

**MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA**

817 04 Bratislava, Mlynská dolina 1, tel.:421-7-59375 111, fax:421-7-54771 940



**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. Alena Klukanová, CSc.**  
**Doc. RNDr. Peter Wagner, CSc**  
**Doc. RNDr. Miroslav Hrašna, CSc.**  
**RNDr. Peter Labák, CSc.**  
**Ing. Jana Frankovská, CSc.**  
**RNDr. Helena Smolárová**  
**Doc. RNDr. Ján Vlčko, CSc.**  
**RNDr. Dušan Bodiš, CSc.**  
**RNDr. Ľubica Iglárová**  
**Ing. Rudolf Hagara**

Schválil: **Doc. RNDr. Michal Kaličiak, CSc.**  
**riaditeľ ŠGÚDŠ**

Bratislava, február 2008



## 1. Úvod

Tvorba monitorovacieho systému životného prostredia vyplýva zo značného množstva dohôd, dohovorov a medzinárodných požiadaviek podmienených integráciou Slovenskej republiky do medzinárodného systému ochrany životného prostredia (Rio de Janeiro, 1992 Johannesburg, 2002 a pod.). Systém monitorovania a informačný systém je najdôležitejším nástrojom pre zabezpečenie kvality životného prostredia, ktorý je súčasne základom pre rozhodovanie o súčasných aktivitách a tiež o perspektívnych zámeroch v oblasti životného prostredia. Monitoring životného prostredia je systematické, v čase a priestore definované pozorovanie presne určených charakteristík zložiek životného prostredia (spravidla v bodoch, tvoriacich monitorovaciu sieť), ktoré s určitou mierou výpovednej schopnosti reprezentujú sledovanú oblasť a v súhrne potom väčší územný celok. Monitorovanie slúži na objektívne poznanie charakteristík životného prostredia a hodnotenie ich zmien v sledovanom priestore.

Čiastkový monitorovací systém (ČMS) Geologické faktory 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 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 hlavne o často sa opakujúce zosuvy na rôznych miestach SR. 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 ktorom okrem iných požiadaviek vláda SR v ukladacej časti v bode B.3 uložila ministrom životného prostredia SR k 30. aprílu 2003 a potom každoročne „predkladať na rokovanie vlády informáciu o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Intimátom č. 212 minister životného prostredia SR prikázal zabezpečiť plnenie uznesenia vlády SR č. 803 z 12. októbra 2005 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.

Koncepcia aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu bola schválená OPM MŽP SR uznesením č. 42 z 4.4.2005. Podľa tejto Koncepcie sa v roku 2007 pokračovalo v meraniach v nasledovných podsystémoch:

- 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.

V ďalšom uvádzame prehľad výsledkov za rok 2007 po jednotlivých podsystémoch.

## 01 - Zosuvy a iné svahové deformácie

V rámci pod systému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2007 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (15 pozorovaných lokalít), plazenia (3 lokality) a náznakov aktivizácie rúťivých pohybov (10 lokalít). Samostatnú skupinu špecifických prípadov hodnotenia stability prostredia tvoria lokality územia projektovanej PVE Ipeľ a Stabilizačného násypu v Handlovej. Celkovo sa teda v rámci pod systému 01 monitorovalo 30 lokalít. Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najdôležitejších výsledkov merania na všetkých pozorovaných lokalitách je zhrnutý v súbernej tabuľke (Príloha 1).

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód (geodetických, inklinometrických, meraniami poľa pulzných elektromagnetických emisií – PEE a režimovými pozorovaniami), ktoré sa aplikovali v rôznom počte a s rôznou frekvenciou v závislosti od celospoločenského významu pozorovanej lokality. Z najdôležitejších výsledkov, zistených meraniami v roku 2007 treba uviesť:

- V nadväznosti na výsledky meraní z roku 2006 treba i v roku 2007 upozorniť na závažné prejavy pohybovej aktivity na zosuve *Okoličné*. Kým v roku 2006 bolo geodetickými meraniami zaznamenané extrémne vertikálne stúpnutie niektorých pozorovaných bodov v čele zosuvnej akumulácie, v apríli 2007 bol nameraný opačný – poklesový charakter pohybu bodov (napr. v bode 111 bol zistený pokles 80 mm a v bode 133 dokonca až 127 mm). Významné pohybové zmeny čela zosuvu sa prejavujú aj na deformáciách poľnej cesty, paralelnej so železničnou traťou. V roku 2007 boli namerané výrazné polohové zmeny lokálneho zosuvu na západnom okraji hlavného zosuvného telesa (posuv bodu P7 predstavoval 39,4 mm a bodu P8 až 44,2 mm, pričom v okolí tohto bodu sa vytvorilo trvalo zamokrené územie). Pohybovú aktivitu zosuvu pri Okoličnom potvrdili i výsledky inklinometrických meraní, ktoré preukázali aktivizáciu pohybu v transportačnej časti zosuvu (deformácia vo vrte M-3 predstavovala za obdobie posledného roka 9,05 mm v hĺbke 10,6 m a vo vrte JO-1 až 10,88 mm v hĺbke 9,5 m). Z výsledkov meraní vyplýva, že na lokalite došlo k aktivizácii pohybu po hlbšej šmykovej ploche. Nepriaznivý stabilitný stav svahu vyplýva z doznievania extrémnych klimatických podmienok z jari 2006, ako aj zo starnutia a znižovania funkčnosti odvodňovacích zariadení. V novembri 2007 bol na lokalite vo vrte J-1 inštalovaný nový automatický hladinomer.
- Potenciálna nestabilita západnej časti zosuvného územia pri obci *Veľká Čausa*, preukázaná v roku 2006 sa v roku 2007 zvýraznila, o čom svedčia výsledky inklinometrických meraní vo vrte VČ-8 (v ktorom v hĺbke 13 m bola nameraná kritická hodnota deformácie 22,47 mm). Možno predpokladať, že pri takomto vývoji deformácie dôjde čoskoro k porušeniu vrtu. Prejavy nestability v tejto časti zosuvného územia preukázali i merania poľa PEE (vo vrte VČ-4 boli zistené vysoké hodnoty poľa v hĺbke cca 12 m a vrt je od jesene 2007 pre meráciu sondu nepriechnutý). Pohybová aktivita na úrovni hlbšie položených šmykových plôch môže viesť k prejavom nestability i v akumulačnej časti zosuvu, nachádzajúcej sa v priamom kontakte s obytnými domami v obci. Na doplnenie informácií o kolísaní hladiny podzemnej vody a na spresnenie stabilitných výpočtov boli v júli 2007 vybudované v miestach odľučnej oblasti zosuvu dva nové hydrogeologické vrty PO-1 a PO-2.
- Prejavy pohybovej aktivity boli zaznamenané geodetickými meraniami i na zosuvnom svahu pri *Bojniciach*. Na celom svahu prevládal poklesový charakter nameraných pohybov – až v 9 pozorovaných bodoch bol zistený pokles väčší, ako 20 mm, v bode A až 33,5 mm. Najväčšia polohová zmena bola zaznamenaná v bode B2 (32,65 mm). Prejavy pohybovej aktivity sa oproti predchádzajúcim rokom rozšírili na celú plochu zosuvného územia. Dlhodobý nepriaznivý stabilitný stav svahu je zapríčinený okrem výrazných

klimatických zmien pravdepodobne i únikmi vody zo splaškovej kanalizácie a jej infiltráciou do tela zosuvu.

- Nepriaznivé skutočnosti boli zistené monitorovacími meraniami i na ďalších lokalitách – napr. na zosuve *Fintice* bola vo vrte K-4 nameraná v hĺbke 2,5 m deformácia až 16,39 mm. Ide o lokálny prejav nestability dielčieho odtrhu v transportačnej časti monitorovaného zosuvu. Pokračujúca pohybová aktivita zosuvu v odlučnej oblasti *katastrofálneho handlovského zosuvu* bola nameraná inklinometricky vo vrte GI-1 (deformácia 11,86 mm za 8 mesiacov na úrovni aktívnej šmykovej plochy v hĺbke 20 m). Pomerne veľké polohové zmeny boli geodeticky namerané v bodoch 1 a 2 na zosuve *Handlová-Kunešovská cesta* a nárast hodnôt poľa PEE bol zaznamenaný v niektorých vrtoch i pod hladinou podzemnej vody. Kontrolným geodetickým meraním na jar roku 2007 sa na lokalite *Liptovská Mara* potvrdili pomerne vysoké hodnoty poklesov geodetických bodov v odlučnej a transportačnej oblasti zosuvu, namerané v lete 2006. Pri kontrole horizontálnych odvodňovacích vrtoch kamerovým systémom bolo v lete 2007 zistené ich pomerne výrazne zanesenie, spôsobujúce zníženie funkčnosti odvodnenia.
- Z hľadiska klimatických pomerov bol rok 2007 (podľa záznamov staníc SHMÚ) vlhkejší, ako predchádzajúci rok, avšak zrážkové pomery boli vyrovnanejšie, bez výrazných extrémov. Priemerná hladina podzemnej vody sa prakticky na všetkých pozorovaných zosuvných lokalitách nachádzala hlbšie (oproti roku 2006) a nižšia bola i priemerná výdatnosť odvodňovacích zariadení.

Pohyby charakteru plazenia sa monitorujú mechanicko – optickým dilatometrom TM-71 na lokalitách situovaných na okraji vulkanických Slanských vrchov. Kým na lokalite *Košický Klečenov* bol v roku 2006 zaznamenaný nárast vertikálneho pohybu okrajových blokov masívu, v roku 2007 došlo k zmierneniu tohto pohybu. Naopak, na lokalite *Sokol'* sa po určitej stagnácii v minulých rokoch obnovil v roku 2007 trend rozširovania trhliny, ktorej celkové otvorenie dosiahlo 9 mm. Na lokalite *Veľká Izra* bol zaznamenaný pokračujúci posuv blokov na okraji horninového masívu.

Náznaky aktivizácie rútivých pohybov sa monitorujú metódami digitálnej fotogrametrie, rôznymi typmi dilatometrických meraní, ako aj meraniami mikromorfologických zmien povrchu skalných odkryvov. V roku 2006 boli osadené pozorovacie body a bolo vykonané základné meranie na dvoch vybraných lokalitách v *Národnom parku Slovenský raj*, kde nestabilné skalné bloky ohrozujú turistický chodník. Akútnosť problému ohrozenia turistického chodníka v doline *Suchá Belá* bola posúdená kontrolným fotogrametrickým meraním v máji 2007. I keď na základe výsledkov merania nebol posun horninového bloku ako celku v rámci presnosti merania preukázaný, odporučilo sa preložiť turistický chodník mimo dosah bloku vzhľadom na krehké správanie karbonátových hornín a možnosť ich náhleho uvoľnenia. O výsledkoch monitorovacích meraní bol informovaný starosta obce Hrabušice a preloženie trasy turistického chodníka sa uskutočnilo v lete 2007.

Pozorovania na lokalitách s najväčším počtom aplikovaných monitorovacích metód (*Banská Štiavnica, Demjata a Harmanec*) nepreukázali v roku 2007 žiadne významné zmeny v stabilnom stave monitorovaných skalných svahov (dilatometricky namerané deformácie nepresiahli na uvedených lokalitách hodnotu 1,2 mm). Sortiment fotogrametrických meraní bol na lokalitách Banská Štiavnica a Demjata rozšírený o metódu časovej základnice. Na lokalite Demjata boli navyše inštalované meracie body pre merania mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny. Z výsledkov merania mikromorfologických zmien vyplynuli prognózy uvoľnenia skalných blokov a úlomkov na lokalitách *Starina* a *Pezinská Baba*.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability zaraďujeme perspektívne územie výstavby *PVE Ipeľ* (kde sa v roku 2007 vykonali iba terénne obhliadky územia) a lokalitu *Stabilizačného násypu v Handlovej*, na ktorej sa v roku 2007 vykonal súbor monitorovacích meraní. Vzhľadom na dôležitosť tejto lokality a rozsah uskutočnených monitorovacích meraní sumarizujeme zistené výsledky pozorovania v samostatnej Prílohe 2. Najdôležitejšie poznatky z monitorovania Stabilizačného násypu v Handlovej sú taktiež zhrnuté v tabuľke (Príloha 1).

Okrem uvedených konkrétnych výsledkov pozorovaní treba upozorniť na viacero poznatkov, získaných v roku 2007 počas monitorovania svahových deformácií:

- Zaznamenané bolo pokračujúce zhoršovanie stavu monitorovacích a sanačných zariadení na viacerých pozorovaných lokalitách. Ide predovšetkým o zníženie funkčnosti povrchového i hĺbkového odvodnenia zosuvov, prejavujúce sa upchatím povrchových odvodňovacích rigolov (napr. na lokalitách Veľká Čausa, Ľubietová, Handlová – zosuv z roku 1960, Handlová – Stabilizačný násyp), postupným znižovaním výdatnosti odvodňovacích zariadení, zapríčineným zanášaním vrtov (lokality Handlová – Morovnianske sídlisko, Dolná Mičina, Ľubietová, Slanec, Okoličné, Liptovská Mara) v kombinácii s deštrukciou výtokovej časti vrtov (lokality Handlová – zosuv z roku 1960, Slanec, Ľubietová, Liptovská Mara).
- Okrem prirodzeného starnutia zariadení veľmi negatívne vplyvajú na kvalitu monitorovania vonkajšie zásahy, znehodnocujúce jednotlivé pozorovacie objekty (na lokalite Okoličné boli v roku 2007 odpílené 4 kovové pažnice pozorovacích vrtov, na lokalite Slanec boli odpílené 2 pažnice a odcudzených bolo 7 krytov z pozorovacích vrtov, na Stabilizačnom násype v Handlovej je nefunkčných 17 vertikálnych vrtov, na lokalite Sokol bolo zistené cudzie násilné poškodenie dilatometrického prístroja TM-71, ktorý musel byť nahradený novým).
- Absencia údržby sanačných a monitorovacích zariadení vedie (okrem zníženia kvality monitorovania) i k postupnému zhoršovaniu stabilitného stavu pozorovaných svahov (ide napríklad o zmeny morfológie svahu vo Veľkej Čausi a Ľubietovej alebo o výrazný rozvoj erózných procesov, pretvárajúcich svah v Dolnej Mičinej). Aktuálna stabilita niektorých svahov je okrem klimatických zmien ovplyvnená aj inými nepriaznivými vonkajšími faktormi (napríklad únikmi vody z kanalizácie na lokalite Bojnice, výrubom lesa na časti zosuvného svahu Okoličné a podobne).
- Úspešnosť prognózovania aktivizácie svahových pohybov závisí v značnej miere od kvality a rozsahu monitorovacích pozorovaní. Vzhľadom na to, že v našich klimatických podmienkach má najväčší vplyv na aktuálnu stabilitu svahu stav podzemnej vody, možno na základe dlhoročného režimového pozorovania odvodiť kritické úrovne hladiny podzemnej vody, pri ktorých s veľkou pravdepodobnosťou môže dôjsť k aktivizácii svahového pohybu. Správnosť odvodnenia kritických úrovní priamo závisí od doby, rozsahu a frekvencie monitorovania. Z týchto hľadísk najvyššie kritériá pri režimových pozorovaniach spĺňajú automatické hladinomery, zaznamenávajúce kontinuálne hĺbku hladiny a teplotu podzemnej vody.
- Inštalácia automatických hladinomerov predstavuje bázu pre vytvorenie monitorovacích systémov vyššej kvalitatívnej úrovne so zabudovanými zariadeniami včasného varovania. Varovné systémy inštalované na lokalitách Veľká Čausa a Okoličné umožňujú po nastavení limitných (kritických) úrovní včas informovať zodpovedné orgány (miestnej samosprávy, CO) o vysokej pravdepodobnosti aktivizácie svahových pohybov, čím sa dosiahne požadovaná pohotovosť monitorovania.
- Ďalšie zdokonalenie vyhodnotenia monitoringu je podmienené odvođením závislostí medzi rôznymi typmi meraní. Žiaľ, merania rôzneho charakteru sa vykonávajú s veľmi rozdielnou frekvenciou (od prakticky kontinuálnych meraní hĺbky hladiny podzemnej vody

až po geodetické a inklinometrické merania, realizované zvyčajne jedenkrát za rok). Porovnávať výsledky takýchto meraní je zatiaľ veľmi problematické a k určitým orientačným závislostiam možno dospieť iba na základe analýzy a porovnávania dlhodobého časového radu meraní.

- Napriek uvedeným problémom sa domnievame, že dostatočné prognózne zameranie a pohotovosť monitorovania môžu v budúcnosti zabezpečiť iba kontinuálne merania jednotlivých pozorovaných parametrov. Spôsoby technického zabezpečenia týchto meraní sú vo väčšine prípadov už vyriešené (napr. kontinuálne snímanie pohybu geodetických pozorovacích bodov pomocou GPS, kontinuálne zaznamenávanie deformácií inklinometrickej pažnice alebo posuvy pozorovacích bodov na skalnom bloku s prenosom údajov do monitorovacieho strediska), problematická je cenová náročnosť týchto zariadení a spôsob ich ochrany v teréne. Predpokladáme však, že na lokalitách s najvyššou spoločenskou dôležitosťou bude nevyhnutné postupne realizovať práve takéto monitorovacie siete s kontinuálnym zberom informácií rôzneho charakteru a s inštalovanými systémami včasného varovania.

## 02 - Tektonická a seizmická aktivita územia

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity na území Slovenska boli v roku 2007 monitorované pohyby povrchu územia pomocou navigačných satelitných systémov, sčasti i presnou niveláciou, i pohyby pozdĺž zlomov. V mierke 1:50 000 boli dokumentované zlomové poruchy v južnej časti Malých Karpát. Podrobne bola zhodnotená makroseizmická aktivita v ohniskovej oblasti Žiliny a Trenčianskych Teplíc. Na základe nepretržitej registrácie seizmických javov na seizmických stanicích Národnej siete seizmických staníc bola hodnotená seizmická aktivita územia Slovenska.

*Pohyby povrchu územia.* Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS) bola uvedená do prevádzky v roku 2006. Na monitoring pohybovej aktivity povrchu využíva globálne navigačné satelitné systémy (GNSS), ktoré umožňujú určovanie polohy s presnosťou až 0,5 mm. Prevádzkovateľom a správcom observačnej služby je Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ). SKPOS je realizovaná sieťou 21 geodetických bodov, z ktorých štyri sú vybudované formou špeciálnych hĺbkových stabilizácií (*Partizánske, Liesek, Gánovce - GANP a Banská Bystrica – BBYS*).

Obdobným bodom je aj stanica MOPI, ktorú prevádzkuje STU Bratislava, ale táto zatiaľ nie je súčasťou SKPOS. Údaje GNSS zo staníc GANP a BBYS sú zasielané do európskej permanentnej siete (EPN), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (IAG). Údaje zo stanice GANP sú zasielané aj do svetového geodetického monitoringu GNSS sietí.

EPN dnes spracováva údaje cca 200 staníc GNSS vzhľadom na Medzinárodný terestrický referenčný rámec - ITRF2000 a Európsky terestrický referenčný rámec- ETRF89. Pretrváva doterajší trend pohybov povrchu smerom na severovýchod. Sledovanie výškových zmien je realizované i technológiou digitálnej geometrickej nivelácie. V roku 2007 bolo uskutočnené meranie v nivelačných tratiach (profiloch) štátnej nivelačnej siete: Kráľova hoľa – Brezno a Galanta – Nové Zámky. Na týchto tratiach bola opakovaná nivelácia realizovaná po viac ako desiatich rokoch. Výsledky meraní tu preukázali značné výškové zmeny.

*Pohyby pozdĺž zlomov.* Inštrumentálne merania pohybov pozdĺž zlomov pomocou dilatometrov typu TM-71 boli v roku 2007 realizované na 7 lokalitách: Košický Klečenov, Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipeľ, Vyhne, Banská Hodruša, Jaskyňa pod Spišskou. Najväčšie pohyby boli zaznamenané na lokalite Košický Klečenov, kde ich rýchlosť dosiahla cca 0,5 mm/rok. Použitie nového softvéru na spracovanie dát tu však indikuje opačný posuv blokov než sa predpokladalo doteraz, t.j. ich poklesy. Na ostatných

lokalitách boli zaznamenané nižšie rýchlosti pohybov, resp. ich ustálenie. Zvýšenú pozornosť si vyžaduje lokalita Branisko, kde pohyby ohrozujúce tesnenie tunela naďalej pokračujú. V rámci dokumentácie zlomov v ohniskových oblastiach na území Slovenska boli zakreslené zlomové poruchy na 6 mapových listoch mierky 1:50 000 zo širšieho okolia ohniskovej oblasti Pernek – Modra, resp. Bratislavy. Ich rozsah a aktivita sú dokumentované v záznamových listoch katalógu zlomov.

*Seizmická aktivita územia.* V ohniskovej oblasti Žiliny a Trenčianskych Teplíc sa podľa záznamov katalógov zemetrasenia vyskytovali od začiatku sedemnásteho storočia. (Podľa niektorých historických dokumentov boli však v oblasti Žiliny zemetrasenia i v rokoch 1348 a 1443.). Epicentrá zemetrasení v ohniskovej oblasti Žiliny boli lokalizované najmä na území Rajeckej kotliny, sčasti i na úpätí Malej Fatry. Od roku 1600 tu bolo makroseizmicky zaznamenaných 6 zemetrasení, z ktorých najsilnejšie s epicentrom neďaleko Žiliny a intenzitou 8°EMS bolo v roku 1858. Silnejšie zemetrasenie s intenzitou 6°EMS sa tu vyskytlo ešte v roku 1947. Ostatné zemetrasenia dosiahli iba intenzitu 4 až 5°EMS. Posledné, s epicentrom pri Rajeckých Tepliciach, bolo v roku 1992 (4°EMS).

Podľa rôznych výpočtových metód by sa silnejšie zemetrasenie v oblasti Žiliny mohlo s pravdepodobnosťou 50 % zopakovať v priebehu dvoch až troch desaťročí. Súčasný spôsob uvoľňovania seizmickej energie však tomu nenasvedčuje. V súčasnosti totiž dochádza v oblasti k rýchlejšiemu/väčšiemu uvoľňovaniu seizmickej energie než v minulosti, ktoré sa realizuje väčším počtom slabších zemetrasení s kratším intervalom návratnosti. V ohniskovej oblasti Trenčianskych Teplíc boli epicentrá zemetrasení lokalizované v ich širšom okolí, v eliptickom území ohraničenom obcami Trenčín – Nemšová – Horná Poruba – Valaská Belá – Nitrianske Rudno – Hradište – Trenčín. Od roku 1607 do roku 2006 tu bolo makroseizmicky zaznamenaných 11 zemetrasení (vyskytli sa v rokoch 1607, 1864 a 1988), pričom najsilnejšie bolo s intenzitou 6°EMS. Ostatné zemetrasenia dosiahli intenzitu 3,5 až 5°EMS. Posledné dve, s intenzitou 4°EMS a s epicentrom pri obci Omšenie boli v roku 2006. Podobne ako v oblasti Žiliny aj tu dochádza od dvadsiateho storočia, najmä od jeho konca, k rýchlejšiemu/väčšiemu uvoľňovaniu seizmickej energie než v minulosti. Pri zachovaní tohto režimu nie je v súčasnosti v oblasti predpoklad výskytu silnejších zemetrasení.

Ďalšími cieľmi riešenia úlohy je monitorovanie lokálnych, regionálnych a teleseizmických seizmických javov (zemetrasení a priemyselných explózií) a ich analýza, lokalizácia zemetrasení s epicentrom na území Slovenska alebo zemetrasení makroseizmicky pozorovaných na území Slovenska, tvorba národnej seizmologickej databázy a pravidelná medzinárodná výmena údajov. Nepretržitá registrácia seizmických javov bola v roku 2007 vykonávaná na 12 seizmických staniciach Národnej siete seizmických staníc – Bratislava Železná studnička (ZST), Modra – Piesok (MODS), Vyhne (VYHS), Šrobárová (SRO), Červenica (CRVS), Kečovo (KECS), Hurbanovo (HRB), Likavka (LIKS), Kolonické sedlo (KOLS), Iža (SRO1), Moča (SRO2) a Stebnícka Huta (STHS). Všetky seizmické stanice zaznamenávajú kontinuálne rýchlosť seizmického pohybu pôdy a poskytujú zaznamenané údaje v reálnom čase. Všetky stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC), vo Veľkej Británii. V prípade potreby sú na vyžiadanie k dispozícii aj trigrované záznamy seizmického pohybu zo staníc lokálnych seizmických sietí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice.

Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc je v GFÚ SAV Bratislava. Centrum zhromažďuje zaznamenané údaje v reálnom čase z 12 staníc Národnej siete a z vybraných staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase zhromažďované a analyzované údaje z 81 seizmických staníc. Týchto 81 seizmických staníc tvorí Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť GFÚ SAV. Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. Tieto lokalizácie sú automaticky umiestňované na internet a sú posielané e-mailom na vybrané e-



mailové adresy a Úradu civilnej ochrany. Pre verejnosť sú automatické lokalizácie zemetrasení k dispozícii na web stránke [www.seismology.sk](http://www.seismology.sk). Okrem automatických lokalizácií sa na spomenutej stránke nachádzajú aj aktuálne seizmogramy staníc Národnej siete seizmických staníc (okrem HRB) a staníc Smolenice a Kolačno, ktoré patria do lokálnych seizmických sietí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice, ktoré sú prevádzkované spoločnosťou Progseis. Tiež sú k dispozícii archívne záznamy seizmických staníc za posledných 30 dní.

V roku 2007 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných viac ako 5721 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov. Lokalizovaných bolo cca 62 mikrozemetrasení (zemetrasení bez makroseizmických účinkov) s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Podrobnejšie údaje o týchto zemetraseniach budú uvedené v záverečnej správe za rok 2007. Makroseizmicky nebolo na území Slovenska v roku 2007 pozorované žiadne zemetrasenie.

### **03 Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych zátŕaží**

Do tohto podsystemu sú zaradené lokality s výskytom antropogénnych sedimentov, ktoré predstavujú riziko ohrozenia jednotlivých zložiek geologického prostredia. Cieľom bolo zabezpečiť kontinuálne zaznamenávanie a hodnotenie informácií o stave týchto sedimentov. V roku 2007 boli monitorované nasledovné lokality: Bratislava – Devínska Nová Ves, Myjava, Šulekovo, Nové Mesto nad Váhom, Dunajská Streda, Krompachy – Halňa, Prakovce, Šaľa, Vranov nad Topľou – Nižný Hrabovec (Poša), Rimavská Sobota – Hačava, Žiar nad Hronom (Lintych, Sedem žien a Banská Belá), Liptovský Mikuláš (Dúbrava). Staré opustené skládky a odkaliská ostávajú dlhodobou záťažou pre krajinu. Aj po skončení prevádzky na skládke stále znamenajú pre svoje okolie zdroj možného nebezpečenstva.

Monitorované lokality predstavujú riziko v dôsledku kontaminácie pôdy a podzemnej vody. Prekročené boli limity chloridov (Myjava, Nové Mesto nad Váhom, Šulekovo), kyanidov a ropných látok (Prakovce, Devínska Nová Ves, Šaľa), ale aj obsahy As, Cu, Sb, Pb, Zn, Ni, Ba (Halňa), Fe a amónnych iónov (Šulekovo).

Na odkaliskách sa uskladňujú elektrárenské popolčky, jemnozrnné sedimenty z chemických fabrik, kaly z úpravni rudných baní a iné materiály, ktoré majú charakter antropogénnych sedimentov a predstavujú možné ohrozenie životného prostredia. V roku 2007 boli zmeny mechanických vlastností sledované na odkaliskách Duslo Šaľa RSTO (Riadená skládka tuhého odpadu) a Amerika 1 Šaľa prostredníctvom presiometrických skúšok, RTG analýz, geofyzikálnych meraní a analýz zrnitostného zloženia.

V roku 2007 sa sledoval vplyv antropogénnych sedimentov odkaliska Poša (Nižný Hrabovec, okres Vranov nad Topľou) na kvalitu povrchových vôd a riečnych sedimentov. Odkalisko Poša je vyplnené starými antropogénnymi sedimentmi z činnosti podniku Chemko Strážske. V roku 2007 boli odobraté vzorky vody a sedimentu priamo z odkaliska a z výpuste pod odkaliskom (Kyjovský potok). Zistené výsledky indikujú výraznú kontamináciu vody, pričom hodnoty niektorých ukazovateľov výrazne presahujú dané limity. V rámci sledovaných ukazovateľov je najproblematickejším vysoký obsah arzénu. V povrchovej vode odkaliska bol v októbri 2007 zistený obsah As na úrovni 613 µg/l a vo vode výpuste 295 µg/l. Všeobecná požiadavka na kvalitu povrchovej vody podľa „Nariadenia vlády SR 296/2005 ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd“ je vzhľadom na obsah As 30 µg/l. V minulosti však boli zistené aj vyššie hodnoty obsahu As vo vypúšťanej vode, maximálne na úrovni 11 385 µg/l. Alarmujúcim faktom je však aj to, že množstvo vypúšťanej vody z odkaliska sa pohybuje rádovo v litroch, z čoho vyplývajú vysoké celkové množstvá uvoľneného arzénu do prostredia rieky Ondavy, čo môže spôsobiť kontamináciu prírodného

prostredia danej oblasti. Dôkazom je vysoký obsah As v riečnych sedimentoch Kyjovského potoka. V sedimentoch Kyjovského potoka sa v roku 2007 zistili hodnoty obsahu arzénu na úrovni 71,3 mg/kg. Táto skutočnosť indikuje možnosť uvoľňovania arzénu aj do povrchovej vody.

#### **04 - Vplyv ťažby na životné prostredie**

Medzi najvážnejšie dôsledky ťažby nerastných surovín patrí vytvorenie veľkých vyťažených priestorov v podzemí aj na povrchu, s čím sú spojené prejavy podrúbania územia. Ďalšími nepriaznivými dosahmi na životné prostredie sú odvodňovanie horninových komplexov, zníženie výdatnosti využívaných zdrojov podzemnej vody, nahromadenie veľkého množstva zostatkových materiálov s obsahom kontaminantov na haldách a odkaliskách a s tým súvisiaca kontaminácia povrchových a podzemných vôd.

Do informačného systému ČMS – Geologické faktory boli prevzaté údaje, ktoré boli výsledkom riešenia geologickej úlohy „Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí vznikajúcich banskou činnosťou“ (Vrana et al., 2005). V roku 2007 sa začalo monitorovanie na lokalitách, vytypovaných pri riešení vyššie uvedenej geologickej úlohy ako rizikové. Boli vyčlenené tri typy monitorovaných lokalít: oblasti ťažby hnedého uhlia, oblasti ťažby magnezitu a mastenca a oblasti rudných ložísk.

Pozornosť bola zameraná na oblasti rudných ložísk Rudňany, Slovinky, Smolník, Novoveská Huta, Rožňava a Banská Štiavnica, ďalej na oblasti ložísk magnezitu a mastenca Jelšava – Lubeník – Hnúšťa a Košice – Bankov. Z oblastí ťažby hnedého uhlia bola sledovaná oblasť handlovsko-cígeľského hnedouhoľného revíru. Rozsah prác bol zameraný na spresnenie typu a frekvencie doplnkových meraní a zistenie potreby úprav monitorovacích objektov. Práce boli zamerané na hodnotenie hydrogeologických, geochemických a inžinierskogeologických aspektov.

Z hydrogeologických prác boli realizované terénne merania a odbery vzoriek vôd na laboratórne analýzy. Geodetické merania vertikálnych posunov na existujúcich meračských bodoch boli zamerané na východnú časť ložiska Rudňany - Poráč (východne od jamy 5 RP I smerom na jamu Poráč a ďalej na východ, v oblasti závalového pásma „Baniská“). Geodetické merania boli realizované v októbri 2007 na profile I, v bodoch 101 až 118. V roku 2007 sa monitoroval i najrozsiahlejší zával z.1 v oblasti Banísk. Pre tento pokles terénu sa zhotovil záznamový list. Bola vykonaná terénna rekognoskácia poklesov terénu na ložisku Novoveská Huta. Terénne monitorovacie práce na ložisku Novoveská Huta boli zamerané na sledovanie zmien a detailnejšieho spracovania prejavov a vývoja poklesov terénu na závaloch a závalových pásmach. Nové poznatky a pozorovania boli zaznamenané do záznamového listu na 7 z navrhovaných 12 objektov. Boli to objekty z.1, 2, 3, 9, 15 (s potenciálnym prepojením so z.11a z.19), 17 a 18. Zvyšných 5 objektov nebolo samostatne zaradených, pretože ich lokalizácia nebola jednoznačná, nakoľko sa nachádzali v ťažko prístupných závalových pásmach, s množstvom drobných závalov, ktoré nemohli byť vytýčené ani pomocou GPS.

V oblastiach handlovsko-cígeľského hnedouhoľného revíru a banskoštiavnického rudného revíru boli odoberané a hodnotené vzorky vôd a riečnych sedimentov z výtokov banských diel, povrchových tokov nad banskými dielami a povrchové toky pod banskými dielami. V oblasti Hnedouhoľného hornonitrianskeho revíru boli zdokumentované zvýšené hodnoty celkových mineralizácií výtokov vôd zo štôlní (v rozpätí 700–900 mg.l-1), tieto sú však porovnateľné s vodami v miestnych recipientov (600–800 mg.l-1). Obsahy potenciálne toxických prvkov (As, Se, Cu, Zn, Pb, Hg) vo vodách sú relatívne nízke. Z vôd vypadávajú a hromadia sa v riečnych sedimentoch, (obsahy As dosahujú až 500 mg.kg-1).

V oblasti Banskoštiavnického rudného revíru aj s ohľadom na polymetalický charakter združenia boli vo vzorkách vôd aj sedimentov zdokumentované vysoké, nadlimitné hodnoty Zn (maximum 5,3 mg.l<sup>-1</sup>), ďalej Cd, Cu a Pb. Tieto vysoko prekračujú zavedené limitné hodnoty pre zdravé životné prostredie. Obdobná situácia je aj v prípade riečnych sedimentov, ktoré predstavujú vysokú potenciálnu záťaž pre životné prostredie oblasti.

## **05 - Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí**

Významný vplyv radónu na živé organizmy a zhubné dôsledky jeho pôsobenia na zdravie ľudí sú predmetom záujmu renomovaných vedeckých inštitúcií sveta (UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation a ICRP – International Commission on Radiological Protection), ktorých závery a odporúčania sú všeobecne akceptované. UNSCEAR, ktorý je vedeckým výborom OSN pre účinky atómového žiarenia zverejnil, že v súčasnosti prírodné zdroje rádioaktívneho žiarenia prispievajú viac než tromi štvrtinami k celkovému ožiareniu svetovej populácie, pričom najvýznamnejším zdrojom prírodného žiarenia je práve radón <sup>222</sup>Rn a jeho dcérske produkty rádioaktívnej premeny (až cca 52 %). Je paradoxné, že obavy verejnosti sú zamerané hlavne na umelé zdroje žiarenia, zvlášť na jadrové a väčšina ľudí netuší, že úplne najväčšie ožiarenie v období mimo jadrových havárií spôsobujú práve prírodné zdroje.

Hlavným zdrojom radónu je geologické prostredie, preto cieľom monitoringu je dokumentovať a komplexne zhodnotiť prípadné zmeny koncentrácií radónu v horninách (pôdach) a v podzemných vodách. Monitorovanie radónu na území Slovenskej republiky je zamerané na oblasti s potvrdeným výskytom zvýšeného radónového rizika v snahe zaznamenať a zhodnotiť jeho zmeny, resp. variácie. Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí v roku 2007 pokračoval podľa schválenej koncepcie. Geologické práce realizované v tejto časti projektu predstavujú opakované vzorkovania a geofyzikálne merania v terénnych a laboratórnych podmienkach na 14-tich lokalitách rozložených po celom území Slovenska a tiež ich komplexné vyhodnotenie a porovnanie s výsledkami predchádzajúcich období.

*Pôdny radón - zvýšené radónové riziko na referenčných plochách.* Monitorovacie merania pôdneho radónu v roku 2007 sa uskutočnili s rôznou frekvenciou meraní (2 – 8 krát) na šiestich lokalitách s výskytom stredného až vysokého radónového rizika (Bratislava – Vajnory, Banská Bystrica – Podlavice, Košice – KVP, Novoveská Huta, Teplička a Hnilec). Prvé terénne merania začali pomerne skoro (relatívne kratšia a teplejšia zima) už v polovici marca, čo je takmer mesačný predstih v porovnaní s predošlými rokmi.

Celkový objem prác na všetkých referenčných plochách s možným výskytom radónového rizika v roku 2007 predstavoval spolu 459 hlbených sond s rovnakým počtom odobraných a meraných vzoriek pôdneho vzduchu. Klimatické pomery ovplyvňujúce množstvo radónu v pôdach i v podzemných vodách boli v roku 2007 málo porovnateľné s predchádzajúcim obdobím. V rokoch 2004 – 2006 boli dlhé zimy a častejšie zrážky na jar pozitívne ovplyvňovali vlhkosť pôdy, teda aj šírenie radónu v horninách (merania objemovej aktivity radónu v tomto období dosahovali vysoké hodnoty), v roku 2007 bola suchá zima i jar a aj v lete bolo málo zrážok (väčšinou len lokálne búrky). V dôsledku dlhšie trvajúceho suchšieho počasia (i keď sumárne zrážkové úhrny boli v roku 2007 na väčšine územia vyššie oproti predchádzajúcemu roku) takmer všetky lokality (okrem lokality Hnilec) vykazovali pokles hodnôt objemovej aktivity radónu (OAR), niekedy aj so znížením kategórie radónového rizika. Najväčšie priemerné ročné zníženie úrovne aktivít radónu bolo registrované na lokalite Novoveská Huta – takmer o jednu tretinu v hlavných parametroch hodnotiacich radónové riziko. Iba na lokalite Hnilec v extrémne vysokom radónovom riziku boli v roku 2007 zvýšené hodnoty OAR v pôde, ktoré sú dokonca absolútne najvyššie od roku

2001. Je to v dôsledku väčšieho výskytu lokálnych zrážok a väčšej vlhkosti na tomto území. Merania OAR v danej lokalite predstavujú stále najvyššie hodnoty na Slovensku.

Priebeh sezónnych variácií radónu je závislý nielen od meteorologických faktorov, ale i od priepustnosti a vlhkosti pôd, teda od geologického zloženia danej lokality. To znamená, že aj v rovnakých meteorologických podmienkach, v rôznom geologickom prostredí, nemusí byť charakter variácií celkom zhodný. Príkladom toho sú výsledky z monitoringu z lokalít Novoveská Huta (homogénne permské sedimenty strednej priepustnosti) a Teplička (paleogénne sedimenty stredne až málo priepustné s väčším podielom ílovitej frakcie), ktoré sú relatívne blízko seba (cca 5 km) v rovnakej klimatickej oblasti, ale majú odlišný geologický profil, v ktorom je šírenie radónu sledované. Obe lokality boli monitorované v rovnakom dni a v rovnakých klimatických podmienkach, no napriek tomu výsledky meraní OAR majú v roku 2007 celkom odlišný obrátený sinusoidálny priebeh počas roka. V letných mesiacoch N. Huta – maximum, Teplička – minimum obsahov radónu v pôde a na jar a v jeseni naopak N. Huta – minimum a Teplička – maximum OAR. Je tiež zaujímavé, že charakter variačnej krivky roku 2007 z oboch lokalít je veľmi podobný s extrémne suchým rokom 2003.

*V oblasti tektonicky porušenej zóny* na lokalite Grajnár boli realizované merania objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu. Tektonická zóna pozitívne ovplyvňuje transport radónu do pripovrchových častí aj z väčších hĺbok, takže OAR nad zlomami dosahuje anomálne hodnoty, ktoré až 10-násobne prevyšujú pozadie.

*Radón vo vodách.* Vzorkovanie a meranie sa vykonalo v troch prameňoch Malých Karpát v prímestskej oblasti Bratislavy – prameň Mária, prameň Zbojnička a prameň Himligárka, v Bacúchu – prameň Boženy Němcovej, na Sivej Brade pri Spišskom Podhradí – prameň sv. Ondreja, prameň Oravice pri vrte OZ-1 a na Zemplíne vrt Ladmovce – preliv. Výsledky monitorovania OAR v podzemných vodách dokumentujú, že stredné hodnoty koncentrácií radónu pre všetky monitorované pramene v roku 2007 sú vyššie ako v predchádzajúcich rokoch. Vyššie obsahy OAR v podzemných zdrojoch boli registrované predovšetkým počas jesenných mesiacov. Variácie objemovej aktivity radónu v sledovaných zdrojoch podzemných vôd majú sezónny charakter. Zmeny OAR vo vodách majú v priebehu roka určitú sinusoidálnu pravidelnosť. Na rozdiel od pôdneho radónu nie sú tak ovplyvňované zmenami v atmosfére, nie sú natoľko citlivé na krátkodobé zmeny počasia (teplota, atmosférický tlak). Spravidla je maximum koncentrácií OAR vo vodách v zime, resp. na jar a minimum v lete až jeseni.

Zvýšenie hodnovernosti získavaných výsledkov možno dosahovať štatistickým spracovaním dlhodobejšie realizovaných monitorovacích systémov, ktoré môžu dávať relevantné podklady pre prijímanie obcenejších záverov v tejto oblasti.

## **06 - Stabilita horninových masívov pod historickými objektami**

V roku 2007 sme sa zamerali na monitorovanie nasledovných lokalít: Spišský, Strečniansky, Oravský, Uhrovský a Lietavský hrad a hrad Devín. Na Plaveckom hrade, Pajštúnskom a Čachticiach boli monitorovacie stanoviská pre meradlo typu SOMET inštalované v roku 2003, na hrade Devín bol nainštalovaný komplexný monitorovací systém v novembri 2005 a v rovnakom mesiaci bolo pridané ďalšie, plnoautomatizované monitorovacie zariadenie (typ GEOKON-2, zapožičané od fi GEOEXPERTS Žilina) na Spišskom hrade. V júni 2006 sme nainštalovali aj meracie stanovisko pre meradlo SOMET na Trenčianskom hrade a revitalizovali merania na ranogotickom kostolíku sv. Juraja v Kostol'anoch pod Tríbečom.

*Spišský hrad.* Funkčné sú 4 prístroje typu TM-71 a 5 stanovísk, kde sa realizujú merania prenosnými meradlami SOMET. V priestore tzv. Perúnovej skaly, ktorá dlhodobo vykazuje

známky nestability sú situované tri monitorovacie stanoviská. Na jednom z nich (TM-71-1) za posledný rok došlo k postupnému zatvoreniu trhliny. Za minulý rok sa trhlina zatvorila o 0,50 mm. Celkove sa trhlina od leta 1992 otvorila o 4,51 mm. Pootočenia nie sú významné a dosahujú asi 0,1 mm/rok. Na prístroji TM-71-2 za posledný rok došlo k ustáleniu pohybu v smere osi x. Trhlina sa zatvorila o 0,40 mm. Celkový pohyb zatvorenia trhliny dosiahol 3,96 mm. Podobný vývoj pozorujeme aj v smere osi y, pričom celkový pohyb dosiahol 3,28 mm, v osi z došlo za rok 2007 k zmene asi o 0,36 mm. Celkove vo všetkých osiach je pohyb minimálny, avšak konštantný za posledné roky v smere zatvárania pukliny. Na treťom prístroji TM-71-h1 sme zistili, že trhlina sa postupne zatvára, pričom charakter zmien je výrazne oscilačný. V priebehu roku 2007 sa trhlina zatvorila s maximom 1,34 mm v júni a postupne sa zatvárala, pričom v novembri dosiahla hodnotu 0,274 mm. Trend v zatváraní má progresívny charakter najmä v zimnom období a je predpoklad, že minimálna hodnota bude dosiahnutá v jarných mesiacoch 2008. Pohyb v smere osi y a z je minimálny, mierne cyklický s amplitúdou rozkyvu 0,6 mm v osi y, resp. 1,2 mm v osi z. Ak by sme teda mali vyjadriť sumárny pohyb monitorovaného horninového bloku tzv. Perúnovej skaly je zrejmé, že tento sa v hornej časti vykláňa smerom na SSZ, spodná časť bloku sa zasa vykláňa opačne, teda k JJV, pričom z tejto strany porušuje murivo dolného paláca.

*Hrad Strečno.* Pohyby na tejto lokalite majú výrazne oscilačný charakter, čo je v zhode s dlhodobým trendom. Aj v priebehu roku 2007 tento trend bol potvrdený, pričom hodnota relatívneho pohybu bloku – otvorenie trhliny dosiahla až 1,12 mm, pričom maximá boli registrované v mesiacoch august a október; potom nastala opačná tendencia pohybu, puklina sa zatvorila o temer 1,23 mm v novembri pričom tendencia zatvárania pukliny pokračovala i na sklonku roku 2007. Pohyby nie sú dramatické a možno konštatovať, že majú cyklický charakter a to bez výraznejšej zmeny od roku 2000, keď oscilácia sa pohybuje okolo hodnoty 3,0 mm. V smere osi y a z možno badať dlhodobý trend v miernej oscilácii hodnôt. V smere osi y bol pozorovaný mierny cyklický pohyb, pričom amplitúda rozkyvu je cca 0,7 mm, v osi z amplitúda rozkyvu je asi 0,6 mm. Možno konštatovať, že pohyby v oboch osiach oscilujú okolo hodnoty 1 mm.

*Kláštor Skalka.* Na tomto historickom komplexe boli merania prístrojom TM-71 pre nedostupnosť, ako i z dôvodov zistenia veľmi pomalých pohybov ukončené.

#### Merania prenosným meradlom typu SOMET

*Hrad Lietava.* Na tejto lokalite boli pôvodne osadené 3 stanoviská, na jednom z nich došlo v priebehu roku ľudským zásahom k poškodeniu, takže v súčasnosti sú k dispozícii výsledky monitorovania na dvoch stanoviskách. Výsledky potvrdzujú, že miesta, ktoré od r. 2000 monitorujeme sú stabilné, výkyvy sú v rozmedzí 0, 1 mm.

*Kláštor Skalka.* Merania sa vykonávajú v jaskynných priestoroch, ktoré tvoria prístupovú cestu do kláštora. Až do r. 2006, keď merania boli prerušené (dôvody – vstup musí zabezpečiť cirkev ako vlastník a od r. 2006 nám bolo viackrát zabránené navštíviť monitorovacie stanovisko) sme nezaznamenali výraznejšie posuny a možno povedať, že pohyby majú výrazne oscilačný charakter, s najväčším rozkyvom v roku 2003 a 2004, keď amplitúda rozkyvu dosiahla až 1,1 mm.

*Spišský hrad.* Na tejto lokalite máme nainštalovaných 5 monitorovacích stanovísk, tri z nich sú v blízkosti meradiel TM a sú označené ako SM 1 až SM 3. Na základe meraní môžeme usúdiť, že na týchto meradlách nebol zaznamenaný žiadny posun. Vzhľadom na ich výrazne nižšiu citlivosť oproti meradlám typu TM je to prirodzené. Meracie stanoviská SM 4 a SM 5 sú umiestnené v SZ časti z exteriéru hradného komplexu medzi skalnou ihlou a hradnou skalou. Napriek očakávaniu, že práve tento skalný blok bude vykazovať pohyby, i tu je potrebné konštatovať, že výsledky meraní poukazujú na cyklický trend v súlade s teplotnými cyklami s minimálnym rozpätím amplitúdy rozkyvu v rozsahu 0,3 až 0,4 mm,

oscilujúcim počas 5 rokov meraní okolo východiskovej hodnoty (nuly).

*Plavecký hrad.* Na tejto lokalite sú osadené pozorovacie body na troch stanoviskách, ani na jednom z nich neboli zaznamenané výraznejšie pohyby. Interval cyklických pohybov je maximálne v rozpätí hodnôt plus-mínus 0,5 mm.

*Uhrovský hrad.* Meracie stanoviská sú situované v staticky narušenej a v súčasnosti rekonštruovanej kaplnke (SM 1 a SM 2), ako aj v exteriérovej časti. Najvýraznejšie pohyby boli zaregistrované v hornej časti kaplnky (SM 1), keď kumulatívne pohyby dosiahli až 1,5 mm v rokoch 2004 a 2005; v súčasnosti však intenzita pohybov je na úrovni východiskovej hodnoty s cyklickým trendom s minimálnym intervalom nameraných hodnôt.

*Hrad Pajštún.* Na hrade Pajštún je osadených päť monitorovacích stanovísk, za tri roky merania neboli zistené žiadne signifikantné pohyby.

Na *hrade Trenčín* sú meracie stanoviská osadené iba dva roky, takže na ich vyhodnotenie je potrebné vykonávať ešte minimálne jednoročné merania.

## 07 - Monitorovanie riečnych sedimentov

Podsystem je zameraný na hodnotenie kvality riečnych sedimentov a na monitorovanie vybraných geochemických faktorov, ktoré súvisia s hodnotením kvalitatívnej stránky abiotickej zložky prírody v podmienkach Slovenskej republiky. Výstupy predstavujú environmentálne geochemické parametre procesov tvorby chemického zloženia povrchovej, podzemnej, pôdnej vody a procesov zvetrávania. Z hľadiska kvality podzemných vôd ide o hodnotenie, ktoré charakterizuje tzv. zdrojové vody (zimné zrážky a povrchové vody), ktoré tvoria základ pre kvalitu podzemnej vody. Monitoring je zameraný na stanovenie negatívnych vplyvov pochádzajúcich z antropogénnych aj geogénnych zdrojov kontaminácie. Sleduje časové zmeny kvalitatívnych ukazovateľov v kontaminovaných a pozadových oblastiach tak, aby sa dalo predchádzať zhoršovaniu až rizikám z týchto ukazovateľov a zmierneniu ich environmentálneho dopadu na prírodnú vodu.

Cieľom monitorovania tohto subsystému je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahov vybraných prvkov v aktívnom riečnom sedimente hlavných tokov Slovenska a snehových roztokov vplyvom primárnych ako aj antropogénnych podmienok.

Analyzovaná asociácia prvkov v riečnych sedimentoch predstavuje hlavné (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) a stopové prvky (Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb). Z pohľadu kontaminácie monitoring riečnych sedimentov (12-ročné pozorovanie) jasne poukazuje na výrazne a trvalo znečistené toky riek Nitra (lokality č. 14-15), Štiavnica (25), Hornád (32) a Hnilec (33) – prekračujúcimi parametrami sú najmä prvky Hg, As, Zn, Sb, Cd a Cu. Prekročenie kategórie C (hranica, ktorej prekročenie predpokladá sanačný zásah) bolo v roku 2007 pozorované na lokalitách Nitra – Chalmová (ortuť), Štiavnica – ústie (olovo) a Hornád – Kolinovce (ortuť).

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. Vysoko kontaminované povodia budú zaradené do systému opatrení plánov manažmentu povodí.

Snehové roztoky s najkyslejším charakterom (s hodnotami pH okolo 4,4) boli zistené na lokalitách Štrbské pleso, Starý Hrozenkov, Branisko, Donovaly a Ľupčianska dolina a najvyššia hodnota bola zistená v Dobšinej (6,83), pričom priemerná hodnota pH (5,22) naznačuje na kyslejší charakter snehových roztokov. Najvyšší obsah amónnych iónov bol zaznamenaný na lokalitách Pezinská Baba a Nitra - Zobor. Z hľadiska obsahu stopových prvkov dominujú v snehových roztokoch v tomto zimnom období hliník, nikel a zinok.

Ostatné sledované stopové prvky vykazujú rádovo nižšie koncentrácie s najvyšším zastúpením v poradí Cu, Cr a As. Najvyšší obsah arzénu (0,0067 mg/l) bol opakovane zistený na lokalite Podhradie pri Novákoch, čo dokumentuje pomerne vysoké zaťaženie prírodného prostredia regiónu Hornej Nítry arzénom. Vyšší obsah arzénu bol však zistený aj v lokalite Lehota pod Vtáčnikom.

Z hľadiska obsahu organických látok sú tieto zastúpené v mnohých oblastiach v pomerne vysokých koncentráciách, čo indikujú zvýšené hodnoty sumárneho ukazovateľa ChSKMn, ktoré dosahujú koncentrácie maximálne až 3,39 mg/l na lokalitách Starý Hrozenkov a 1,44 mg/l na lokalite Ružomberok.

## **08 - Objemovo nestále zeminy**

Objemová nestabilita sa prejavuje buď znížením objemu zeminy, označovaným ako presadanie, alebo zväčšením objemu, označovaným ako napúčanie. V roku 2007 boli monitorované zmeny veľkosti puklín na vybratých objektoch. Väčšinou dochádza k vzniku opakujúcich sa trhlín rádovo desatiny milimetra až milimetre, ojedinele aj niekoľko centimetrov. Dôležité je stanoviť trend vývoja účinkov presadania, aby bolo možné tieto zmeny eliminovať na prijateľnú mieru. V roku 2007 bola realizovaná v poradí tretia etapa registrácie porušených objektov na území východoslovenskej nížiny. Bolo vybraných 16 najviac poškodených objektov v 9 obciach z celkového počtu 950 registrovaných v 71 obciach. Registrácia zahŕňala fotodokumentáciu objektov, opis stavu v porovnaní so stavom zisteným predchádzajúcou etapou. Za hlavnú príčinu porušenia väčšiny kontrolovaných objektov možno považovať objemové zmeny zemín v podzákladi spôsobené vnikaním dažďovej vody do základov v dôsledku jej nevhodného odvádzania zvislými odkvapmi. Ďalšími príčinami sú základy bez dobrej izolácie, nekvalitné murivo, prípadne kombinácia uvedených faktorov. Odstránenie hlavnej príčiny porušenia objektov, t.j. zamedzenie vnikania dažďovej vody do oblastí základov (najčastejšie v ich rohoch) nebolo zistené (v objektoch s viditeľným chybným odvádzaním vody mimo dosah základov), resp. nebolo zistiteľné (v objektoch so zaústením zvislých odkvapov pod úroveň terénu). Starostovia dotknutých obcí budú informovaní o zistených skutočnostiach spolu s návrhom opatrení na zastavenie zhoršovania stavu objektov, resp. na jeho zlepšenie. Vo väčšine prípadov bude stačiť dôsledné odvedenie dažďovej vody mimo dosah základov (napr. predĺžením odkvapovej rúry, realizáciou nepriepustného povrchového drenážneho žľabu, zaústením zvislej odkvapovej rúry do kanalizácie).

Na územiach s výskytom sprašových sedimentov, najviac na Trnavskej pahorkatine, dochádza v súvislosti s intenzívnymi zrážkami a zvýšeným zaťažením k presadnutiu územia. V minulosti boli v spraši vybudované priestory na obilie a chodby, v ktorých sa ľudia schovávali pred Tatármi. V miestach s výskytom takýchto priestorov v kombinácii intenzívnych zrážok a zaťaženia (napr. oranie poľa) môže nastať náhle presadnutie. V katastri obce Dubové medzi Trnavou a Piešťanmi došlo k prepadnutiu nadložia hrúbky 3 m a priemeru 2 m následkom dlhotrvajúcich silných zrážok a orania poľa. Našťastie nedošlo k žiadnemu zraneniu.

## **Parciálny informačný systém ČMS GF**

Parciálny informačný systém slúži na spracovanie a archivovanie dát získaných monitorovaním geologických faktorov. Spracovaný je vo dvoch úrovniach: podrobnej a prehľadnej. Jeho základom je jednotný prístup v spracovávaní dát a ich priestorové zobrazenie pomocou mapových výstupov, ktoré odrážajú vplyv monitorovaných procesov na životné prostredie. Dáta sú vkladane do informačného systému prostredníctvom

užívateľských softvérov. Vybrané dáta z informačného systému sú sprístupnené pre všetkých záujemcov z radov odbornej aj laickej verejnosti na web stránke Čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov (ČMSGF). Pomocou technológie php sú vizualizované dáta na základe požiadavky priamo zadanej užívateľom internetu. Selekcia údajov sa vykonáva na základe voľby subsystému, monitorovacej metódy, lokality, prípadne monitorovacieho bodu. Dáta sú vizualizované v tabuľkovej forme alebo formou grafu.

Na základe požiadavky SAŽP, ktorá koordinuje Informačný systém monitoringu je štruktúra a celkový vzhľad stránky prispôbený dohodnutému a schválenému obsahu web stránok, a je platný pre všetky systémy Monitorovania životného prostredia. Informačný stránka ČMS GF je umiestnená na adrese <http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/>. Prístup na ňu je zabezpečený prepojením zo stránky ŠGÚDŠ a SAŽP.

Na sprístupnenie meraných ukazovateľov pomocou interaktívnych web máp, s použitím technológie ArcIMS od firmy ESRI (spolupráca so Slovenskou agentúrou životného prostredia v Banskej Bystrici) sa v roku 2007 spracovali informácie a definovali kritériá ich hodnotenia a vizualizácie z podsystémov Zosuvy a iné svahové deformácie, Monitorovanie objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí a Monitorovanie riečnych sedimentov.

## **Záver**

Na základe uznesenia OPM MŽP SR č. 82 z 15.7.2004 bola vypracovaná Koncepcia aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu. Uznesením OPM MŽP SR č. 42 z 4.4.2005 bola táto Koncepcia schválená. Podľa tejto Koncepcie sa od 1.1.2007 pokračovalo v meraniach a hodnoteniach v nasledovných podsystémoch:

- 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 objektami.
- 07 Monitorovanie riečnych sedimentov.
- 08 Objemovo nestále zeminy.

V septembri 2006 bola podpísaná zmluva o spolupráci pri poskytovaní a využívaní geologických informácií medzi Úradom civilnej ochrany Ministerstva vnútra SR a Štátnym geologickým ústavom Dionýza Štúra.

Na jar 2007 vznikla pri EuroGeoSurveys pracovná skupina EGS Geohazards Working Group. ŠGÚDŠ je jej súčasťou. Boli dohodnuté základné pracovné dokumenty a strategický plán hodnotenia a prevencie geologických hazardov v európskych štátoch.