

## ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM – GEOLOGICKÉ FAKTORY

### Úvod

Tvorba monitorovacieho systému životného prostredia vyplýva zo značného množstva dohôd, dohovorov a medzinárodných požiadaviek vyplývajúcich z integrácie Slovenskej republiky do medzinárodného systému ochrany životného prostredia (Rio de Janeiro, 1992 a Johannesburg, 2002). Systém monitorovania a informačný systém chápeme ako najdôležitejší nástroj 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 alebo vplyvov naň pôsobiacich (spravidla v bodoch, tvoriacich monitorovaciu sieť), ktoré s určitou mierou výpovednej schopnosti reprezentujú sledovanú oblasť a v súhrne potom väčší územný celok. Monitorovanie slúži k objektívnemu poznaniu charakteristík životného prostredia a hodnoteniu 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 desiatich rokoch počet mimoriadnych udalostí - živelných pohrôm, ktoré majú negatívny vplyv na život a zdravie ľudí, alebo ich majetok. Ide hlavne o často sa opakujúce povodne a zosuvy na rôznych miestach SR.

Pre riešenie uvedenej problematiky je treba zvoliť primeranú formu postupu, ktorá bude obsahovať nielen finančné, metodické a technické zabezpečenie sanačných a záchranných prác, ale aj včasnú informovanosť a prijatie opatrení, umožňujúcich mimoriadnym udalostiam včas predchádzať.

Systém Geologické faktory tvorí neodmysliteľnú súčasť národnej environmentálnej monitorovacej siete a poskytuje údaje pre ostatné čiastkové monitorovanie systémy životného prostredia SR. Systém je v plnom rozsahu funkčný a v priebehu svojej existencie zhromaždil a spracoval rozsiahly súbor závažných, odborných údajov. Z praktického hľadiska stálymi odberateľmi získaných informácií z monitoringu sú orgány štátnej správy a samosprávy všetkých stupňov a zainteresované právnické a fyzické osoby.

V ďalšom uvádzame prehľad výsledkov za rok 2004 po jednotlivých podsystémoch.

### 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie

Patria k plošne najrozšírenejším a z celospoločenského hľadiska najobávanejším geodynamickým javom. Celospoločenská dôležitosť vybraných reprezentatívnych lokalít rozhoduje o počte aplikovaných metód monitorovania, ako aj o frekvencii realizovaných meraní. Základný súbor metód pre pozorovanie pohybov typu zosúvania tvoria predovšetkým geodetické a inklinometrické merania. Zmeny napätostného stavu horninového prostredia sa monitorujú opakovanými meraniami poľa pulzných elektromagnetických emisií a meraniami povrchovej reziduálnej napätosti. Stav najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora – podzemnej vody sa zisťuje režimovými pozorovaniami zmien hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Monitorovanie sa vykonávalo na 21 lokalitách svahových porúch. Primárne výsledky meraní sa ukladajú do databázy, ktorá je súčasťou podrobného informačného systému. K 31. decembru 2004 sa v databáze nachádzalo 238 213 záznamov, získaných z monitorovacích meraní.

Z aplikovaného sortimentu monitorovacích meraní boli v roku 2004 najzávažnejšie výsledky zaznamenané na nasledujúcich lokalitách:

Napriek rozsiahlym sanačným prácam bolo pokračovanie pomalého plazivého pohybu zaznamenané na lokalite Veľká Čausa, najmä v úrovni hĺbkového pretvárania svahu, ktorá bola zachytená vrtmi na južnom a západnom okraji zosuvného územia. Pokračujúca pohybová aktivita na lokalite Bojnice bola spôsobená pravdepodobne únikmi vody z kanalizácie v miestach odľučnej oblasti zosuvu.

Pomerne výrazné deformácie boli inklinometrickými meraniami zaznamenané i na lokalite Okoličné. Veľkosť posuvov ilustruje premenlivú aktivitu pohybu pozdĺž hlbších šmykových plôch. Geodetické meranie preukázalo určitú aktivitu pohybu zosuvných hmôt v Ľubietovej pod odľučnou hranou zosuvného prúdu. Určité prejavy svahového pohybu boli zaznamenané i na lokalite Handlová – Kunešovská cesta. Na dotváranie svahu po uskutočnení neúplných sanačných opatrení poukazuje premenlivý stav povrchových reziduálnych napätí na lokalite Malá Čausa. Aktivitu severnej časti monitorovaného územia na lokalite Hlohovec – Posádka potvrdzujú výsledky geodetických meraní ako aj výsledky merania poľa PEE.

Vcelku stabilný stav územia bol zaznamenaný na lokalite Fintice (i keď jeho vývoj bude možné spoľahlivejšie určiť až po opakovaných meraniach postupu deformovania nového inklinometrického vrtu K-2B). Účinnosť realizovaných sanačných opatrení potvrdzujú výsledky inklinometrických meraní, ako aj meraní povrchových reziduálnych napätí a poľa PEE na lokalite Dolná Mičina. Problematické je však výrazné kolísanie úrovne hladiny podzemnej vody, zachytené hladinomerami. Na veľké rozdiely medzi jarným a jesenným cyklom meraní poukazujú výsledky hodnotenia stavu poľa PEE na lokalite Vištuk. Zaujímavou je skutočnosť, že vyššia aktivita poľa sa prejavuje na jeseň. Opačný trend aktivity poľa PEE bol zaznamenaný na lokalite Handlová – zosuv z roku 1960 (vyššia aktivita poľa bola preukázaná pri jarných meraniach). Monitorovacie merania na lokalite Handlová – Morovnianske sídlisko zaznamenali značný rozkyv úrovne hladiny podzemnej vody i výdatnosti odvodňovacích zariadení. Podobná situácia je i na lokalite Slanec, kde sa v minulom roku vykonávali iba režimové pozorovania, ktoré v hodnotenom roku nezaznamenali žiadne extrémne hodnoty. Na monitorovacích objektoch na lokalite Liptovská Mara neboli pozorované žiadne výrazne extrémne hodnoty, ktoré by naznačovali pohybovú aktivitu na zosuvnom svahu.

Podobne ako v predchádzajúcom roku treba upozorniť na absenciu údržby monitorovacích objektov, ale aj sanačných opatrení na viacerých lokalitách, čo môže dlhodobo viesť k obnoveniu pohybovej aktivity (lokality Handlová – zosuv z roku 1960, Veľká Čausa, Ľubietová, Okoličné, Fintice; k náprave došlo na lokalite Bojnice).

Vzhľadom na aktuálnu celospoločenskú požiadavku chceme v roku 2005 do súboru monitorovaných lokalít zaradiť aj stabilizačný násyp v Handlovej, ktorý zabezpečuje stabilitu monitorovaného zosuvu z roku 1960, ako aj protihľehého zosuvného svahu.

V rámci troch lokalít reprezentujúcich svahový pohyb typu plazenia naďalej pokračoval vertikálny zdvih okrajových blokov neďaleko Košického Klečenova. Celkový zdvih od konca roku 1990 dosiahol 5,6 mm (KK-1), resp. od polovice roku 1995 3,3 mm (KK-2) a bol doprevádzaný rozširovaním trhliny (cca 2,5 mm – KK-1). Trend rozširovania okrajových trhlín na lokalitách Veľká Izra (VI-2) a Sokol pokračoval i v roku 2004. Priemerná rýchlosť odkláňania oboch okrajových blokov od masívu za 14 rokov monitorovania dosahuje cca 0,6 mm/rok.

Okrem uvoľnenia samostatného bloku na lokalite Demjata, neboli v roku 2004 na ďalších lokalitách monitorovania *stability skalných zárezov* (prognózovanie pohybov typu rútenia) zaznamenané žiadne výrazné prejavy pohybovej aktivity. Deformácie, zistené na lokalitách Banská Štiavnica a Harmanec v roku 2004 boli zanedbateľné; na lokalite Harmanec trvalo prevláda proces zvetrávania dolomitov a celoplošného osýpania drobných úlomkov.

Vzhľadom na to, že najdôležitejším faktorom, ovplyvňujúcim vznik a vývoj svahových pohybov je režim podzemnej vody, pokračoval i v roku 2004 trend prechodu na kontinuálne merania zmien úrovne hladiny. Na základe prehodnotenia dlhodobých režimových pozorovaní na celospoločensky významných lokalitách boli vybrané objekty na inštaláciu ďalších automatických hladinomerov (na lokalite Fintice). Pre najdôležitejšie zo súboru pozorovaných lokalít (Okoličné a Veľká Čausa) boli vybrané najvhodnejšie objekty pre inštaláciu automatických hladinomerov s varovným signalizačným zariadením a odvodené boli limitné úrovne hladiny vody, prekročenie ktorých bude varovnú signalizáciu iniciovať. Uvedenie zariadení do prevádzky sa predpokladá na jar roku 2005.

## 02 – Monitoring erózných procesov

Monitoring erózných procesov prebieha na deviatich lokalitách: 1 Brezová pod Bradlom (Myjavská pahorkatina), 2 Nováky (Hornonitrianska kotlina), 3 Dudince (Krupinská planina), 4 Klenovec (Stolické vrchy), 5 Plaveč (Spišsko-Šarišské medzihorie), 6 Varhaňovce (Prešovská kotlina), 7 Osrblie (Veporské vrchy).

Na lokalitách 1 až 6 je hodnotený vývoj výmolinej erózie na základe porovnania leteckých fotografií za časové obdobie 42 až 46 rokov. Letecké fotografie boli ortorektifikované a vyhodnotené, pre každú lokalitu bol vytvorený digitálny model reliéfu a topometrických prvkov. Zber údajov bol ukončený,

v minulom roku prebiehalo ich spoločné záverečné vyhodnotenie. Najintenzívnejší vývoj erózných rýh bol zaznamenaný na lokalite Plaveč, nachádzajúcej sa vo flyšových horninách Spišsko-Šarišského medzioria. Na tejto lokalite sa za 43-ročné monitorované obdobie celková plocha erózných rýh zväčšila v priemere o 1,3 % za rok (vzhľadom k ploche rýh nameranej na starých leteckých fotografiách), čo v absolútnych číslach znamená zväčšenie plochy rýh o 0.246 km<sup>2</sup>. Monitoring na lokalitách hodnotených pomocou leteckých fotografií môže byť v roku 2005 ukončený.

Na lokalite č. 7, Osrblie, sa vykonala pravidelná obhliadka, v rámci ktorej nebola zaznamenaná žiadna zmena vo vývoji erózie v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi. Prejavy erózie sú pozorované len na vrchnom okraji zárezu lesnej cesty vedenej po vrstevnici v spodnej časti pozorovaných svahov. Na monitorovaných svahoch bola zrealizovaná výsadba stromčekov, čo je významný krok k vytvoreniu trvalej ochrany proti erózii. Lokalita postupne zarastá novou vegetáciou, len extrémne strmé svahy na ktorých sa nachádza iba štrk bez jemnozrnnej súdržnej zeminy ostávajú bez vegetácie, tieto miesta majú charakter sute.

### 03 – Procesy zvetrávania

Monitoring procesov zvetrávania pokračoval v roku 2004 pravidelnými meraniami na vybudovaných lokalitách. Ťažisko prác sa presunulo smerom k chemickým a izotopovým analýzám poskytujúcim detailný pohľad na zmeny v chemickom a mineralogickom zložení posudzovaných hornín.

Monitoring procesov zvetrávania v prirodzených podmienkach je realizovaný metódou opakovaných meraní prostredníctvom merača mikronivelačných zmien povrchu terénu na lokalitách: Lipovník, Starina, Demjata, Banská Štiavnica, Nová Bystrica, Veľké Borové, Bratislava – Železná studnička, Banská Bystrica – Jakub, Huty, Handlová, Pezinská Baba. Na uvedených lokalitách sa s presnosťou 0,02 mm zisťujú mikronivelačné zmeny povrchu odkrytých hornín spôsobené procesmi zvetrávania a následným odnosom materiálu. Lokality Harmanec, Podbiel, Málinec a Podtureň boli zničené odvalom a následným zasutením profilu. Tieto lokality sú postupne obnovované.

Experimentálne sú procesy zvetrávania sledované v podmienkach prírodného laboratória, v ktorom sú exponované vzorky poloskalných a alterovaných skalných hornín odobratých z vrtovej a odkrytovej z rôznych oblastí Slovenska. Vzorky boli spracované a testované v laboratóriu inžinierskej geológie ŠGÚDŠ v Bratislave a následne vystavené v prírodnom laboratóriu. Každoročne sú robené štandardné merania za účelom zistenia straty ich hmotnosti v dôsledku zvetrávania, zmeny fyzikálno-mechanických vlastností a zmeny morfológie povrchu vzoriek.

Na modelovom území – oblasť horného toku Vydrice – prostredníctvom povrchových, podzemných a zrážkových vôd sa sleduje hmotová bilancia 34 chemických parametrov uvoľňovaných do geologického prostredia v dôsledku zvetrávania. Stanovené boli vysoké obsahy NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ktoré mierne kolíšu v závislosti od prietoku, pričom sa prejavuje mierna pozitívna závislosť od výdatnosti. Príčinou je pravdepodobne kombinácia sekundárneho znečistenia, prispievajúce atmosférické zrážky, ako aj vyplavovanie z pôdneho substrátu.

Komplementárnou zložkou sú izotopové analýzy pomerov <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr, ktoré na základe detailného štúdia zmien pomerov týchto izotopov, ako aj rubídia, umožňujú detailne posúdiť postupnosť zvetrávacích procesov v rámci horninotvorných minerálov. Izotopový výskum sme situovali do granitoidných hornín Malých Karpát a veporidného kryštalinika a tiež do andezitov na lokalite Banská Štiavnica. Ruly v profile zvetrania na Pezinskej Babe sa prejavujú hlavne výraznou zmenou Rb/Sr pomeru, z čoho vyplýva, že z hľadiska ich modálneho zloženia je dominantnou zmenou strata Sr, ktorá sa prejavila zvyšovaním Rb/Sr pomeru. Príčinou tejto straty je hlavne zvetrávanie plagioklasu a jeho premena na illit.

### 04 – Objemovo nestále zeminy

Objemová nestabilita sa prejavuje buď znížením objemu zeminy, označovaným ako presadanie, alebo zväčšením objemu, označovaným ako napúčanie. K objemovo nestálym zeminám na Slovensku patria presadavé zeminy (kvartérne eolické sedimenty), napúčavé íly (neogénne alebo kvartérne íly) a silno prekonsolidované ílovité zeminy charakteru ílových bridlic, ílovcov a pod. Pri registrovaní porušených objektov na území Východoslovenskej nížiny sa zistilo, že poruchy na objektoch nie sú zapríčinené len presadavosťou základových pôd, ale aj ich napúčaním a zmršťovaním. Celkovo na území Podunajskej nížiny boli registrované porušené objekty v 86 obciach, na území Východoslovenskej nížiny v 54 obciach. Boli vyhotovené záznamové listy s údajmi o registrovaných porušených objektoch. Obsahujú lokalizáciu

porušeného objektu, opis, príčinu, priebeh poruchy, profil základovej pôdy, spôsob a hĺbku založenia objektu, údaje o hladine podzemnej vody, vlastnosti základových pôd, analýzu vonkajších prejavov objemovej nestálosti a vlhkosti, veľkosť puklín a ďalšie zmeny na vybratých objektoch.

Taktiež boli monitorované pukliny a ich zmeny na vybratých objektoch. Väčšinou dochádza k opakujúcim sa trhlinám rádovo desatiny milimetra až milimetre, ojedinele aj niekoľko centimetrov. Odobraté boli porušené a neporušené vzorky pre stanovenie fyzikálnych a mechanických vlastností zemín a ich náchylnosť na objemové zmeny. V oedometrických prístrojoch boli stanovené hodnoty pomerného napučovania  $B_0$ , veľkosť tlaku z napučovania  $P_n$  a jeho časový priebeh. Zmrašťiteľnosť bola stanovená na vzorkách ílov, predovšetkým smektitov. Stanovené boli aj deformačné vlastnosti charakterizované modulom deformácie a súčinitele filtrácie sledovaných vzoriek zemín.

## 05 – Vplyv ťažby nerastov na životné prostredie

Medzi najväznejšie dôsledky ťažby nerastných surovín patrí vytvorenie veľkých vydobytých 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, nahromadenie veľkého množstva zostatkových materiálov s obsahom kontaminantov na haldách a odkaliskách a s tým súvisiaca kontaminácia povrchových a podzemných vôd.

Vzhľadom na vážnosť danej problematiky vláda SR schválila uznesenie (č. 661 z 5. septembra 1995) o surovinovej politike SR v oblasti nerastných surovín. Z tohto uznesenia vyplynula úloha vypracovať systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí, vznikajúcich banskou činnosťou. Schválenie takéhoto materiálu značne ovplyvnilo riešenie tohto podsystemu po obsahovej aj finančnej stránke. Na riešenie úlohy bolo urobené výberové konanie, ktoré vyhral Geocomplex, a. s. a práce na tomto podsysteme boli zastavené k 31. 12. 1997. Vstupné údaje do informačného systému Čiastkového monitorovacieho systému – Geologické faktory – sa preberajú od Geocomplexu, a. s. Navrhnutý bol systém zisťovania škôd na životnom prostredí a z neho odvodená kategorizácia lokalít a činností podľa rozsahu vplyvov na životné prostredie, vrátane návrhu postupu pre budovanie systému monitorovania. Z hľadiska informačného je podstatou riešenia zisťovacej fázy vytvorenie databázy lokalít s evidenciou zdrojov a prejavov environmentálnych impaktov. Navrhnutý bol spôsob relatívneho ohodnocovania rizikovosti jednotlivých lokalít ako aj spracovanie informácie o existujúcich monitorovacích a sanačných prácach na najrizikovejších lokalitách.

## 06 – Zmeny antropogénnych sedimentov

Sledujú sa zmeny antropogénnych sedimentov na 7 odkaliskách na Slovensku, troch elektrárenských, dvoch flotačného odpadu po ťažbe rúd a dvoch popolčkových s ukladaním chemického odpadu. Zmeny vlastností sa monitorujú raz za 3 roky, predovšetkým presiometrickými skúškami vo vrtoch a geofyzikálnymi elektroodporovými metódami. Merania sa dopĺňajú sledovaním fyzikálnych vlastností antropogénnych sedimentov laboratórnymi skúškami. Taktiež sa sledujú zmeny minerálneho zloženia (RTG a DTA analýzami) a vnútornej stavby pomocou scanovacieho elektrónového mikroskopu.

Zistené zmeny vlastností upresňujú poznatky o dlhodobej stabilite odkalísk. Tým sa predchádza ekologickým katastrofám, akou bolo napr. pretrhnutie hrádze odkaliska v Zemianskych Kostol'anoch v roku 1965.

Zatiaľ čo v odkaliskách flotačného odpadu (Lintich, Sedem žien) a elektrárenských popolčkov (ENO Nováky – 3 odkaliská) dochádzalo k pozvoľnému zlepšovaniu mechanických vlastností, vlastnosti popolčkov s chemicky znečistenými látkami (rôznymi, ale s prevahou ropných odpadových látok) nevykazujú zlepšenie, naopak, pri šírení týchto látok v odkalisku RSTO Šaľa majú vlastnosti miernu tendenciu zhoršenia. Na odkaliskách, ktoré sa stále prevádzkujú sa overujú vlastnosti aj v najvyšších etážach a porovnávajú sa s predpokladanými pri návrhu – projekcii odkaliska.

V roku 2004 na odkaliskách popolčkov RSTO a Amerika 1 bolo odobraných a analyzovaných 23 porušených vzoriek popolčeka, odvítaných 50 bm vrtoch, realizovaných 51 presiometrických skúšok. Na 2 vzorkách flotačného materiálu boli urobené RTG analýzy a geofyzikálne merania metódou multielektrónového sondovania (RSTO) a VES (Amerika 1).

## 07 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi

Predmetom monitorovania sú skalné horninové masívy porušené svahovými deformáciami creepového charakteru, ktoré tvoria podložie významných historických objektov. Súčasťou monitorovacej siete sú nasledovné lokality – Spišský, Strečiansky, Uhrovský a Lietavský hrad, kláštorň komplex Skalka pri Trenčíne, a v roku 2002 pribudli aj Plavecký hrad, Pajštún, Borinka a Čachtický hrad, Devín, Kostolany pod Trábečom a Kameňolom Srdce. Monitorovanie sa vykonáva pomocou trvalo osadených dilatometrov TM-71 a prenosných meradiel SOMET.

Vzhľadom na aktuálny stav a záujem odbornej i laickej verejnosti o Trenčiansky hrad navrhujeme jeho zadanie do súboru monitorovaných lokalít v roku 2005.

*Spišský hrad* – v súčasnosti sú funkčné 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. Zo sumárneho pohybu monitorovaného horninového bloku tzv. Perúnovej skaly je zrejme, že tento sa vykláňa smerom na JV, pričom z vnútornej strany porušuje murivo dolného paláca. V roku 2004 došlo k otvoreniu trhliny o ďalších 0,3 mm. Celkove sa trhlina od leta 1992 otvorila o 5,0 mm.

*Hrad Strečno* – pohyby na tejto lokalite majú výrazne oscilačný charakter, čo je v zhode s dlhodobým trendom. Pohyb bloku od roku 1999 osciluje okolo hodnoty 3,0 mm.

*Kláštor Skalka* – doposiaľ bol pozorovaný minimálny pohyb, ktorý sa za posledné roky pohyboval rádovo vo všetkých troch osiach okolo 0,05 mm, pohyby z roku 2003 môžeme považovať za intenzívnejšie ako v minulosti. Na tejto lokalite, došlo k stavebným úpravám, ktoré znemožnili prístup k monitorovaciemu stanovisku. Preto boli v roku 2004 vykonané iba 2 merania. V roku 2005 sme nútení meradlo TM odinštalovať a zotrvať iba na meraniach prenosným meradlom SOMET.

Na ostatných lokalitách sú umiestnené meracie stanoviská pre prenosné meradlo typu SOMET.

## 08 – Antropogénne sedimenty pochované

Zaraďujeme ich k starým ekologickým záťažiam, ktoré možno definovať ako človekom vytvorené objekty v prírodnom prostredí s predpokladaným vplyvom na vybrané zložky životného prostredia.

Cieľom úlohy je vyhľadanie lokalít budovaných antropogénnymi sedimentami pochovanými (ďalej ASP), dokumentovanie vývoja reliéfu, charakteristika antropogénneho materiálu a podložia na ktorom sa nachádza, hodnotenie možného vplyvu na životné prostredie, výber lokalít na ďalšie sledovanie a monitorovanie ich vplyvu na jednotlivé zložky životného prostredia, ako aj spracovanie údajov do parciálneho informačného systému.

Podrobné monitorovanie vybraných lokalít sa začne realizovať v roku 2005. Do roku 2004 bolo preferované regionálne zameranie t.j. evidencia lokalít budovaných ASP na území celého Slovenska (Bratislava, Žitný ostrov, stredné Slovensko, severné Slovensko a východné Slovensko). Pre lokality ASP boli definované základné skupiny materiálov, vychádzajúce z reálneho výskytu na území SR. Bolo vytvorených päť základných skupín ASP: zakryté skládky odpadov, sedimenty v centrách miest ako výsledok dlhodobého osídlenia (pracovne nazvané mestské sedimenty), priemyselné sedimenty v areáloch veľkých priemyselných podnikov, antropogénne sedimenty ako dôsledok povrchovej a podpovrchovej ťažobnej činnosti (pracovne nazvané banské sedimenty), produkty energetických a spaľovacích zariadení, zariadení na úpravu, alebo vedľajší produkt spracovania (pracovne nazvané zakryté škváry, popoly a kaly).

Vypracované boli záznamové listy pre vybrané ASP s vyhodnotením rizikovosti lokalít jednotlivých ASP (kvalitatívne hodnotenie, založené na odstupňovaní rizika: vysoké, stredné a nízke na základe vlastností ukladaného materiálu a kvantitatívne hodnotenie, ktoré vychádza z konkrétnych nameraných hodnôt alebo analýz a ich porovnania s normatívne stanovenými hodnotami a limitmi, vyjadrené ako vysoké, stredné a nízke riziko materiálu), hodnotením rizikovosti uloženého materiálu na lokalitách a hodnotením rizika ohrozenia podzemnej vody, povrchovej vody, ovzdušia a horninového prostredia.

## 09 – Tektonická a seizmická aktivita územia

V rámci tohto pod systému boli sledované vertikálne pohyby povrchu, pohyby pozdĺž zlomov a seizmická aktivita územia. Hlavným cieľom riešenia je stanoviť vzájomné vzťahy uvedených javov a na ich základe vykonať rajonizáciu územia Slovenska t. j. vymedziť územné celky s rovnakou aktivitou pohy-

bov povrchu a rovnakou intenzitou seizmických otrasov. Predpokladá sa permanentná aktualizácia rajonizácie v intervale päť rokov.

*Vertikálne pohyby povrchu* boli podrobne dokumentované v území pokrývajúcim ohniskovú oblasť Dobrá Voda a príslahlé časti M. Karpát, Podunajskej, Myjavskej, a Chvojnickej pahorkatiny a SZ výbežok Borskej nížiny. Podľa výsledkov opakovaných presných nivelačných meraní, povrch územia v Dobrej Vode a západne, SZ a JZ od Dobrej Vody poklesáva rýchlosťou 0,8 až 1,0 mm za rok. Najintenzívnejšie - rýchlosťou 2 až 2.2 mm za rok poklesáva menšia časť územia JV od Starej Turej. Ostatná časť skúmaného územia poklesáva rýchlosťou 1 až 2 mm za rok. V nivelačnej trati prechádzajúcej od Dechtíc cez Dobrú Vodu, Myjavu a Starú Turú až po Kočovce – Rakoluby neboli zistené žiadne extrémne rozdiely naznačujúce pohyby po zlomoch.

Od roku 2003 sa po dohode s Ústavom geodézie a kartografie (ÚGK) začali vyhodnocovať vertikálne i horizontálne pohyby povrchu sledované metódou GPS (Global Position System) v sieti SLOVGERENET (SLOVak GEodynamic REference NETwork) a CERGOP (Central Europe Regional Geodynamics Project). Na základe výsledkov týchto meraní horizontálne pohyby povrchu vykazujú ustálenú tendenciu smerom k SV, rýchlosťou 2-4 mm.rok<sup>-1</sup>.

Pri sledovaní *pohybov pozdĺž zlomov* boli do katalógu zlomov a máp mierky 1 : 200 000 doplnené ďalšie aktívne zlomové poruchy a v súvislosti s hodnotením seizmickej aktivity na SV Slovensku bola v tomto území hodnotená i aktivita tektonických pohybov. V Malých Karpatoch, pri Borinke, pokračovalo na zlomovej poruche meranie pohybov prístrojom TM-71. Podľa výsledkov meraní pokračujú na zlome horizontálne i vertikálne pohyby. Vertikálne pohyby tu dosahujú rýchlosť vyššiu než 2 mm za rok.

Seizmická aktivita územia bola vyhodnocovaná na základe údajov zo subsystému 11 a na základe ich korelácie s geologicko-tektonickou stavbou územia i súčasnými pohybmi povrchu územia Slovenska. Na základe údajov o energii zemetrasení bola v mierke 1 : 1 000 000 zostavená Seizmotektonická mapa Slovenska.

## 10 – Monitorovanie chemického zloženia snehovej pokrývky

Pravidelne 1x ročne od roku 1976 je realizovaný odber vzoriek snehovej pokrývky zo 44 sledovaných odberových miest na Slovensku. Po prirodzenom roztopení snehu sú vzorky homogenizované a následne analyzované na nasledujúcu asociáciu prvkov:

- Na, K, Mg, Ca, NH<sub>4</sub>, Sr, Al, Zn, Cu, Pb, Fe, Mn, Cl, F, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>,
- bezprostredne po roztopení snehu sú v teréne stanovené pH, acidita a alkalita,
- pri odbere vzorky je stanovená teplota vzduchu/snehu a výška nového a starého snehu.

Ak hodnotíme celkovú mineralizáciu snehu, potom distribúcia najnižších priemerných hodnôt je viazaná na horské oblasti a pohybuje sa okolo 10 mg/l. Maximálne priemerné hodnoty sú silno ovplyvnené lokálnou antropogénnou činnosťou viazanou na mestské aglomerácie a ich okolie. Výsledný efekt antropogénnych aktivít vedie ku dvom základným dopadom. Snehový roztok má kyslý charakter (pH 5,0 – 6,0), alebo výrazne alkalický s hodnotami pH okolo 8,0 – 9,0 pri celkove vysokých priemerných hodnotách celkovej mineralizácie. Prvý typ sa vyskytuje hlavne v okolí Bratislavy (M = 21 – 30 mg/l) s extrémnymi hodnotami až 67 mg/l, v oblasti Patiniec, Ružomberku, Nitry, Vojan, Handlovej – Novák. Druhý typ je predovšetkým spojený s výrobou cementu a spracovaním magnezitu. Sem patria lokality Pezinská Baba, Zádielska dolina a oblasť Jelšavy s priemernými hodnotami celkovej mineralizácie okolo 27 mg/l a maximálnymi obsahmi nad 100 mg/l, čo naznačuje rozpúšťanie alkalických ťelov z uvedených zdrojov v dôsledku čoho dochádza k extrémnym nárastom hodnôt pH.

## 11 – Monitorovanie seizmických javov

Cieľom podsystému je monitorovanie seizmických javov (zemetrasení a priemyselných explózií), ich analýza, lokalizácia zemetrasení s epicentrom na území Slovenska alebo zemetrasení makroseizmicky pozorovaných na území Slovenska, tvorba národnej seizmologickej databázy a pravidelná medzinárodná výmena vybraných údajov.

Nepretržitá registrácia seizmických javov začala v roku 2004 na 7 seizmických stanicach: Bratislava Železná Studnička (ZST), Modra - Piesok (MODS), Vyhne (VYHS), Šrobárová (SRO), Hurbanovo (HRB). Červenica (CRVS), Kečovo (KECS). V priebehu roku 2004 bolo v rámci projektu Modernizácia a doplnenie Národnej siete seizmických staníc postupne uvedených do prevádzky ďalších 5 seizmických

staníc – Likavka (LIKS), Kolonické sedlo (KOLS), Iža (SRO1), Moča (SRO2) a Stebnicka 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.

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 31 seizmických staníc. Týchto 31 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 a sú posielané e-mailom na vybrané e-mailové adresy a Úradu civilnej ochrany.

V roku 2004 bolo lokalizovaných 27 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska bolo 8.

## 12 – Monitorovanie riečnych sedimentov

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

Zriadená monitorovacia sieť predstavuje 47 referenčných odberových miest. Pri výbere reprezentatívnych lokalít sa zohľadňovalo situovanie odberových miest v oblastiach s predpokladaným antropogénnym zaťažením ako aj v oblastiach s rozhodujúcim vplyvom prírodných faktorov na chemické zloženie stanovovaných parametrov. Odberové miesta charakterizujú približne každý 70-ty km významného toku v hlavných povodiach Slovenska a sú situované v miestach odberov v rámci národného monitoringu povrchových tokov realizovanom SHMÚ.

Monitoring riečnych sedimentov sa vykonáva od roku 1996. Analyzovaná asociácia prvkov v riečnych sedimentoch predstavuje hlavné (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) a stopové (Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb) prvky.

V roku 2004 bolo zaznamenané silné znečistenie riečnych sedimentov ( $C_d > 10$ ) na riekach Nitra (Chalmová, Lužianky), Hron (Tekovská Breznica), Štiavnica (Tupá), Hornád (Krompachy) a Hnilec (Ružín). Veľmi závažnou sa javí kontaminácia riečnych sedimentov ortuťou na rieke Nitra (Chalmová), kde hodnota koncentrácie prekročila aj sanačnú kategóriu C. Ak porovnáme kvalitatívne výsledky z predchádzajúceho obdobia, trend obsahov kontaminujúcich látok sa v čase výraznejšie nemení.

## 13 – Monitorovanie radónu v geologickom prostredí

V roku 2004 pokračoval monitoring meraní objemovej aktivity radónu ( $c_A$ ) na referenčných plochách (RP). Na lokalite Novoveská Huta bola referenčná plocha monitorovaná 6x v období od apríla do októbra. Na lokalite Hnilec v extrémne vysokom radónovom riziku bola RP zmeraná 4x (apríl, júl, august a október). RP v lokalite Teplička bola monitorovaná rovnako ako vlani celkom 16x za rok v období apríl – november. Celkový počet realizovaných meraní na RP počas roka 2004 predstavoval 442 sond.

V lete, v mesiaci august boli urobené monitorovacie práce na tektonicky porušenej zóne v lokalite Grajnár. Pôdny vzduch bol odberaný v sondách s krokom 10 m na dvoch paralelných profiloch  $P_1, P_2$ , dlhých 500 m. Na tektonických poruchách bolo v roku 2004 zmeraných celkom 94 sond. Súbežne s profilom  $P_1$  boli realizované nad rámec projektu povrchové merania spektrometrie gama, celkom 32 bodov, za účelom komplexnejšieho štruktúrnegeologického zhodnotenia.

Radón vodných zdrojov bol monitorovaný 2x za rok (jar a jeseň) v prameňoch: pr. Mária – Bratislava, pr. Zbojníčka – Bratislava, pr. Himligárka – Bratislava. Prameň sv. Ondreja – Sivá Brada bol monitorovaný počas celého roka každý mesiac 1x. So zvýšenou frekvenciou meraní 6x za rok je monitorovaný prameň B. Němcovej – Bacúch.

Údaje z meraní objemovej aktivity radónu sú vyhodnocované a štatisticky spracovávané vo forme tabuľkových prehľadov a grafov, zostavovaná je databáza údajov v schválenej štruktúre.

Klimatické podmienky, pri ktorých bol realizovaný monitoring pôdneho radónu v roku 2004 sa radikálne líšili od roku predchádzajúceho. Relatívne chladné a vlhké obdobie máj – september bolo opakom roku 2003, kedy v rovnakom období bolo extrémne sucho a horúco. Uvedené skutočnosti, ovplyvňujúce

vlhkosť pôdy a tým aj distribúciu radónu v tomto prostredí, sa podpísali hlavnou mierou na výsledkoch meraní objemovej aktivity radónu, ktoré sú samozrejme závislé ešte aj od ďalších faktorov. Merania objemovej aktivity pôdneho radónu na RP dokazujú existenciu jeho variácií v pôdach, ktoré však nie sú celkom zhodné na rôznych lokalitách i v relatívne rovnakých klimatických pomeroch. Tohtoročné výsledky upozorňujú na fakt, že šírenie radónu je dosť závislé aj na nehomogenitách v prostredí (napr. výskyt nepriepustných ílovitých vrstvičiek v relatívne priepustnom prostredí). To znamená, že plynopriepustnosť nie je daná iba zrnitosťou horniny stanovenou na základe granulometrickej analýzy, ale tiež celkovým charakterom geologického profilu sondy.

Radón vo vodách stále vykazuje variačný priebeh s maximom objemovej aktivity radónu na konci zimy a minimom v lete.