	0,52	1	41,66	20	54,73	32	5,36	33	0,54	1	360,00
	38	26,82	50	0,79	25	13,24	3	91,95	57	44,50	13	0,48	2	40,42	48	45,18	53	4,61	48	0,51	53	353,77
	15	23,79	57	0,79	23	12,65	58	90,36	29	43,01	1	0,45	30	39,41	1	42,60	48	3,25	2	0,47	56	295,21
	19	23,66	48	0,75	53	12,15	1	87,13	53	41,29	52	0,39	31	39,00	53	41,86	35	2,37	56	0,45	20	208,74
	50	23,03	2	0,75	30	12,11	54	86,23	50	41,07	35	0,38	55	38,84	57	41,80	23	1,86	44	0,44	57	199,08
	10,09		0,57		10,74		62,00		27,23		0,11		27,60		27,37		0,70		0,30		123,81	
najnižšie hodnoty mediánu	58	7,40	19	0,38	6	8,93	34	53,76	34	18,00	5	0,06	46	21,14	13	21,89	47	0,50	12	0,21	51	94,14
	6	7,30	20	0,37	11	8,60	6	52,99	13	17,97	28	0,06	24	20,34	42	21,87	12	0,47	8	0,20	28	89,98
	26	7,10	14	0,36	56	8,50	35	52,54	38	17,88	12	0,06	14	19,82	34	20,73	40	0,45	35	0,18	8	85,43
	55	6,99	55	0,34	8	8,31	52	52,39	47	17,51	38	0,06	5	19,16	59	20,69	3	0,45	52	0,18	38	82,99
	12	6,67	24	0,34	5	8,28	26	52,02	28	17,24	51	0,06	28	18,50	38	20,32	8	0,45	47	0,17	34	79,13
	42	6,59	37	0,30	19	8,13	25	48,66	24	17,12	8	0,05	19	17,96	54	19,63	45	0,45	13	0,17	55	77,31
	37	6,50	42	0,29	13	7,90	5	48,03	46	16,05	54	0,05	52	17,88	55	19,51	43	0,43	28	0,15	37	74,21
	34	6,34	54	0,29	12	7,79	14	46,30	5	15,66	37	0,04	26	17,83	46	18,00	26	0,26	46	0,13	46	72,92
	47	6,18	38	0,23	59	7,50	51	44,37	51	14,92	59	0,04	51	16,11	37	17,25	46	0,23	26	0,10	54	70,44
	46	3,67	31	0,20	51	6,00	12	43,11	12	10,93	55	0,04	25	15,94	12	12,70	37	0,20	55	0,07	12	58,45

Pozn.: ID – poradové číslo lokality, hodnoty v strede tabuliek reprezentujú mediány koncentrácie zo všetkých monitorovaných pozorovaní

Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou

Základná (baseline) koncentrácia reprezentuje obvyklú koncentráciu látky identifikovanú v určitom čase, napr. na začiatku monitorovacieho cyklu, počas pozorovania alebo na konci monitorovacieho cyklu (Rice, 1999). Porovnanie výsledkov monitoringu so základnou (baseline) distribúciou je vyjadrením pomeru hodnôt mediánu koncentrácií stanovovaných parametrov na monitorovaných lokalitách k hodnotám mediánu jednotlivých ukazovateľov vypočítaných pre vzorky Geochemického atlasu riečnych sedimentov (Bodiš - Rapant, 1999), ktoré v tomto prípade reprezentujú základnú distribúciu prvkov z obdobia 90-tych rokov minulého storočia. Porovnanie distribúcií je vyjadrené v percentách pomocou **indexu obohatenia, resp. ochudobnenia I_r** . Vypočítané hodnoty indexu I_r sumarizuje tab. 07.6. Slabým odtieňom šedej farby sú vyjadrené výrazne vyššie hodnoty tohto pomeru pre jednotlivé monitorované lokality ($I_r \geq 140\%$), resp. silnejším odtieňom šedej farby výrazne nižšie hodnoty ($I_r \leq 80\%$).

Z výsledkov porovnania mediánov vyplýva, že koncentrácie stanovovaných prvkov vo vzorkách monitoringu (najmä v prípade stopových prvkov) sú zvyčajne výrazne vyššie, ako príslušný medián hodnôt vo vzorkách riečnych sedimentov Geochemického atlasu. Mierne „ochudobnenie“ koncentrácií prvkov v monitorovaných vzorkách voči vzorkám Geochemického atlasu bolo sledované len v prípade prvkov chróm, hliník a draslík.

Naznačené rozdiely v distribúcii sledovaných látok v hodnotených štatistických súboroch sú spôsobené najmä rôznym dizajnom vzorkovania a rôznou hustotou informácie. Vzorky riečnych sedimentov Geochemického atlasu reprezentujú viac ako 24000 jednorazových pozorovaní s veľkou štatistickou hustotou informácie (1 vzorka na 2 km²) pokrývajúcou prakticky celé územie Slovenska. Distribúcie analyzovaných prvkov odrážajú na jednej strane prírodné pozadové koncentrácie látok v prírodnom systéme, na druhej strane môžu byť odrazom antropogénnej činnosti. Monitorované lokality sú situované prakticky na hlavných tokoch, štatistická hustota informácie je podstatne nižšia a distribúcie prvkov vzhľadom k situovaniu lokalít sú pravdepodobne vo väčšej miere aj odrazom antropogénne podmienených aktivít v príslušnej oblasti ovplyvňujúcej formovanie chemického zloženia riečnych sedimentov (t.j. všeobecne vyššie koncentrácie väčšiny prvkov pre vzorky z monitoringu riečnych sedimentov).

Tab. 07.6 Index obohatenia (ochudobnenia) prvkov monitorovaných lokalít voči hodnotám z Geochemického atlasu

ID_lokalita	I _r - hlavné prvky (%)							I _r - stopové prvky (mg.kg ⁻¹)										
	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
všetky lokality	111	97	123	138	104	111	96	168	573	134	89	136	138	120	195	140	152	157
1	81	108	282	422	120	151	100	235	850	145	124	290	558	181	304	225	281	456
2	89	111	109	126	116	198	96	160	747	148	135	165	225	176	213	139	237	212
3	97	102	81	104	105	186	87	136	661	127	131	143	139	144	186	90	213	188
5	140	104	349	249	80	71	87	138	437	103	69	78	75	83	205	149	123	121
6	166	97	101	78	86	129	99	122	404	112	76	95	100	117	163	107	130	132
8	112	70	142	223	78	105	76	135	632	104	84	101	68	115	172	90	100	108
11	84	83	241	412	88	174	75	158	685	108	94	168	117	148	203	194	174	148
12	106	69	254	459	61	106	62	111	395	97	62	55	74	94	91	95	103	74
13	99	73	258	409	75	116	70	160	628	99	86	90	604	97	156	129	85	129
14	97	79	120	337	100	67	80	689	364	127	66	139	11542	86	212	162	318	147
15	104	102	129	182	104	90	99	397	710	118	139	119	4119	109	179	120	200	150
19	172	109	190	150	100	71	105	394	381	102	80	159	100	78	243	1395	124	169
20	136	114	228	183	110	81	110	642	373	138	79	392	346	101	391	3246	181	264
23	128	107	108	66	135	116	122	202	543	158	102	140	349	113	462	372	299	478
24	103	88	88	68	128	191	111	139	340	169	85	86	93	88	181	127	157	175
25	110	101	80	92	135	188	110	272	7547	166	70	508	163	69	3286	280	141	1828
26	123	86	93	96	151	166	109	118	1872	171	74	170	87	78	749	52	50	538
27	195	108	119	81	112	103	125	218	492	148	85	137	132	105	215	180	177	157
28	205	79	328	158	119	123	107	180	556	145	79	86	75	80	196	171	73	114
29	118	116	92	98	146	160	102	629	578	137	87	215	656	123	228	2991	156	214
30	174	102	148	131	96	86	108	153	567	151	95	146	254	171	223	173	167	200
31	133	98	151	154	93	98	93	137	199	120	92	104	126	170	182	125	207	131
32	116	92	137	157	97	108	88	210	523	125	78	295	9596	128	173	1071	124	150
33	115	144	110	38	201	176	138	977	855	340	107	1658	1142	154	487	6234	271	484
34	125	90	103	142	79	88	85	106	496	117	77	90	120	118	148	104	139	100
35	111	96	147	144	96	106	85	251	580	117	75	196	470	146	188	474	91	173
36	110	102	125	148	100	111	94	197	543	136	98	148	363	134	180	331	166	178
37	101	87	80	85	91	81	79	108	296	143	89	109	50	187	123	41	148	94
38	97	95	65	60	88	110	84	447	227	138	79	89	74	146	145	107	177	105
40	102	116	101	92	120	135	105	284	452	150	111	129	125	202	173	90	157	154
42	99	81	79	53	100	92	80	110	292	131	86	117	114	145	156	114	215	130
43	109	103	95	46	126	77	108	144	537	143	109	137	107	154	168	85	218	140
44	98	145	136	61	174	192	138	214	577	227	155	185	100	244	215	110	221	181
45	100	126	111	66	139	131	125	214	583	178	132	167	116	204	172	90	199	152
46	129	73	367	490	102	92	72	61	463	124	81	80	81	92	129	47	66	92
47	109	65	330	464	106	126	77	103	685	126	86	88	136	93	246	100	85	137
48	99	100	216	353	104	154	93	198	751	133	142	184	150	139	323	650	255	172
49	88	87	207	425	85	82	77	135	484	115	108	141	113	139	213	185	170	133
50	79	110	125	231	113	79	101	384	794	124	147	205	3235	133	209	183	380	222
51	189	123	207	162	83	68	112	159	562	75	63	75	69	70	192	193	126	119
52	128	102	187	144	144	134	110	585	1287	172	75	365	482	78	516	2221	91	546
53	113	100	125	126	124	152	112	470	1107	152	89	206	344	97	299	922	163	448
54	133	103	95	101	85	82	94	126	288	124	123	97	61	140	140	153	122	89
55	111	94	114	127	106	91	84	116	344	125	114	128	44	169	139	125	34	98
56	88	104	101	233	109	130	85	140	547	106	112	151	142	165	193	158	225	374
57	85	79	358	530	116	63	88	153	789	127	96	223	376	141	299	223	375	252
58	73	96	99	309	110	103	94	123	453	131	129	197	183	223	236	130	190	192
59	118	96	151	259	95	148	92	174	531	94	91	127	50	102	148	144	177	132

Kvalitatívne hodnotenie riečnych sedimentov (legislatívny a kombinovaný prístup)

Na posúdenie obsahu kontaminujúcich látok boli použité limitné hodnoty platné pre pôdy (Anonymym, 1994) – tab 07.1. Parametre prekračujúce kategórie A, B, C a hodnoty stupňa znečistenia C_d v riečnych sedimentov v roku 2007 sú uvedené v tab. 07.7.

V roku 2007 bolo zaznamenané prekročenie **referenčnej koncentrácie (kategória A)** na 38 lokalitách (zo 48) aspoň v prípade jednej posudzovanej zložky v zmysle **Rozhodnutia MP SR** č. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde. Stupeň (index) kontaminácie C_d vzťahujúci sa k prekročeniu referenčných koncentrácií A bol pre väčšinu lokalít pod hodnotou 1,0 (22 z 38 lokalít). Prekročené referenčné hodnoty vo väčšine prípadov reprezentujú koncentrácie na úrovni, resp. len málo vyššie od predpokladaných požadovaných koncentrácií. Z tohto pohľadu je možné za prakticky nekontaminované považovať riečne sedimenty povodí Váhu, Oravy a Kysuce (lokality č. 5-13, 48, 49, 58), väčšiny tokov Východoslovenskej nížiny a príľahlých oblastí (34-40, 42-43, 45, 54-55), hornej časti Hrona (18, 19, 51), Moravy (2-4), Muráňa (28) a Dunaja (46, 47), Popradu (30-31) a Rimavy (27). Na monitorovacích stanovištiach Malý Dunaj (lokality č. 1), Morava (3), Váh (13), Hron (20, 52), Ipeľ (26), Slaná (29), Poprad (30), Hornád (35, 36), Myjava (56), Turiec (57) a Kysuca (58) bol indikovaný určitý náznak kontaminácie prejavujúci sa prekročením referenčných koncentrácií zvyčajne dvoch aj viac ukazovateľov (najmä Cu, Zn, Cd, Ni, menej Pb, Hg, As), resp. stupňom znečistenia C_d vyšším ako hodnota 1,0. Silné znečistenie riečnych sedimentov z pohľadu prekročenia referenčných obsahov ($C_d > 10$) bolo zaznamenané na stanovištiach Nitra – Chalmová (Cu, Zn, Hg, As, Se), Nitra – Lužianky (Hg), Nitra – pod Šuranmi (Cr, Cu, Zn, Hg, Cd), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Hornád – Kolinovce (Cu, Zn, Hg, Ni) a Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Zn, Hg, Co, As, Ni, Pb, Sb).

Prekročenie limitných koncentrácií **kategórie B** (hranica, ktorej prekročenie prepokladá detailný monitoring lokality) bolo v roku 2007 zaznamenané na stanovištiach Nitra – Chalmová (Hg), Nitra – Lužianky (Hg), Nitra – pod Šuranmi (Hg), Hron – Sliač (Cu), Ipeľ – Rapovce (Pb), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Slaná – Čoltovo (Sb), Hornád – Kolinovce (Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Zn, Hg, As, Sb) a Dunaj – Štúrovo (Cr). Analytické výsledky v roku 2007 sú síce porovnateľné s predchádzajúcim monitorovacím obdobím, avšak v porovnaní konkrétne s rokom 2006 došlo k miernemu zhoršeniu kvality riečnych sedimentov, nakoľko B kategória bola v roku 2006 prekročená len na 7 stanovištiach.

Prekročenie **kategórie C** (hranica, ktorej prekročenie prepokladá sanačný zásah) bolo v roku 2007 pozorované na lokalitách Nitra – Chalmová (Hg), Štiavnica – ústie (Pb) a Hornád – Kolinovce (Hg) – pre porovnanie v roku 2006 to bolo len na jednom stanovišti.

Ak porovnáme kvalitatívne výsledky riečnych sedimentov z predchádzajúcim obdobím (Kordík et al., ročné správy monitorovania riečnych sedimentov 2001-2006), v zásade sa plošná distribúcia kontaminujúcich látok výraznejšie nemení. Riečne sedimenty na riekach Váh (horný a stredný úsek), Hron (horný úsek), Muráň (28) a Dunaj (46) a väčšina tokov Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí sú prakticky neznečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodné obsahy. Vzhľadom k dynamickým vlastnostiam riečnych sedimentov však boli v niektorých odberových snímkach zaznamenané zvýšené koncentrácie niektorých stonovených ukazovateľov, ktoré však nie sú trvalejšieho charakteru.

Z pohľadu kontaminácie má veľký význam porovnanie koncentrácií látok najmä voči kategórii B, resp. C v zmysle Rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540 (Anonym, 1994). Monitoring (12-ročné pozorovanie) jasne poukazuje na výrazne a trvalo znečistené toky Nitra (lokality č. 14-15), Štiavnica (25), Hornád (32) a Hnilec (33). Znečistenie riečnych sedimentov na Ondave (38) prejavujúce sa v minulých rokoch zvýšenými obsahmi arzénu nebolo v roku 2007 zaznamenané. Z monitorovaných lokalít sledovaných od roku 2004 bola najvýraznejšia kontaminácia zaznamenaná na riekach Nitra (50) a Hron (52).

Znečistené toky Štiavnica, Hron, Hornád a Hnilec reprezentujú geogénno-antropogénne anomálie viazané na bansko-štiavnickú, resp. a spišsko-gemerskú rudnú oblasť. Anomálne koncentrácie niektorých kovov svedčia o pomerne značnom zaťažení oblastí potenciálnymi nebezpečnými látkami, ktoré pretrváva aj po útlme baníctva na Slovensku. Závažné sú obsahy látok (najmä Hg a As) na rieke Nitra (Chalmová) pochádzajúce z intenzívnej priemyselnej činnosti na hornom Ponitří.

Tab. 07.7 Prekračujúce parametre a stupeň prekročenia C_d v riečnych sedimentoch podľa kategórií A, B, C v zmysle „Rozhodnutia MP SR číslo 531/1994-540“ v roku 2007

kategória	názov toku / lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	stupeň znečistenia C_d	názov toku / lokalita (poradové číslo)	prekračujúce parametre	stupeň znečistenia C_d
A	Malý Dunaj – Kolárovo (1)	Cu,Zn,Hg,Cd,Ni	3,45	Torysa – Kendice (34)	Cr	0,08
	Morava – Devínska Nová Ves (2)	Zn,Ni	0,24	Hornád – Krásna nad Hornádom (35)	Cu,Zn,Hg	2,18
	Čierny Váh - nad nádržou Čierny Váh (5)	Zn,Se	0,3	Hornád – Ždaňa (36)	Cu,Zn,Hg	0,97
	Orava – Kral'ovany (8)	Cr	0,42	Ondava – prítok do nádrže Domaša (37)	Cr,Ni	0,45
	Váh – Komárno (13)	Hg	0,23	Ondava – Nižný Hrušov (38)	Ni	0,26
	Nitra – Chalmová (14)	Cu,Zn,Hg,As,Se	73,74	Ondava – Brehov (40)	Ni	0,34
	Nitra – Lužianky (15)	Hg	10,27	Laborec – Lastomír (42)	Ni	0,03
	Hron - Šáľková (19)	Cu,Zn	0,64	Uh – Pinkovce (43)	Ni	0,03
	Hron – Sliač (20)	Cu,Zn,Hg,As,Sb	7,2	Latorica – Leleš (44)	Cu,Ni	0,94
	Ipeľ – Rapovce (23)	Cu,Zn,Hg,Ni,Pb	3,6	Bodrog – Streda nad Bodrogom (45)	Ni	0,31
	Ipeľ - Slovenské Ďarmoty (24)	Zn	0,02	Dunaj – Štúrovo (47)	Cr	1,33
	Štiavnica – ústie (25)	Cu,Zn,Cd,Pb	47,99	Váh – Dubná skala (48)	Cu,Zn	0,12
	Ipeľ – Ipeľský Sokolec (26)	Zn,Cd,Pb	2,6	Nitra – pod Šuranmi - Nitriansky Hrádok (50)	Cr,Cu,Zn,Hg, Cd	13,97
	Rimava - Rimavské Jánovce (27)	Zn	0,24	Hron – Kalná nad Hronom (52)	Cu,Zn,Hg,Cd	5,84
	Slaná – Čoltovo (29)	Cu,Zn,Hg,As,Sb	6,98	Hron – Kamenica (53)	Zn	0,89
	Poprad – Veľká Lomnica (30)	Cu,Zn,Ni	0,87	Laborec - Humenné nad sútokom s Cirochou (55)	Ni	0,14
	Poprad – Čirč (31)	Cr,Ni	0,29	Myjava – Kúty (56)	Zn,Ni	1,02
	Hornád – Kolinovce (32)	Cu,Zn,Hg,Ni	64,57	Turiec – Vrútky (57)	Cu,Zn,Hg	0,71
Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu,Zn,Hg,Co,As, Ni,Pb,Sb	28,88	Kysuca - Považský Chlmec (58)	Cu,Zn,Ni	1,27	
B	Nitra – Chalmová (14)	Hg	10,05	Slaná – Čoltovo (29)	Sb	0,13
	Nitra – Lužianky (15)	Hg	0,69	Hornád – Kolinovce (32)	Hg	8,55
	Hron – Sliač (20)	Cu	0,41	Hnilec – prítok do nádrže Ružín (33)	Cu,Zn,Hg,As, Sb	5,54
	Ipeľ – Rapovce (23)	Pb	0,05	Dunaj – Štúrovo (47)	Cr	0,21
	Štiavnica – ústie (25)	Cu,Zn,Cd,Pb	9,98	Nitra – pod Šuranmi – Nitriansky Hrádok (50)	Hg	0,75
C	Nitra – Chalmová (14)	Hg	1,21	Hornád – Kolinovce (32)	Hg	0,91
	Štiavnica – ústie (25)	Pb	0,012			

07.6 Vyhodnotenie kvality sledovaných ukazovateľov v rámci Európy

Sedimenty v rámci Európy predstavujú významnú ekologickú, sociálnu a ekonomickú hodnotu, a sú jedným z kľúčových komponentov vodných ekosystémov. Zatiaľ čo v minulosti bol v popredí záujmu manažment kvantity sedimentov, v posledných desaťročiach je zvýšený záujem o sledovanie kvalitatívnych parametrov sedimentov prakticky v celej Európe.

Monitoring chemického zloženia a kvality riečnych sedimentov na Slovensku podporuje myšlienku integrovaného manažmentu kvality sedimentov prezentovaného Európskou environmentálnou agentúrou (EEA DPSIR rámec), ktorý definuje riadiace sily, tlaky, postavenie, dôsledky a odozvy v otázke riečnych sedimentov. Príklady aplikovania tohto konceptu sú uvedené v tab. 07.8.

Tab. 07.8 Príklady aplikácie myšlienok EEA DPSIR ohľadom kvality sedimentov

Prvky DPSIR	Príklady
Riadiace sily	<ul style="list-style-type: none"> • priemyselné, poľnohospodárske a sociálne aktivity
Tlaky	<ul style="list-style-type: none"> • emisie z bodových a difúzných zdrojov
Postavenie	<ul style="list-style-type: none"> • zníženie kvality sedimentov v dôsledku pretrvávajúcej kontaminácie suspendovaných častíc následne migrujúcich a usadzovaných vo vodných tokoch, resp. nádržiach • „odkaz minulosti“: ak sa aj zlepšuje kvalita vody, kontaminácia sedimentu ostáva
Dôsledky	<ul style="list-style-type: none"> • dopad na organizmy v bezprostrednom styku so sedimentom – zníženie výskytu druhov, príp. aj pokles biodiverzity • vplyv na vyššie organizmy v potravinovom reťazci prenosom potravou, vodou atď. • kontaminované sedimenty sú potenciálnym zdrojom zhoršených účinkov na chemické a fyzikálne vlastnosti vody prostredníctvom uvoľňovania kontaminantov do povrchových a podzemných vôd • zníženie prieskumnej kapacity a ekonomickej hodnoty riečneho materiálu v dôsledku znečistenia • obmedzenie využitia ťaženého materiálu • konflikty záujmov: z odstránenia kontaminovaných sedimentov môže profitovať životné prostredie a lodná doprava, avšak na druhej strane môžu byť odstránené prírodné prostredia rôznych druhov živočíchov
Odozvy	<ul style="list-style-type: none"> • vývoj a aplikácie nových prostriedkov hodnotenia kvality sedimentov (napr. biotesty) • environmentálne bagrovacie: odstraňovanie najznečistenejších sedimentov • legislatíva upravujúca manažment sedimentov • medzinárodná kooperácia a dohody • zmena perspektív v kľúčovej úlohe sedimentov v riečnom systéme • potreba nadnárodných sietí k budovaniu a výmene informácií, skúseností, technológií

Jednou z nedoriešených problematík v oblasti manažmentu sedimentov v Európe je legislatíva spadajúca zvyčajne medzi dve oblasti, ktoré sú často v konflikte: voda a pôda.

A ďalej, ak je kontaminovaný sediment ťažený, je potrebné s ním nakladať ako s odpadom. Komplikovaným faktorom je časový a priestorový rozmer sedimentov (geologický cyklus, povodie a pod.) nerešpektujúci politické a administratívne hranice. Otázka manažmentu sedimentov je súčasťou niektorých Smerníc v odpadovom hospodárstve (Waste Directive, Landfill Directive, Urban Waste Water Treatment Directive, Directive for Integrated Pollution and Prevention Control), Smernice o pôdach (Soil Communication Paper) a Smernice o vodách (Water Framework Directive), avšak zvyčajne je v nich riešená len okrajovo.

Najväčší význam v kontexte problematiky sedimentov má Smernica o vodách s cieľom harmonizovať legislatívu vo vodnom hospodárstve v krajinách EÚ so zameraním sa na manažment na úrovni riečnych povodí. Úlohou členských štátov pri implementácii Smernice je dosiahnutie dobrého ekologického potenciálu a dobrého chemického stavu povrchových vôd najneskôr do roku 2015. Keďže sediment je základnou, neodmysliteľnou a dynamickou súčasťou riečneho systému, je zrejmé, že pôsobí a ovplyvňuje aj dobrý ekologický potenciál a dobrý chemický stav povrchových vôd. Smernica o vodách predstavuje šancu a stimul k vypracovaniu a implementácii trvalo udržateľného manažmentu sedimentov (SSM) v členských štátoch (Förstner, 2002; Vegter et al., 2002).

V kontexte vyššie uvedeného monitoring riečnych sedimentov Slovenska reprezentuje významnú bázu údajov prispievajúcich k myšlienkam integrovaného výskumu prírodného prostredia Európy. Za účelom pomoci harmonizovať prístupy v tejto problematike bola založená tzv. Európska sieť výskumu sedimentov (European Sediment Research Network – SedNet). Sieť vznikla s podporou Európskej komisie v rámci FP-5 a je prvým pokusom organizovať prácu manažérov a výskumníkov v oblasti sedimentov v Európe.

Porovnanie kvality monitorovaných riečnych sedimentov s publikovanými priemernými hodnotami vybraných ukazovateľov v rámci Európy je uvedené v tab. 07.9. Porovnávanie koncentrácií parametrov v riečnych sedimentoch rôznych oblastí má význam pre hodnotenie požadovaných koncentrácií ukazovateľov a miery antropogénneho zaťaženia riečnych sedimentov koncentraciami rôznych polutantov. Pri hodnotení riečnych sedimentov je potrebné mať na zreteli špecifiká a danosti prírodného prostredia tej ktorej krajiny (oblasti). Hodnotenie miery rizika kontaminácie je preto nevyhnutné zohľadňovať v súvislosti s odhadovanými prírodnými zdrojmi ovplyvňujúcimi chemické zloženie a kvalitu riečnych sedimentov.

Tab. 07.9 Porovnanie stredných hodnôt vybraných sledovaných ukazovateľov s európskymi strednými hodnotami

Parameter	monitoring	Geoch. Atlas ¹⁾	Fínsko ²⁾	Čechy ³⁾	Rakúsko ⁴⁾	UK ⁵⁾
-----------	------------	----------------------------	----------------------	---------------------	-----------------------	------------------

As mg.kg⁻¹	24,21	10,75	2,6	27	2	5
Cd mg.kg⁻¹	0,81	0,34	-	1,6	-	-
Cr mg.kg⁻¹	64,91	79,37	60	114	64	83
Cu mg.kg⁻¹	40,6	31,99	20	68	19	22
Hg mg.kg⁻¹	0,67	0,3	-	0,51	-	-
K %	1,47	1,54	2,1	0,72	2,31	0,83
Ni mg.kg⁻¹	29,68	26,76	24,1	59	30	39
Sb mg.kg⁻¹	2,76	3,28	0,3	3,3	2	0,1
Zn mg.kg⁻¹	200,07	115,79	57	529	80	132

¹⁾ Rapant-Bodiš, 1999, ²⁾ Koljonen et al., 1992, ³⁾ Veselý, 1995, ⁴⁾ Thalman et al., 1989, ⁵⁾ British Geological Survey, 1991

Dôležitým cieľom monitorovania riečnych sedimentov v nasledujúcich rokoch je nielen zosúladienie stratégií manažmentu riečnych sedimentov v celoeurópskom kontexte, ale aj úzka spolupráca odborníkov zaoberajúcich sa problematikou riečnych sedimentov na Slovensku. Z tohto hľadiska je možné uviesť najmä informácie z výskumu sedimentov vodných nádrží realizovaný na VÚVH, výskum riečnych sedimentov realizovaný na SHMÚ a iné práce.

07.7 Záver

V rámci monitoringu riečnych sedimentov bolo v roku 2007 odobratých a analyzovaných 48 vzoriek. Vzorkovanie prebiehalo v stabilných prírodných klimatických podmienkach pri ustálených stavoch vodných tokov. Laboratórne boli stanovené totálne obsahy hlavných prvkov Na, K, Mg, Ca, Fe, Al a stopových prvkov As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Zn.

Z časového hľadiska sa v rámci 12-ročného monitorovacieho obdobia ako najstabilnejšie prejavujú obsahy hlavných prvkov Al, K, Na, Fe a Mg a zo stopových prvkov Ni a Cr. Distribúcia týchto prvkov je v prevažnej miere ovplyvňovaná geogénnymi faktormi, ktorých pôsobenie v čase je pomerne stále. Nestabilným zložením a veľkou variabilitou sa vyznačujú z hlavných prvkov Ca a zo stopových prvkov najmä Pb, Hg, Cd, Cu a As. Veľká časová variácia je spôsobená predovšetkým zvýšenou citlivosťou prvkov na hydrodynamické a geochemické podmienky ich migrácie (napr. pH, oxidačno-redukčné podmienky) ako aj to, že na ich distribúciu vo výraznejšej miere môžu pôsobiť v čase premenlivé antropogénne faktory.

V roku 2007 bolo podľa „Rozhodnutia o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde“ (Anonym, 1994) zaznamenané prekročenie referenčnej hodnoty A na 38 lokalitách aspoň v prípade jednej uvažovanej zložky. Stupeň (index) kontaminácie C_d vzťahujúci sa k prekročeniu referenčných koncentrácií A bol pre väčšinu lokalít pod hodnotou 1,0 (22 z 38 lokalít). Prekročenie limitných koncentrácií **kategórie B** (hranica, ktorej prekročenie prepokladá detailný monitoring lokality) bolo v roku 2007 zaznamenané na

stanovištiach Nitra – Chalmová (Hg), Nitra – Lužianky (Hg), Nitra – pod Šuranmi (Hg), Hron – Sliach (Cu), Ipeľ – Rapovce (Pb), Štiavnica – ústie (Cu, Zn, Cd, Pb), Slaná – Čoltovo (Sb), Hornád – Kolinovce (Hg), Hnilec – prítok do nádrže Ružín (Cu, Zn, Hg, As, Sb) a Dunaj – Štúrovo (Cr). Analytické výsledky v roku 2007 sú síce porovnateľné s predchádzajúcim monitorovacím obdobím, avšak v porovnaní konkrétne s rokom 2006 došlo k miernemu zhoršeniu kvality riečnych sedimentov, nakoľko B kategória bola v roku 2006 prekročená len na 7 stanovištiach. Prekročenie **kategórie C** (hranica, ktorej prekročenie prepokladá sanačný zásah) bolo v roku 2007 pozorované na lokalitách Nitra – Chalmová (Hg), Štiavnica – ústie (Pb) a Hornád – Kolinovce (Hg) – pre porovnanie v roku 2006 to bolo len na jednom stanovišti.

Na základe dlhodobejšieho monitorovania chemického zloženia a kvality riečnych sedimentov (12-ročný monitoring) je možné v zásade konštatovať, že rieky Váh (horný a stredný úsek), Hron (horný úsek), Muráň (28), Dunaj (46) a väčšina tokov Východoslovenskej nížiny a príľahlých oblastí sú prakticky neznečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodné obsahy. Výsledky monitoringu poukazujú na výrazne a trvalo znečistené toky Nitra (lokality č. 14-15), Štiavnica (25), Hornád (32) a Hnilec (33).

07.8 Literatúra

ANONYM, 1994: *Rozhodnutie Ministerstva pôdohospodárstva SR číslo 531/1994-540, ročník XXVI, časť 1 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok.*

BACKMAN, B. – BODIŠ, D. – LAHERMO, P. – RAPANT, S. – TARVAINEN, T., 1998: *Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia.* Environmental Geology 36 (1–2) Springer-Verlag. pp. 55–64.

BODIŠ, D. – RAPANT, S., 2000: Environmental geochemistry and environmental – geochemical mapping of the Slovak Republic. Slovak Geological Magazine 6, ŠGÚDŠ Bratislava, pp. 5-16.

BODIŠ, D. – RAPANT, S., 1999: *Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť VI: Riečne sedimenty.* Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava. 145 s.

BOGEN, J. – BÖLVIKEN, B. – OTTESEN, R.T., 1992: *Environmental studies in Western Europe using overbank sediment.* In: Bogen, J. – Walling, D.E. – Day, T.J. (Eds.): Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins. International Association of Hydrological Sciences Publication, No. 210: p.317-325.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 1991: *Regional geochemistry of the East Grampians area, Keyworth Nottingham.* British Geological Survey, 95 p.

- ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P., 1999: *Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť Pôdy*. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava. 99 s.
- FÖRSTNER, U., 2002: Sediments and the European Water Framework Directive. Editorial. *J. Soil & Sediments*. 2 (2):5.
- KOLJONEN, T. – ELO, S. – GUSTAVSSON, N. – HUHMA, H. – KAURANNE, L.K. – KOLJONEN, T. – NORAS, P. – PESONEN, L.J. – RUOTOISTENMÄKI, T. – SALTIKOFF, B. – SILLANPÄÄ, M. – TANSKANEN, H. – VAASJOKI, M. – VUORELA, P., 1992: *The geochemical atlas of Finland, Part 2: Till*. Geological Survey of Finland, Espoo. 218 p.
- KORDÍK, J. – BODIŠ, D. – SLANINKA, I., 2001, 2002, 2003, 2004: *Monitorovanie chemického zloženia riečnych sedimentov. Ročná správa*. In: Klukanová et al.: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR. ŠGÚDŠ Bratislava. MŽP SR Bratislava.
- RICE, K.C., 1999: *Trace-element concentrations in streambed sediments across the conterminous United States*. *Environmental Science and Technology*, v. 33, p. 2499-2504.
- SLANINKA, I. – KORDÍK, J., 2001: *Chemické a kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí*. In: HYDROGEOCHÉMIA 2001: Zborník z konferencie. VI. ročník. Katedra hydrogeológie Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava. s. 84-90.
- SLANINKA, I., 1994: *Geochemicko-ekologické mapovanie aktívnych riečnych sedimentov v oblasti Jasenie - Dubová*. Manuskript, Diplomová práca. Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave Bratislava. 72 s.
- SMERNICA MŽP SR *na zostavovanie a vydávanie Geochemickej mapy riečnych sedimentov*.
- THALMANN, F. – SCHERMANN, O. – SCHROLL, E. – HAUSBERGER, J., 1989: *Geochemical atlas of the republic of Austria 1 : 1 000 000*. Vienna. 141 p.
- VEGTER, J.J. – LOWE, J. – KASAMAS, H. (EDS.), 2002: *Sustainable Management of Contaminated land: An Overview. A Report from the Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies*. Austrian Federal Environment Agency, 2002 on behalf of CLARINET, Version: August 2002 (http://www.clarinet.at/library/rblm_report.pdf).
- VESELÝ, J., 1995: *Drainage sediments in environmental and exploration geochemistry*. *Vestník Českého geologického ústavu* 70, 3, s.1-8.