

Monitoring geologických faktorov vplyvu ťažby nerastov na životné prostredie v rizikových oblastiach na Slovensku v rokoch 2007 – 2011

PETER BAJTOŠ¹, LUBICA ZÁHOROVÁ¹, STANISLAV RAPANT² a SILVESTER PRAMUKA¹

¹Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Markušovská cesta 1,
052 01 Spišská Nová Ves;
peter.bajtos@geology.sk

²Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Geological monitoring of mining influence on the environment in risk-bearing Slovak areas in years 2007–2011

Influence of mining on environment and life of people is important and expressive in several regions of Slovakia. Totally 25 from 535 evaluated areas were classified in 2005 as dangerous and requiring decontamination. These areas underwent a long term observation by the state partial monitoring system of geological factors of the environment in subsystem "Influence of mining on the environment". Monitoring at these areas has begun in 2007. This article introduces used methods and the main achieved results.

Because the different methodological approach, monitoring of the mining influence on the environment distinguishes between engineering geological, hydrogeological and geochemical aspects. Engineering geological monitoring represents investigation of geodynamic phenomena – physical impacts of mining on ground surface, mainly ground surface subsidences, slope deformations and failures on building objects. As potential sources of these geodynamic phenomena, stopped-out workings, deformation of rock massif in underground and portal locations are documented. Hydrogeological monitoring represent evaluation of measure in which the natural water circulation in mining areas is affected, quantification of mine waters discharge and characterization of its regime. Geochemical monitoring is objected on documentation of qualitative state of waters, recent sediments and soils in mining areas, to evaluate loading by chemical elements/species which are dangerous for environment and human health.

Key words: monitoring system, mining, geodynamic phenomenons, heavy metals, water quality, mine water

Úvod

Ako každá priemyselná činnosť ľudstva, aj ťažba nerastných surovín okrem profitu v podobe využívaného produktu prináša sprievodné prejavy, ovplyvňujúce a pretvárajúce pôvodný charakter využívaného územia s dosahmi na abiotické a biotické zložky životného prostredia a kvalitu života miestneho obyvateľstva. Vplyv baníctva na krajinu a život ľudí je vo viacerých regiónoch Slovenska významný a neprehliadnuteľný. Medzi najväčšie negatívne vplyvy ťažby nerastných surovín na životné prostredie patrí narušenie stability povrchu, indukované prítomnosťou otvorených vyťažených priestorov v podzemí. Vplyvom týchto javov vznikajú škody na stavebných objektoch, líniových stavbách, v pôdnom fonde a lesnom poraste, nebezpečenstvo úrazov a ohrozenie života pri pohybe osôb. Drenážnym účinkom banských diel dochádza k odvodňovaniu horninových komplexov, zníženiu výdatnosti využívaných zdrojov podzemnej vody a vzniku sústredených výtokov banských vôd na povrch. Ich anomálne chemické zloženie často negatívne ovplyvňuje kvalitu povrchových tokov. Pozostatkom ťažby je akumulácia veľkého množstva zostatkových materiálov

s obsahom kontaminantov na haldách a odkaliskách a s tým súvisiacia kontaminácia povrchových a podzemných vôd. V blízkosti závodov s tepelným spracovaním vyťaženej rudy býva účinkom imisií ovplyvnený rastlinný kryt a kvalita pôdy.

Vzhľadom na vážnosť uvedenej problematiky schválila vláda SR uznesenie č. 661 z 5. septembra 1995 o surovinovej politike SR v oblasti nerastných surovín. Z tohto uznesenia vyplynula úloha vypracovať systém zisťovania a monitorovania škôd v životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou. Táto úloha bola naplnená realizáciou orientačného prieskumu (Vrana et al., 2005), na základe výsledkov ktorého bol navrhnutý systém zisťovania škôd v životnom prostredí a z neho odvodená kategorizácia lokalít a činností podľa rozsahu vplyvov na životné prostredie, vrátane návrhu postupu na budovanie systému ich monitorovania. Z informačného hľadiska bolo podstatou riešenia zisťovacej fázy tohto projektu vytvorenie databázy 535 oblastí s evidenciou zdrojov a prejavov environmentálnych impaktov. Navrhnutý bol spôsob relatívneho ohodnocovania rizikovosti jednotlivých lokalít, ako aj spracovanie informácií o existujúcich monitorovacích a sanačných prácach v najrizikovejších oblastiach.

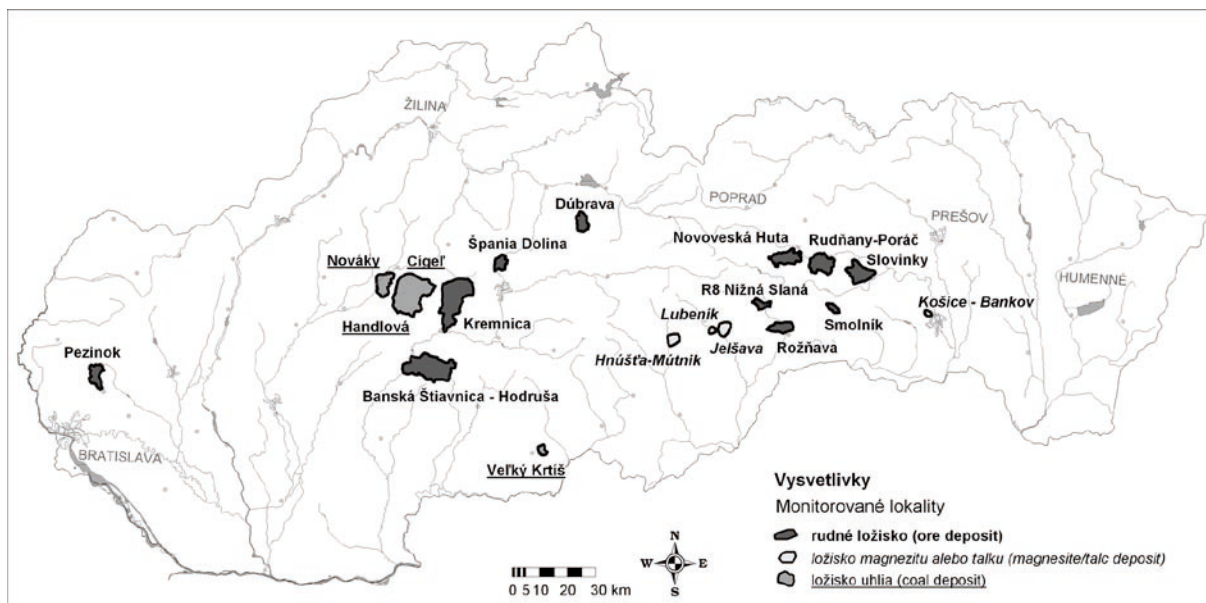
Zo všetkých hodnotených oblastí bolo 25 zaradených do kategórie nebezpečných, vyžadujúcich si realizáciu sanácie. Zároveň bolo navrhnuté dlhodobu ich sledovať v rámci štátneho Čiastkového monitorovacieho systému – Geologické faktory. Od roku 2007 ŠGÚDŠ vykonáva v týchto oblastiach monitorovacie práce v rámci subsystému č. 5: Vplyv ťažby na životné prostredie (ďalej ČMS GF VŤŽP). Cieľom tohto príspevku je sumarizovať doterajšie výsledky monitoringu. Sú v ňom uvedené základné údaje o spôsobe vykonávania monitoringu a komentované hlavné dosiahnuté výsledky.

Monitorované oblasti

Monitorované oblasti intenzívne postihnuté ťažbou nerastov možno z typologického hľadiska rozdeliť do troch hlavných skupín – oblasti s ťažbou rúd, oblasti s ťažbou magnezitu a talku a oblasti s ťažbou uhlia. Priestorová distribúcia hodnotených oblastí je znázornená na situačnej mapke na obr. 1. V rudných oblastiach, kde sa takmer výhradne vyskytujú ložiská s ukončenou ťažbou, sa monitorujú vybrané objekty v účelovej monitorovacej sieti vlastnými archívnymi, terénnymi a laboratórnymi prácami (tab. 1 a 2). Na monitorovaných ložiskách magnezitu, talku a uhlia, ktoré sú ťažené, realizujú prevádzkový monitoring vplyvov ťažby na hydrosféru a stabilitu povrchu ťažobné organizácie podľa požiadaviek príslušných obvodných banských úradov a obvodných úradov životného prostredia. Do databázy ČMS GF VŤŽP boli v doterajšom období preberané výsledky prevádzkového monitoringu ťažených ložísk magnezitu a talku. Prevádzkový monitoring ťažobnej organizácie uhoľných ložísk na Hornej Nitre je doplnený štátnym monitoringom geochemických aspektov, vykonávaným v účelovej sieti profilov povrchových tokov a výtokov banskej vody.

Spomedzi veľkého počtu oblastí postihnutých ťažbou rúd na Slovensku sú v súčasnej fáze budovania štátneho monitoringu doň zahrnuté rizikové oblasti, identifikované a navrhnuté úvodným hodnotením (Vrana et al., 2005): Rudňany, Slovinky, Smolník, Novoveská Huta, Rožňava, Nižná Slaná, Banská Štiavnica, Hodruša, Kremnica, Špania dolina, Dúbrava a Pezinok. V súčasnosti prebieha ťažba na sadrovcovom ložisku v Novoveskej Hute a v obmedzenom rozsahu sa ťaží barit z vrchnej časti žily Droždiak v Rudňanoch. Zlato sa ťaží v bani Rozália v Banskej Hodruši. Ostatné bane v hodnotených oblastiach sú dnes už opustené a zatopené. Ťažba sideritu v bani Nižná Slaná bola ukončená v závere roka 2008 a od roku 2011 sa táto baňa zatápa. Spomedzi existujúcich ložísk magnezitu a talku boli do štátneho monitoringu vplyvov banskej činnosti na životné prostredie zaradené oblasti Jelšava, Lubeník, Hnúšťa-Mútnik a Košice-Bankov. Ide o aktívne ťažené ložiská s výnimkou ložiska magnezitu Košice-Bankov, kde sa v monitorovanom období vykonávalo len odvodňovanie ložiska čerpaním banskej vody. Zároveň sú doň zaradené ťažené ložiská uhlia na Hornej Nitre (Handlová, Cigeľ, Nováky) a Baňa Dolina pri Veľkom Krtíši, v ktorej je vykonávaná likvidačná ťažba. V týchto oblastiach sa vyskytujú významné vplyvy podrúbania na stabilitu povrchu (Bajtoš a Klukanová, 2009), ktoré sú sledované a sanované ťažobnými organizáciami. Preto dosiaľ neboli aktívne sledované v rámci štátneho monitoringu.

Najvýznamnejšími pretrvávajúcimi negatívnymi environmentálnymi vplyvmi v uvedených oblastiach sú nestabilita horninového masívu spôsobujúca zrážky povrchu nad vydobývanými priestormi a bankskými dielami, kontaminácia povrchových tokov výtokmi banských vôd, priesakmi z hald a odkalísk a v prípade prevádzky zariadení tepelnej úpravy rudy aj imisné zafaženie územia s negatívnymi dosahmi na kvalitu pôd, rastlinný kryt a kvalitu ovzdušia.



Obr. 1. Oblasť intenzívne postihnuté ťažbou nerastov monitorované v rámci ČMS GF VŤŽP.

Fig. 1. Areas intensively influenced by mining, being monitored within the frame of reported project.

Spôsob monitoringu

Monitoring vplyvov ťažby na životné prostredie si vyžaduje metodicky odlišný prístup na hodnotenie inžinierskogeologických, hydrogeologických a geochemických aspektov tejto problematiky. Jeho zásady boli rozpracované v rámci vytvorenia systému zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou (Vrana et al., 2005). Údaje získané pri tomto monitoringu sú ukladané do účelovej databázy údajov podsystemu 05 (Klukanová et al., 2011). Jej základ bol zostavený v rámci vytvorenia vyššie uvedeného systému. Vytvorená bola aplikácia DBD (prostredie DELPHI 5) – program zabezpečujúci prezeranie a prístup k všetkým zhromaždeným údajom textovo-grafickej časti databázy. Z geografických údajov bol zostavený ARCVIEW projekt, ktorý zobrazuje geograficky lokalizované údaje. Textovo-grafická časť databázy obsahuje digitálne podklady rôzneho charakteru – textové dokumenty sledujúce štruktúru záznamových listov, tabuľkové údaje, schémy, mapové podklady, fotografie. Členenie systému je logické, podľa regiónov a oblastí.

Inžinierskogeologický monitoring

Monitoring inžinierskogeologických aspektov spočíva v zbere a spracovaní relevantných údajov pochádzajúcich od organizácií vykonávajúcich banskú činnosť a z vlastnej verifikačnej terénnej rekognoskácie. Získané údaje sú

zaznamenávané do záznamových listov s preddefinovaným obsahom, členia sa na dve základné časti (tab. 1):

a) systém zisťovania a monitorovania fyzikálnych vplyvov (impaktov) banskej činnosti prejavujúcich sa na povrchu terénu ako:

- 1) svahové deformácie (ďalej SD),
- 2) poklesy terénu (PT),
- 3) poruchy na objektoch (PO),
- 4) podmáčanie/zamokrenie (PZ),
- 5) lineárna erózia na povrchu terénu (ER);

b) systém zisťovania a monitorovania zdrojov potenciálnych fyzikálnych impaktov vyvolaných banskou činnosťou prejavujúcich sa pod povrchom terénu ako:

- 1) vydobyté (vyrúbané) priestory (MP),
- 2) deformácie horninového masívu (MD),
- 3) ústia podzemných banských diel alebo banské diela na povrchu terénu (BD).

Každý z uvedených 8 typov fyzikálnych impaktov má špecifickú štruktúru záznamového listu. Počet položiek v jednotlivých typoch záznamových listov je od 43 do 220. Jednotlivé položky obsahujú údaje o lokalizácii a identifikácii dokumentovaného objektu, prípadne javu, jeho archívnej preskúmanosti, o jeho väzbe na technológiu a históriu ťažby, jeho kvantifikáciu a popis, zistené škody na majetku a iné vplyvy na okolie, realizované prieskumné a sanačné práce a návrhy na ich vykonanie.

Pri vlastnom terénnom monitoringu sa používajú bežné rekognoskačné prostriedky doplnené o GPS prístroj Garmin – Etrex Summit alebo Garmin – GPSmap 60CSx.

Tab. 1

Prehľad spôsobov a frekvencie zberu údajov o inžinierskogeologických aspektoch vplyvu ťažby na životné prostredie
Summary of forms and frequency of engineering geology aspects in monitoring

Impakty Impacts	Spôsob monitoringu Monitoring methods	Frekvencia monitoringu Monitoring frequency
SD	archívne štúdium, realizované geodetické merania, terénne pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu a sprístupnenia preberaných meraní
PT	archívne štúdium, realizované geodetické merania, terénne pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu a sprístupnenia preberaných meraní
PO	archívne štúdium, realizované geodetické merania, terénne pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu
PZ	terénne merania a pozorovania, informácia o mimoriadnej udalosti	individuálne, priebežne, resp. interval podľa postupu vývoja javu
ER	terénne pozorovania a merania	podľa potreby, priebežne podľa vývoja
MP	archívne štúdium, realizované banské merania	priebežné dopĺňanie, resp. v závislosti od sprístupnenia preberaných podkladov
MD	archívne štúdium, realizované banské merania	priebežné dopĺňanie, v závislosti od sprístupnenia podkladov a frekvencie preberaných meraní
BD	archívne štúdium, informácia o mimoriadnej udalosti	priebežné dopĺňanie, resp. v závislosti od sprístupnenia preberaných podkladov

Vysvetlivky: SD – svahové deformácie; PT – poklesy terénu; PO – poruchy na objektoch; PZ – podmáčanie, zamokrenie; ER – lineárna erózia na povrchu terénu; MP – vyťažené podzemné priestory; MD – deformácia horninového masívu; BD – ústia podzemných banských diel.

Explanations: SD – slope deformations; PT – ground subsidence; PO – defects of surface objects; PZ – underflooding, waterlogging of soil; ER – linear erosion of ground surface; MP – stopped-out workings; MD – deformation of rock massif; BD – portals.

Ak to typ objektu a miestne podmienky dovoľujú, vyhotovuje sa jeho fotodokumentácia. Lokalizácia vybraných javov a objektov je vyhodnocovaná a znázorňovaná aj na podklade účelovej digitálnej farebnej ortofotomapy SR, spracovanej z leteckého meračského snímokovania z roku 2002 a 2003 v mierke približne 1 : 26 000 (Ortofotomapa © Geodis

Slovakia, s. r. o.), prípadne na podklade družicových snímok Google Earth. Vlastné geodetické merania vertikálnych posunov terénu boli dosiaľ vykonané len v oblasti Rudňany na lokalite Poráč – Baniská v roku 2007.

V priebehu monitoringu v rokoch 2007 – 2011 boli aktualizované a dopĺňané záznamové listy (textové

Tab. 2
Pozorovacie objekty terénneho monitoringu hydrogeologických a geochemických aspektov vplyvu ťažby nerastov na ŽP v hodnotených lokalitách a rozsah sledovaných parametrov
Objects in studied locations monitored by field hydrogeological and geochemical measurements in the frame of the ČMS GF VTŇŽP project and a range of observed qualitative parameters

Lokalita	Počet monitorovaných objektov spolu	Počty monitorovaných objektov podľa typu a rozsah sledovaných parametrov vôd a sedimentov					Rozsah sledovaných parametrov
		Povrchový tok	Výver podzemnej vody	Banská voda	Drenáž z odkaliska	Frekvencia meraní	
Hornonitrianska kotlina	9	5		4		1 x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , pH, EC, MIN, SiO ₂ , ChSK _{Mn} , Na, K, NH ₄ , Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Cl, NO ₂ , NO ₃ , HCO ₃ , SO ₄ , Hg, As, Se, Cu, Pb, Cd, Zn, Ba, F, Cr; Sediment: Fe, Al, Mn, Ni, Co, Pb, Zn, Cu, Cd, Cr, V, As, Se, Sb, Hg, Mo
Rudňany	6	3	1	1	1	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, Mg, Ca, Fe, Mn, SO ₄ , As, Sb
Slovinky	8	5	0	1	2	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, SO ₄ , Mn, As, Cu, Sb, Zn, Pb, Hg
Smolník	8	2	0	4	2	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, Fe, Mn, As, SO ₄ , Cu, Al, Pb, Hg, Zn, Ni
Novoveská Huta	7	4	0	3	0	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, SO ₄ , Cu, As, Sb, Mn, Ba, Ra256, U, Rn
N. Huta – lokalita Nová štôlna	5	1	0	3	0	4x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, Ca, Mg, HCO ₃ , SO ₄ , RL, NL
Rožňava	4	0	0	3	1	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, SO ₄ , As, Sb, Pb, Cu
Nižná Slaná	2	0	0	1	1	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, Mg, Ca, Fe, Mn, SO ₄ , As, Sb
Banská Štiavnica	8	3	0	4	1	1x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , pH, EC, MIN, SiO ₂ , ChSK _{Mn} , Na, K, NH ₄ , Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Cl, NO ₂ , NO ₃ , HCO ₃ , SO ₄ , Hg, As, Se, Cu, Pb, Cd, Zn, Ba, F, Cr; Sediment: Fe, Al, Mn, Ni, Co, Pb, Zn, Cu, Cd, Cr, V, As, Se, Sb, Hg, Mo
Banská Hodruša	2	1	0	0	1	1x ročne	
Kremnica	5	2	0	3	0	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, SO ₄ , As, Cu, Hg, Zn, Mn
Špania Dolina	9	3	0	5	1	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, SO ₄ , As, Sb, Cu, Hg, Zn
Dúbrava	8	2	0	6	0	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, SO ₄ , As, Sb, Cu
Pezinok	4	1	0	3	0	2x ročne	Voda: Q, T _{H₂O} , T, EC, pH, O ₂ , KNK, ZNK, Fe, Mn, SO ₄ , As, Sb
Spolu	85	32	1	41	10		

Vysvetlivky: Q – prietok vody; T_{H₂O} – teplota vody; EC – merná elektrická vodivosť vody; MIN – celková mineralizácia vody.

Explanations: Q – water discharge; T_{H₂O} – water temperature; EC – electric conductivity of water; MIN – total dissolved solids content.

dokumenty) fyzikálnych vplyvov banskej činnosti prejavujúce sa na povrchu terénu (svahové deformácie, poklesy terénu, poruchy na objektoch, podmáčanie/zamokrenie, lineárna erózia na povrchu terénu) a zdroje potenciálnych fyzikálnych impaktov (dobývky a banské diela v podzemí, deformácie horninového masívu, ústia banských diel na povrch, odkaliská). Geografická časť databázy obsahuje hodnotené oblasti a objekty. V priebehu monitoringu v rokoch 2007 – 2009 bola dopĺňaná hlavne o georeferencované skeny mapových podkladov so zdrojmi potenciálnych fyzikálnych impaktov. Zdroje impaktov a ich prejavy sa postupne spracovávajú do digitálnej formy v súboroch vektorovej grafiky.

Monitorované oblasti sa podľa dokumentovaného výskytu pretrvávajúcich inžinierskogeologických impaktov a ich intenzity orientačne zaraďujú do troch tried zataženia oblasti geodynamickými javmi vyvolanými banskou činnosťou (tab. 4). Rozlíšené je nízke (trieda C), stredné (B) a vysoké zataženie (A). Kategorizácia zohľadňuje výskyt a charakter svahových deformácií, poklesov terénu a porúch objektov na povrchu. Pri tomto hodnotení sa rozlišuje potenciálny výskyt daného javu v hodnotenej oblasti, výskyt javu menšieho rozsahu (s rozmermi v m), výskyt javu väčšieho rozsahu (s rozmermi v desiatkach metrov a väčšími). Zároveň sa rozlišuje, či ide o aktívny alebo stabilizovaný jav.

Hydrogeologický a geochemický monitoring

Hydrogeologický a geochemický monitoring bol v doterajšom období zameraný na dopĺňanie databázy o archívne údaje o výdatnosti a chemickom zložení výtokov banských, priesakových a povrchových vôd, o kvalite riečnych sedimentov a pôd, o množstve a zložení emisií z úpravnských závodov, v terénnej fáze na dokumentovanie ovplyvnenia kvality miestnych povrchových tokov a významných zdrojov podzemnej vody banskou činnosťou. Terénny monitoring je vykonávaný v účelových pozorovacích sieťach. V doterajšom priebehu monitorovacích prác sú sledované kvantitatívne a kvalitatívne parametre zdrojov banskej a odpadovej vody (drenáž z odkalísk), podzemnej vody a vody povrchových tokov a chemické zloženie sedimentov miestnych tokov a výtokov banskej vody. Prehľad sledovaných parametrov vo vodách je uvedený v tab. 2. Uvedené merania sa vo väčšine z týchto oblastí vykonávajú od roku 2007. Od roku 2008 sa vykonávajú merania v oblasti Pezinka, Kremnice, Španej Doliny, Sloviniek, Smolníka a od roku 2009 v Nižnej Slanej. Rozsah sledovaných ukazovateľov kvality je v pozorovaných oblastiach volený podľa geochemického typu ložiska, a preto je miestne špecifický.

Hydrometrické merania na zistenie okamžitého prietoku povrchových tokov, výtokov zo štôlní a výdatnosti prameňov sa vykonávajú v závislosti od charakteru objektu pomocou hydrometrickej vrtule alebo objemovou metódou pomocou ciachovanej nádoby a stopiek. Odber vzoriek vôd a sedimentov sa vykonáva v súlade s príslušnými technickými normami. Odobrané vzorky sa v deň odberu odovzdávajú do laboratória na ďalšie spracovanie. Vzorky vôd na stanovenie mikroprvkov sa po odbere filtrujú a chemicky stabilizujú podľa požiadaviek laboratória.

Rozsah sledovaných ukazovateľov je volený podľa záverov predchádzajúcej etapy prác (Vrana et al., 2005) a vychádza zo STN 75 7221 „Klasifikácia povrchových vôd“ a z nariadenia vlády SR č. 296/2005 Z. z., ktoré bolo neskôr nahradené nariadením vlády SR č. 269/2010 Z. z.. Priamo v teréne sa prenosnými prístrojmi typu WTW vykonávajú merania pH, teploty vody a vzduchu, mernej elektrickej vodivosti vody a obsahu rozpusteného O₂.

Laboratórne analýzy vôd sa vykonávajú v akreditovanom laboratóriu GAL ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi. Na stanovenie jednotlivých ukazovateľov v povrchových a podzemných vodách sa používajú štandardné analytické metódy. Kontrola správnosti laboratórnych techník v laboratóriu ŠGÚDŠ RC Spišská Nová Ves je okrem internej kontroly pravidelne zabezpečovaná systémom externej kontroly formou medzilaboratórnych porovnávacích skúšok.

Pri hodnotení kvality povrchových vôd je použitá klasifikácia kvality povrchových vôd podľa STN 75 7221. Hoci túto normu Slovenský ústav technickej normalizácie k 1. 3. 2007 zrušil, podľa nariadenia vlády SR č. 296/2005 Z. z. sa na hodnotenie kvality povrchových vôd používajú postupy v nej uvedené. Kvalita povrchovej vody sa zaraďuje v danom mieste odberu vzoriek do tried kvality podľa zistených hodnôt ukazovateľov porovnaním s ich určenými medznými hodnotami. Rozlišujú sa nasledujúce triedy kvality: I. trieda – veľmi čistá voda; II. trieda – čistá voda; III. trieda – znečistená voda; IV. trieda – silno znečistená voda; V. trieda – veľmi silno znečistená voda. Pre dané miesto odberu vzorky a hodnotené obdobie sledovania sa určí tzv. charakteristická hodnota, ktorá sa porovnáva so zodpovedajúcou sústavou jej medzných hodnôt obdobným spôsobom ako pri hodnotení kvality povrchových vôd v rámci národného monitoringu kvality tokov Slovenska (SHMÚ Bratislava). V STN 75 7221 nie sú uvedené medzné koncentrácie pre antimón, tento prvok v našom hodnotení zaraďujeme takto: I. trieda <0,0005 mg · l⁻¹; II. trieda <0,001 mg · l⁻¹; III. trieda <0,05 mg · l⁻¹; IV. trieda <0,1 mg · l⁻¹; V. trieda ≥0,1 mg · l⁻¹.

Spôsob výpočtu charakteristickej hodnoty závisí od počtu odberov vzoriek *n* v hodnotenom období:

Ak *n* ≥ 24, charakteristická hodnota zodpovedá hodnote súboru hodnôt ukazovateľa kvality s pravdepodobnosťou neprekročenia 90 % (v prípade rozpusteného kyslíka s pravdepodobnosťou prekročenia 90 %).

Ak *n* = [11, 23], charakteristická hodnota sa určuje ako priemer troch najnepriaznivejších hodnôt súboru.

Ak *n* < 11, charakteristická hodnota zodpovedá maximálnej hodnote súboru.

Pri hodnotení kvality podzemných vôd, banských vôd a priesakov z odkalísk a hald je použitá klasifikácia kvality podzemných vôd podľa ukazovateľov a normatífov znečistenia podzemných vôd uvedených v Prílohe k Pokynu Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku SR a Ministerstva životného prostredia SR z 15. 12. 1997 č. 1617/97-min. (ďalej len „Pokyn“). Ukazovatele a normatívy sú v ňom uvedené v nasledujúcich kategóriách:

kategória A – fónové hodnoty, charakterizujúce približne ich prírodné obsahy, prípadne dohodnuté hodnoty požadovanej medze citlivosti analytického stanovenia;

kategória B – medzné koncentrácie ukazovateľov, ktorých dosiahnutie vyžaduje prieskumné práce s cieľom vysvetliť pôvod či zdroj znečistenia;

kategória C – medzné koncentrácie ukazovateľov, ktoré vyžadujú asanačný zásah, ak je preukázané riziko migrácie znečistenia do okolia a možnosť poškodenia ďalších zložiek životného prostredia.

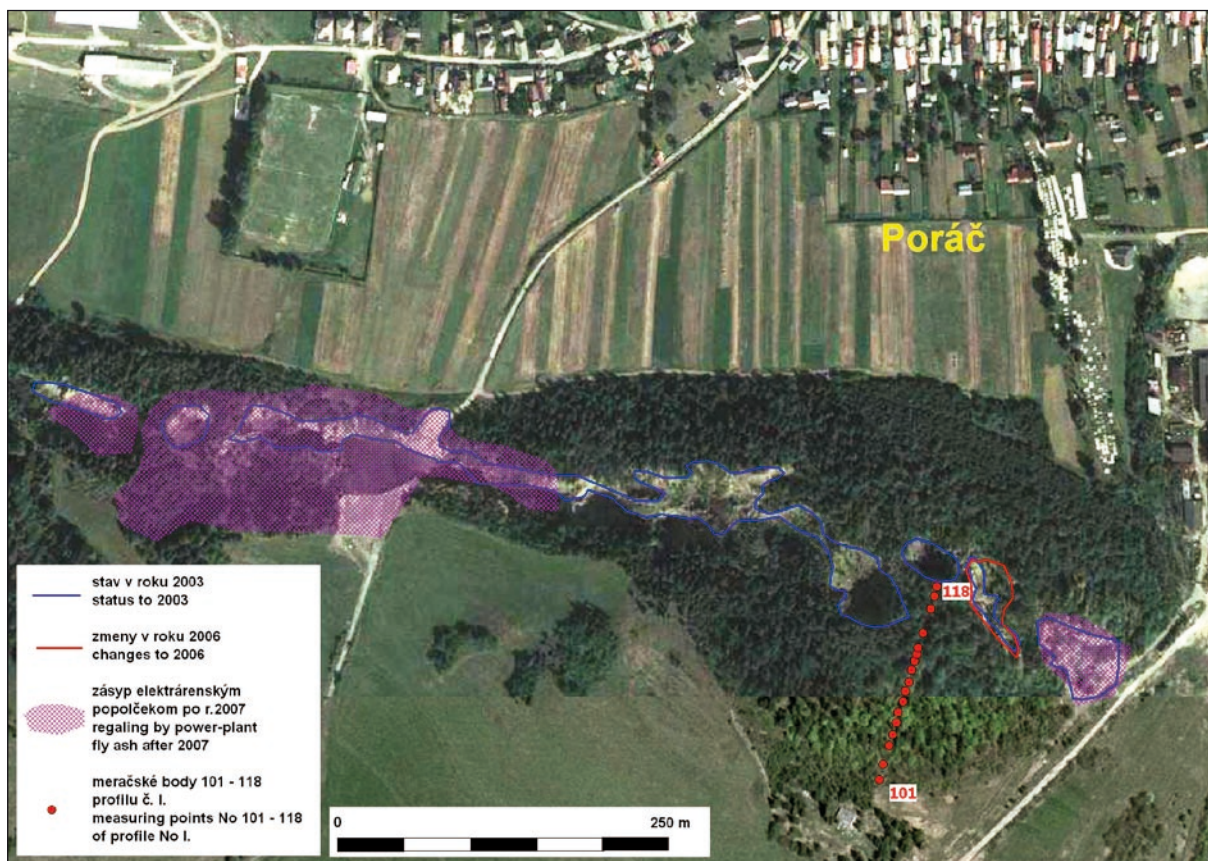
Keďže vyššie uvedená norma je orientovaná na jednorazové zistenie stupňa znečistenia podzemných vôd oblasti, neupravuje postup na hodnotenie monitoringu kvality (opakované odbery vzoriek na odberných miestach). Preto sme pristúpili k aplikácii obdobného spôsobu hodnotenia kvality podzemných, banských vôd a priesakov z odkalísk a háld, ako používame pre povrchové vody. To znamená, že pre každé odberné miesto a hodnotený časový úsek je vypočítaná charakteristická hodnota spôsobom odvíjajúcim sa od počtu hodnôt súboru a tá je následne zaradená do príslušnej triedy **A**, **B** alebo **C** porovnaním s normatívmi znečistenia „Pokynu“ V „Pokyne“ nie sú uvedené medzné koncentrácie pre antimón, tento prvok v našom hodnotení zaradujeme takto: kategória **A** Sb > 0,001 mg · l⁻¹, kategória **B** Sb > 0,01 mg · l⁻¹ a kategória **C** Sb > 0,1 mg/l⁻¹.

Kvalita vzoriek sedimentu odoberaných na totožných miestach spolu so vzorkami vôd je hodnotená podľa Rozhodnutia MP SR č. 531/1994 – 540.

Výsledky inžinierskogeologického monitoringu

Primárnym zdrojom fyzikálnych impaktov v sledovaných oblastiach predurčujúcim potenciálny vznik poklesov terénu a následných porúch na objektoch je podrúbanie. Okrem fyzikálno-mechanických vlastností hornín, v ktorých sa razili banské diela, ovplyvňuje stabilitu povrchu v ich nadloží hlavne hĺbka banských diel pod povrchom, ich geometria a spôsob technického zabezpečenia, resp. stupeň vyplnenia základkou.

V rudných lokalitách Banská Štiavnica, Kremnica a Hodruša, situovaných v prostredí neovulkanických horninových komplexov, je povrch terénu relatívne stabilný. Pretrváva tu však riziko vzniku lokálnych malých závalov nadložia hlavne v blízkosti ústí banských diel na povrch. Vydobyté priestory a rozsiahla sústava banských diel môžu pri nepriaznivej kombinácii faktorov vyvolať náhle poklesy na povrchu terénu s následným poškodením stavieb (Baliak et al., 1989). V monitorovanom období neboli v tejto oblasti zaznamenané významné prejavy nestability, hoci v najintenzívnejšie podrúbanej oblasti – centrálnej mestskej zóne v Kremnici (pod ktorou prechádzajú hlavné žily Žigmund a Helena a priečne žily Amália, Zuzana, Sevastopol a Východná Július) – siahajú vydobyté banské priestory miestami 10 – 12 m pod povrch územia.



Obr. 2. Závalové pásmo Baniská v Poráči v rokoch 2003 a 2006 s vyznačením priebehu geodetického profilu I na podklade digitálnej farebnej ortofotomapy SR (Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s. r. o.).

Fig. 2. Ground fall area Baniská south of the village of Poráč in 2003 and 2006 together with geodetic profile I. The digital orthophotomap of Slovakia © Geodis Slovakia, s. r. o.).

Tab. 3
Údaje z geodetických pozorovaní vertikálnych posunov bodov v profile č. I pri Poráči (v m n. m.)
Vertical movements of points at the geodetic profile No. I located near the Poráč village (m above sea level)

Číslo bodu	1969	1978	1997	2007
101	804,412	803,708	801,801	800,897
102	807,159	806,493	804,553	802,944
103	809,099	808,516	806,582	805,517
104	811,834	811,124	809,157	807,693
105	814,135	813,318	811,333	810,301
106	816,816	815,905	813,931	812,811
107	819,431	818,478	816,449	816,475
108	822,208	821,128	819,109	817,981
109	824,775	823,593	821,604	820,728
110	827,568	826,274	824,342	823,665
111	830,510	829,113	827,269	824,833
112	831,648	830,356	828,437	826,737
113	833,547	832,188	830,336	826,952
114	833,732	832,284	830,548	825,749
116	831,925	830,377	828,822	825,243
117	831,192	829,634	828,190	824,619
118	829,860	828,337	826,996	823,309

Poznámka: Merania v rokoch 1969, 1978 a 1997 realizované ťažobnou organizáciou ŽB Spišská Nová Ves. Meranie v roku 2007 vykonané ŠGÚDŠ v rámci ČMS GF VTŽP.

Comment: Measurements in 1969, 1978 and 1997 were performed by mining company ŽB Spišská Nová Ves. In 2007, the measurement was performed in the frame of state monitoring ČMS GF VTŽP.

To znamená, že sa nachádzajú len približne 8 – 9 m pod základovou škárou objektov takmer súvislej zástavby.

Spomedzi oblastí s rudnými ložiskami vyvinutými v prostredí predmezozoických komplexov skalných hornín sú evidované najvýznamnejšie vplyvy podrúbania v Rudňanoch, Novoveskej Hute a Nižnej Slanej. V ložiskovej oblasti Slovinky a Smolník sú prejavy podrúbania menej významné, zatiaľ čo lokality Pezinok, Špania Dolina, Dúbrava a Rožňava sú z tohto hľadiska najmenej postihnuté.



Obr. 3 (vľavo): Závalové pásmo Baniská, pohľad zo starej prepadnutej cesty na Poráč smerom na západ (foto Baláž, 12. 5. 2005).

Fig. 3 (left): Ground fall area Baniská, view westward from the old collapsed road at Poráč (photo by Baláž, 12. 5. 2005).

V oblasti Rudňany došlo v dôsledku rozsiahleho podrúbania k preukázateľnému poškodeniu a ohrozeniu majetku vo veľkom rozsahu. Fyzikálne zmeny v horninovom masíve po dlhodobom dobývaní rúd s rozsiahlym využívaním metód ťažby bez základky a následným vznikom otvorených priestorov vyvolali poklesy terénu so závalmi na veľkých plochách: (1) v lokalite Baniská na žile Droždiak, v smernej dĺžke takmer 1 km na dne údolia Rudňanskeho potoka a na úpätných svahoch medzi Rudňanmi a Poráčom, (2) na niekoľkých miestach nad Hrubou žilou, niekoľko sto metrov na sever odo dna údolia a (3) ojedinele v oblasti žily Zlatník, asi 1,5 km na sever od obce Poráč. K poklesom so spojeným pretvorením terénu došlo po celej dĺžke údolia a príslušných svahov medzi jamou Mier a jamou Poráč. Tieto javy boli v minulosti sledované ťažobnou organizáciou ŽB Rudňany na 14 geodetických profiloch, z ktorých sa v hodnotenom období sledovali 4 profily, z toho 3 pri východnom ukončení Baniská južne od obce Poráč. V roku 2007 sme realizovali vlastné geodetické merania vertikálnych posunov, pri ktorých boli využité zachované časti starého geodetického profilu č. I v oblasti „Baniská“. Geodetické merania sme realizovali v októbri 2007 v profile I v bodoch 101 až 118 (obr. 2). Tab. 3 zaznamenáva nové údaje z geodetických pozorovaní vertikálnych posunov bodov spolu so staršími údajmi. Z nich je zrejmé, že pokles pokračuje, navyše dochádza k zvyšovaniu intenzity poklesávania. V období rokov 1997



Obr. 4 (vpravo): Závalové pásmo Baniská, pohľad zo starej prepadnutej cesty na Poráč smerom na východ (foto Baláž, 12. 5. 2005).

Fig. 4 (right): Ground fall area Baniská, view eastward from the old collapsed road at Poráč (photo by Baláž, 12. 5. 2005).



Obr. 5 (vľavo): Kráter s priemerom 20 m a hĺbkou 8 m vzniknutý závalom nadložia Novej štôlnie (foto Bajtoš, 3. 5. 2009).

Fig. 5 (left): Crater with diameter of 20 m and depth of 8 m due to fall of hanging rock above the Nová štôlnia adit (photo by Bajtoš, 3. 5. 2009).

až 2007 dosiahol priemerný pokles v bodoch 101 – 118 hodnotu $200 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$, čo predstavuje maximum počas vyššie uvedeného obdobia. V bode 114 celkový vertikálny posun za obdobie 1969 – 2007 vykazoval hodnotu 7,983 m, pričom za obdobie rokov 1997 až 2007 posun predstavoval 4,798 m. Závalové pásmo Baniská bolo v roku 2007 postupne zavážané elektrárenským popolčekom z teplárne Košice a elektrárne Bukocel Vranov a pecnou troskou zo závodu v Prakovciach, pričom úsek okolo starej prepadnutej štátnej cesty Rudňany – Poráč (obr. 3 a 4) je dnes už zaplnený do úrovne terénu. Pretrvávajúcu nestabilitu závalového pásma dokumentuje aj vznik nového závalu v oblasti bývalej jamy Andrej pri Rudňanoch. K náhlemu zrúteniu uvoľnenej masy hornín došlo 21. 9. 2009, pričom vzniknutý zával má kruhový tvar s priemerom cca 25 – 30 m a hĺbkou cca 10 m. Jeho vznik doprevádzali citelné otrasy a hluk, ktoré zaznamenali obyvatelia najbližších obydli vzdialených cca 400 až 500 m.

V lokalite Novoveská Huta sú pozorované prejavy poklesu terénu nad ťaženým ložiskom sadrovca



Obr. 6 (vpravo): Preliv zakalenej banskej vody z krátera nad Novou štôľňou v daždivom období (foto Bajtoš, 4. 6. 2010).

Fig. 6 (right): Mine water overflow from the crater above the Nová štôlnia adit in rainy season (photo by Bajtoš, 4. 6. 2010).

a anhydritu v závalovom pásme, ktoré sa tiahne od východného okraja Novoveskej Huty východným smerom do doliny Podzámčiská v smernej dĺžke 1,2 km. Terénou rekognoskáciou tohto závalového pásma v roku 2007 sa potvrdil výskyt aktívnych geodynamických javov, prejavujúcich sa pozvoľným prepájaním pôvodne samostatných kráterových závalov do líniových závalových pásiem. V noci z 5. na 6. 2. 2007 vznikol v tomto závalovom pásme nový zával nad vyťaženým blokom ložiska. Lokálny zával s priemerom 20 m a hĺbkou 8 m vznikol v roku 2008 nad Novou štôľňou vo vzdialenosti 278 m od jej ústia



Obr. 7. Závalové pásmo v Kobeliarove z roku 2002 (vľavo; Vrana et al., 2005) a z roku 2009 (vpravo; foto Záhorová).

Fig. 7. Ground fall area in Kobeliarovo from 2002 (left; Vrana et al., 2005) and 2009 (right; photo by Záhorová).



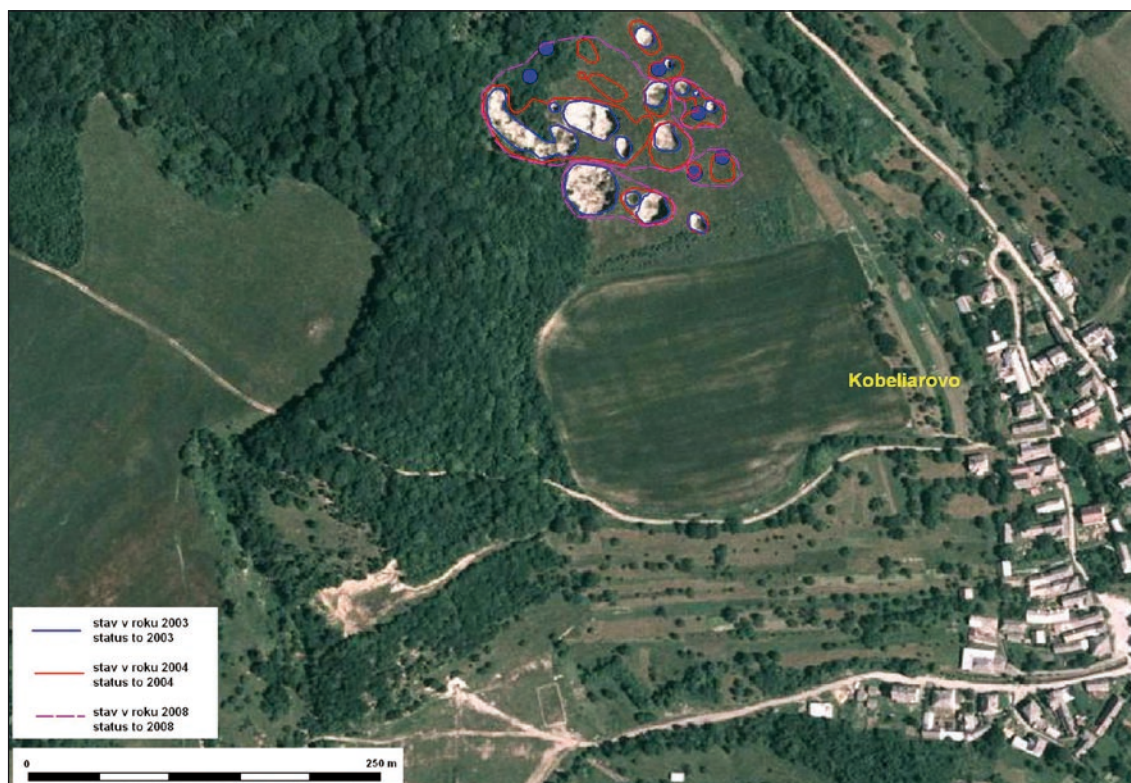
(obr. 5, 6). Je prejavom evaporitového krasu a bol vyvolaný zvýšením hladiny v štólňi po zavalení jej ústia spôsobeného nelegálnou demontážou pažníc. Zával utesnil štólňu a spôsobil opakované prievaly banskej vody na povrch, ktoré sú popisované nižšie.

V ložiskovej oblasti Nižná Slaná sa prejavy poklesov terénu viažu na staršie dobývky sideritovej šošovky Manó a na novšie závaly nad dobývkami menšej sideritovej šošovky pri Kobeliarove. Závaly nad ložiskom Manó sú stabilizované a nachádzajú sa v málo navštevovanom a pomerne neprístupnom teréne okolo kóty Rimberg medzi Nižnoslanskou Baňou a Kobeliarovom. Podľa topografickej mapy mierky 1 : 10 000 z roku 1991 sa tu nachádza 31 prevažne menších prepادلísk s priemerom do 20 m na ploche 1 km x 300 m. V závalovom pásme ložiska Kobeliarova pri SZ okraji obce prebiehajú od roku 1995 dynamické zmeny (obr. 7), dochádza tu k pokračujúcemu rozširovaniu a vzájomnému spájaniu pôvodne 19 prepادلísk. Časový vývoj rozsahu tohto závalového pásma v rokoch 2004, 2006 a 2008 dokumentuje obr. 8. Na podklade výrezu z digitálnej farebnej ortofotomapy, spracovanej z leteckého meračského snímkovania z rokov 2002 a 2003 (Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s. r. o.), sú viditeľné kontúry závalov zvýraznené modrou čiarou (stav v roku 2003). Líniami zobrazené kontúry závalov z roku 2004 sú získané z družicových snímok Google Earth a rozsah závalov v teréne v roku 2008 sme

dokumentovali pomocou GPS prístroja. Celková plocha závalov predstavovala v roku 2004 5 047 m², v roku 2006 10 450 m² a v roku 2009 16 255 m².

V oblasti Slovinky sa vyskytujú poklesy povrchu terénu do podzemných dobývok na strmo uloženej rudnej žile. Časť týchto prejavov sa nachádzala v intraviláne obce. Prejavy poklesov terénu v okolí jamy Dorota (závaly, prepادلiská) v západnej časti Sloviniek boli sledované opakovanou terénou rekognoskáciou a fotodokumentáciou (Vrana et al., 2005). Išlo o 11 miest závalov a prepادلísk, z ktorých väčšina bola v minulosti v rôznej miere rekultivovaná. Výsledky sledovania preukázali, že na nijakom z jedenástich miest pozorovaných závalov/prepadlísk nedochádza k pohybu ani k negatívnemu ovplyvňovaniu okolia. V roku 2007 došlo v danej oblasti k vzniku niekoľkých drobných závalov, ktoré boli v blízkosti obydľí bezprostredne po vzniku zasypávané hlušinou.

V oblasti Smolník sa rozsiahle závaly a prepادلiská nachádzajú prevažne v súvislom lesnom poraste pri južnom okraji Smolníckej Huty. Sú situované nad dobývkami pyritovej rudy. V oblasti južne od Smolníckej Huty a v priestore medzi šachtami Kreutzerfindung a Rothenberg, na mieste pod údolím potoka Smolník boli v minulosti zistené v podrúbanom území poklesy terénu v rozsahu od 80 x 100 m do 300 x 600 m (Zahoranský a Hausová, 1987). Pri terénnej obhliadke odkaliska sme v roku 2008 lokalizovali čerstvý komínový zával s rozmermi na povrchu



Obr. 8. Časový vývoj rozsahu závalového pásma v Kobeliarove v rokoch 2003 – 2004 – 2008 na podklade digitálnej farebnej ortofotomapy SR (Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s. r. o.).

Fig. 8. Evolution of the ground fall area in Kobeliarovo in 2004–2006–2009, expressed on the digital orthophotomap of Slovakia (© Geodis Slovakia, s. r. o.).

Tab. 4

Zatriedenie monitorovaných oblastí podľa dokumentovaného výskytu pretrvávajúcich inžinierskogeologických impaktov
Studied areas as ordered by documented occurrences of ongoing engineering geological impacts

Lokalita	Svahové deformácie Slope deformations	Poklesy terénu Ground subsidence	Poruchy objektov Defects of objects	Trieda zataženia Loading category
Banská Štiavnica	–	M	P	B
Hodruša-Hámre	–	–	M	B
Kremnica	M	–	M/A	B
Dúbrava-Magurka	–	–	–	C
Pezinok	–	M	–	B
Špania Dolina	–	–	P	C
Rudňany-Poráč	–	V/A	M/A	A
Nižná Slaná	–	V/A	–	A
Slovinky	–	VS, M/A	–	B
Rožňava	–	–	–	C
Smolník	–	VS, M/A	–	B
Novoveská Huta	–	V/A	–	A
Jelšava	–	V/A	–	A
Lubeník	–	V/A	–	A
Košice	M	V, M/A	–	A
Mútnik-Hnúšťa	–	M	MA	B

Vysvetlivky: P – potenciálny výskyt javu; M – výskyt javu menšieho rozsahu; V – výskyt javu väčšieho rozsahu (A – aktívny, S – stabilizovaný jav); triedy zataženia lokality geodynamickými javmi vyvolanými banskou činnosťou: A – vysoké zataženie; trieda B – stredné zataženie; trieda C – nízke zataženie.

Explanations: P – potential occurrence of phenomena; M – occurrence of phenomena with small magnitude; V – occurrence of phenomena with larger magnitude (A – active, S – stable phenomena); categories of locality loading due to geodynamic phenomena induced by mining: A – high; B – moderate; C – low.

3,5 x 3 m a v dostupnej hĺbke 4 m. Jeho prítomnosť dokladá dosiaľ prebiehajúce stabilitné zmeny v podrúbanej oblasti a riziko vzniku nových závalov menšieho rozsahu.

Významné prejavy podrúbania vznikli na našich najväčších ložiskách magnezitu, ktoré sú dosiaľ ťažené, a monitoring stability povrchu na nich vykonávajú ťažobné organizácie. V monitorovanom období tu neboli zaznamenané nové významné geodynamické prejavy.

Rozsiahle podrúbanie významnej časti územia dobývacieho priestoru ložiska Jelšava spolu s tektonickou predispozíciou a lokálnym skrasovatením horninového masívu podmienujú vznik hlbokých závalov a prepádísk ako typických prejavov poklesávania na povrchu terénu (Cicmanová, 2002). Na ložisku sú vyvinuté tri oblasti prepádísk a závalov – najväčšiu oblasť predstavujú

dnes takmer úplne prepojené prepádiská a závaly vo vrcholovej časti masívu Dúbrava. V oblasti Mikovej sa nachádza výrazný zával s rozmermi 40 x 55 m s udávanou odhadovanou hĺbkou až 100 m. Posledná oblasť s výskytom menších závalov sa nachádza v dnovej oblasti údolia potoka Jordán. Závaly a prepádiská sa nachádzajú takmer výlučne v dobývacom priestore a vznikali hlavne v rokoch 1970 – 1990 (Piovarčiová, 1989). Banský geotechnický monitoring v SMZ, a. s., Jelšava začal pracovať od začiatku roka 1992 po tom, ako v decembri 1991 došlo na ložisku Dúbravský masív v časti ložiska Dúbrava k mimoriadnej udalosti, k prelomeniu nadložia nad vydobývanými komorami a vytvorení povrchového krátera s rozmermi cca 150 x 100 m a s hĺbkou 50 – 70 m. K prelomeniu nadložia došlo spojením šiestich už predtým vytvorených lokálnych



Obr. 9. Severný svah Dúbravského masívu narušený závalmi (foto Bajtoš, 18. 9. 2008).

Fig. 9. Northern slope of the Dúbravský Massif disrupted by ground falls (photo by Bajtoš, 18. 9. 2008).



Obr. 10. Areál ťažobného závodu v Lubeníku s odvalmi a lomom v pozadí (foto Bajtoš, 18. 9. 2008).

Fig. 10. Mining factory in Lubeník, spoils in front of old quarry (photo by Bajtoš, 18. 9. 2008).

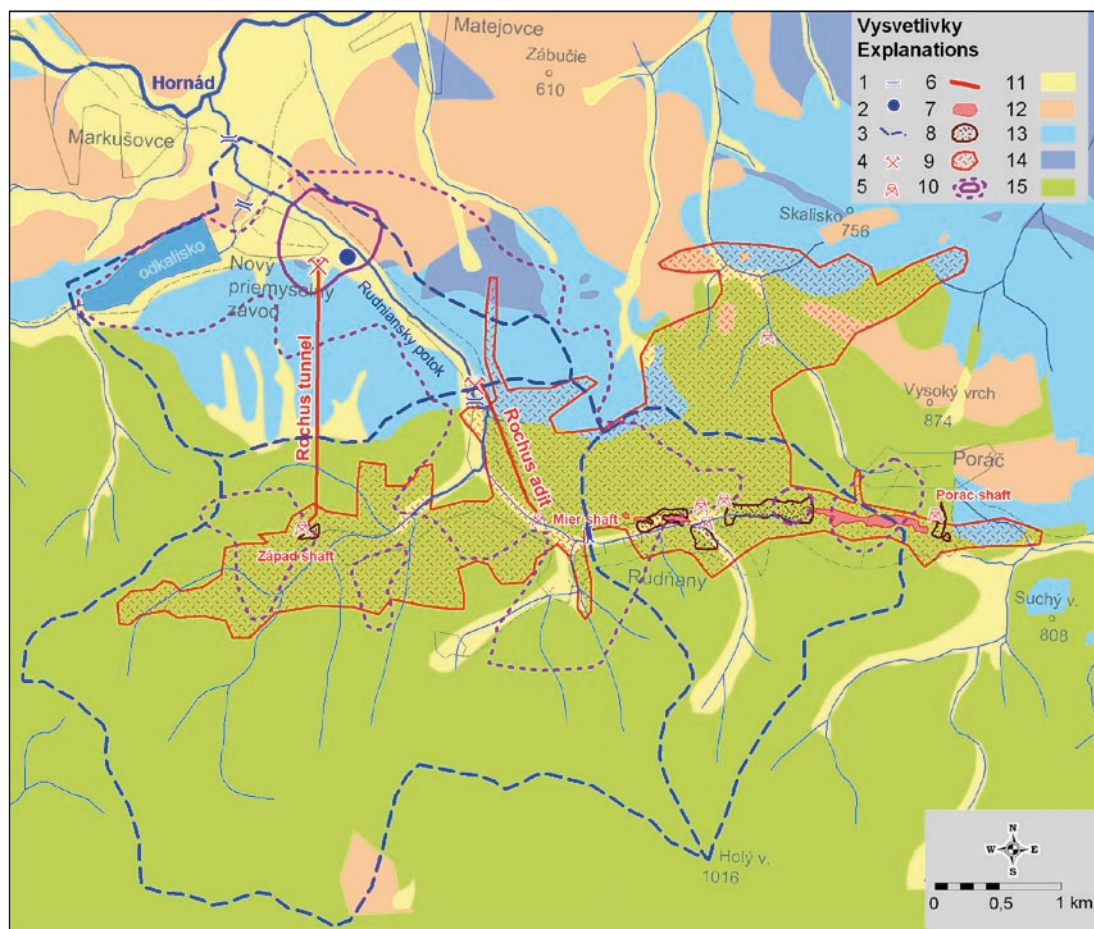
závalov na povrchu. Po upustení od geodetických meraní, ktoré neboli pre prognózovanie vzniku náhlych pohybov a závalov spoľahlivé, pokračovalo oddelenie OGM SMZ, a. s., v sledovaní okrajov závalov a prepادلísk a v ich kartografickom zobrazovaní do povrchových banských máp mierky 1 : 1 000 a 1 : 5 000. Závaly a prepادلiská sa nachádzajú mimo obývanej oblasti a s výnimkou nevelkých závalov v dnovej časti údolia potoka Jordán sú situované v ťažko dostupnom členitom a zalesnenom teréne.

K prvým závalom a prepادلiskám na povrchu terénu v lokalite Lubeník došlo po likvidácii konštrukčných a technologických pilierov a prelomení stropu na III. a vzápätí na II. horizonte. Ďalšie prejavy boli zaznamenané takmer každý rok v období od r. 1970 do r. 1981, potom opäť v období rokov 1989 – 1996 (Klukanová et al., 2011). V roku 1991 došlo k mohutnému prepadnutiu najväčšieho

závalu s odhadovaným objemom poklesnutého masívu okolo 1 mil. m³ hornín. Kráterovité závaly na povrchu, vznikajúce ako dôsledok podrúbania pri ťažbe magnezitu, sú ťažobnou organizáciou v určitých časových intervaloch zaznamenávané do mapových podkladov. Ide o zákresy okrajov závalov a prepادلísk do povrchových banských máp aj so záznamom ich časových zmien z banskomeračskej dokumentácie.

V lokalite Košice-Bankov sa nachádza prepادلisko a zosuv (Zahoranský, 1990). Na základe vizuálneho hodnotenia tu v hodnotenom období nedošlo k významnému rozšíreniu závalového pásma ani aktivácii zosuvu. Polohové a výškové merania geodetického bodového poľa správca ložiska v monitorovanom období nevykonával.

Na ložisku Hnúšťa-Mútnik sa fenomén poklesávania terénu prejavuje v oveľa menšom rozsahu a v menšej



Obr. 11. Situácia monitorovanej oblasti Rudňany. 1 – pozorovaný profil povrchového toku; 2 – pozorovaný krasovo-puklinový prameň Olšo; 3 – rozvodnice monitorovaných povodí; 4 – ústia štôlní s výtokom banskej vody; 5 – šachta; 6 – priebeh štôlnie; 7 – závalové pásmo; 8 – odval; 9 – podrúbané územie; 10 – oblasť intenzívneho vplyvu imisíí Nového priemyselného závodu podľa zistenej koncentrácie Hg v pôde nad 50 mg · kg⁻¹, resp. 25 – 50 mg · kg⁻¹ (Géczy et al., 1993); 11 – kvartérne sedimenty s medzizrnnovou priepustnosťou; 12 – paleogénne sedimenty s puklinovou priepustnosťou; 13 – triasové vápence s krasovo-puklinovou priepustnosťou; 14 – triasové dolomity s puklinovou priepustnosťou; 15 – metamorfity paleozoika a spodného triasu s puklinovou priepustnosťou.

Fig. 11. Situation of the Rudňany monitoring area. 1 – monitoring point of stream; 2 – karstfissure spring Olšo; 3 – surface water divide; 4 – adit mouth with mine water outflow; 5 – shaft; 6 – adit; 7 – ground fall area; 8 – spoil; 9 – underground mining area; 10 – area of high soil contamination due to imissions of dressing plant, with Hg concentration over 50 mg · kg⁻¹ or 25–50 mg · kg⁻¹ (Géczy et al., 1993); 11 – Quaternary sediments with intergranular porosity; 12 – Paleogene sediments with fissure porosity; 13 – Triassic limestone with karstfissure porosity; 14 – Triassic dolomite with fissure porosity; 15 – Paleozoic metamorphosed rocks and Lower Triassic sediments with fissure porosity.

intenzite než na ostatných troch hodnotených ložiskách nerúd (Jelšava, Lubeník, Košice-Bankov). Ťažobná organizácia tu vykonáva periodické geodetické sledovanie poklesov úseku štátnej cesty Hnúšťa-Polom v SV časti ložiska vyvolaných podrúbaním. Podľa výsledkov týchto meraní, vykonávaných s frekvenciou 1- až 2-krát ročne, dochádzalo v období rokov 2003 až 2008 k poklesom vo všetkých 8 pozorovaných bodoch. Celková hodnota poklesov sa pohybovala od 35 do 206 mm.

Monitorované oblasti môžeme orientačne zatriediť podľa dosiaľ dokumentovaného výskytu pretrvávajúcich geodynamických javov a ich významnosti do troch tried (tab. 4). Do triedy **C** sme zaradili ložiská bez významného výskytu svahových pohybov, poklesov terénu a porúch objektov vyvolaných banskou činnosťou. V triede **B** boli dokumentované vyššie spomínané dosahy, ale menšieho rozsahu. Pre triedu **A** je charakteristický výskyt sledovaných porúch väčšieho rozsahu s prevažne aktívnym prejavom. Podľa uvedeného zatriedenia ložísk ložiská magnezitu patria k najrizikovejšej skupine. Vysoko riziková je aj oblasť rudného poľa Rudňany-Poráč, Nižná Slaná – Kobeliarovo a Novoveská Huta.

Výsledky hydrogeologického a geochemického monitoringu

Ovplyvnenie prírodného obehu podzemných vôd drenážnym účinkom banských diel

Spomedzi monitorovaných oblastí (resp. typov ložísk) indukuje najvyššiu mieru ovplyvnenia prírodného obehu podzemných vôd drenážny účinok uholných baní. Rozsiahle sústavy banských diel drénujúce hydrogeologické kolektory vrstvomého typu spôsobujú vznik rozsiahlych depresných kuželov a indukujú infiltráciu povrchových vôd. Keďže tieto vplyvy sú od 60. rokov minulého storočia až dosiaľ spoľahlivo sledované ťažiarimi (Lauková, 1999; Halmo et al., 1999, 2001), v súčasnosti nie sú aktívne monitorované v rámci štátneho monitoringu.

K regionálne významnému ovplyvneniu obehu podzemnej vody nedochádza ani na ložiskách magnezitu a talku. Hoci krasovo-puklinová priepustnosť ložísk magnezitu je vysoká, dosahujú malé rozmery a sú izolované hydrogeologickým masívom paleozoických metamorfítov (Radvanec et al., 2010). K významnému ovplyvneniu prúdenia podzemnej vody došlo len v Jelšave, kde čerpanie banskej vody pri odvodňovaní bane spôsobilo aj zánik vodárenského zdroja a ovplyvnenie chemického zloženia podzemnej vody (Bajtoš, 2004). Významné ovplyvnenie prírodného obehu podzemnej vody na rudných ložiskách v metamorfitoch kryštalinika paleozoika nebolo zaznamenané ani v minulosti počas ich ťažby. Spôsobuje to nízka priepustnosť hlbších častí hydrogeologického masívu. Ani na rudných ložiskách neovulkanitov nebol dokumentovaný významný vplyv na prúdenie podzemnej vody v ich okolí, a to napriek vysokej hydraulikej vodivosti niektorých zlomov (Bajtoš et al., 2011b). Monitorované rudné ložiská sú dnes zatopené po úroveň najnižšieho odvodňovacieho banského diela a množstvo banskej vody,

ktoré z nich vyteká na povrch, závisí hlavne od veľkosti bane, rozsahu rozfárana v pripovrchovej zóne. V rámci aktívneho štátneho monitoringu sa na 41 najvýznamnejších banských odvodňovacích dielach sledovaných oblastí meria množstvo vytekajúcej banskej vody. Dokumentované údaje svedčia o tom, že na monitorovaných rudných ložiskách s ukončenou ťažbou je dnes stabilizovaný obeh podzemnej vody kontrolovaný zrážkovo-klimatickým režimom.

Negatívne ovplyvnenie kvality vôd

V monitorovaných rudných oblastiach bol v hodnotenom období rokov 2007 – 2009 dokumentovaný pretrvávajúci nepriaznivý vplyv prítomnosti ťažených ložísk na kvalitu prírodných vôd. Plytký a dynamický obeh podzemnej vody v týchto oblastiach spôsobuje, že uvoľňované špécie z ložiskových minerálov zvetrávaním rýchlo migrujú do miestnych povrchových tokov a zhoršujú ich kvalitu (tab. 5). Najnepriaznivejšia situácia je v oblastiach Smolníka, Španej Doliny, Dúbravy a Pezinka, kde hlavné recipienty dosahujú v monitorovaných profiloch najhoršiu triedu kvality povrchových vôd (**V** (veľmi silno znečistená voda), a v lokalite Rudňany (trieda **IV**, silno znečistená voda). Lokálne negatívne ovplyvnenie kvality miestnych povrchových tokov sa zistilo aj v rudných oblastiach Novoveskej Huty a Sloviniek, aj na magnezitových ložiskách Jelšava a Lubeník. Miestne recipienty na Hornej Nitre sa vyznačujú relatívne vysokým stupňom antropogénnej kontaminácie z kumulovaných zdrojov (banská činnosť, poľnohospodárska činnosť, komunálne odpady). Obsah potenciálne toxických prvkov v banských vodách vytekajúcich zo štôlní je tu relatívne nízky. V štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode je vlastným monitoringom dokumentovaný negatívny vplyv drenážnej vody z odkaliska v Banskej Hodruši na kvalitu miestneho potoka, prejavujúci sa občasným nárastom obsahu Mn až do triedy **IV**, zinku a síranového aniónu do triedy **III**. Výtok banskej vody zo štôlnie Zlatý stôl so zvýšenou koncentráciou Mn spôsobuje nárast tohto prvku vo vode Hodruškého potoka, občasne až do triedy **V**.

Dedičné štôlnie odvodňujúce veľké banské revíry sú regionálne významnými bodovými zdrojmi kontaminácie povrchových tokov. K najvýznamnejším na Slovensku patrí Voznická odvodňovacia štôlnia, ktorá odvádza do Hrona banské vody zo štiavnicko-hodruškého rudného obvodu spolu s rozpustenými kovmi v množstve približne 45 t zinku, 30 t železa a mangánu, 6 t hliníka, 1 t olova a 150 kg kadmia ročne. Banskou vodou šachty Pech v Smolníku sa z pyritového ložiska uvoľňuje do Smolníckeho potoka ročne približne 110 t Fe, 10 t Mn, 22 t Al, 4 t Zn, 1 t Cu a 300 t S. Hoci voda tohto potoka je až po sútok s Hnilcom toxická od zatopenia bane v roku 1996, dosiaľ nedošlo k náprave nežiaduceho ekologického stavu.

Dlhodobé zmeny kvality vody povrchových tokov v rudných oblastiach

Doterajšie poznatky z oblastí ťažby rudných ložísk ukazujú významný negatívny vplyv ich ťažby a sprievodnej priemyselnej úpravy rudy na kvalitu vody miestnych

tokov. Kvalitu vody povrchových tokov počas využívania rudných ložísk v Slovenskom rudohorí oveľa výraznejšie ako samotná ťažba sprevádzaná tzv. mokrou úpravou rudy (drvenie, mletie, flotácia) zhoršovala tepelná úprava rudy (praženie, aglomerácia). Emisie unikajúce z pražiacich pecí (účinnosť snáh o ich zachytenie a využitie bola úmerná stupňu vývoja technológií) kontaminovali blízke okolie úpravnických závodov, rýchlo sa stávali súčasťou miestnych povrchových tokov a spolu s technologickými vodami z úpravy ich intenzívne kontaminovali na úsekoch dlhých niekoľko km, spravidla až po zriadenie prítokom do hlavných recipientov územia (rieky Hornád, Hnilec, Slaná). V porovnaní s obdobím po ukončení ťažby priemerná koncentrácia rizikových zložiek počas novodobej ťažby v rokoch 1970 – 1990 dosahovala niekoľkonásobne až niekoľkostonásobne vyššie hodnoty (Bajtoš, 2009). Vzhľadom na nárast účinnosti zachytávania emisií platí, že vo vzdialenejšej minulosti (pred monitorovaným obdobím) boli prejavy kontaminácie ešte výraznejšie. Hoci ešte dnes je ekologický stav mnohých tokov zlý, oproti nedávnej minulosti sa rapidne zlepšil. Najvýraznejšie rozdiely boli dokumentované na ložisku Rudňany. Koncentrácia

Hg vo vode Rudnianskeho potoka tu po ukončení ťažby v priemere poklesla až 258-násobne (obr. 12). Výrazné poklesy koncentrácie boli zaznamenané aj pri Fe (43-krát), As (30-krát, obr. 13), ale aj Cr, Cd a Ni (15-krát). Niekoľkonásobne poklesol obsah Mn, Cu a Zn. Spomedzi ťažobno-úpravnických zariadení mala najvýraznejší vplyv na kvalitu vody Rudnianskeho potoka prevádzka tepelného spracovania rúd – činnosť Nového priemyselného závodu (NPZ), lokalizovaného v dolnej časti povodia Rudnianskeho potoka, v ktorom sa pražila sideritová a tetraedritová ruda s obsahom Hg (Bajtoš, 2000). Okrem emisií kontaminovali povrchový tok aj vypúšťané technologické vody z ortuťovne. Na pyritovom ložisku Smolník došlo po ukončení ťažby k výraznému zlepšeniu kvality vody Smolníckeho potoka počas obdobia zatápania bane, keď obsah Mn poklesol 7-násobne, Cu 5-násobne a niekoľkonásobne aj obsah SO_4 , Fe a Zn. V tomto období mierne presahovali odporúčané hodnoty len Cu, Hg a As. Po zatopení bane však obnovený výtok kyslej metalo-sulfátovej banskej vody spôsobil opätovné zhoršenie situácie, keď legislatívne odporúčané hodnoty (OH) výrazne presahovali koncentráciu týchto prvkov: Cu, Fe, Mn, Zn (5 – 13 OH), Hg a As. Aj keď

Tab. 5
Kvalita vôd monitorovaných lokalít v období rokov 2007 – 2010
Water quality at monitored localities in 2007–2010

Lokalita Area	Kvalita povrchových vôd Surface water quality			Kvalita banských, drenážnych a podzemných vôd Quality of mine, drainage and underground waters		
	III	IV	V	A	B	C
Hornonitrianska kotlina	As, Fe, Zn, ChSK_{Mn}	M, NH_4 , Mn	SO_4 , Al, Hg	As, Hg	–	NH_4
Rudňany	Sb, Hg, Mn, Cu	Ba, SO_4	–	Hg, As, Cu, Ba	Hg, Sb	–
Slovinky	Mn, As, Sb, Hg, Cu	–	–	Hg, Cu, As	Sb	–
Smolník	SO_4	pH, Zn, Cu	Fe, Mn, Al	Hg, Sb	Pb, Ni	Zn, Cu, As
Novoveská Huta	Ba, Sb, SO_4	–	pH, Al, Mn, Cu	Ba, Cu, As	^{226}Ra , U_{nat} , Sb	
Rožňava	–	–	–	Pb, Sb	Cu, As	Sb
Nižná Slaná				–	As, Sb	–
Banská Štiavnica – Banská Hodruša	NH_4 , Zn, SO_4 , MIN	Al, Zn, Fe	Mn	Fe, NH_4 , As, Sb, Cr		Zn, Pb, Cd
Kremnica	pH, Mn, Sb, Al	–	–	As, Sb	–	–
Špania Dolina	Zn	As	Sb, Cu	As	–	Cu, Sb
Dúbrava	–	–	Sb	As	–	Sb
Pezinok	SO_4 , Mn	Sb	As	As	–	Sb

Vysvetlivky: Najnepriaznivejšie triedy kvality zistené na monitorovaných objektoch pre sledované ukazovatele v jednotlivých lokalitách. Triedy kvality povrchových vôd podľa STN 75 7221: III – znečistená voda; IV – silno znečistená voda; V – veľmi silno znečistená voda. Triedy kvality podzemných, drenážnych a banských vôd podľa „Pokynu“: A – pozadové hodnoty; B – zvýšené koncentrácie vyžadujúce vysvetlenie pôvodu znečistenia; C – vysoké koncentrácie vyžadujúce asanačný zásah.

Explanations: The most disadvantageous classes of quality, determined for analysed parameters in monitored objects on individual localities. Classes of surface water quality according to STN 75 7221: III – polluted water; IV – strongly polluted water; V – extremely polluted water. Classes of underground, drainage and mine water quality according to “Directive”: A – background values; B – enhanced values, investigation for source of contamination is needed; C – high values, rehabilitation is needed.

koncentrácia týchto zložiek v banskej vode časom postupne klesala, dosiaľ pretrvávajú vysoká koncentrácia Fe, Cu, Zn a Mn (2,5 – 4,5 OH). Oproti obdobiu ťažby je však situácia výrazne lepšia, vtedy dosahovala koncentrácia Cu a Mn približne 10-násobok OH.

Údaje získané pri monitoringu ČMS GF VŤŽP umožnili stanoviť bilanciú hmotnostného prietoku vybraných kontaminantov v banskej oblasti Dúbrava v Nízkych Tatrách a v oblasti Slovinky v Slovenskom rudohorí (Bajtoš, 2012). Týmto spôsobom je možné kvantifikovať podiel zjavných zdrojov kontaminácie na znečistení miestnych povrchových tokov a prognózovať mieru účinnosti realizácie budúcich sanačných opatrení. Keďže väčšina slovenských oblastí postihnutých banskou činnosťou sa nachádza – podobne ako dve vyššie uvedené lokality – v horských oblastiach budovaných masívom skalných predmezozoických hornín, predpokladá sa široká použiteľnosť tejto metódy pri hodnotení miery ovplyvnenia kvality povrchových vôd banskou činnosťou a pri rozhodovaní o účelnosti vynaloženia finančných prostriedkov na realizáciu sanačných prác.

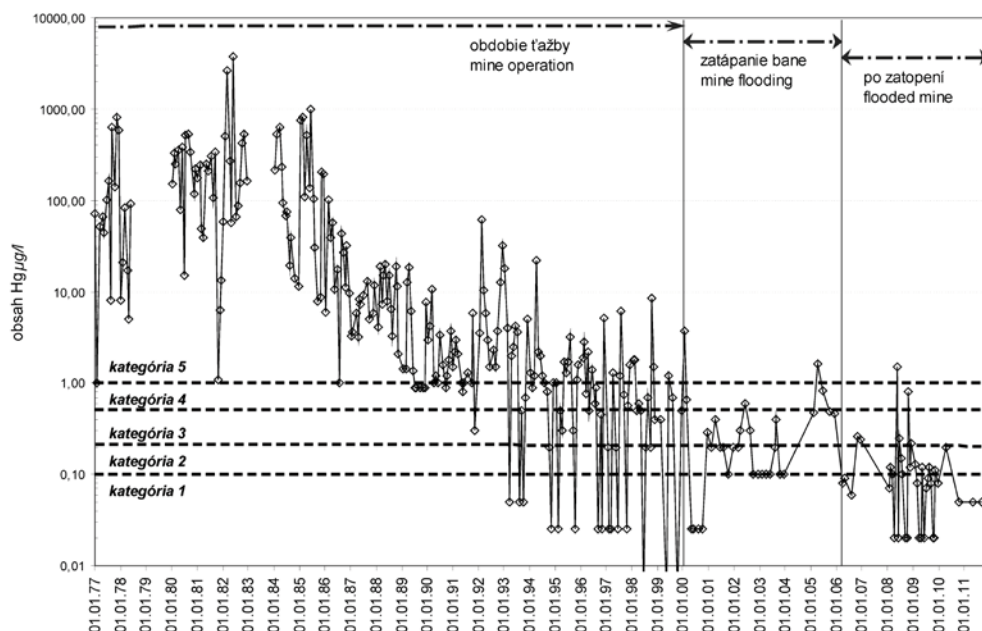
Kvalita riečnych sedimentov

Kvalita riečnych sedimentov bola v hodnotenom období monitorovaná v oblasti Banská Štiavnica – Hodruša a v Hornonitrianskej kotline.

V štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode sa vo všetkých sedimentoch monitorovaných výtokov banských vôd (najmä VOŠ, NOŠ a v štolni Zlatý stôl) vyskytuje extrémne vysoký obsah prakticky všetkých sledovaných rizikových prvkov (Zn, Cu, Pb, Co, Ni, As, Hg), ktorý mnohonásobne

prevyšuje legislatívne zavedené hodnoty pre zdravé, neznečistené životné prostredie. Najmä obsah Zn (60 000 až 90 000 mg · kg⁻¹) v sedimente banskej vody VOŠ je na úrovni, ktorá veľmi vysoko prevyšuje (niekoľko 1 000-krát) hraničné legislatívne hodnoty. Podobne, aj keď nie až tak markantne, je to aj v prípade NOŠ, aj v prípade štolne Zlatý stôl. S 10- až 20-násobným prekročením oproti limitným hodnotám sa stretávame prakticky pri všetkých prvkoch vo všetkých banských sedimentoch odkaliska v Hodruši, kde pozorujeme ich zvýšený obsah v porovnaní so sedimentmi recipienta o 50 % až 100 %. Celkovo možno skonštatovať pretrvávajúce negatívne vplyvy banských vôd na kvalitu riečnych sedimentov štiavnicko-hodrušského rudného obvodu.

V sedimentoch banských vôd uholných baní na Hornej Nitre a aj v sedimentoch povrchových recipientov pod štôľami pozorujeme zvýšený obsah potenciálne toxických prvkov. Tento obsah je markantne vyšší ako ich obsah v recipiente nad štôľami. Najvyšší obsah bol zaznamenaný pri As v prípade štolne Cigeli. Tam ich obsah kolíše od 330 až 2 588 mg · kg⁻¹. Avšak aj obsah As v ďalších štôľach oblasti vo veľkej väčšine prekračuje limitnú hodnotu pre zdravé neznečistené životné prostredie (28 mg · kg⁻¹). Pravidelne sa obsah pohybuje na úrovni 50 – 500 mg · kg⁻¹. Podmienené je to dvomi základnými skutočnosťami. Obsah As v uhlí Hornonitrianskej kotliny sa pohybuje v rozmedzí 600 – 800 mg · kg⁻¹. Druhou skutočnosťou ich zvýšeného obsahu je nestabilita As a ďalších stopových prvkov v prírodných vodách v daných termodynamických podmienkach a ich prakticky okamžité vypadávanie na geochemických bariérach hneď pri ústí štôľni. Preto pri väčšine prvkov, najmä As, ďalej Zn, Cu, Pb, Cd, Hg



Obr. 12. Časové zmeny obsahu ortuti vo vode Rudnianskeho potoka nad jeho ústím do Hornádu. Spracované podľa údajov SHMÚ (1977 až 2009) a vlastných údajov (2007 – 2011). Kategórie kvality povrchovej vody 1 – 5 podľa STN 75 7221.

Fig. 12. Long time fluctuation of Hg concentration in the Rudniansky potok stream above its estuary into the Hornád river. Compiled using data from the state surface water quality monitoring (SHMÚ – Slovak Hydrometeorological Institute, 1977–2009) and our own data (2007–2011). Surface water quality categories 1–5 after STN 75 7221.

pozorujeme zvýšený obsah v sedimentoch zo štôlní a v sedimentoch povrchových recipientov pod štôľňami. V sledovanom období (r. 2007 – 2011) je obsah rizikových prvkov relatívne stabilne zvýšený.

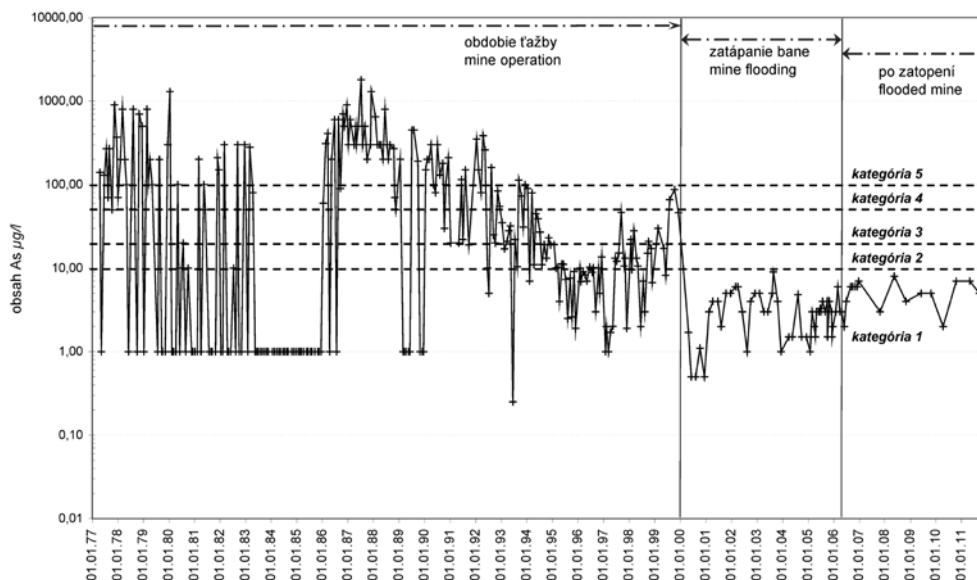
Kontaminácia sedimentov tokov bola v minulosti dokumentovaná vo väčšine monitorovaných oblastí s ťažbou rúd (Antal et al., 1998; Chovan et al., 2009; Lintnerová et al., 1999, 2004) a magnezitu (Radvanec et al., 2010).

Prievaly banskej vody z opustených banských diel

Špecifickým problémom, ktorý v období posledných rokov rezonoval prostredníctvom médií aj na verejnosti, je nebezpečenstvo náhlych prievalov banskej vody z opustených banských diel lokalizovaných nad osídlenými územiami alebo priamo v nich. Najnebezpečnejšia situácia nastala pri Novoveskej Hute, kde zával evaporitového nadložia utesnil Novú štôľňu, podmienil zvyšovanie vodného stĺpca pritekajúcou banskou vodou a postupné zväčšovanie jej naakumulovaného množstva. Náhle prevalenie závalu vodou v dôsledku vysokého hydrostatického tlaku spôsobilo vznik extrémnej prietokovej vlny, ktorá po dosiahnutí povrchu zničila ústie štôľne (obr. 14), poškodila cestu vedúcu k Novej štôľni (obr. 14) a spôsobila aj škody v záhradách a príbytkoch obyvateľov Tepličky v spádovom povodí Tepličského Brusníka. Takéto prievaly sa opísaným spôsobom opakovali štyrikrát. Odhaduje sa, že pri prvom 26. 9. 2008 vytieklo zo štôľne cca 95,8 tis. m³ vody, pri druhom 7. 12. 2008 72,1 tis. m³, pri treťom 30. 1. 2009 23,3 m³ a pri poslednom 17. 2. 2009 až približne 120 tis. m³ (Daniel a Jančura, 2009). Na zamedzenie opakovaniu prievalov bola v úvodnom úseku štôľne postavená protiprievalová hrádza (Rudné bane, š. p., Banská Bystrica). Jej účelom je stlmiť účinok prievalovej vlny

pri ďalšom vzniku prievalu. Za definitívne riešenie vzniknutej havarijnej situácie sa považuje obnovenie pôvodnej výškovej úrovne odtoku banskej vody odrazom závalu. Vzduťatá hladina vody v banskej sústave totiž spôsobuje nežiaduce krasovatenie sadrovcového súvrstvia nad úrovňou štôľne a možno očakávať vznik ďalších závalov povrchu. Banská voda vyteká na povrch z ústia Novej štôľne, ale hlavne zo spomínaného závalu. Táto lokalita bola v roku 2010 zaradená do štátneho monitoringu. Výdatnosť výtok z Novej štôľne podľa meraní v rokoch 2010 a 2011 dosahovala 2,8 – 6,2 l · s⁻¹ a výdatnosť prelivu banskej vody zo závalu 1,5 – 110 l · s⁻¹. Maximálnu výdatnosť dosiahol preliv zo závalu pri extrémnych zrážkach dňa 6. 6. 2010, keď unášaný piesčito-kamenitý sediment upchal prepust pod lesnou cestou. Odtok zo závalu nasmerovaný na lesnú cestu spôsobil jej intenzívnu eróziu (ryhu hlbokú miestami až 1,6 m; obr. 15) v úseku po bývalý závod ŽB v dĺžke 400 m. Unášaný materiál sedimentoval v areáli tohto závodu (obr. 16).

Prípad výronu banskej vody z opustenej Novej štôľne v lokalite Teplička nad Hornádom (Daniel a Jančura, 2009; Bajtoš et al., 2011a) a výron banskej vody z Krížovej štôľne v roku 2010 v Gelnici (Bajtoš et al., 2011c) dokumentovali ničivý potenciál ukrývajúci sa v opustených baniach, ale aj značné rezervy v súčasnej prevencii vzniku takýchto udalostí, v riešení krízových situácií a efektívnosti prác pri eliminovaní rizika opakovania havarijnej udalosti technickými prácami. To otvára otázku, do akej miery súčasná legislatíva zabezpečuje bezpečný a environmentálne únosný spôsob likvidácie banských diel pri ukončení ťažby, najmä účasť príslušných špecialistov pri projektovaní likvidačných prác, prípadne pri schvaľovaní týchto projektov. Z pohľadu štátneho monitoringu vplyv banskej činnosti na životné prostredie je v tejto súvislosti vhodné



Obr. 13. Časové zmeny obsahu arzénu vo vode Rudnianskeho potoka nad jeho ústím do Hornádu. Spracované podľa údajov SHMÚ (1977 až 2009) a vlastných údajov (2007 – 2011). Kategórie kvality povrchovej vody 1 – 5 podľa STN 75 7221.

Fig. 13. Long time fluctuation of As concentration in the Rudniansky potok stream above its estuary into the Hornád river. Compiled using data from the state surface water quality monitoring (SHMÚ – Slovak Hydrometeorological Institute, 1977–2009) and our own data (2007–2011). Surface water quality categories 1–5 after STN 75 7221.



Obr. 14. Dôsledky prievahu banskej vody z Novej štôľne v lokalite Novoveská Huta – Teplička. Vľavo: poškodené ústie štôľne s erodovaným úvodným úsekom. Vpravo: eróziou poškodená miestna cesta a koryto potoka zanesené naplaveným materiálom. Foto Baláž, 2. 10. 2008.

Fig. 14. Consequences of mine water outbreak from the Nová štôľňa adit in the Novoveská Huta – Teplička site. Left – damaged adit mouth with eroded part of slope. Right – local road damaged by erosion, clogged stream channel. Photo by Baláž, 2. 10. 2008.

orientovať pozornosť na zistenie efektívneho spôsobu identifikácie objektov rizikových z hľadiska vzniku náhlych prievahov banskej vody, identifikovať rizikové objekty v intravilánoch sídiel a ich blízkosti a informovať o nich orgány samosprávy, navrhnúť spôsob ich technických

úprav na zamedzenie spomínaného rizika, prípadne monitoring včasného varovania pred vznikom havárie. Tejto problematike sa venuje geoenvironmentálna štúdia (Bajtoš et al., 2011c), v rámci ktorej boli rizikovou analýzou vytypované potenciálne nebezpečné ústia banských diel a navrhnutý bol ďalší postup eliminácie rizika vzniku škôd spôsobených prievahmi banskej vody.

Záver

Výsledky doterajšieho monitoringu vplyvov ťažby nerastov z najvýznamnejších slovenských ložísk potvrdzujú pretrvávajúci negatívny vplyv pozostatkov ťažobnej činnosti na životné prostredie a na kvalitu života miestnej populácie. Okrem trvalej záťaže prostredia – hlavne hydrosféry – toxickými prvkami zhoršujú životné podmienky miestnych obyvateľov náhle vznikajúce nebezpečné javy. Medzi ne



Obr. 15 (vľavo): Erózia lesnej cesty banskou vodou z kráteru nad Novou štôľňou. Foto Bajtoš, 6. 6. 2010.

Fig. 15 (left): Erosion of forest road by mine water overflow from the crater above the Nová štôľňa adit. Photo by Bajtoš, 6. 6. 2010.



Obr. 16 (vpravo): Nánosy sedimentu erodované z lesnej cesty banskou vodou z kráteru nad Novou štôľňou. Foto Bajtoš, 6. 6. 2010.

Fig. 16 (right): Accumulation of sediment eroded from the forest road by mine water overflow from the crater above the Nová štôľňa adit. Photo by Bajtoš, 6. 6. 2010.

patria hlavne závaly povrchu terénu nad banskými dielami a prievaly banskej vody z opustených baní. Následkom týchto javov bývajú materiálne škody na miestnej infraštruktúre, pôdnom a lesnom fonde, súkromnom majetku občanov, ale aj riziko ohrozenia ich zdravia a života.

Úspešná prevencia vzniku nebezpečných udalostí ako dôsledku banskej činnosti si vyžaduje dôkladné poznanie mechanizmov ich vzniku a pôsobenia. V tomto smere je dlhodobý systematický monitoring nezastupiteľný, hlavne v budovaní informačnej bázy poznatkov a údajov potrebnej na štúdium týchto zložitých procesov. Identifikácia a prognózovanie vplyvov banskej činnosti na jednotlivé zložky životného prostredia v čase a v konkrétnych prírodných podmienkach lokality si vyžaduje komplexný multidisciplinárny prístup a primerané technické zabezpečenie.

Pri ďalšom inžinierskogeologickom monitoringu vplyvov ťažby na životné prostredie je potrebné sústrediť pozornosť hlavne na lokality s najintenzívnejšími prejavmi nestability povrchu vplyvom podrúbania, ktoré sa nachádzajú v obývaných oblastiach a ich blízkosti. Pri hydrogeologickom a geochemickom monitoringu je vzhľadom na doterajšiu nízku frekvenciu vzorkovania (zväčša 2x ročne) úroveň poznatkov o sezónnej variabilite koncentrácie kontaminantov vo väzbe na zrážkovo-odtokové pomery monitorovaných oblastí nedostatočná. Preto je potrebné v nasledujúcom období vo vybraných oblastiach realizovať časovo obmedzené podrobné sledovanie prietoku a základných fyzikálno-chemických parametrov automatickou registračnou technikou doplnenou vzorkovaním s vysokou frekvenciou, ktoré by bolo podkladom na úpravu frekvencie vzorkovania pri dlhodobom monitoringu. Spôsob vyhodnotenia geochemického monitoringu je vhodné modifikovať v intenciách metodického pokynu MŽP SR č. 1/2012-7 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia.

Počas budúceho monitoringu je potrebné okrem pokračujúceho získavania monitorovaných údajov v dosiaľ sledovanom rozsahu skúmať aj možnosti optimalizácie monitorovacích aktivít. Taktiež je potrebné dopĺňať rozsah sledovaných parametrov o také, ktoré umožnia lepšie charakterizovať aktuálnu mieru rizika negatívnych vplyvov banskej činnosti a presnejšie prognózovať vývoj rizikových procesov v oblastiach. Zároveň je potrebné preverovať nutnosť monitoringu ďalších rizikových oblastí Slovenska.

Podakovanie. Autori ďakujú recenzentke prof. RNDr. Otílii Lintnerovej, CSc. (Univerzita Komenského Bratislava, Prírodovedecká fakulta, Katedra ložiskovej geológie) za hodnotné pripomienky a poznámky.

References

- ANTAL, B., ZLOCHA, M. & HUDÁČEK, M., 1998: Hodnotenie vplyvu banskej činnosti na životné prostredie v regióne stredný Spiš. Záverečná správa orientačného prieskumu geologických činiteľov životného prostredia. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*, 263 s.
- BAJTOŠ, P., 2000: Environmental impact of mining activity in the Rudňany Ore Field, Slovak Ore Mountains. In: Rozkowski, A. & Rogoz, M. (eds.): *Mine Water and the Environment. Proceedings of 7th IMWA congress, Ustron*, 733 – 738.
- BAJTOŠ, P., 2004: Groundwater chemical composition changes in the Dúbravský Massif hydrogeological structure, induced by magnesite exploitation. *Acta Petrologica Sinica, IGCP-443 Newsletter*, 3, 20, 4, 887 – 898.
- BAJTOŠ, P., 2009: Zmeny kvality vody vybraných tokov v Slovenskom rudohorí v priebehu ťažby rudných ložísk a po jej ukončení. In: Rapantová, N. & Grmela, A. (ed.): *Voda – strategická surovina pro 21. stololetí. Zbor. 10. česko-slovenského medzinárodného hydrogeologického kongresu, Ostrava*, 205 – 208.
- BAJTOŠ, P., 2012: Bilancia hmotnostného prietoku kontaminantov v horských oblastiach zaťažovaných banskou činnosťou na príklade Sb ložísk Dúbrava a Cu ložísk Slovinky. *Podzemná voda*, 18, 2, 110 – 122.
- BAJTOŠ, P. & KLUKANOVÁ, A., 2009: Vplyv ťažby uhlia na Slovensku v environmentálnych súvislostiach. In: *Zbor. prednášok z medzinárodnej konferencie „100 rokov priemyselnej ťažby hnedého uhlia na Slovensku“*, Handlová, 109 – 120.
- BAJTOŠ, P., ZÁHOROVÁ, L. & RAPANT, S., 2011a: Monitoring vplyvov na životné prostredie v rizikových oblastiach ťažby rudných ložísk, magnezitu a mastenca. Správa za rok 2010. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*, 66 s.
- BAJTOŠ, P., CÍCMANOVÁ, S., BALÁŽ, P., STUPÁK, J., PRAMUKA, S., MICHÁLKO, J. & ŠESTÁK, P., 2011b: Banské vody Slovenska vo vzťahu k horninového prostredia a ložiskám nerastných surovín. Záverečná správa. *Manuskript. Archív Geofond, Bratislava*, 229 s.
- BAJTOŠ, P., ZÁHOROVÁ, L., STUPÁK, J. & PRAMUKA, S., 2011c: Analýza potenciálnych nebezpečenstiev týkajúcich sa prievalov banských vôd a stavu odkalísk po ukončení banskej činnosti, geoenvironmentálna štúdia. *Manuskript. Archív Rudné Bane, š. p., Banská Bystrica*, 258 s.
- BALIAK, F., MALGOT, J., LETAVAY, M., BARTÓK, J., KUCHAR, Š., ŠEBOVÁ, H. & SOLMANOVÁ, A., et al., 1989: Inžinierskogeologická mapa Kremnica 1: 5 000. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*.
- CÍCMANOVÁ, S., 2002: Geoenvironmental assessment of magnesite deposit Jelšava – Dúbrava massif. In: *IGCP 443 – Magnesite and Talc. Geological and Environmental Correlations. Bol. paranaense Geociênc.*, 50, 87 – 95.
- DANIEL, J. & JANČURA, M., 2009: Prípad Nová štôlna – periodické výrony banských vôd z opustenej bane. *Montanrevue* (2. 6. 2009), 18 – 19.
- GÉCZY, J., VOZÁR, J., HOJNOŠ, M., TEŠLIAR, J., DANIEL, S., JORÍKOVÁ, H., KANDRÍKOVÁ, A. & BUZOVÁ, M., 1993: Vplyv geofaktorov na vitalitu lesných porastov v oblasti Hnilceckých vrchov. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*, 52 s.
- HALMO, J., POKOJNÝ, J., BELÁČEK, J. & VÖRÖS, S., 1999: Novaky coal deposit exploitation and its relation to the Horna Nitra valley geothermal waters. *Proceedings XXIX congress of IAH Hydrogeology and land use management, Bratislava*, 757 – 761.
- HALMO, J., FRANKO, O. & VÖRÖS, S., 2001: Nové poznatky o ochrane Bojnických liečivých termálnych vôd. *Podzemná voda*, 7, 2, 133 – 156.
- CHOVAN, M., LALINSKÁ, B., KLIMKO, T., ŠOTTNÍK, P., JURKOVIČ, L. & JANKULÁR, M., 2009: Evaluation of contaminated areas affected by Sb mining (Slovakia). In: *Contaminated areas, Bratislava, 06/2009. Vyd. Ekotoxikologické centrum, Bratislava*, 177 – 182.
- KLUKANOVÁ, A., IGLÁROVÁ, L., WAGNER, P., HRAŠNA, M., FRANKOVSKÁ, J., MIKITA, S., CÍPCIAR, A., BAJTOŠ, P., SMOLÁROVÁ, H., GLUCH, A., VLČKO, J., BODIŠ, D., ONDRÁŠIK, M., ONDREJKA, P., LIŠČÁK, P., PAUDITŠ, P., PETRO, L., DANANAJ, I., HAGARA, R., MOCZO, P., et al., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory (správa za obdobie 2002 – 2009/monitorovanie GF ŽP). *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*, 920 s.
- LAUKOVÁ, I., 1999: Mining influence of the Hornonitrianske bane Prievidza, a. s., on the environment. *Proceedings XXIX congress of IAH Hydrogeology and land use management, Bratislava*, 791 – 795.
- LINTNEROVÁ, O., ŠOTTNÍK, P. & ŠOLTÉS, S., 2004: Vznik kyslých banských vôd a toxických riečnych sedimentov v okolí opustenej bane Smolník. In: *Geochémia 2004, Bratislava*, 129 – 131.

- LINTNEROVÁ, O., ŠUCHA, V. & STREŠKO, V., 1999: Mineralogy and geochemistry of acid mine Fe-precipitates from the main Slovak mining regions. *Geol. Carpath.*, 50, 5, 395 – 404.
- Metodický pokyn č. 1/2012-7 z 27. januára 2012 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 296/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.
- PIOVARČIOVÁ, V., 1989: Expertíza vplyvu dobývania Dúbravského masívu na povrch s možnosťou vydobytia až po úroveň 200 m n. m. *Manuskript. Archív ÚVR, Košice*.
- Pokyn Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku SR a Ministerstva životného prostredia SR z 15. 12. 1997 č. 1617/97-min. na postup pri vyhodnocovaní záväzkov podniku z hľadiska ochrany životného prostredia v privatizačnom projekte predkladanom podnikom v rámci privatizácie.
- RADVANEČ, M., NÉMETH, Z. & BAJTOŠ, P. (eds.), 2010: Magnesite and Talc in Slovakia – Genetic and Geoenvironmental Models: Magnezit a talk na Slovensku – genetický a geoenvironmentálny model. *ŠGÚDŠ, Bratislava*, 189 p.
- Rozhodnutie MP SR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok (číslo 531/1994 – 540) MP SR, 1994.
- STN 75 7221 Kvalita vody. Klasifikácia kvality povrchových vôd.
- VRANA, K., VOJTAŠKO, I., ŽÁK, D., PIOVARČI, M., KÚŠIKOVÁ, S., PUCHNEROVÁ, M., LANC, J. & NAŠTICKÝ, J., 2005: Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou, orientačný IGP. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*, 76 s.
- ZAHOŘANSKÝ, G., 1990: Stanovenie vplyvu dobývania ložiska Košice – hĺbka, magnezit. Záverečná správa. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*.
- ZAHOŘANSKÝ, G. & HAUSOVÁ, Z., 1987: Riešenie problematiky horských otrasov na hlbinných baniach ČSSR. Názov DÚ 06: Výskum problematiky horských otrasov a iných geodynamických prejavov s obdobným účinkom na hlbinných baniach GR RBMZ. Etapa 01: Určenie ložísk s nebezpečím geodynamických prejavov. *Manuskript. Archív ÚVR, Košice*.

Rukopis doručený 3. 1. 2013

Revidovaná verzia doručená 5. 2. 2013

Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Geological monitoring of mining influence on the environment in risk-bearing Slovak areas in years 2007–2011

Mining activities in Slovakia are performed from historical times till recent. Not only recent mining, but also numerous old mines can negatively influence the environment and conditions for human life. As a part of state monitoring of geological factors, also impact of mining on the environment has been monitored since 2007. Methods and range of this monitoring, as well as selection of monitored sites were proposed in the frame of prepared system for identification and monitoring of damages induced by mining (Vrana et al., 2005).

From the typological point of view, monitored areas can be divided into three main groups – areas of ore mining, areas of magnesite or talc mining and areas of coal exploitation. Spatial distribution of monitored areas in Slovakia is shown in Fig. 1. Nowadays, ore mines in studied areas are abandoned, with the exception of gypsum deposit in Novoveská Huta and small Au-mine Rozália in Banská Hodruša. Hence, these areas are monitored by our own field and laboratory works. Ore mining areas are monitored in local specialized monitoring networks (Tab. 2). Mines in areas with magnesite/talc and coal mining are still in processing and miners perform operative monitoring under supervision of mining office boards and environmental authorities. Results of the operative monitoring performed at magnesite/talc mines were being filled in to our state monitoring database. Operative monitoring of the “Horná Nitra” region coal miners is supplemented by the state monitoring of geochemical aspects, consisted of surface water and stream sediments quality measurements.

Monitoring of mining impacts on the environment requires different approaches for engineering geological, hydrogeological and geochemical investigations.

Engineering geological monitoring is objected mainly on physical impacts of mining on ground surface, where geodynamic phenomena as slope deformations (SD), ground subsidences (PT), defects of objects (PO), underflooding and waterlogging of soil (PZ) or linear erosion of ground surface

(ER) are observed (Tab. 1). Their origin is studied on the base of documentation of stopped-out workings (MP), deformation of rock massif in underground (MD) and portal locations (BD). Taking into account magnitude and frequency of above mentioned geodynamic phenomena, monitored areas can be distinguished into three categories of loading (Tab. 4). In many localities, recent movements of ground surface are recorded. They represent sudden ground falls (Figs. 3–5), or small vertical movements of ground surface (Tab. 4).

Residuals of mining still negatively affect local water bodies (Tab. 5). Nevertheless, long terming records of surface water quality show that in comparison with the mine operation period, present loading of streams is a few times lower (example in Figs. 12–13). More than mining alone (together with simple wet processing of ore), water and also soil quality was affected within thermal processing of ore (emissions from metallurgical furnaces, waste waters from ore processing).

Monitoring of quantitative parameters of mine water sources in ore mining areas confirm that abandoned mines (mainly in period 1990–2010) has steady water circulation, which is controlled by precipitation – climatic regime in given area. Most significant influence of natural water circulation is induced by coal mines. Groundwater of Neogene aquifers is drained on large areas so depression cones are extensive and they induce infiltration of surface water. As these impacts are reliably monitored by miners since the 1960s (Lauková, 1999; Halmo et al., 1999 and 2001), in present they are not measured in the frame of state monitoring.

Future monitoring of mining impact on environment should be oriented – in addition to continual collection of relevant data in present extent – on optimization of performed activities. Measured parameters should be supplemented by additional ones, which will allow to characterize risk from mining residuals or present mining activities more accurately and which enable to estimate future evolution of risk-bearing processes and phenomenon correctly.