

**MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ
REPUBLIKY**

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA

Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava



ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM – GEOLOGICKÉ FAKTORY

Informácia

**o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na
hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám**

Vypracovali: RNDr. Pavel Liščák, CSc., Ing. Peter Bajtoš, PhD., RNDr. Dušan Bodiš, CSc., Mgr. Martin Brček, PhD., RNDr. Augustín Gluch, RNDr. Ľubica Iglárová, RNDr. Ján Madarás, PhD., RNDr. Slavomír Mikita, PhD., Mgr. Peter Ondrejka, PhD.

Spolupracovali: Mgr. Dominik Balík, RNDr. Andrej Cipciar, Ing. Dušan Ferienc, doc. RNDr. Miroslav Hrašna, PhD., RNDr. Jozef Kordík, PhD., Ing. Ľubomír Petro, CSc., doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc., RNDr. Igor Slaninka, PhD., RNDr. Vladimír Vybíral, doc. RNDr. Peter Wagner, CSc., Mgr. Andrej Žilka

Schválil: Ing. Branislav Žec, CSc.
riaditeľ ŠGÚDŠ

Bratislava február 2012

Informácia

o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám

1. Úvod

Čiastkový monitorovací systém - Geologické faktory (ČMS GF) je súčasťou Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. Zameraný je hlavne na tzv. geologické hazardy, t. j. škodlivé prírodné alebo antropogénne geologické procesy, ktoré ohrozujú prírodné prostredie, a v konečnom dôsledku aj človeka. Vzhľadom na nepriaznivé pôsobenie prírodných síl narastá v posledných rokoch počet mimoriadnych udalostí živelných pohrôm, ktoré majú negatívny vplyv na život a zdravie ľudí alebo ich majetok. Ide predovšetkým o často sa opakujúce zosuvy. Výsledky monitorovania poskytujú informácie na prijatie opatrení umožňujúcich mimoriadnym udalostiam včas predchádzať.

Uznesením vlády SR č. 907 z 21. augusta 2002 bola schválená Koncepcia trvalo udržateľného využívania zdrojov horninového prostredia, v ktorej okrem iných požiadaviek vláda SR v ukladacej časti v bode B.3. uložila ministrovi životného prostredia SR k 30. aprílu 2003 a potom každoročne „predkladať na rokovanie vlády SR informáciu o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Uznesenie vlády SR č. 803 z 12. októbra 2005 uložilo naďalej merať a pozorovať vodohospodárske objekty na stabilizačnom násype v údolí Handlovky a výsledky pozorovaní každoročne zahrnúť do správy o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám (Príloha č. 2).

V septembri 2006 bola podpísaná zmluva o spolupráci pri poskytovaní a využívaní geologických informácií medzi Úradom civilnej ochrany Ministerstva vnútra SR (teraz sekcia integrovaného záchranného systému a krízového manažmentu MV SR) a Štátnym geologickým ústavom Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ).

2. Výsledky monitoringu za rok 2011

V roku 2011 sa podľa Koncepcie aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu pokračovalo v meraniach len v siedmich podsystemoch:

- 01 Zosuvy a iné svahové deformácie
- 02 Tektonická a seizmická aktivita územia
- 03 Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží
- 04 Vplyv ťažby na životné prostredie
- 05 Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí
- 06 Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi
- 07 Monitorovanie riečnych sedimentov
- 08 Objemovo nestále zeminy - pozastavený.

01 - Zosuvy a iné svahové deformácie

V rámci podsystemu „01 – Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa oproti predchádzajúcemu roku počet pozorovaných lokalít výrazne zvýšil. V roku 2011 sa vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (29 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a indície aktivizácie rúťivých pohybov (9 lokalít), pričom na 7 lokalitách

bol rozsah monitorovacích aktivít minimalizovaný, hodnotené boli len klimatologické údaje zo staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ). Samostatnú skupinu hodnotenia stability prostredia tvorí lokalita *Stabilizačného násypu v Handlovej*. V súvislosti s extrémnym vývojom svahových porúch v roku 2010 do súboru monitorovaných lokalít boli zaradené tie zosuvy z roku 2010, ktorých aktívny stav si vyžiadali realizáciu inžinierskogeologického prieskumu a okamžitých protihavarijných opatrení. Na týchto zosuvoch bola vybudovaná sieť objektov, ktorých monitorovaním je možné získať dôležité údaje o stabilnom stave zosuvného prostredia. V súvislosti so zaradením väčšieho počtu nových lokalít bolo nutné prehodnotiť možnosť redukcie monitorovacích aktivít v pôvodnom súbore pozorovaných svahových deformácií. Zmeny sa týkali najmä lokalít s nižším počtom monitorovacích aktivít. V súbore zosuvných lokalít bolo monitorovanie pozastavené na zosuvoch vo *Vištuku* a *Liptovskej Mare* (na lokalite *Vištuk* bola sledovaná len aktivita poľa PEE s veľmi nízkou frekvenciou; na lokalite *Liptovská Mara* je monitoring naďalej zabezpečovaný pracovníkmi Technicko-bezpečnostného dozoru vodného diela Liptovská Mara). Uspokojivý stabilný stav na lokalite *Harmanec* umožnil pozastavenie monitorovacích meraní. Všetky namerané údaje z uvedených lokalít budú i naďalej uložené v databáze a prístupné pre prípad obnovenia monitorovacích meraní. Požiadavka zaradiť do pozorovaného súboru rozsiahly počet zosuvov z roku 2010 sa na viacerých doposiaľ monitorovaných lokalitách prejavila i zmenou frekvencie monitorovacích meraní. Merania na lokalitách *Handlová-Baňa*, *Starina*, *Slovenský raj-Pod večným dažďom*, *Jakub*, *Bratislava-Železná studnička*, *Pezinská Baba* a *Lipovník* boli doteraz vykonávané každoročne v pravidelných jarných a jesenných cykloch. Od roku 2011 budú však tieto merania realizované s dvojročnou frekvenciou (pri dodržaní jarného a jesenného cyklu), pričom zber klimatologických údajov (SHMÚ) pre tieto lokality je zabezpečený každoročne. K zmene došlo aj v prípade lokality *Ipeľ* s projektovanou prečerpávacou vodnou elektrárnou. Vzhľadom na skutočnosť, že v priestore perspektívneho vodného diela bola v minulosti venovaná prednostná pozornosť stabilite územia z hľadiska tektonických pohybov, lokalita bola presunutá do podsystému 02 – Tektonická a seizmická aktivita územia.

Celkovo sa teda v rámci podsystému 01 v roku 2011 monitorovalo 43 lokalít. Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najdôležitejších výsledkov merania na všetkých pozorovaných lokalitách je zhrnutý v súbornej tabuľke (Príloha 1), v ktorej sú lokality rozdelené podľa stupňa dôležitosti do 3 kategórií – od kategórie III. (celospoločensky najvýznamnejšie lokality) po kategóriu I. (lokality, ktorých význam je v súčasnosti nižší).

Svahové pohyby charakteru zosúvania

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (metódy geodetické a inklinometrické), zmeny napätostného stavu prostredia (merania poľa pulzných elektromagnetických emisií – PEE) a stav najdôležitejších zosuvotvorných faktorov (režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení, ako aj spracovávanie informácií o zrážkach). Okrem tradičných spôsobov merania, vykonávaných pozorovateľmi, bolo v roku 2011 na 6 lokalitách v prevádzke celkovo 12 automatických hladinomerov, zaznamenávajúcich kontinuálne, s intervalom 1 hodiny, hĺbku hladiny a teplotu podzemnej vody, z ktorých 2 (na lokalitách *Veľká Čausa* a *Okoličné*) sú zabezpečené systémom včasného varovania, prepojeným on-line so strediskom monitorovania.

V roku 2011 bola v zosuvných územiach očakávaná zvýšená pohybová aktivita v dôsledku mimoriadne vlhkého roku 2010. I keď výsledky meraní v niektorých zosuvných územiach naznačovali stratu stability a aktivizáciu svahového pohybu, vo všeobecnosti možno konštatovať, že vďaka spoľahlivému fungovaniu stabilizačných opatrení, vybudovaných v minulosti, nedošlo na žiadnej lokalite k výraznej celkovej aktivizácii svahového pohybu.

V roku 2011 boli najvýraznejšie posuny, zaznamenané geodetickým meraním,

na lokalite *Fintice*. Na všetkých bodoch boli pozorované veľmi významné polohové i vertikálne posuny. Najväčšie priestorové zmeny boli zaznamenané na bodoch P-5, 4 a 3. V absolútnom vyjadrení sa namerané posuny pohybovali v rozsahu 30,53 – 50,55 mm. Ide o prechodovú časť zosuvného územia, v ktorej bola zaznamenaná zvýšená pohybová aktivita už v minulosti, o čom svedčia porušené inklinometrické pažnice z predošlého obdobia monitoringu. Vo vyššej časti svahu, ktorá sa vyznačuje odlišnou pohybovou aktivitou, bola inklinometrickými meraniami zaznamenaná zvýšená hodnota deformácie len vo vrte K-4, relatívne plytko pod povrchom terénu, v hĺbke 2,5 m (deformácia 4,34 mm).

Aktívny svahový pohyb bol zaznamenaný i vo vyšších častiach katastrofálneho zosuvu v *Handlovej*. Inklinometrickým meraním vo vrte GI-1 bola v hĺbke 24,3 m pod úrovňou terénu zaznamenaná extrémna deformácia, ktorá spôsobila porušenie inklinometrickej pažnice. Výrazné boli aj deformácie vo vrtoch GI-2 (v hĺbke 3,5 m pod povrchom bola zaznamenaná deformácia 11,45 mm) a HI-5 (v hĺbke 4,5 m pod povrchom bola zaznamenaná deformácia 6,48 mm), nachádzajúcich sa v strednej a vyššej časti zosuvného svahu. V blízkosti rozsiahleho územia katastrofálneho zosuvu sa na jeho západnom okraji nad *Žiarskou ul.* v roku 2009 aktivovalo menšie zosuvné územie, ktoré sa v čase svojho vzniku a počas zrážkových anomálií v roku 2010 vyznačovalo výraznou pohybovou aktivitou. V roku 2011 bolo na zosuve vykonané meranie metódou GNSS, ktoré preukázalo dočasne stabilizovaný stav.

Výrazná pohybová aktivita bola geodetickými meraniami zaznamenaná aj na zosuve pri *Okoličnom*. Najvýznamnejšie priestorové zmeny boli pozorované na bodoch P-5, 11, 12, 13, 15 a 19. Body sa nachádzajú prevažne v strednej časti zosuvného svahu. Absolútne hodnoty ich priestorových zmien boli v rozsahu 16,16 až 75,06 mm. Na základe klasifikácie výsledkov geodetických meraní, namerané posuny predstavovali tretí, najnepriaznivejší stupeň. Inklinometrickými meraniami bola výrazná aktivita zaznamenaná len v čele svahovej deformácie vo vrte M-2.

Na južnom okraji obce *Veľká Čausa* boli v roku 2011 výraznejšie prejavy pohybovej aktivity zistené inklinometrickými ale aj geodetickými meraniami. Najvýraznejšie deformácie inklinometrickej pažnice boli zaznamenané, podobne ako i v predchádzajúcich rokoch, na západnom okraji aktívneho zosuvného územia, v oblasti vrtov VČ-9 a VE-4. K výraznému nárastu sledovanej deformácie došlo i v akumuláčnej časti zosuvu vo vrte VČ-1. Veľkosti deformácie v pozorovaných horizontoch sa pohybovali v intervale 8,82 až 12,85 mm. Pohybová aktivita s nižšími absolútnymi hodnotami deformácie, avšak patriaca do tretieho, stabilne najmenej priaznivého stupňa, bola zaznamenaná aj vo východnej časti územia, vo vrtoch VČ-12 a VČ-13. Geodetickými meraniami (terestrickými a GNSS) boli najväčšie priestorové zmeny zaznamenané v centrálnej časti zosuvu na bodoch P17 a PW-1, niekoľko metrov pod odľučnou stenou. V ostatných častiach územia bol podľa výsledkov geodetických meraní zosuvný svah v relatívne stabilnom stave. Celkovo však možno na základe vykonaných meraní, ale i priamych pozorovaní v teréne, konštatovať pretrvávajúcu zvýšenú pohybovú aktivitu v západnej časti aktívneho zosuvu a v jeho odľučnej oblasti.

V roku 2011 bolo vykonané aj kontrolné meranie deformácie v inklinometrickom vrte LP-1 na lokalite *Hlohovec – Posádka*. Meraním bola najvýraznejšia pohybová aktivita zaznamenaná v hĺbke 5,0 m s veľkosťou 8,98 mm. O niečo nižšia hodnota deformácie bola pozorovaná aj v horizonte 10,0 m pod terénom (2,48 mm). Polohové zmeny, zaznamenané geodetickými meraniami, poukazujú na mierne zvýšenú až strednú pohybovú aktivitu. Najväčšie polohové zmeny boli namerané na bodoch HSJ-38 (28,82 mm; nachádzajúci sa neďaleko obce *Bojničky*) a HSJ-98 (27,82 mm; neďaleko obce *Vinohrady nad Váhom*, časti *Paradič*). Najväčšie vertikálne zmeny boli namerané na bodoch GA-6, GPL-1 (*Paradič*), HSV-40, GPL-4 (*Bojničky*) a HSJ-49 (*Posádka*). Z hľadiska kvality monitorovania možno pozitívne hodnotiť zvýšenie frekvencie meraní podľa PEE. Z ich výsledkov vyplýva, že počas celého roku bola pomerne vysoká hodnota aktivity podľa PEE zistená vo vrte HSJ-37 v hĺbke do cca

20 m od povrchu terénu. O niečo nižšie hodnoty aktivity poľa boli namerané aj vo vrtoch HSJ-38, HSJ 39 a LP-1. Relatívne vysoká aktivita poľa PEE je trvalo v okolí vrtu HSJ-33.

Na lokalitách s podstatne menším sortimentom monitorovacích meraní, ako napr. *Handlová-Kunešovská cesta, Dolná Mičiná, Bojnice a Kvašov*, možno konštatovať prevažne stabilný stav. Pohybová aktivita je v týchto územiach sledovaná meraniami metódou presnej inklinometrie. Zvýšená aktivita bola zaznamenaná len na lokalite *Dolná Mičiná* v hlbších horizontoch vrtu JM-8. V hĺbke 9,0 m od povrchu terénu došlo k deformácii 5,28 mm a v hĺbke 10,5 m bola nameraná deformácia 4,23 mm. Namerané deformácie predstavujú tretí, najmenej priaznivý stupeň pohybovej aktivity. V ostatných inklinometrických vrtoch sa deformácia pohybovala v intervale od 0,0 do 3,7 mm. Na lokalite *Handlová-Kunešovská cesta* boli deformácie s najväčšou absolútnou hodnotou zaznamenané vo vrtoch JK-3 (v hĺbke 3 m bola od posledného merania zaznamenaná deformácia 4,41 mm), JK-2 (v hĺbke 3,7 m deformácia 3,21 mm) a JK-7 (v hĺbke 4 m deformácia 3,35 mm). Zvýšená hodnota deformácie na lokalite *Bojnice* bola nameraná vo vrte JB-2. Plytko pod povrchom terénu, v hĺbke 1,9 m bola zaznamenaná deformácia 4,96 mm, čo v danom horizonte predstavuje najväčšiu deformáciu za monitorované obdobie (od roku 1997). I keď deformácie zaznamenané na lokalite *Kvašov* potvrdzujú funkčnosť vykonanej stabilizácie zosuvného územia, počas ohliadky zosuvného územia boli pozorované výrazné prejavy deformácií na rodinnom dome č. 73, ktorý sa nachádza v blízkosti vybudovaného drenážno-stabilizačného rebra. Deštrukčné účinky sú najlepšie pozorovateľné na sklenených výplniach okien, ktoré sú popraskané. Porušené sú však i obvodové múry a priečky domu.

Na 17 zosuvných lokalitách z roku 2010 sú monitorovacie aktivity zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a na režimové pozorovanie podzemnej vody. Počas meraní bol aktívny svahový pohyb pozorovaný na zosuvoch v obciach *Nižná Myšľa* a *Varhaňovce*. Počas nultého inklinometrického merania bola v obci *Nižná Myšľa* vo vrte INM-4, nachádzajúcom sa v blízkosti kostola, zaznamenaná deformácia inklinometrickej pažnice (14,5 m pod terénom), ktorá spôsobila nepriechodnosť vrtu. Podobná skutočnosť bola zistená i vo vrte VV-7 v obci *Varhaňovce*.

Na zosuvných lokalitách *Bardejovská Zábava, Ďačov, Lenartov, Lukov, Pečovská Nová Ves, Prešov-Horárska ul. a Pod Wilec hôrkou, Košice-Dargovských hrdinov a Krásna nad Hornádom, Nižná Hutka, Vyšný Čaj, Vyšná Hutka a Šenkvice* bola monitorovacími inklinometrickými meraniami overená priechodnosť pozorovacích vrtov. Na lokalite Chmiňany bola inklinometrická pažnica poškodená počas sanačných prác.

Medzi lokality s najnižším rozsahom monitorovacích aktivít patria *Handlová-Morovnianske sídlisko, Lubietová a Slanec-TP*, kde sortiment monitorovacích aktivít je obmedzený na režimové pozorovanie zmien hĺbok hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Z režimových pozorovaní na týchto lokalitách možno dospieť k záveru, že hladiny podzemnej vody mali prevažne klesajúci charakter, pričom najväčší pokles priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody (až o 1,22 m) bol zaznamenaný na lokalite *Slanec TP*. Na lokalitách *Handlová-Morovnianske sídlisko* a *Lubietová* bol pozorovaný pokles hladiny oproti predchádzajúcemu roku približne o 0,5 m. Podobný trend bol pozorovaný i pri výdatnostiach odvodňovacích zariadení. V dôsledku suchého obdobia, najmä v mesiacoch august až november, bol na zosuve *Handlová-Morovnianske sídlisko* zaznamenaný pokles výdatnosti odvodňovacích prvkov oproti roku 2010 až o 82 l min⁻¹.

Úpravy metodiky monitorovania a technické opatrenia

Okrem aktualizovaných upozornení o stave monitorovaných zosuvov, uverejňovaných na internetovej stránke (www.geology.sk – ČMS GF – Publikácie a správy) sa v rámci úprav a doplnenia metód alebo metodiky monitorovania svahových pohybov charakteru zosúvania realizovali v roku 2011 nasledujúce činnosti:

Počas roku 2011 došlo k významnej zmene pri zabezpečovaní viacerých monitorova-

cích aktivít. Vďaka zaobstaraniu prenosnej inklinometrickej sondy na oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ budú v budúcnosti inklinometrické merania realizované pracovníkmi ŠGÚDŠ. Na zabezpečenie continuity s pôvodnými realizátormi meraní bolo v mesiacoch XI/XII 2011 vykonané paralelné meranie na všetkých doposiaľ pozorovaných vrtoch. V tomto období bolo zároveň vykonané nulté inklinometrické meranie na zosuvných lokalitách, ktoré boli do monitorovacieho systému zaradené v roku 2011. K zmene došlo i v prípade geodetických meraní na lokalite *Fintice*. Pôvodný dodávateľ meraní bol nahradený pracovníkmi ŠGÚDŠ. Na zabezpečenie continuity meraní bolo počas novembra vykonané paralelné geodetické meranie spoločne s pôvodným realizátorom meraní.

V súvislosti s budovaním monitorovacej siete na pohybovo veľmi aktívnej lokalite v *Handlovej na Žiarskej ul.* boli zrealizované viaceré práce technického charakteru. Priamo v telese zosuvu bol vybudovaný geodetický pozorovací bod a v okruhu do cca 3 km od lokality boli sfunkčnené existujúce referenčné geodetické body.

V oblasti pohybovo veľmi aktívneho zosuvu v obci *Šenkvice* boli počas roku 2011 do vrtov zabudované dva automatické hladinometry s hodinovým záznamom hĺbky hladiny podzemnej vody. Merania podávajú informáciu o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody v dvoch odlišných horizontoch. Obidva vrty sa nachádzajú v čele zosuvu.

Počas nultého inklinometrického merania na katastrofálnom zosuve v *Handlovej* bola preukázaná priechodnosť iba dvoch vrtov – GI-4 a HI-5 v stabilizovanej časti územia. Ostatné inklinometrické vrty sú nepriechodné, a teda i nemerateľné. Na základe zistených skutočností vzniká otázka, či pre rozsiahle aktívne zosuvné územie možno spracovať reprezentatívnu informáciu o stabilitných pomeroch, ak sú k dispozícii údaje iba z hore uvedených dvoch vrtov.

V minulosti pracovníci ŠGÚDŠ viackrát upozorňovali predstavitel'ov mesta *Handlová* na nedostatky súvisiace so zostarnutím, a tým i znížením účinnosti vybudovaných sanačných opatrení v rozsiahlom priestore katastrofálneho zosuvu v *Handlovej*. Počas kontrolných meraní bola konštatovaná pozitívna zmena. Vo viacerých častiach zosuvného územia boli povrchové odvodňovacie rigoly prečistené.

Svahové pohyby charakteru plazenia

Svahové pohyby charakteru plazenia sa monitorujú mechanicko-optickým dilatometrom TM-71 na lokalitách v Slanských vrchoch – *Veľká Izra* (1 prístroj), *Sokol* (1), *Košický Klečenov* (2) a v Levočských vrchoch *Jaskyňa pod Spišskou* (1). Na všetkých lokalitách boli v roku 2011 vykonané 3 etapy meraní. Meraniami na lokalite *Košický Klečenov* sa preukázal pokračujúci trend pohybov vo všetkých troch osiach (prístroj KK-1). Najväčší posun bol zaznamenaný v smere osi x (0,83 mm – rozšírenie trhliny). Podobný posun bol zaznamenaný aj v smere osi z na dilatometri KK-2. Miernejšia pohybová aktivita bola zistená na lokalitách *Sokol* (rozšírenie trhliny) a *Jaskyňa pod Spišskou* (pokles bloku a rozširovanie trhliny). Na lokalite *Veľká Izra* boli dilatometrickým prístrojom VI-1 preukázané minimálne posuny.

Indície svahových pohybov charakteru rútenia

Náznaky aktivizácie rútvých pohybov sa monitorujú metódami fotogrametrie, dilatometrickými meraniami, ako aj meraniami mikromorfologických zmien povrchu skalných odkryvov. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávajú aj informácie o niektorých zosuvotvorných faktoroch (zrážky a počet mrazových dní). Ako už bolo spomenuté v úvode, rozsah i frekvencia monitorovania boli upravené v súlade so zmenami v náplni subsystému 01.

Najväčší počet monitorovacích metód bol aplikovaný na skalných stenách zárezov v *Banskej Štiavnici* a čiastočne i na lokalite pri obci *Demjata*. Na cestnom záreze nad *Banskou Štiavnicou* boli v roku 2011 realizované merania zo skupiny digitálnej fotogrametrie a dilatometrické merania. Pri stereofotogrametrickom snímkovaní digitálnou kamerou bolo zameraných 8 vertikálnych profilov. Meranie preukázalo zmeny v profiloch č. 1, 3 a 6 vo vrchných častiach masívu, pričom najväčšia zmena nastala v profile 1 vo výške 14,1 –

15,3 m. Konvergentné meranie zmien nepreukázalo väčšie posuny, ako je presnosť použitej metódy. Výsledky dilatometrických meraní na stanovisku 1 a 2 poukazujú na pomalé rozvoľňovanie skalných blokov v rozsahu do 1 mm. Na lokalite *Demjata* v roku 2011 pokračovali merania s aplikáciou užšieho rozsahu monitorovacích metód – prístrojom Somet a meradlom posuvov. Z výsledkov meraní vyplýva, že najväčší posun bol pozorovaný na okrajovom horninovom bloku (s hodnotou 1 mm).

Na lokalite *Slovenský raj - Pod večným dažďom* sa v roku 2011 vyhodnocovali len výsledky klimatologických meraní. Na stanici SHMÚ v Hrabušiciach došlo k výraznému poklesu zrážkových úhrnov a zároveň vzrástol počet dní s teplotou pod bodom mrazu.

V súbore lokalít (*Handlová-Baňa, Starina, Jakub, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba, Lipovník*), na ktorých sa pozorujú zmeny povrchu skalnej steny meradlom mikromorfologických zmien, boli v roku 2011 spracúvané len základné informácie o zrážkových úhrnoch a počte dní s najnižšou teplotou pod bodom mrazu z najbližších staníc SHMÚ. Merania mikromorfologických zmien sa od roku 2011 realizujú so zmenenou frekvenciou – každé dva roky. Najbližšie meranie bude teda realizované na jar roku 2012. Pri hodnotení klimatologických údajov možno vo všeobecnosti konštatovať veľmi výrazný pokles zrážkových úhrnov oproti roku 2010 a naopak, nárast počtu mrazových dní.

Špeciálna skupina hodnotenia stability prostredia - Stabilizačný násyp v Handlovej

Ide o špecifickú lokalitu, na ktorej sa monitoruje stabilita a funkčnosť hydrotechnického diela. Na základe výsledkov merania priečných deformácií potrubia možno konštatovať, že namerané hodnoty zodpovedajú v prevažnej miere doterajším očakávaniam a prognózam, z čoho súčasne vyplýva, že deformácie potrubia v čase pokračujú. Presná nivelácia hlavných indikačných bodov na povrchu a v šachtách na objekte násypu preukázala výškové zmeny v rozsahu +1,3 až -4,0 mm. Dôležitou podmienkou dlhodobej bezporuchovej prevádzky Stabilizačného násypu je obnovenie funkčnosti jeho odvodnenia. Výsledky monitorovania v roku 2011 sú zhrnuté v samostatnej Prílohe 2.

Nové, resp. reaktivizované zosuvy v roku 2011

V roku 2011 pracovníci ŠGÚDŠ prostredníctvom komunikácie so sekciou geológie a prírodných zdrojov MŽP vykonali registráciu 36-ich a obhliadku 34-och novovzniknutých, resp. reaktivizovaných zosuvov. Informáciu o tejto aktivite uvádzame v samostatnej Prílohe 3.

02 – Tektonická a seizmická aktivita územia

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska boli v roku 2011 monitorované pohyby povrchu systémami globálneho určenia priestorovej polohy (GNSS) Zeme na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch a opakované nivelačné merania na profile v Malých Karpatoch. Pohyby pozdĺž zlomov boli monitorované na vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu TM 71. Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe predbežných údajov Geofyzikálneho ústavu Slovenskej akadémie vied (GFÚ SAV) za rok 2011 a zhodnotená bola aj seizmická aktivita od začiatku monitorovania. Zostavená bola tiež nová mapa epicentier zemetrasení a pokračujú práce na zhodnotení katalogových informácií historických zemetrasení a prehľade vyčlenených seizmogénnych zón na Slovensku.

Pohyby povrchu územia

Z pohľadu monitorovania geodynamických zmien je dôležité najmä permanentné meranie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch, ktoré vylučujú rad chýb z merania. Slovenskú observačnú službu GNSS (pod označením SKPOS) tvorí momentálne sieť 26 geodetických bodov (referenčných staníc), z nich 5 je stabilizovaných až do hĺbky 10 m.

Permanентné merania na hĺbkovo stabilizovaných bodoch

Body MOPI, MOP2 (*Modra - Piesok*), GANP (*Gánovce pri Poprade*) a BBYS (*Sásová v Banskej Bystrici*) sú aj súčasťou európskej permanentnej siete (EPN - Euref Permanent Network), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF). Za reprezentatívne výsledky monitorovania môžeme považovať najmä globálne rýchlosti (rýchlostný trend pohybu), z permanentných meraní GNSS s príjmom z družíc amerického systému NAVSTAR GPS a ruského GLONASu. Výsledky monitoringu pre jednotlivé body EPN sú spracované vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec (ITRS, resp. ITRF2005), Európsky terestrický referenčný rámec (ETRF), ako voľné (merané) údaje (RAW) a upravené s rýchlostným trendom (CLEAN). V referenčnom rámci ITRS na všetkých staniciach pretrvával permanentný pohyb bodov rýchlosťou cca 2-3 cm za rok na severovýchod. Je to však globálny pohyb veľkej časti Európy v rámci eurázijskej tektonickej platne voči africkej platni a na možné regionálne pohyby jednotlivých bodov nemá vplyv.

Opakované nivelačné merania

V rokoch 1997 – 2003 bolo vykonané zmeranie nivelačnej siete 1. rádu, ktoré má nivelačné ťahy dlhé cez 3300 km a v nich určených cez 11 000 bodov. Od tohto roku sú vykonávané opakované merania v sieti 2. Na dosiahnutie milimetrovej presnosti určenia výšky je potrebné nivelačné ťahy viesť po spevnených komunikáciách a to limituje profily, ktoré je možné vyhodnotiť. Opakované nivelačné merania boli v minulom storočí predmetom vyhodnotenia a zostavovania máp recentných pohybov. V roku 2011 bol vybratý profil z lokality Malých Karpát, na ktorom boli porovnané opakované nivelačné merania za účelom dokumentovania geodynamických zmien.

Pohyby pozdĺž zlomov

Sledovanie pohybov pozdĺž zlomov, na ktorých sú osadené dilatometre TM 71, bolo v roku 2011 realizované na 6 lokalitách: *Branisko*, *Demänovská jaskyňa*, *Banská Hodruša*, *Vyhne*, *Ipeľ*, *Dobrá Voda*. Na väčšine lokalít bola zistená iba nepatrná tektonická aktivita. Významnejšie pohyby boli zaznamenané iba na zlomoch v lokalite *Ipeľ* a *Branisko*.

Na lokalite *Ipeľ* boli zistené posuny v smere osí x, z 0,11 mm; v smere osi y 0,17mm. Vzhľadom na pokračujúcu tektonickú aktivitu územia i z hľadiska perspektívnosti lokality na výstavbu prečerpávajúcej vodnej elektrárne treba v monitorovaní pokračovať. Na lokalite *Branisko* bol zistený v smere osi y posun o 0,32mm. V ostatných smeroch (osi x a z) bol zachovaný doterajší pomalý trend pohybu. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity v priebehu roku 2012 je potrebné informovať Národnú diaľničnú spoločnosť, ako prevádzkovateľa diaľničného tunela.

Tektonické pohyby nemajú ustálený trend, ale pohyb je v čase nerovnomerný a preto odporúčame pokračovať v meraniach na všetkých sledovaných lokalitách. Typickým príkladom tohto javu je lokalita *Banská Hodruša*, kde boli po predchádzajúcich nepatrných pohyboch v období medzi augustom a novembrom 2011 zaznamenané výraznejšie posuny v smere osi y a z .

Seizmická aktivita na území Slovenska

Nepretržitá registrácia seizmických javov je vykonávaná na staniciach Národnej siete seizmických staníc, ktorej prevádzkovateľom je Geofyzikálny ústav SAV. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 12 seizmickými stanicami - *Bratislava Železná studnička* (ZST), *Modra – Piesok* (MODS), *Šrobárová* (SRO), *Iža* (SRO1), *Moča* (SRO2), *Hurbanovo* (HRB), *Vyhne* (VYHS), *Liptovská Anna* (LANS), *Kečovo* (KECS), *Červenica* (CRVS), *Kolonické sedlo* (KOLS) a *Stebnícka Huta* (STHS). Všetky stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC) vo Veľkej Británii. Seizmické stanice kontinuálne zaznamenávajú rýchlosť seizmického pohybu pôdy a poskytujú zaznamenané údaje dátovému centru v reálnom čase (okrem HRB, ktorá je v prevádzke viac-menej z historických dôvodov). Dáto-

vé a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc (NSSS) je v GFÚ SAV Bratislava. Centrum v reálnom čase zhromažďuje zaznamenané údaje zo staníc NSSS a z vybraných staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase k dispozícii údaje z cca 55 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť GFÚ SAV. Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. V ďalšom kroku je vykonávaná manuálna analýza, v rámci ktorej sú pre každý seizmický jav určené časy príchodov jednotlivých druhov seizmických vln (fáz) a pre vybrané zemetrasenia sú určené amplitúdy a periódy vybraných fáz, vypočítané magnitúda a vykonaná lokalizácia.

V roku 2011 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 8695 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov. Na seizmických záznamoch bolo určených viac ako 43650 seizmických fáz. Lokalizovaných bolo cca 80 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Makroseizmicky boli na území Slovenska pozorované 2 zemetrasenia, ktoré boli aj seizmometricky lokalizované – zemetrasenie zo dňa 29.1. 2011 s epicentrom vo severnom Maďarsku a zemetrasenie zo dňa 20. 7. 2011 s epicentrom v oblasti Považského Inovca. Silnejšie z nich bolo zemetrasenie s epicentrom v severnom Maďarsku, pre ktoré máme k dispozícii 1745 makroseizmických hlásení zo 175 lokalít na území Slovenska. Finálna reinterpretácia a spätná analýza údajov za rok 2011 nie je ešte ukončená a uvedené číselné údaje je treba chápať ako predbežné.

V roku 2011 pokračovala v oblasti monitorovania seizmických javov spolupráca so spoločnosťou Progseis a Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava (FMFI UK). Spoločnosť Progseis prevádzkuje lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice. FMFI UK Bratislava prevádzkuje lokálnu seizmickú sieť na východnom Slovensku.

Seizmická aktivita od 15. do 20. Storočia

Od polovice 15. storočia do roku 1963 bolo na Slovensku sformovaných 11 zdrojových/epicentrálnych oblastí: *Bratislava, Pernek-Modra, Dobrá Voda, Trenčianske Teplice, Žilina, Banská Bystrica, Banská Štiavnica, oblasť Popradskej kotliny a príľahlych pohorí, Hornádska kotlina, Humenné-Vranov nad Topľou.*

Analýzou seizmickej aktivity v týchto oblastiach bolo zistené, že vo väčšine z nich dochádza oproti minulosti ku zvyšovaniu seizmickej aktivity, ktorá sa prejavuje väčším počtom makroseizmicky zaznamenaných zemetrasení, avšak s nižšou intenzitou, než tomu bolo v minulosti. V oblastiach, kde došlo k útlmu seizmickej aktivity (východne od Tatier až po Starú Ľubovňu a Spišské Vlasy) nemožno zatiaľ predpovedať, či tento útlm je trvalý, alebo či pri zmene seismotektonického režimu dôjde v nich časom ku jej obnoveniu. Na druhej strane došlo v posledných desaťročiach ku vzniku nových seizmických oblastí (*Oravská kotlina a Chočské vrchy* - od roku 1964; *JV od Banskej Štiavnice* – od roku 1999; južne od *Vihorlatu* - od roku 2002), čo svedčí o prerozdeľovaní tektonických napätí i seizmickej aktivity.

Trend nárastu uvoľňovania seizmickej energie potvrdzujú aj seizmometrické merania. Zatiaľ čo v roku 2004 bolo na Slovensku seizmometricky zaznamenaných 31 zemetrasení, v roku 2005 a 2006 to bolo vyše 50, v roku 2007 vyše 70 a v rokoch 2008 až 2011 vyše 80. Aj keď je tento trend spôsobený sčasti i zvýšeným počtom a zdokonalením prístrojového vybavenia seizmických staníc, celkový nárast uvoľňovanej seizmickej energie je zrejmy. Dokumentuje to i nárast makroseizmicky pozorovaných zemetrasení a rastúci trend uvoľňovania seizmickej energie v nich. Pozitívnym javom je, že seizmická energia sa aj v seizmických oblastiach, v ktorých sa v minulosti často vyskytovali silnejšie makrotrasy, uvoľňuje v súčasnosti početnejšími slabšími otrasmi. Pri takomto trende by ani v blízkej budúcnosti nemalo na Slovensku dochádzať k silným zemetraseniam.

03 – Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží

V rámci Pod systému 03 sa monitorujú lokality vytvorené ľudskou činnosťou, ktoré predstavujú pre zložky geologického prostredia významné riziko. Kontinuálnym zaznamenávaním a hodnotením situácie a vývoja znečistenia na vytipovaných lokalitách sa získavajú užitočné informácie pre objektívne posúdenie a minimalizovanie tohto rizika. Nadobudnuté poznatky umožňujú zároveň ich aplikovanie aj pri ostatných environmentálnych záťažiach, existujúcich v podobných podmienkach, ako sú monitorované lokality.

V roku 2011 bol Pod systém 03 čiastočne pozastavený z dôvodu alokácie finančných prostriedkov na Pod systém 01. V monitorovaní sa pokračovalo len na niektorých lokalitách, ktoré patria do časti „Environmentálny monitoring skládok a odkalísk“.

Environmentálny monitoring skládok a odkalísk

V roku 2011 boli v rámci pod systému 03 aktívne monitorované 4 lokality: *Modra, Myjava – Holičov vrch, Myjava – Surovín a Šulekovo*.

Monitoring spočíval najmä v overovaní kvality podzemnej, prípadne povrchovej vody, ktoré by vzhľadom k šíreniu znečistenia na lokalite mohli byť ohrozené. Súčasťou monitorovacích prác boli aj režimové pozorovania kolísania množstiev vody na monitorovacích objektoch, ktoré sú dôležité pre poznanie závislosti šírenia znečistenia od vonkajších vplyvov. Vlastný program monitoringu bol nastavený pre každú lokalitu v zmysle vytýčených cieľov, ktoré sa okrem vlastného posudzovania rizika na lokalite zameriavajú aj na komplexnejšie monitorovanie prejavov znečistenia charakteristických pre rôzne typy horninového prostredia:

1. Environmentálna záťaž (EZ) s nepriepustným podložím,
2. EZ s nepriepustným podložím do 10 – 15 m pod zdrojom znečistenia,
3. EZ bez nepriepustného podložia,
4. EZ s podzemnou tesniacou stenou.

Súčinnosť prác bola koordinovaná so subjektmi, ktoré na lokalitách vykonávajú monitorovacie práce v zmysle Vyhlášky MŽP SR č.283/2001 Z.z.

Získané výsledky boli zahrnuté do hodnotenia situácie a vývoja vplyvu pochádzajúceho z jednotlivých EZ.

Typ I charakterizujú lokality: *Modra, Myjava – Holičov vrch, Myjava – Surovín*

Lokalita *Modra* – dochádza k celoročnému unikaniu priesakov zo skládky do prostredia. Dosah a miera ich vplyvu na okolie je podmienená najmä klimatickými podmienkami počas roka. Od vysledovania interakcie šírenia kontaminantov pri rôznych klimatických extrémoch bude závisieť aj návrh nápravného riešenia situácie na lokalite. Účelový odber vzoriek vody bol zameraný na kontrolu situácie možného šírenia sa znečistenia pod povrchom a overenie vzťahov s transportom kontaminantov po povrchu. Súčasťou meraní boli aj režimové pozorovania.

Lokalita *Myjava – Holičov vrch* – aj po rekultivácii skládky dochádza naďalej k unikaniu kontaminovaných priesakov smerom do údolia pod skládkou, v ktorom občasne tečie menší povrchový tok. Dosah a miera kontaminácie sa v závislosti od klimatických podmienok v priebehu roku mení. Na lokalite bol realizovaný doplnkový odber vzorky vody pre chemický rozbor z vrtu pod skládkou s cieľom overiť možné interakcie so znečistením postupujúcim po povrchu. Okrem odberu vzorky boli uskutočnené režimové merania na ďalších monitorovacích miestach, tak aby sa dala interpretovať aktuálna situácia a vývoj znečistenia na lokalite.

Lokalita *Myjava – Surovín* - v predpolí skládky TKO aj po rekultivácii dochádza k unikaniu kontaminantov vo forme priesakov a ich zlievaniu s povrchovým tokom tečúcim v údolí pod skládkou. Dlhodobejším sledovaním fyzikálno-chemických parametrov vôd sa ukazuje, že vplyvom nariadenia kontaminantov s neznečisteným povrchovým tokom

a samočistiacich procesov v rámci ich transportu sa miera znečistenia prostredia skládkou výrazne limituje. Z miesta výpuste pod skládkou bol navrhnutý rozšírený analytický rozbor na overenie zmien hodnôt v občasne sledovaných ukazovateľoch a ich súvis s prebiehajúcimi procesmi na lokalite. Režimové merania boli súčasťou monitorovacích prác na lokalite.

Zo všeobecného hodnotenia lokalít typu 1. sa ukazuje, že bude potrebné monitorovať hlavné migračné cesty úniku kontaminantov, ktoré vo forme priesakovej kvapaliny postupujú obyčajne po povrchu. Je zjavné, že posúdenie miery a dosahu vplyvu tohto typu záťaží na zložky geofaktorov životného prostredia výrazne závisí od vonkajších vplyvov. Načasovanie odberov vzoriek vôd musí byť preto také, aby vystihlo extrémne stavy vôd na lokalite.

Typ 2, resp. 4 charakterizuje lokalita *Šulekovo*.

Lokalita *Šulekovo* – SŽK - okolie skládky je naďalej kontaminované materiálom, ktorý pochádza z obdobia pred budovaním podzemnej tesniacej steny (PTS) a zo starej skládky na severnej strane PTS. Podzemná voda vo vrtoch, ktoré sú situované na severnej strane skládky, je trvale znečisťovaná. Pravdepodobne tu dochádza k únikom kontaminantov z telesa skládky cez priepustnejšie piesčité polohy v podloží skládky. V dôsledku vplyvu rieky Váh dochádza k zmene smeru prúdenia podzemnej vody, čo priamo ovplyvňuje aj šírenie kontaminantov v okolí environmentálnej záťaže. Vysledovanie šírenia kontaminácie vzhľadom k režimovým zmenám je kľúčové pre optimálne vyhodnotenie situácie na lokalite. Doplnkové a účelové odbery vzoriek podzemnej vody mali za cieľ zahustiť monitorovaciu sieť v okolí záťaže a tým prispieť ku komplexnejšiemu poznaniu vzťahov šírenia kontaminácie na lokalite.

Zo všeobecného hodnotenia lokality typu 2, resp. 4 sa ukazuje ako dôležité vystihnúť režim prúdenia podzemných vôd v okolí záťaže, ktorý je výrazne ovplyvňovaný blízkosťou väčšieho povrchového toku, taktiež umelou bariérou PTS voči voľnému prúdeniu vody, ale aj infiltráciou zrážok do zdroja znečistenia a jeho okolia. Pri odbere vzoriek vody a vyhodnocovaní chemických analýz je potrebné zohľadniť ďalej aj chemickú stratifikáciu (zonálnosť), ktorá bežne nastáva vo vrtoch indikujúcich výraznejšie kontaminovanú vodu. Predpokladané nepriepustné prostredie pod environmentálnou záťažou sa na základe zistených údajov javí ako nehomogénne s obsahom relatívne priepustnejších polôh. Navyše pri vyššom koncentračnom gradiente kontaminovaných priesakov je za dlhšie časové obdobie potrebné zväziť transport kontaminantov kontrolovaný okrem advekčno-disperzných procesov aj difúznymi mechanizmami.

Typ 3 nebol v roku 2011 monitorovaný.

04 – Vplyv ťažby na životné prostredie

V roku 2011 boli monitorované lokality z oblastí *rudných ložísk (Rudňany, Slovinky, Smolník, Novoveská Huta a Rožňava, Pezinok, Kremnica, Špania Dolina, Dúbrava, Nižná Slaná a Štiavnicko-hodrušský rudný obvod)* a oblasť *ťažby hnedého uhlia (Hornonitriansky banský revír)*. Na týchto lokalitách sa monitorujú inžinierskogeologické, hydrogeologické a geochemické aspekty vplyvov ťažby na životné prostredie v účelových sieťach monitorovaných objektov. Pre vyhodnotenie situácie na lokalitách sú využívané ďalšie súvisiace údaje – bansko-technické, geologické, klimatické, hydrologické a iné, ktoré sú priebežne získavané z relevantných zdrojov.

Z monitorovaných oblastí rudných ložísk sa dnes hlbinne ťaží už len sadrovec v *Novoveskej Hute* a zlato v *bani Rozália* v Štiavnicko-hodrušskom rudnom revíri. Ložisko sideritu v *Nižnej Slanej* sa v roku 2011 prestalo odvodňovať čerpaním banskej vody a je samovoľne zatápané.

Monitoring inžinierskogeologických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie

V roku 2011 sa nevyskytli významné prejavy nestability povrchu súvisiace s podrúbaním. Kráter vzniknutý v roku 2008 na povrchu nad *Novou štôľňou* na lokalite *Spiš-*

ská Nová Ves – Grétla bol stabilný a jeho rozmery a tvar sa nezmenili. Zmeny neboli zaznamenané ani v blízkom závalovom pásme sadrovcovej bane v Novoveskej Hute.

Spomedzi existujúcich odkalísk po banskej činnosti z hľadiska geotechnického ohrozenia najväčšie riziko predstavuje odkalisko *Slovinky- Kalligrund*. V roku 2010 bol revíznou správou (spracovaná v rámci ČMS Geologické faktory) zhodnotený stav odkaliska a bol spracovaný návrh nevyhnutných technických opatrení pre zabezpečenie stability odkaliska a opatrení na obnovenie monitoringu, TBD a pre získanie relevantných geotechnických údajov pre stabilné výpočty. Navrhované opatrenia v roku 2011 neboli realizované.

Monitoring hydrogeologických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie

V roku 2011 monitoring hydrogeologických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie dokumentoval na sledovaných lokalitách stabilizovaný režim odtoku, úzko naviazaný na zrážkovo – klimatické udalosti. Na lokalite *Spišská Nová Ves – Grétla* v banskej sústave *Novej štólne* pretrváva nepriaznivá situácia. Závalom nadložila vzdutá hladina vody v banskej sústave spôsobuje nežiaduce krasovatenie sadrovcového súvrstvia nad úrovňou štólne a možno očakávať zväčšenie existujúceho, prípadne vznik ďalších závalov povrchu. Tlak vodného stĺpca v mieste závalu na úrovni *Novej štólne* prevyšuje hodnotu 4,4 atm. V prípade porušenia závalu prípadný ďalší prieval banskej vody na povrch bude utlmený prievalovou hrádzou vybudovanou na ústí štólne. K realizácii avizovaného projektu zameraného na obnovenie pôvodných odtokových pomerov banskej sústavy *Novej štólne* dosiaľ pre problematickosť finančného zabezpečenia nedošlo. Ložisko sideritu v *Nížnej Slanej* je zatápané na základe súhlasu OBÚ v Spišskej Novej Vsi a vypracovanej prognózy priebehu zatápania (geologický prieskum životného prostredia zabezpečený ťažobnou organizáciou SIDERIT s.r.o. Nižná Slaná). Podľa tejto prognózy bude baňa zatopená v časovom horizonte 20 rokov a vplyv na kvalitu vody v rieke Slaná nebude významný. Navrhuje sa projekčne pripraviť a vyraziť odvodňovaciu štôľnu dlhú 130 m pre odtok banskej vody zo šachty Gabriela.

Predošlý zrážkovo extrémny rok 2010 poukázal na potenciál rizík výskytu náhlych prievalov banskej vody na povrch, ktoré môžu spôsobiť škody na líniových stavbách, stavebných objektoch, pozemkoch a životnom prostredí. Preto bola na základe zadania Rudných baní š. p. Banská Bystrica spracovaná geoenvironmentálna štúdia (spracovateľ štúdie ŠGÚDŠ), v ktorej sa táto problematika hodnotila *rizikovou analýzou* a navrhli sa opatrenia na elimináciu rizika škôd z prievalov banskej vody. Predovšetkým v lokalitách *Hnilčík, Gelnica, Zlatá Idka, Novoveská Huta, Poproč a Pezinok* je potrebné realizovať účelový hydrogeologický prieskum, s cieľom navrhnúť opatrenia na stabilizáciu režimu odtoku bankských vôd a elimináciu výskytu extrémne vysokých prietokov. Najvýznamnejšie dedičné štólne bankských revírov, ústiace v intravilánoch sídiel a odvodňujúce rozsiahle bankské priestory, je potrebné pre udržanie stabilných odtokových pomerov bankských vôd udržiavať priechodné, aby bolo možné kontrolovať technický stav výstuže, stabilitu nevystužených úsekov chodby a v prípade potreby i vykonať zabezpečovacie technické práce.

Monitoring geochemických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie

V roku 2011 monitoring geochemických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie dokumentoval pretrvávajúci stav negatívneho ovplyvnenia kvality povrchových tokov bankskými vodami, drenážnymi vodami odkalísk a priesakovými vodami hald a prírodných ložiskových (geochemických) anomálií. Povrchové toky tu obsahujú vysoké koncentrácie kovov, viazaných pôvodne v ložiskových mineráloch. V rámci tohto monitoringu bolo laboratórne spracovaných spolu 152 vzoriek vôd a 18 vzoriek riečnych sedimentov, pričom rozsah zisťovaných parametrov kvality vody je volený s prihliadnutím na geochemický typ ložiska a sprievodných hornín, technológiu úpravy suroviny a špecifikáciu zistených kontaminantov.

Vzhľadom na hydrogeologické pomery lokalít, zložky uvoľňované do podzemnej vody rýchlo prestupujú do miestnych povrchových tokov a zhoršujú ich kvalitu. Najnepriazni-

vejšia situácia je na lokalitách Smolník (vysoké koncentrácie Fe, Mn, Al, Cu, Zn a nízke pH), Špania Dolina (Sb, Cu), Dúbrava (Sb), Pezinok (As, Sb), Banská Štiavnica (Mn, Zn, Fe, Al) a v regióne Horná Nitra (SO_4 , Al, Hg), kde hlavné recipienty dosahujú v monitorovaných profiloch najhoršiu triedu *V*, a na lokalite Rudňany (Ba a SO_4 - trieda *IV*). Lokálne negatívne ovplyvnenie kvality miestnych povrchových tokov pretrváva i na lokalitách Novoveská Huta (pH, Al, Mn, Cu) a Slovinky (SO_4 , Mn, As). Vzhľadom na nízku frekvenciu vzorkovania (zväčša 2x ročne) je úroveň poznatkov o sezónnej variabilite koncentrácie kontaminantov vo väzbe na zrážkovo odtokové pomery lokalít nedostatočná. Preto je žiaduce v nasledujúcom období na vybraných lokalitách realizovať časovo obmedzené podrobné sledovanie prietoku a základných fyzikálno-chemických parametrov automatickou registračnou technikou doplnenou vzorkovaním s vysokou frekvenciou, ktoré by bolo podkladom pre úpravu frekvencie vzorkovania pri dlhodobom monitoringu.

Kontaminácia postihuje i sedimenty tokov. V Štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode v sedimentoch monitorovaných baní sa vyskytujú extrémne vysoké obsahy prakticky všetkých sledovaných rizikových prvkov (Zn, Cu, Pb, Co, Ni, As, Hg), ktoré preyšujú legislatívne zavedené hodnoty pre zdravé, neznečistené životné prostredie. Najmä obsah Zn ($60000 - 90000 \text{ mg.kg}^{-1}$) vo *Voznickej dedičnej štolni* je na úrovni, ktorá preyšuje veľmi vysoko (niekoľko 1000 krát) legislatívne hraničné hodnoty. V sedimentoch z hnedouhoľných baní v regióne Horná Nitra sú dokumentované vysoké koncentrácie As. K intenzívnej tvorbe okrového sedimentu dochádza po vstupe banských vôd do povrchových tokov na lokalite Smolník a Pezinok.

05 – Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí

Monitoring radónu v geologickom prostredí na území Slovenska v roku 2011 pozostával z troch oblastí: pôdny radón na referenčných plochách, pôdny radón na tektonike, radón v podzemných vodách.

Na lokalite *Hnilec* došlo v sezóne 2011 k pomerne výraznému poklesu OAR v pôdnom vzduchu (trend $\text{OAR}_{2011/2010} = 0,82$). Stredná hodnota $\text{OAR}_{3,Q}$ (3. kvartil OAR) dosiahla iba 430 kBq.m^{-3} , čo je iba tesne nad najnižšou úrovňou $\text{OAR} = 420 \text{ kBq.m}^{-3}$ z roku 2003. Doposiaľ najvyššia úroveň (712 kBq.m^{-3}) sa zistila v sezóne 2008, pri dlhodobom priemere $\text{OAR}_{2002-2011} = 540 \text{ kBq.m}^{-3}$.

Na RP *Novoveská Huta* od roku 2008 (61 kBq.m^{-3}) sledujeme postupný mierny nárast hodnôt OAR až na úroveň 71 kBq.m^{-3} v sezóne 2011 ($\text{OAR}_{2002-2011} = 78 \text{ kBq.m}^{-3}$), t.j. z úrovne stredného až na hranicu vysokého radónového rizika.

V oblasti RP *Teplička* od maxima OAR (92 kBq.m^{-3}) zo sezóny 2005 pozorujeme (s výnimkou roku 2010 s extrémnymi zrážkovými úhrnmi) naopak viac-menej výrazný pokles koncentrácií pôdneho radónu na úroveň $\text{OAR}_{3,Q} = 59 \text{ kBq.m}^{-3}$ v roku 2011 ($\text{OAR}_{2002-2011} = 74 \text{ kBq.m}^{-3}$), čo je len o niečo viac než minimum $\text{OAR}_{3,Q} = 56 \text{ kBq.m}^{-3}$ zo sezóny 2003 (extrémne suchý rok).

Výrazný pokles $\text{OAR}_{3,Q}$ v sezóne 2011 bol zaznamenaný aj na monitorovaných objektoch RP *Banská Bystrica – Podlavice* (trend $\text{OAR}_{2011/2010} = 0,36$) a RP *Bratislava – Vajnory* (trend $\text{OAR}_{2011/2010} = 0,45$), čo koreluje s medziročne významným poklesom pôdnej vlhkosti v týchto lokalitách.

Z výsledkov monitorovania OAR podzemných vôd v sezóne 2011 je zrejmé, že stredné hodnoty koncentrácií radónu sú (okrem prameňa Mária a prameňa Boženy Němcovej) vyššie než v roku 2010 (trendy $\text{OAR}_{2011/2010}$ v rozmedzí 1,04 až 1,34).

Najvýraznejší nárast OAR v podzemných vodách bol dosiahnutý v prameni *Zbojnička* (Malé Karpaty), kde sa v uplynulej sezóne zistila $\text{OAR} = 294 \text{ Bq.l}^{-1}$, čo je zároveň najvyššia úroveň za hodnotené obdobie (2002 – 2011), pri trende $\text{OAR}_{2011/2010} = 1,34$. Na prameni *Himligárka* bol dosiahnutý trend $\text{OAR}_{2011/2010} = 1,12$ a na prameni Mária došlo iba k nepodstatnému poklesu

úrovne OAR (z 33 Bq.l⁻¹ v roku 2010 na 32 Bq.l⁻¹ v roku 2011).

Na prameni sv. Ondreja, Spišské Podhradie, došlo medziročne k nárastu OAR 195 Bq.l⁻¹, čo je významne nad dlhodobým priemerom (OAR₂₀₀₂₋₂₀₁₁ = 168 Bq.l⁻¹). K vzostupu koncentrácií radónu v zdrojoch podzemných vôd došlo aj na pramenisku *Jašterčie pri Oraviciach*: OAR₂₀₁₁ = 1070 Bq.l⁻¹, pri trende OAR_{2011/2010} = 1,11.

Na prameni *Boženy Němcovej pri Bacúchu* bol v uplynulej sezóne zaznamenaný pokles OAR z 344 Bq.l⁻¹ z roku 2010 (max. úroveň za obdobie 2002 – 2011) na 295 Bq.l⁻¹ (trend OAR_{2011/2010} = 0,86).

Variácie objemovej aktivity radónu v sledovaných zdrojoch podzemných vôd majú skôr sezónny charakter. Zmeny OAR majú v priebehu rokov „kvázi sinusoidálnu“ závislosť. Na rozdiel od pôdneho radónu nie sú natoľko ovplyvňované náhodnými javmi, resp. zmenami v atmosfére a nie sú natoľko „citlivé“ na rôzne krátkodobé zmeny počasia (teplota, atmosférický tlak).

Komplexné výsledky monitorovania radónu sezóny 2011 a tiež predchádzajúcich období dokumentujú skutočnosť, že zmeny OAR v geologickom prostredí sú jednak krátkodobé (sezónne), dlhodobé (rádovo roky), ale aj náhodné (miestne, časové, klimatické, meteorologické, atď.).

06 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektami

V roku 2011 bolo monitorovaných celkovo 26 stanovišť na 6 lokalitách: *Spišský, Strečniansky, Uhrovský, Plavecký, Trenčiansky hrad a hrad Pajštún*. Monitoring sa zakladal na priamom meraní posunov (deformácií) blokov pozdĺž diskontinuit (trhliny, pukliny a pod.) skalného masívu, resp. stavebného objektu. Merania boli realizované buď odnímateľným posuvným mikrometrom SOMET alebo statickým mechanicko-optickým dilatometrom TM 71. Namerané údaje posunov (mm) boli prepočítané o teplotnú korekciu monitorovacieho zariadenia. Odčítanie údajov, resp. merania boli vykonané na každej lokalite minimálne dvakrát za kalendárny rok 2011.

Spišský hrad

Monitorovacia sieť pozostáva z desiatich stanovišť, pričom na piatich stanovištiach (TM 71-1, TM 71-h1, TM 71-2, TM 71-h2, TM 71-jaskyňa) sú zabudované prístroje typu TM 71 a na ďalších piatich stanovištiach (SM 1 až SM 5) sa realizujú merania prenosným meradlom SOMET. Najvýraznejší posun zaznamenaný prístrojom TM 71 bol zistený na trhline za Perúnovou skalou (stanovište TM 71-h1). Celkové rozšírenie (v smere osi x) trhliny dosiahlo koncom roka 2011 10,94 mm. Šmykový posun (v smere osi y) dosiahol 5,33 mm. Celkový pokles (os z) dosiahol 1,63 mm. Výsledky meraní naďalej potvrdzujú hypotézu vykláňania skalného bloku smerom na SZ–JV.

Hrad Strečno

Na tejto lokalite bol naďalej potvrdený trend rozširovania (os x) monitorovanej trhliny. Celkové rozšírenie trhliny od začiatku monitorovania nadobudlo hodnotu 2,82 mm.

Uhrovský hrad

Najvýraznejší pohyb (rozšírenie trhliny) 0,69 mm bol zaregistrovaný v roku 2011 na trhline stanovišťa SM 2 situovaného v kaplnke (v rekonštrukcii). Trend pohybu však neindikuje odchýlenie od svojho doterajšieho lineárneho vývoja. Stanovišťa SM 1 (horné poschodie kaplnky) a SM 3 (skalný blok pod kaplnkou) vykazujú cyklické pohyby v intervale +0,33 ÷ -0,49 mm.

Plavecký hrad

Monitorované stanovišťa (Somet 1-trhline, Somet 2-blok, Somet 3-blok) nevykazujú výraznejšie pohybové tendencie. Trend pohybu buď stagnuje (Somet 1-trhline, Somet 3-blok), alebo má tendenciu k veľmi miernemu uzatváraniu trhliny (Somet 2-blok).

Trenčiansky hrad

Pohyby trhlín na stanovišti Pod vstupnou bránou – predný, Pod vstupnou bránou – zadný, ktoré sú situované pred vstupom do hradného areálu vykazujú lineárny trend. Pohyb trhliny je cyklický, vyrovnaný v intervale $+0,35 \div -0,34$ mm. Trhlina skalného výbežku pod Zápoľského palácom a v obvode murive južného opevnenia vykazuje taktiež lineárnu povahu s charakteristickým cyklickým otváraním/zatváraním v intervale $+0,42 \div -0,29$ mm.

Hrad Pajštún

Na hrade je osadených šesť monitorovacích stanovišť PŠ1 až PŠ6. Pohybové tendencie lineárneho charakteru na trhlínach stanovišť PŠ1, PŠ5, PŠ6 svedčia o stabilite týchto parciálnych častí horninového masívu. K pozvoľnému otváraniu trhlín u stanovišť PŠ2, PŠ3 a PŠ4, ktoré sa prejavilo najmä v počiatočnej fáze monitoringu, už v súčasnom období nedochádza. Trend pohybu sa zmenil na lineárny. Cyklické pohyby otvárania/zatvárania trhlín sú v rozpätí $+0,31 \div -0,50$ mm.

07 – Monitorovanie riečnych sedimentov

Riečny sediment reprezentuje častice odvodené z hornín alebo biologických materiálov, ktoré boli transportované kvapalnou fázou, alebo pevnú, resp. suspendovanú fázu usadzovanú z vody. 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. 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.

Analyzovaná asociácia prvkov predstavovala v roku 2011 stopové prvky Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb a stanovenia organických zložiek – C10-C40, naftalén, acenaftylén, acenaftén, fluorén, fenantrén, antracén, fluorantén, pyrén, benzo(a)antracén, chryzén, benzo(b)fluorantén, benzo(k)fluorantén, benzo(a)pyrén, indeno(1,2,3 - cd)pyrén, dibenzo (a,h) antracén, benzo(g,h,i)perylén, PCB (kongenery 8, 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180, 203), p,p'- DDT, o,p'- DDT, p,p'- DDD, o,p'- DDD, p,p'- DDE, o,p'- DDE, dieldrin, endrin, heptachlór, hexachlórbenzén, lindan, alfa – HCH, beta – HCH, isodrin, metoxychlór, alfa-endosulfán, pentachlórbenzén, AOX, TOC. Laboratórne práce boli realizované v akreditovanom laboratóriu geoanalytickom laboratóriu ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves. Výsledky chemických analýz boli kompletne spracované do digitálnej formy, georeferencované a uložené v databázovom programe MS ACCESS vo forme databázy.

Obsah kontaminujúcich látok vyhodnotený na základe porovnania s limitnými hodnotami platnými pre pôdy (*Rozhodnutie MP SR č. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde*) poukazuje na fakt, že vo väčšine monitorovaných lokalít bolo zaznamenané prekročenie referenčnej koncentrácie (A kategória) aspoň pre jednu posudzovanú zložku. Riečne sedimenty na riekach *Váh* (horný a stredný úsek), *Hron* (horný úsek), *Muráň* a *Dunaj* a väčšina tokov Východoslovenskej nížiny a priľahlých oblastí sú prakticky znečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodné obsahy. Z pohľadu kontaminácie monitoring riečnych sedimentov (16-ročné pozorovanie) poukazuje na výrazne a trvalo znečistené toky *Nitra* (lokality č. 14-15), *Štiavnica* (25), *Hornád* (32) a *Hnilec* (33) – pokračujúcimi parametrami sú najmä prvky Hg, As, Zn, Sb, Cd a Cu.

Znečistené toky *Štiavnica*, *Hron*, *Hornád* a *Hnilec* reprezentujú geogénno-antropogénne anomálie viazané na bansko-štiavnickú, resp. spišsko-gemerskú rudnú oblasť. Závažné sú obsahy látok (najmä Hg a As) na rieke *Nitra* (*Chalmová*, *Lužianky*), pochádzajúce z intenzívnej priemyselnej činnosti na Hornom Ponitří.

08 - Objemovo nestále zeminy

Monitorovanie tohto podsystemu bolo v roku 2011 pozastavené vzhľadom na skutočnosť, že na území Slovenskej republiky v poslednom období neboli zaznamenané prípady výskytu objemových zmien zemín.

3. Parciálny informačný systém

Parciálny informačný systém geologickej faktory (PIS GF) je integrovaný v informačnom systéme monitoringu (ISM), ktorý združuje informačné zdroje celého Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. ISM zabezpečuje prístup k údajom prevádzkovateľov všetkých ČMS cez navzájom prepojené Web servery.

PIS GF podáva komplexné informácie o meraniach na monitorovaných lokalitách ČMS GF. Obsahuje databázy primárnych meraní, vygenerovaných výpočtových hodnôt a agregovaných dát potrebných pre zhodnotenie aktuálneho stavu geologických faktorov životného prostredia. PIS GF je aj nástrojom na zobrazovanie výsledného hodnotenia monitorovacích procesov. Dostupnosť výsledkov monitorovania je zabezpečená sprístupnením informácií pomocou webových technológií na vlastnej internetovej stránke (<http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/>), ktorá je prepojená na internetové stránky ŠGÚDŠ (www.geology.sk) a Slovenskej agentúry životného prostredia (www.sazp.sk).

V roku 2011 sa PIS GF prispôbil zmenenému stavu siete monitorovaných lokalít. Medzi vybrané monitorované lokality podsystemu 01 Zosuvy a iné svahové deformácie bolo zaradených 17 zosuvných lokalít (16 lokalít, na ktorých po povodňovej situácii v roku 2010 bol vykonaný inžinierskogeologický prieskum a lokalita Handlová – Žiarska ul. – aktivizovaný zosuv v roku 2009). Pre tento podsystem bolo inovované aj užívateľské softvérové prostredie. Do PIS GF boli zavedené nové procesy hodnotenia trendov stavu životného prostredia založené na analýze výsledkov ročného cyklu monitorovania a dlhodobých trendov vývoja monitorovaného geologického faktora.

V roku 2011 bolo vykonané komplexné hodnotenie výsledkov monitorovania za obdobie 2002 – 2009, ktoré iniciovalo návrhy na optimalizáciu siete lokalít a monitorovaných ukazovateľov, ako aj nové prístupy k hodnoteniu údajov.

4. Záver

Monitoring geologických faktorov životného prostredia umožňuje upozorniť na hroziace havárie, prípadne na iné mimoriadne udalosti, čo znamená, že vykonávané činnosti majú výrazne pozitívny vplyv na životné prostredie. Chceme však upozorniť, že v prípade vzniku havarijných zosuvov, kde je potrebné urýchlene zabezpečiť obhliadku, registráciu a inžinierskogeologický prieskum a následne sanáciu porušeného územia, zostáva otvorenou otázkou finančné zabezpečenie týchto opatrení, nakoľko na tieto úkony nie je vytvorený systémový nástroj financovania.

Napriek uvedeným skutočnostiam ŠGÚDŠ vykonáva obhliadku všetkých hlásených nových svahových deformácií a spolupracuje s obcami pri zabezpečení prieskumných a sanačných prác. V rámci preventívnych opatrení sú príslušné obce a majitelia nehnuteľností upozorňovaní na potrebu udržiavania a čistenia drenážnych prvkov na zosuvoch a vodných stavbách. Obce sú upozornené na zvýšené radónové riziko a v prípade negatívneho ovplyvnenia kvality vody bankskými vodami, drenážnymi vodami odkalísk a priesakovými vodami z hald, sú informácie poskytované majiteľom nehnuteľností a príslušným orgánom štátnej správy. Zároveň obciam sú poskytované aktuálne informácie o svahových deformáciách, bankských dielach, skládkach odpadov a iných hazardoch pri tvorbe a aktualizácii územných plánov.