

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA**  
817 04 Bratislava, Mlynská dolina

---

**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM GEOLOGICKÝCH FAKTOROV ŽIVOTNÉHO  
PROSTREDIA SR**

SPRÁVA O RIEŠENÍ ÚLOHY V ROKU 2006  
ZA TÉMU 09

**TEKTONICKÁ A SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA**

Zodpovedný riešiteľ: doc. RNDr. M. Hrašna, CSc.

Spoluriešitelia: Ing. D. Ferianc, GKÚ Bratislava

Ing. Ľ. Petro, CSc, ŠGÚDŠ, Košice

Bratislava, marec 2007

## 9.1 ÚVOD

Pri riešení čiastkovej úlohy 09 v roku 2006 boli dokumentované ako horizontálne a vertikálne pohyby povrchu, tak pohyby pozdĺž zlomov. Súčasná seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe jej dokumentácie uvedenej v katalógoch a v správach zostavených v rámci čiastkovej úlohy 11 „Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami GFÚ SAV“. Podrobne bola zhodnotená seizmicita územia severného Slovenska, kde dochádza v súčasnosti ku preskupovaniu tektonických napätí a ku zmenám v seizmickej aktivite.

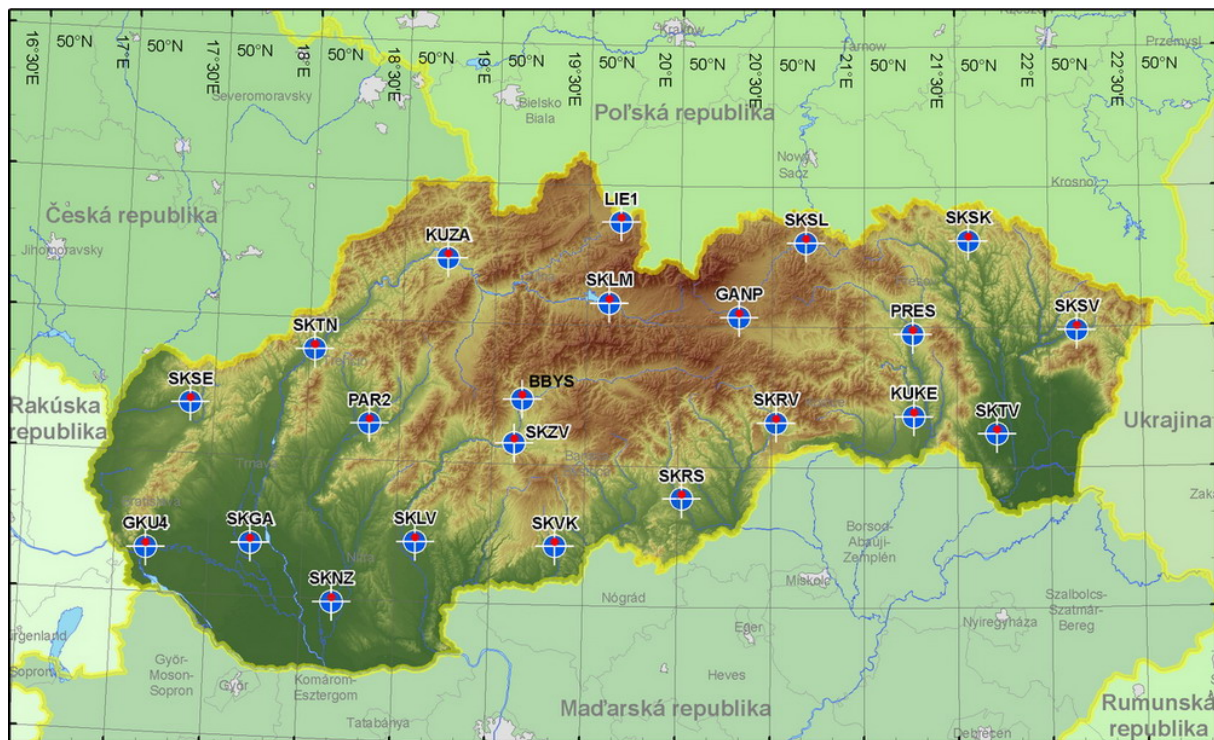
## 9.2 TEKTONICKÉ POHYBY

### 9.2.1 Pohyby povrchu územia

Monitoring pohybov povrchu bol až do roku 2003 založený iba na vyhodnocovaní presných nivelačných meraní, ktoré umožňujú identifikáciu vertikálnych pohybov. Po zhodnotení pohybov v celoštátnej nivelačnej sieti (1994 až 2000) sa pristúpilo k podrobnejšej dokumentácii vertikálnych pohybov v územiach s predpokladanou zvýšenou tektonickou a seizmickou aktivitou. Podrobne boli zdokumentované pohyby v južnej časti Malých Karpát (2001), v oblasti stredoslovenského zlomového pásma (2002), v oblasti severovýchodného Slovenska (2003) a v území ohniskovej oblasti Dobrá Voda (2004).

Na základe výsledkov meraní metódou GPS v novej geodetickej sieti, známej pod označením SLOVGERENET (SGRN), sa v roku 2003 pristúpilo i k vyhodnocovaniu horizontálnych pohybov povrchu. Táto sieť má v súčasnosti približne 50 bodov (zaradených do množiny bodov Štátnej priestorovej siete triedy „B“). Určenie ich polohy sa vykonáva v dvojročnom cykle statickým meraním prístrojmi GPS v rozsahu 36 až 100 hodín, v systéme Slovenského terestrického referenčného rámca (SKTRF). Prvé merania boli vykonané v roku 1995 (na menšom počte bodov) a v roku 2007 by mala byť realizovaná 7. meračská kampaň. Relevantné výsledky však boli dosahované až po roku 2000, kedy boli ustálené postupy merania a vyhodnocovania i počet meraných bodov. Výsledky dosiahnuté v rokoch 2001, 2003 a 2005 sú uvedené v správe za rok 2005 (Hrašna et al. 2006).

V roku 2006 bola zriadená sieť Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS), ktorá využíva globálne navigačné satelitné systémy (GNSS). Sieť tvorí 21 geodetických bodov, referenčných staníc GNSS, ktoré sú zaradené do množiny bodov Štátnej priestorovej siete triedy „A“ (permanentné a referenčné stanice GNSS). Rozmiestnenie bodov je zrejme z obr.1.



Obr.9.1. Geodetické body sledované v rámci Slovenskej priestorovej observačnej služby

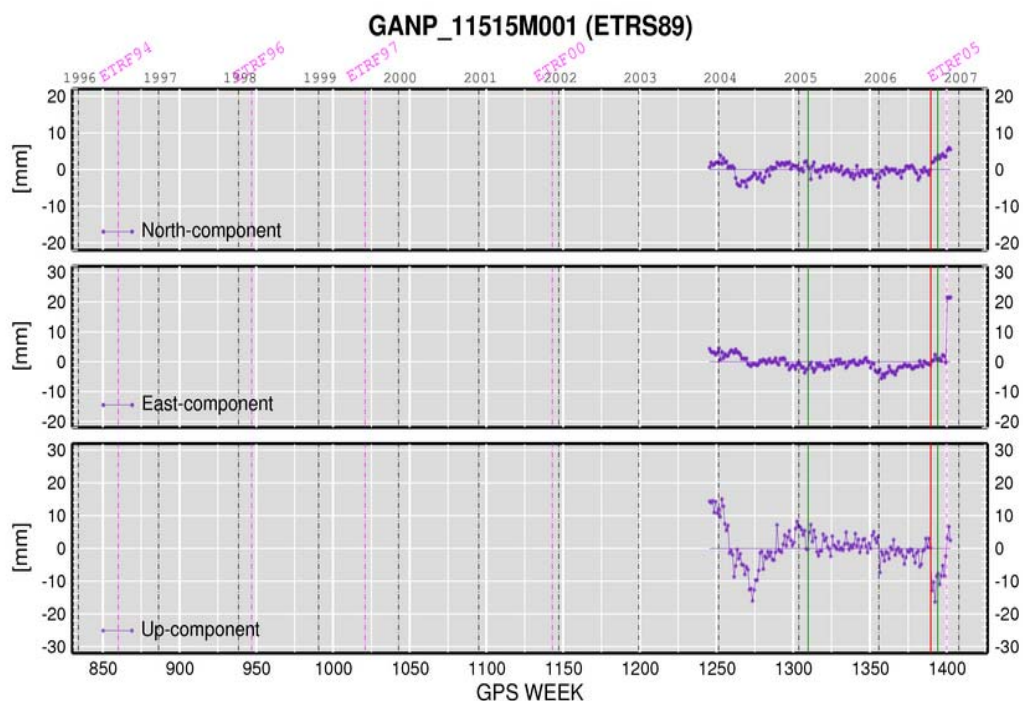
V sieti budú realizované aj kódové a fázové merania na veľmi presné určovanie polohy po ukončení merania (post-processing), s presnosťou 20 – 0,5 mm. Tieto údaje sú využiteľné najmä pre geodynamický monitoring pohybov povrchu, monitoring stability objektov a geodetické práce. Skúšobná prevádzka SKPOS bola spustená 21. novembra 2006, takže zatiaľ nie sú k dispozícii výsledky meraní. Na rozdiel od doterajších kampaňových meraní bodov v sieti SGRN však v sieti SKPOS budú merania vykonávané permanentne, čo umožní posudzovať stav polohy bodov v reálnom čase.

Do siete sú zaradené aj špecializované geodetické body. Sú to hĺbkové stabilizácie ukotvené až na relevantný geologický podklad so stabilizovanou geodetickou značkou. Vzhľadom na vyššie náklady budovania takýchto bodov sa zatiaľ prišlo k realizácii len dvoch nových geodynamických bodov (Partizánske a Liesek). Súčasne sa využívajú už existujúce body v Gánovciach (GANP) a Banskej Bystrici (BBYS). Údaje GNSS z týchto staníc/bodov sú zasielané do európskej permanentnej siete (EPN), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF) pracujúca v rámci Medzinárodnej asociácie geodetov (IAG).

Merania sa uskutočňujú v záväznom európskom geodetickom systéme ETRS89 a vyjadrujú sa aj v medzinárodnom (svetovom) geodetickom systéme ITRS 2000. Výsledky meraní sa spracovávajú pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný terestrický referenčný rámec (ITRF / IGS) a Európsky terestrický referenčný rámec (ETRF) i ako voľné

údaje (RAW), t.j. výsledky meraní bez väzby na iné stanice EPN. Jednotlivé rámce sa označujú aj rokom v ktorom boli upresnené. V grafoch zobrazujúcich pohyb bodov sú vynášané zmeny v smere zemepisných osí sever a východ a elipsoidickej výšky. Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v GPS týždňoch, ktoré sa datujú od vzniku systému GPS NAVSTAR.

V prílohe 9.1 sú na obrázkoch 3 až 6 zobrazené výsledky meraní na bode GANP vo všetkých troch systémoch. Zatiaľ čo zobrazenie v systéme ITRS vykazuje pohyby v horizontálnych smeroch až okolo 30 mm a vo vertikálnom smere okolo 15 mm, v systéme ETRS sú zaznamenané pohyby podstatne nižšie (obr.9.2). Obdobné pohyby sú zaznamenané aj v systéme RAW. Rozdiel je spôsobený tým, že v systéme ITRS je zahrnutý aj pohyb Európy, v systéme ETRS je tento pohyb eliminovaný. Vyjadruje lokálny pohyb v rámci Západných Karpát. V prílohe 9.1 je na obr.7 v systéme ETRS vypočítaná aj rýchlosť pohybu bodu GANP, pričom hodnota rýchlosti v smere sever je 0,06 mm/rok a v smere východ 1,98 mm/rok. Z toho vyplýva, že územie sa pohybuje rýchlosťou cca 2 mm/rok na VSV. Tento údaj je v súlade s výsledkami šiestej etapy epochového merania GPS v SGRN, ktoré boli uvedené v správe za rok 2005. Podľa nich sa prevažná časť povrchu územia Slovenska pohybuje rýchlosťou do 2 mm na severovýchod



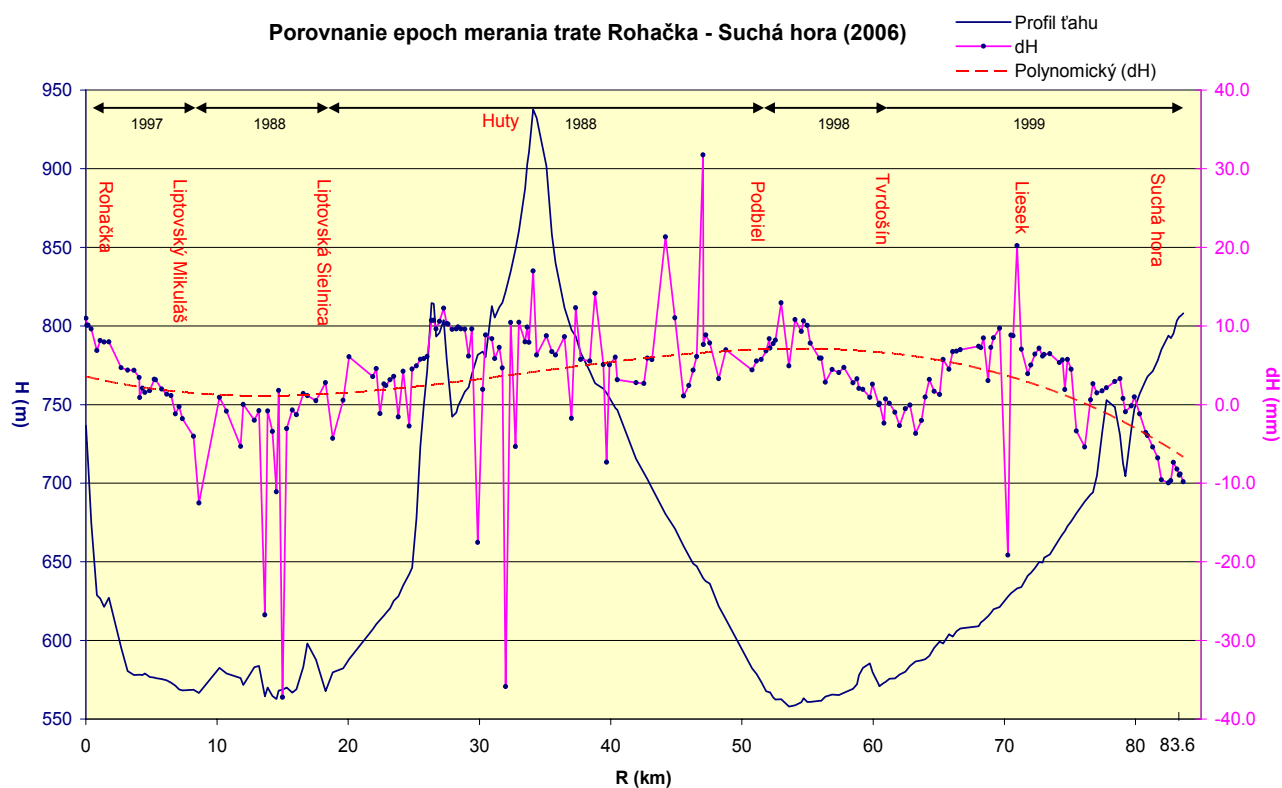
EPN CB

Fri Mar 2 13:21:04 2007

Obr. 9.2. Merania na bode GANP v ETRS

Nakoľko technológia GNSS neposkytuje v sledovaní výšok dostatočnú presnosť je sledovanie výškových zmien realizované aj technológiou presnej digitálnej geometrickej nivelácie. Na presné určenie výškových zmien boli v roku 2006 realizované merania v troch nivelačných ťahoch/tratiach: Rohačka - Suchá hora, Starina – Snina – Svidník, Poľana – Kriváň – Veľký Krtíš. Z týchto boli zatiaľ vyhodnotené iba merania v nivelačnom ťahu Rohačka - Suchá hora.

Na obr. 9.3 je znázornený výškový profil ťahu a veľkosť výškových zmien na geodetických bod získaných z porovnania medzi meraním v roku 2006 a predchádzajúcimi meraniami, ktoré boli uskutočnené v rôznych obdobiach. Z polygónu preloženého medzi výškové rozdiely na jednotlivých bodoch vidieť, že rozdiely od začiatku ťahu dosahujú kladné hodnoty do cca 8 mm a za Liesekom, až ku štátnej hranici s Poľskom vykazujú poklesy do 9 mm. Extrémne rozdiely na niekoľkých bodoch (až okolo  $\pm 30$  mm) môžu naznačovať výraznejšie poklesy územia alebo horšiu stabilitu bodu. Vzhľadom na to, že všetky boli zaznamenané v blízkosti hranice vymedzujúcej seizmicky aktívnu oblasť (obr. 9.6) prvá možnosť je pravdepodobnejšia. Podiel rozdielu výšok (vymedzených polygónom) a rokov, ktoré uplynuli medzi meraniami, naznačuje rýchlosť vertikálnych pohybov do 1 mm/rok. V uvedených extrémnych bodoch však bola zrejme podstatne vyššia.

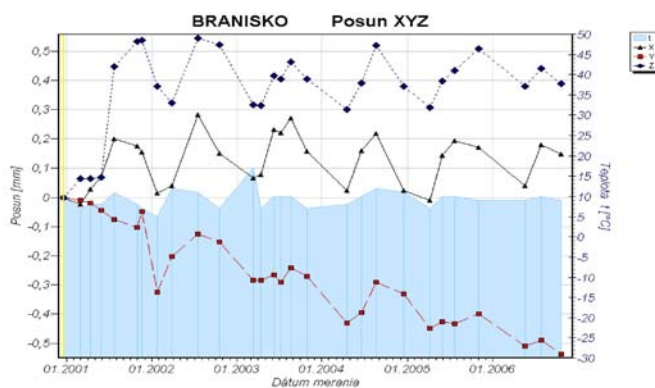


Obr. 9.3. Zmeny výšok povrchu na trati Rohačka – Suchá Hora

## 9.2.2 Pohyby pozdĺž zlomov

Merania pohybov pozdĺž zlomov dilatometrami typu TM 71 boli v roku 2006 realizované na 6 lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa, Ipeľ, Dobrá Voda, Banská Hodruša a Vyhne. Prvé štyri lokality boli prevzaté do ČMS z medzinárodného projektu COST Action 625 3D Monitoring of active tectonic structures, v rámci ktorého boli monitorované v rokoch 2000 až 2006. Ostatné dve lokality boli zriadené v rámci medzinárodného projektu CADSES INTERREG IIIB – SISMA v roku 2005 a monitorované do konca roku 2006. Po ukončení projektu v apríli roku 2007 sa plánuje ich zaradenie do národnej monitorovacej siete v rámci ČMS. Na lokalite Borinka bolo vzhľadom na poškodenie dilatometra, ako aj nevýrazné výsledky meraní monitorovanie ukončené.

Na prvých troch monitorovaných lokalitách boli dilatometre inštalované na významných objektoch. Ich účelom je popri detekcii tektonických pohybov stanovenie možných nepriaznivých vplyvov na tieto diela, s cieľom navrhnuť ich prípadnú sanáciu. Najnebezpečnejšie pohyby predstavujúce možné ohrozenie diela boli zistené na lokalite Branisko, kde vzniklo vo vnútri tunelovej rúry v okolí monitorovaného zlomu i niekoľkých otvorených trhlín. V prípade pokračovania pohybov bude potrebné vykonať sanáciu trhlín aby nedošlo k prieniku vody z horninového masívu do tunela. Veľkosť nameraných posuvov a jednu z trhlín dokumentuje obrázok 9.4.



Obr.9.4. Trhlina vo vnútri tunelovej rúry únikovej štólne tunela Branisko (cca 300 m od východného portálu) a namerané posuny pozdĺž zlomu

Významné vertikálne pohyby boli zistené i v štólne na lokalite Ipeľ. Na tejto lokalite s plánovanou výstavbou PVE sa od roku 1989 vykonáva i geodetický monitoring povrchu územia. Tento preukázal významne horizontálne i vertikálne pohyby rôznej orientácie, spôsobené pohybmi čiastkových blokov v Muránskej zlomovej poruche, ktorá týmto územím prebieha (Vázal et al., 2004). Vzhľadom na zistené pohyby a plánovanú výstavbu vodného diela bude vhodné pokračovať v monitoringu lokality i naďalej.

V Demänovskej jaskyni neboli zatiaľ zistené významnejšie tektonické pohyby. Zaznamenané posuny odrážajú zrejme nestabilitu horninového masívu spôsobenú zmenami tlaku podzemnej vody. Vzhľadom na to, že jaskyňa je vytvorená na zlome na ktorom môže dôjsť k obnoveniu pohybov odporúčame jej monitorovanie i naďalej.

V lokalitách Dobrá Voda, Banská Hodruša a Vyhne sú dilatometre osadené iba krátku dobu, takže z nameraných pohybov zatiaľ nemožno robiť relevantné závery. Všetky tri lokality sú však situované v tektonicky exponovaných oblastiach, lokalita Dobrá Voda je navyše významnou ohniskovou oblasťou zemetrasení.

Podrobnejšie údaje o monitorovaní pohybov pozdĺž zlomových porúch sú uvedené v prílohe 9.2.

### **9.3 SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA**

V súlade s plánom prác je v správe podrobne zhodnotená makroseizmická aktivita na území severného Slovenska. Aktuálna seizmická aktivita celého územia Slovenska je zhodnotená najmä na základe údajov GFÚ SAV o monitorovaní seizmických javov v roku 2005 (Cipiar a Labák, 2006). Údaje o seizmickej aktivite v roku 2006 budú spracované v ročnej správe za rok 2007.

#### **9.3.1 Seizmická aktivita na území severného Slovenska**

Na severnom Slovensku bola v minulých storočiach seizmická aktivita zaznamenaná len v území východne od Tatier. Západne od Tatier boli prvé makroseizmické otrasy zaznamenané až v druhej polovici 20. storočia. Údaje o zemetraseniach zaznamenaných v týchto územiach, uvedené v tabuľkách 9.1, 9.3 a 9.5, boli prevzaté z katalógov Kárnik et al. (1958, 1981), z katalógu vydaného poľskou akadémiou vied (Pagaczewski, 1972) a z ročných správ o monitoringu geofaktorov životného prostredia Slovenskej republiky zostavovaných pracovníkmi Geofyzikálneho ústavu SAV v Bratislave. V tabuľkách sú uvedené iba zemetrasenia ktoré sa makroseizmicky prejavili intenzitou  $\geq 3^{\circ}\text{EMS}$ . Zemetrasenia s nižšou makroseizmicky stanovenou intenzitou nie sú spoľahlivo interpretovateľné. Relatívnu veľkosť seizmickej energie uvoľnenej pri týchto zemetraseniach dokumentujú tabuľky 9.2, 9.4. a 9.6<sup>1</sup>. V tabuľkách sú pre vymedzené obdobia uvedené ich

---

<sup>1</sup>) Energia uvoľnená pri zemetrasení sa vyjadruje dohodnutou energetickou charakteristikou – magnitúdom (M). Vzhľadom na to, že u viacerých starších zemetrasení magnitúdo nebolo stanovené využili sme pre jej charakteristiku v určitých časových intervaloch intenzitu zemetrasenia. Nakoľko táto je v priamoúmernom vzťahu s magnitúdom, chyby v rámci jednej epicentrálnej oblasti sú z hľadiska daného spôsobu využitia údajov zanedbateľné. Pochopiteľne, v tomto prípade nejde o skutočnú veľkosť uvoľnenej energie, ale jej relatívne hodnoty, umožňujúce posúdiť stupeň seizmickej aktivity. Podrobnejšie bola metodika takéhoto hodnotenia uvedená v správe o monitoringu za rok 2003 (Hrašna et al., 2004) a v Hrašna (2006).

trvanie v rokoch ( $\Sigma R$ ), počty zemetrasení ( $\Sigma Z$ ), priemerná návratnosť zemetrasení – t.j. priemerný počet rokov za ktorý nastane zemetrasenie ( $\Sigma R/\Sigma Z$ ), kumulatívne relatívne veľkosti energie uvoľnenej pri zemetraseniach ( $\Sigma I_0$ ), priemerné relatívne veľkosti energie akumulovanej počas jedného roku ( $\Sigma I_0/\Sigma R$ ) a priemerný počet rokov potrebných na akumulovanie energie, ktorá môže vyvolať zemetrasenie o intenzite  $1^\circ\text{EMS}$  ( $\Sigma R/\Sigma I_0$ ). Hodnoty uvedených charakteristík sú počítané pre obdobia, ktoré začínajú po relatívne silnejšom zemetrasení ( $I_0 \geq 6^\circ\text{EMS}$ ) a končia pri takomto ďalšom zemetrasení.

**Východne od Tatier** sa makroseizmické otrasy vyskytovali od 17. storočia, pričom sa sústredili do oblasti zahŕňajúcej Popradskú kotlinu, Spišskú Maguru a severozápadnú časť Levočských vrchov a Spišsko-šarišského medzihoria a do oblasti Hornádskej kotliny. Posledné makroseizmicky pozorované otrasy sú tu datované na začiatku 20. storočia. Intenzita otrasov dosahovala prevažne  $4-6^\circ\text{EMS}$ , ojedinelo až  $7^\circ\text{EMS}$ .

V oblasti Popradskej kotliny, Spišskej Magury a severozápadnej časti Levočských vrchov a Spišsko-šarišského medzihoria boli makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v rokoch 1643 až 1901 (Tab. 9.1). V najstaršom období (1643 až 1724) sa silnejšie zemetrasenie zopakovalo po 81 rokoch, v nasledujúcom období po 116 rokoch a v poslednom období po 61 rokoch. Okrem skrátenia doby medzi dvomi silnejšími zemetraseniami došlo počas posledného obdobia čiastočne aj ku zvýšenému uvoľňovaniu seizmickej energie, čo svedčí o zvýšenej seizmickej aktivite. Skutočnosť, že od roku 1901, t.j. počas 105 rokov tu však nebolo makroseizmicky zaznamenané žiadne zemetrasenie a slabé, seizmometricky určené zemetrasenia sa vyskytli len zriedkavo nasvedčuje skôr tomu, že tu dochádza k útlmu seizmickej aktivity, ktorá sa v dôsledku zmien seizmotektonického režimu v širšej oblasti presúva na iné miesta.

Tab. 9.1. Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v oblasti Popradskej kotliny, Spišskej Magury a severozápadnej časti Levočských vrchov a Spišsko-šarišského medzihoria

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [ $^\circ\text{EMS}$ ]	Magnitúdo [ $M_L$ ]
1643	Jún	-	12h	Lendak	-	-	6	-
1650	Apríl	-	-	Stará Ľubovňa	-	-	4	-
1724	Január	29.	20:45	Kežmarok	-	-	7	-
1817	Február	7.	-	Červený Kláštor	-	-	4	-
1839	Február	7.	5:30	Veľká Lomnica	-	-	5	-
1840	Apríl	23.		Spišská Stará Ves	49,38°N 20,37°E		7	
1876	Marec	18.	4	Kežmarok, Sp.Belá	-	-	5	-
1901	Október	21.	2:20	Slovenská Ves	49,24°N 20,38°E		6-7	4,5

Tab. 9.2. Relatívna veľkosť seizmickej energie uvoľnenej v oblasti Popradskej kotliny, Spišskej Magury a severozápadnej časti Levočských vrchov a Spišsko-šarišského medzihoria pri makroseizmicky pozorovaných zemetraseniach

Doba	$\Sigma R$	$\Sigma Z$	$\Sigma R/\Sigma Z$	$\Sigma I_0$	$\Sigma I_0/\Sigma R$	$\Sigma R/\Sigma I_0$
1643 - 1724	81	2	40,5	11	0,1358	7,363
1724 - 1840	116	3	38,66	16	0,1379	7,250
1840 - 1901	61	2	30,6	11,5	0,1885	5,304

V oblasti Hornádskej kotliny možno pozorovať znižovanie seizmickej aktivity ešte výraznejšie (Tab.9.3. a 9.4.). Zatiaľ čo v rokoch 1683 až 1724 na vyprodukovaní seizmickej energie, ktorá môže vyvolať zemetrasenie o intenzite 1°EMS bolo potrebné 3,727 roka, po roku 1724 k tomu bolo potrebné viac než 38 rokov. Žiadne makroseizmické otrasy tu neboli zaznamenané od roku 1915, t.j. počas ostatných 91 rokov a počas posledných 5 rokov tu boli seizmometricky určené iba dve zemetrasenia ( $M_L < 1$ ) v roku 2005.

Tab. 9.3. Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v oblasti Hornádskej kotliny

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [°EMS]	Magnitúdo [ $M_L$ ]
1683	-	-	-	Levoča	-	-	4	-
1724	Marec	10.	22h	Spišské Vlachy	48,9°N 20,8°E	-	5	-
1724	Apríl	12.	-	Spišská Nová Ves	48,9°N 20,6°E	-	6	-
1915	Január	24.	20h	Spišská Nová Ves	-	-	5	3,7

Tab. 9.4. Relatívna veľkosť seizmickej energie uvoľnenej v oblasti Hornádskej kotliny pri makroseizmicky pozorovaných zemetraseniach

Doba	$\Sigma R$	$\Sigma Z$	$\Sigma R/\Sigma Z$	$\Sigma I_0$	$\Sigma I_0/\Sigma R$	$\Sigma R/\Sigma I_0$
1683- 1724	41	3	13,66	15	0,3658	2,733
1724-1915	191	1	191	5	0,0261	38,20

Obe seizmicky aktívne oblasti vystupujúce východne od Tatier sú zobrazené na obr. 9.5. Vymedzený rozsah oblastí zodpovedá územia v ktorom je vzhľadom na geologickú stavbu a tektonickú porušenosť horninového prostredia v budúcnosti možné očakávať výskyt zemetrasení, aj keď vzhľadom na uvedený útlm seizmickej aktivity to zrejme nebude v najbližšom období. Makroseizmická aktivita v severnejšej oblasti bola doteraz zaznamenaná v troch čiastkových územiach vymedzených prerušovanou čiarou, v Hornádskej kotline v dvoch čiastkových oblastiach, z ktorých jedna zaberá územie v okolí Spišských Vlachov a druhá širšie územie v okolí Levoče a Spišskej Novej Vsi.



Obr. 9.5 Seizmicky aktívne oblasti v území východne od Tatier

**Západne od Tatier**, v oblasti Oravskej kotliny a pri obode Chočských vrchov (Tab. 9.5), sa až do roku 1964 nevyskytli žiadne makroseizmicky pozorované zemetrasenia. Od tohto obdobia až do roku 2002 tu boli zaznamenané otrasy o intenzite 3 až 4,5°EMS. Veľkosť uvoľnenej seizmickej energie (Tab.9.6) pritom poukazuje, že v súčasnosti ide o jednu z najaktívnejších seizmických oblastí na území Slovenska.

Tab. 9.5. Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v oblasti Oravskej kotliny a pri obvode Chočských vrchov

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [°EMS]	Magnitúdo [M <sub>L</sub> ]
1964	September	30.	21:35	Martinček	49,12 <sup>0</sup> N 19,36 <sup>0</sup> E	4	4,5	3,2
1995	September	11.	04:02:16	Trstená	49,25 <sup>0</sup> N 19,66 <sup>0</sup> E	16	3	2,6
1998	Máj	12.	00:00	Malatiná	49,18 <sup>0</sup> N 19,41 <sup>0</sup> E	-	4	3,2
1999	September	2.	03:39:25	Liesek	49,39 <sup>0</sup> N 19,54 <sup>0</sup> E	-	4	-
2002	December	14.	0:28	Valaská Dubová	49,16 <sup>0</sup> N 19,27 <sup>0</sup> E	15	4	2,4

Tab. 9.6. Relatívna veľkosť seizmickej energie uvoľnenej v oblasti Oravskej kotliny a pri obvode Chočských vrchov pri makroseizmicky pozorovaných zemetraseniach

Doba	Σ R	Σ Z	Σ R/ΣZ	Σ I <sub>0</sub>	ΣI <sub>0</sub> /ΣR	ΣR/ΣI <sub>0</sub>
1964 - 2002	38	5	7,6	19,5	0,5131	1,948

Otrasy o intenzite 3-7°EMS sa v rokoch 1935-2004 vyskytli aj severne od Tatier a Oravskej kotliny, v oblasti tiahnucej sa od Zakopaného po Podszkle (Tab. 9.7). Veľkosť uvoľňovania seizmickej energie, ktoré je zvlášť výrazné od roku 1966, dokumentuje Tab. 9.8. Súčasnú seizmickú aktivitu v tejto oblasti dokumentujú aj tri slabšie seizmometricky dokumentované zemetrasenia s M<sub>L</sub>= 2,3 až 2,5 zaznamenané v decembri 2004 (Cipiar a Labák, 2005) a 18 seizmometricky zaznamenaných zemetrasení s M<sub>L</sub>= 1,2 až 3,0 v roku 2005. V tomto roku boli seizmometricky zaznamenané aj štyri zemetrasenia na Slovenskej strane hranice, ktoré dosiahli M<sub>L</sub>= 1,0 až 1,7 (Tab.9.9.).

Tab.9.7. Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v oblasti Zakopané -Podszkle

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [°EMS]	Magnitúdo [M <sub>L</sub> ]
1935	Marec	23.	23:46	Czarny Dunajec	49,45°N 19,85°E		6	4,1
1966	Marec	10.	22:37:23	Zakopané	49,30°N 19,9°E		3	-
1966	Marec	17.	00:53	Zakopané	49,30°N 19,9°E		4	3,0
2004	November	30.	17:18:36	Poľsko	49,35°N 19,91°E	7,5	7	4,4
2004	December	1.	15:15	Poľsko	49,48°N 19,85°E	-	3-4	2,6
2004	December	2.	18:25:37	Poľsko	49,52°N 19,80°E	2,5	5	3,2
2004	December	9.	1:09:03	Poľsko	49,50°N 19,79°E	3	3-4	2,9

Tab.9. 8. Relatívna veľkosť energie uvoľnenej v oblasti Zakopané - -Podszkle pri makroseizmicky pozorovaných zemetraseniach

Doba	Σ R	Σ Z	Σ R/ΣZ	Σ I <sub>0</sub>	ΣI <sub>0</sub> /ΣR	ΣR/ΣI <sub>0</sub>
1935 - 2004	69	6	23	26	0,3768	2,653
1966 - 2004	38	6	6,33	26	0,6842	1,461



Obr. 9.6 Seizmicky aktívne oblasti v území západne a severne od Tatier

Obe seizmicky aktívne oblasti vystupujúce západne, resp. severne od Tatier, vrátane doteraz aktívnych častí v Oravsko-Chočskej oblasti, sú vymedzené na obr. 9.6. V oblasti Zakopané-Podszkle bola doteraz makroseizmicky aktívna južná časť v rozsahu od Zakopaného po Ciche a druhá časť od Czarneho Dunajca po severný okraj oblasti. Vzhľadom na ich blízkosť neboli na obrázku vymedzené.

Zistené údaje dokumentujú útlm seizmickej aktivity východne od Tatier a aktivizáciu seizmotektonických javov v širšej oblasti západne a severne od Tatier. V tejto oblasti sa

predtým, s výnimkou jedného zemetrasenia v roku 1935 (Czarny Dunajec) zemetrasenia nevyskytovali.

### 9.3.2 Aktuálna seizmická aktivita na území Slovenska

Výsledky monitorovania seizmickej aktivity v roku 2006 budú Geofyzikálnym ústavom SAV dodané až po predložení tejto správy, preto v nej vychádzame z údajov o seizmickej aktivite v roku 2005. Tieto ešte doteraz neboli zhodnotené; v správe za rok 2005 sme obdobne hodnotili údaje o seizmickej aktivite v roku 2004.

Podľa údajov o zemetraseniach na Slovensku a v priľahlých prihraničných územiach (Cipiar a Labák, 2006) bolo v roku 2005 seizmometricky zaznamenaných 51 zemetrasení s magnitúdom prevažne v rozmedzí 1 až 2. Silnejšie zemetrasenia, s magnitúdom 2,5 až 2,7 (ojedineho až 3) boli zaznamenané len v prihraničnej oblasti Poľska (Tab.9.9). Makroseizmicky bolo v roku 2005 na Slovensku zaznamenané len jedno zemetrasenie, s intenzitou 3°EMS (24. 2. 2005) s epicentrom pri Komárne (Iža).

Tab. 9.9. Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v roku 2005 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky (upravené podľa Cipiar a Labák, 2006)

Dátum	Čas /UTC/	Súradnice		Hĺbka /km/	M <sub>L</sub>	I <sub>0</sub> /EMS/	Lokalita/Oblasť
		Dĺžka	Šírka				
03.01.2005	17:37:11.4	49.31 N	19.80 E	21	1.2	-	poľsko-slov. hran.oblasť
12.01.2005	10:22:43.0	47.80 N	18.49 E	11	-	-	južné Slovensko - Búč
23.01.2005	23:33:16.8	49.53 N	19.80 E	4	2.5	-	poľsko-slov. hran.oblasť
29.01.2005	17:16:54.0	49.52 N	19.86 E	3	3.0	-	poľsko-slov. hran.oblasť
04.02.2005	18:07:06.7	49.54 N	19.30 E	-	-	-	poľsko-slov. hran.oblasť
07.02.2005	06:08:44.1	49.38 N	19.92 E	3	1.8	-	poľsko-slov. hran.oblasť
10.02.2005	12:22:11.1	48.91 N	21.11 E	11	1.1	-	Šarišská vrchovina
11.02.2005	12:08:29.6	49.12 N	19.90 E	-	-	-	slov.-Poľská hran.oblasť
17.02.2005	07:25:59.6	49.03 N	22.01 E	6	1.0	-	severovýchodné Slovensko <sup>1</sup>
18.02.2005	01:32:51.6	49.26 N	19.69 E	18	1.5	-	slov.-Poľská hran.oblasť
18.02.2005	09:50:00.5	48.43 N	21.74 E	16	1.4	-	Maďarsko-Slov. hranica <sup>2</sup>
18.02.2005	17:37:17.9	49.25 N	19.62 E	5	1.0	-	slov.-Poľská hran.oblasť
22.02.2005	20:55:30.0	49.36 N	19.93 E	1	1.4	-	poľsko-slov. hran.oblasť
24.02.2005	00:13:06.1	47.74 N	18.25 E	9	1.6	3	južné Slovensko - Iža
24.02.2005	13:17:03.1	49.12 N	21.52 E	-	2.0	-	Hanušovské predhorie
25.02.2005	02:21:50.9	49.56 N	19.54 E	-	-	-	poľsko-slov. hran.oblasť
28.02.2005	11:04:34.4	48.07 N	18.32 E	-	-	-	južné Slovensko- Semerovo
16.03.2005	12:46:13.8	47.81 N	18.55 E	4	1.4	-	južné Slovensko- Belá
03.04.2005	02:05:27.8	49.30 N	19.94 E	1	1.2	-	poľsko-slov. hran.oblasť
01.05.2005	16:17:02.9	49.20 N	19.93 E	2	1.7	-	slov.-Poľská hran.oblasť
10.05.2005	16:03:51.8	49.42 N	18.33 E	2	-	-	Moravsko-sliezske Beskydy
13.05.2005	16:55:59.1	48.73 N	21.90 E	1	1.5	-	Laborecká rovina <sup>3</sup>
13.05.2005	17:54:17.0	48.73 N	21.91 E	1	1.2	-	Laborecká rovina
18.05.2005	20:32:30.8	48.75 N	21.90 E	-	1.8	-	Laborecká rovina
02.06.2005	07:43:27.1	49.37 N	19.83 E	5	2.7	-	poľsko-slov. hran.oblasť
07.06.2005	11:00:46.4	48.78 N	19.49 E	-	2.0	-	stredné Slovensko <sup>5</sup>
13.06.2005	08:59:08.4	49.39 N	19.92 E	15	1.5	-	poľsko-slov. hran.oblasť
09.07.2005	01:58:02.6	48.74 N	19.23 E	4	1.1	-	stredné Slovensko <sup>6</sup>
12.07.2005	10:55:27.0	49.00 N	21.34 E	12	0.6	-	Slanské vrchy <sup>4</sup>
26.07.2005	06:29:54.5	48.92 N	20.60 E	3	0.7	-	Hornádska kotlina
27.07.2005	09:14:34.7	48.86 N	18.97 E	-	1.3	-	stredné Slovensko <sup>7</sup>

28.07.2005	08:06:41.4	48.80 N	20.62 E	1	0.4	-	Hornádska kotlina
01.08.2005	16:07:39.8	48.53 N	19.84 E	2	0.7	-	stredné Slovensko <sup>8</sup>
08.08.2005	17:00:45.0	48.78 N	21.87 E	2	1.0	-	Laborecká rovina
11.08.2005	11:42:39.9	48.80 N	19.06 E	-	0.9	-	stredné Slovensko <sup>9</sup>
12.08.2005	00:30:39.4	48.59 N	20.18 E	-	<0	-	stredné Slovensko <sup>10</sup>
20.08.2005	03:13:32.0	48.59 N	20.24 E	2	0.3	-	stredné Slovensko <sup>11</sup>
24.08.2005	15:46:14.1	49.38 N	19.90 E	6	1.7	-	poľsko-slov. hran.oblasť
25.08.2005	01:44:26.0	49.33 N	19.91 E	4	1.3	-	poľsko-slov. hran.oblasť
27.08.2005	14:44:15.2	49.34 N	19.88 E	-	1.4	-	poľsko-slov. hran.oblasť
27.08.2005	14:48:20.7	49.33 N	19.83 E	5	1.0	-	poľsko-slov. hran.oblasť
31.08.2005	11:33:31.4	48.06 N	18.57 E	0	0.6	-	južné Slovensko- Nýrovce
30.09.2005	10:07:26.4	48.80 N	19.91 E	-	0.3	-	stredné Slovensko <sup>12</sup>
12.10.2005	10:38:50.9	48.64 N	20.77 E	44	-	-	Rožňava
04.11.2005	17:06:06.5	47.78 N	18.54 E	15	1.1	-	Južné Slovensko - Belá
01.12.2005	11:58:39.5	48.73 N	20.21 E	-	0.3	-	stredné Slovensko <sup>13)</sup>
13.12.2005	10:26:56.4	48.40 N	18.28 E	-	0.3	-	Nitrianska pahorkatina
13.12.2005	10:59:20.0	48.91 N	19.98 E	-	1.3	-	stredné Slovensko <sup>14)</sup>
13.12.2005	12:01:01.7	48.27 N	20.29 E	-	0.4	-	SV Maďarsko -Lenartovce
13.12.2005	12:51:41.4	48.57 N	19.84 E	-	0.8	-	stredné Slovensko <sup>15)</sup>
22.12.2005	09:16:01.2	49.10 N	18.51 E	-	1.0	-	Rajecká kotlina

<sup>1)</sup>pri Snine, <sup>2)</sup>SV Maďarsko – Sl.N.Mesto <sup>3)</sup>pri Michalovciach <sup>4)</sup>Slanské vrchy pri Prešove, <sup>5)</sup>južne Predajnej, <sup>6)</sup>západne B. Bystrice, <sup>7)</sup>vých. Hornej Štubne, <sup>8)</sup>južne Kokavy nad Rimavicou, <sup>9)</sup>Štúrec, <sup>10)</sup> Ratkovská Lehota, <sup>11)</sup>Držkovce, <sup>12)</sup>Závadka nad Hronom, <sup>13)</sup> VSV Revúcej <sup>14)</sup>Severne Heľpy <sup>15)</sup> južne Kokavy nad Rimavicou

Z uvedených 51 seizmometricky zaznamenaných zemetrasení bolo 22 v poľsko-slovenskej prihraničnej oblasti, z toho 18 v oblasti Zakopané – Podszkle a 4 na slovenskej strane hraníc v oblasti Tatier. Dve zemetrasenia boli zaznamenané v oblasti Hornádskej kotliny, ostatné boli rozptýlené na strednom, južnom a východnom Slovensku, resp. dve sa vyskytli pri hranici SV Maďarska a Slovenska a jedno v Moravsko-sliezskych Beskydách. Koncentrovanejšie boli iba otrasy na južnom Slovensku – severne a východne od Komárna (5 otrasov) a v severnej časti Laboreckej roviny - pri Michalovciach, kde boli zaznamenané 4 otrasy. Oproti pôvodnej lokalizácii zemetrasení uvedenej v správe GFÚ SAV (Cipiar a Labák, 2006) boli v Tabuľke 9.9 názvy niektorých lokalít/oblastí zmenené, nakoľko neboli v súlade s polohou epicentra danou súradnicami. Jedenásť zemetrasení, lokalizovaných v uvedenej správe na stredné Slovensko, bolo rozptýlených od Hornej Štubne po Heľpu, resp od Heľpy po Revúcu a Kokavu nad Rimavicou. Toto územie pokrýva okolie B. Bystrice, Horehronské podolie a strednú časť Revúckej vrchoviny a Stolických vrchov. V posledných dvoch oblastiach sa pritom doteraz nevyskytli žiadne makroseizmicky pozorované zemetrasenia.

V minulom storočí boli na území Slovenska seizmicky najaktívnejšie oblasti Dobrej Vody, Komárna a okolie B. Bystrice. V týchto územiach boli zaznamenané makroseizmické otrasy i začiatkom tohto storočia. V iných, v minulom storočí aktívnych seizmických oblastiach došlo naopak jeho koncom k útlmu seizmickej aktivity. (Žilina –Trenčín, Humenné – Vranov nad Topľou, Pernek – Modra). Najviac sa tento útlm prejavil v oblastiach znázornených na obr. 9.5, kde seizmická aktivita ustala už začiatkom minulého storočia.

Na druhej strane od konca minulého storočia, resp. začiatku tohto storočia došlo ku vzniku nových seizmicky aktívnych oblastí. Okrem v tejto správe dokumentovaných oblastí západne a severne od Tatier to bolo územie južne od Vihorlatu, kde od roku 2002 do roku 2004 bolo sedem zemetrasení o intenzite 3-6°EMS a územie južne až juhovýchodne od B. Štiavnice, kde od roku 1999 do roku 2004 bolo 6 zemetrasení o intenzite 3-5,5°EMS. Súčasnú seizmickú aktivitu v týchto územiach, vrátane okolia B. Bystrice a Komárna dokumentujú i seizmometricky lokalizované zemetrasenia v roku 2005 (Tab. 9.9). V ďalšom vývoji možno zrejme v týchto územiach očakávať pokračovanie seizmickej aktivity i výskyt makroseizmicky zaznamenaných zemetrasení.

#### **9.4 ZÁVER**

Na základe výsledkov meraní metódou GPS v geodetickej sieti SLOVGERENET (SGRN) sa v rámci monitoringu tektonickej a seizmickej aktivity územia v roku 2003 okrem vertikálnych pohybov pristúpilo i k vyhodnocovaniu horizontálnych pohybov povrchu. Merania sa uskutočňujú každé dva roky. Výsledky za roky 2001, 2003 a 2005 boli uvedené v správe za rok 2005 (Hrašna et al. 2006).

Koncom roku 2006 bola uvedená do prevádzky sieť Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS), ktorá využíva globálne navigačné satelitné systémy (GNSS) a znamená novú etapu v oblasti geodynamického monitoringu. V sieti je 21 bodov, na ktorých sa vykonávajú permanentné merania za účelom stanovenia ich polohy. Dva z týchto bodov sú zaradené aj do európskej permanentnej siete (EPN). Na jednom z nich (GANP) boli merania vyhodnotené v európskom i medzinárodnom referenčnom rámci. Merania potvrdili trend posuvu karpatského bloku k severovýchodu. Od budúceho roku budú pohyby povrchu sledované ako v sieti SGRN tak v sieti SKPOS, ktorá poskytuje z hľadiska geodynamiky presnejšie výsledky.

Nakoľko technológia GNSS neposkytuje v sledovaní výšok dostatočnú presnosť bude i naďalej sledovanie výškových zmien realizované aj technológiou presnej digitálnej geometrickej nivelácie. V roku 2006 boli realizované merania v troch nivelačných ťahoch. Vyhodnotené boli merania v nivelačnom ťahu Rohačka–Suchá hora, ktoré zistili za posledných 8, resp. 18 rokov vertikálne pohyby o priemernej rýchlosti cca 1mm/rok. V niektorých bodoch však rýchlosť pohybov bola podstatne vyššia. Tieto body sú lokalizované v blízkosti hranice seizmicky aktívnej Oravsko–chočskej oblasti.

Pohyby pozdĺž zlomov boli v roku 2006 sledované dilatometrami typu TM 71 na šiestich lokalitách. Na dvoch z nich, kde dilatometre boli inštalované vo významných objektoch boli zistené relevantné pohyby, ktoré ich môžu ohroziť. V prípade tunela Branisko,

kde vzniklo vo vnútri tunelovej rúry v okolí monitorovaného zlomu niekoľko otvorených trhlín, bude pri pokračovaní pohybov potrebné vykonať ich sanáciu aby nedošlo k prieniku vody z horninového masívu do tunela.

Pri sledovaní seizmickej aktivity územia Slovenska bolo zistené, že na jednej strane dochádza v niektorých pôvodne seizmicky aktívnych oblastiach ku jej útlmu, a na druhej strane od konca minulého storočia, resp. začiatku tohoto storočia došlo ku vzniku nových seizmicky aktívnych oblastí. K najvýraznejšiemu útlmu došlo v oblasti Hornádskej kotliny a v oblasti Popradskej kotliny, Spišskej Magury a severozápadnej časti Levočských vrchov a Spišsko-šarišského medzihoria, sčasti i v oblastiach Žilina–Trenčín, Humenné–Vranov nad Topľou a Pernek–Modra. Seizmicky sa aktivovali územia južne od Vihorlatu, južne až juhovýchodne od B. Štiavnice a východne, resp. i severne od Tatier (oravsko–chočská oblasť a oblasť Zakopané–Podszkle). Najmä v týchto oblastiach, ako aj v seizmicky aktívnej oblasti Dobrej Vody, Komárna a v okolí B. Bystrice možno očakávať na území Slovenska pokračovanie seizmickej aktivity i výskyt makroseizmicky zaznamenaných zemetrasení.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Cipiar A., Labák P.: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami SAV v roku 2004. Manuscript. GFÚ SAV, Bratislava, 2005, 75 s.
- Cipiar A., Labák P.: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami SAV v roku 2005. Manuscript. GFÚ SAV, Bratislava, 2006, 36 s.
- Hrašna M., Vanko, J., Ferienc, D.: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia. Správa o riešení úlohy v roku 2003 za tému 09. KIG PRI UK Bratislava, 2004, 24 s.
- Hrašna M., Ferienc, D., Petro, L.: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia. Správa o riešení úlohy v roku 2005 za tému 09. ŠGÚDŠ Bratislava, 2006, 32 s.
- Hrašna, M.: Seizmická aktivita v epicentrálnej oblasti Dobrá Voda. Zborník Geológia a životné prostredie 5. ŠGÚDŠ Bratislava, 2006, 9 s.
- Kárník, V., Michal, E., Molnár, A.: Erdbeben katalog der Tschechoslowakei (bis zum Jahre 1956). Geofysikální sborník č. 69, Praha, 1958, 411-598.
- Kárník, V., Procházková, D., Brouček, I.: Catalogue of Earthquakes for the Territory of Czechoslovakia for the Period 1957-1980. Travaux Géophys. XXIX, No 555, Praha, 1981, 155-186.
- Pagaczewski, J.: Catalogue of earthquakes in Poland in 1000-1970 years. Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences. PWN, Warszawa, 1992, 61 p.
- Vázal, V., Ondrášik, R., Korčák, P.: Geodetický monitoring neotektonickej stability v lokalite pripravovanej prečerpávajúcej vodnej elektrárne Ipeľ. Slovenský geodet a kartograf 3/2004, 23-31.