

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA

817 04 Bratislava, Mlynská dolina

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

SPRÁVA O RIEŠENÍ ÚLOHY V ROKU 2007
ZA TÉMU 02

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 2008

2.1 ÚVOD

V rámci monitoringu tektonickej a seizmickej aktivity na území Slovenska v roku 2007 boli sledované pohyby povrchu pomocou globálnych 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. Súčasná seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe údajov GFÚ SAV za rok 2006. Podrobne bola zhodnotená makroseizmická aktivita v ohniskovej oblasti Žiliny a Trenčianskych Teplíc.

2.2 TEKTONICKÉ POHYBY

2.2.1 Pohyby povrchu územia

Satelitné merania

Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS), ktorá bola uvedená do prevádzky v roku 2006, využíva na monitoring pohybovej aktivity povrchu globálne navigačné satelitné systémy (GNSS), ktoré umožňujú určovanie polohy s presnosťou až 0,5 mm. Prevádzkovateľom observačnej služby je Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ).

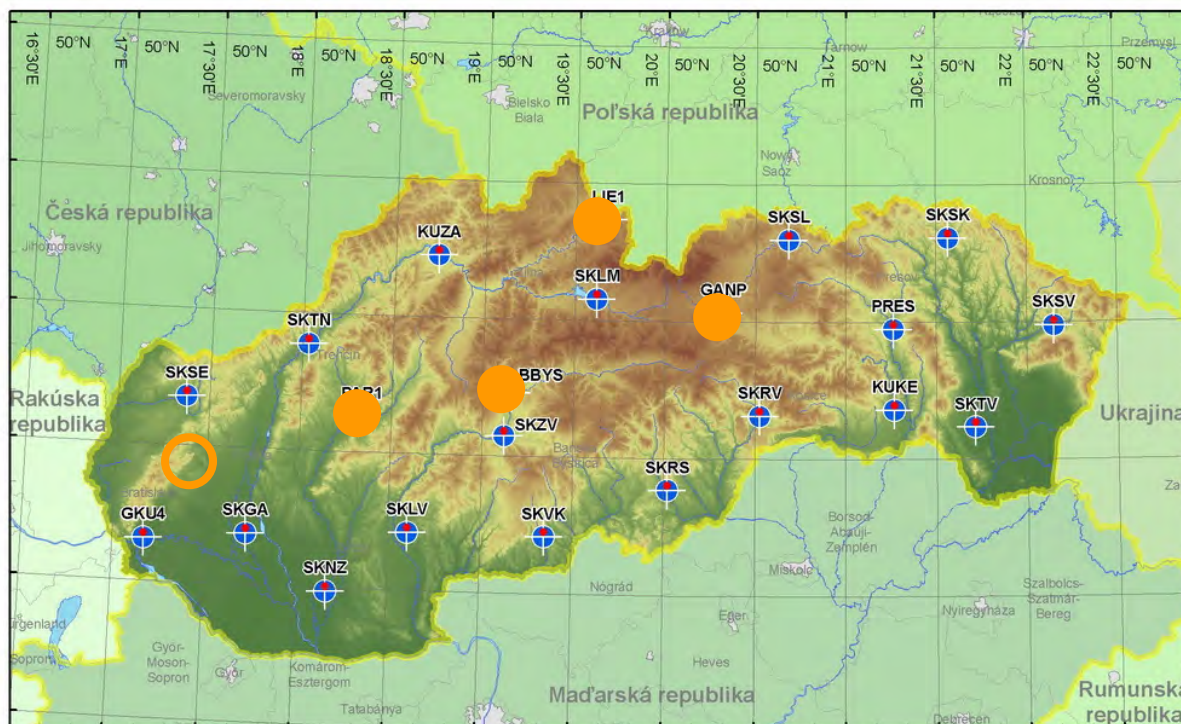
SKPOS je realizovaná sieťou 21 geodetických bodov (obr.2.1) z ktorých štyri sú vybudované formou špeciálnych hĺbkových stabilizácií (*Partizánske, Liesek, Gánovce - GANP a Banská Bystrica – BBYS*). Obdobným bodom je aj stanica Modra-Piesok (MOPI), ktorú prevádzkuje STU Bratislava ale zatiaľ nie je súčasťou 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 z bodu Gánovce sú zasielané aj do svetového geodetického monitoringu GNSS sietí.

Európska sieť permanentných staníc dnes spracováva údaje cca 200 staníc GNSS. Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný terestrický referenčný rámec - ITRF2000 a Európsky terestrický referenčný rámec- ETRF89. Zatiaľ čo systém ITRF vyjadruje pohyb európskej platne voči svetovému systému, systém ETRS vyjadruje pohyb povrchu Slovenska voči európskej platni.

Rýchlosť pohybov bodov GANP a MOPI vzhľadom na európsky terestrický referenčný rámec 2005 (ETRF 05) v smere jednotlivých osí je:

GANP: $v_N = 0.58 \pm 0.34$ mm/rok $v_E = -2.12 \pm 0.29$ mm/rok $v_U = -0.87 \pm 0.63$ mm/rok

MOPI: $v_N = 0.64 \pm 0.10$ mm/rok $v_E = 0.03 \pm 0.09$ mm/rok $v_U = 2.20 \pm 0.49$ mm/rok



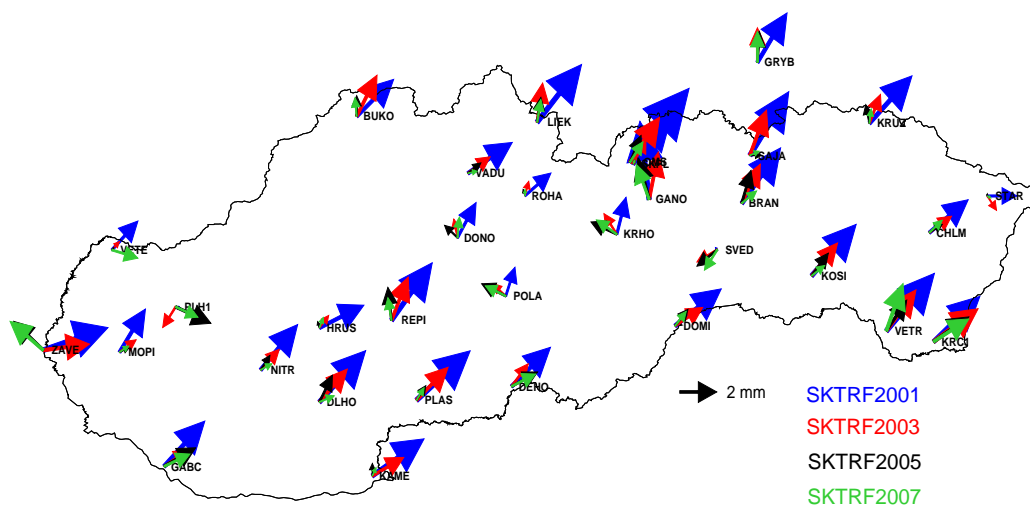
Obr. 2.1 – Schéma SKPOS so špeciálnymi stabilizáciami

Podrobné údaje o pohybe bodov, vybudovaných formou špeciálnych hĺbkových stabilizácií, v rôznych referenčných rámcoch, sú uvedené v prílohe 2.1.

Horizontálne pohyby povrchu územia Slovenska sú vyhodnocované na základe meraní v Slovenskej geodynamickkej referenčnej sieti (SGRN), ktorá bola budovaná od roku 1993 a postupne rozširovaná. V súčasnosti obsahuje 50 bodov a využívajú sa v nej aj body siete SKPOS. Merania sa uskutočňujú v dvojročných intervaloch, využívajúc technológie GPS. Zatiaľ bolo realizovaných osem opakovaných epochových meraní s rôznou dĺžkou observácie, na rôznej množine bodov.

V globálnom modeli ročných rýchlostí bodov (obr. 2.2) boli vyžité len tie body, na ktorých boli v rozmedzí 4 rokov vykonané minimálne 3 epochové merania. Táto skutočnosť ovplyvňuje rôznorodosť v kvalite určenia odhadu parametrov. V obrázku sú vykreslené rýchlosti z rámcov SKTRF2001 až SKTRF2007. Z obrázku vidieť, že s predlžujúcim sa intervalom pozorovania sa odhady lokálnych rýchlostí zmenšujú a spresňujú.

Celkovo možno konštatovať, že pretrváva trend pohybov povrchu smerom na severovýchod, aj keď v niektorých bodoch pozorovať odchýlky, spôsobené pravdepodobne vytláčaním a pootáčaním horninových blokov. V niektorých prípadoch nemožno vylúčiť ani spolupôsobenie gravitácie, a nie je vylúčený ani vplyv presnosti meraní. Podrobnejšie je systém meraní opísaný v prílohe 2.1.



Obr.2.2. Horizontálne rýchlosti v bodoch SGRN

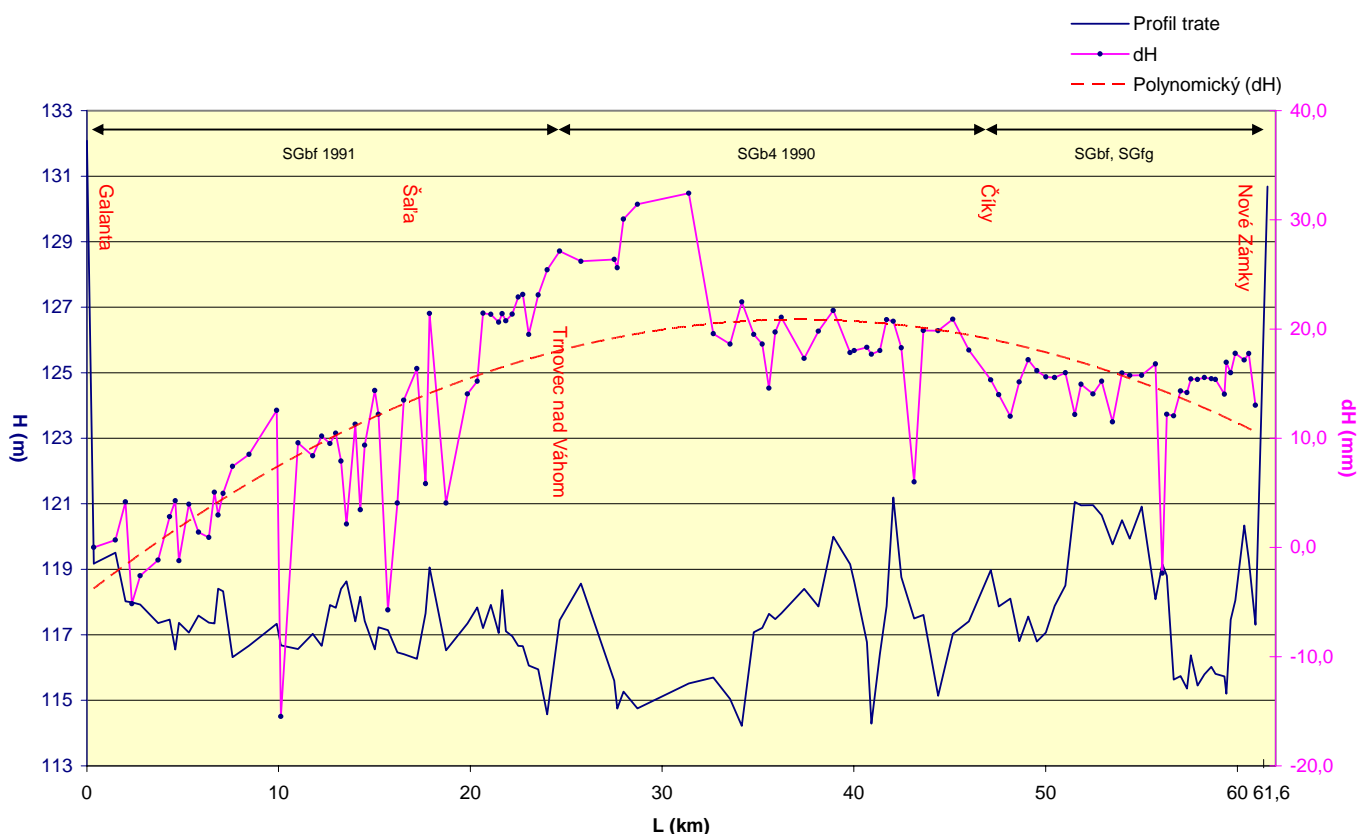
Nivelačné merania

Nakoľko technológia GNSS neposkytuje v sledovaní výšok dostatočnú presnosť je sledovanie výškových zmien povrchu realizované aj technológiou presnej digitálnej geometrickej nivelácie. V roku 2007 boli realizované merania v nivelačných tratiach/ťahoch Kráľova hoľa – Ratkovská Suchá a Galanta – Nové Zámky, ktoré potvrdzujú zmeny výšok povrchu podmienenú prevažne tektonickými pohybmi. Na ilustráciu uvádzame merania v nivelačnom ťahu Galanta – Nové Zámky.

Meranie v tomto ťahu je realizované na geodetických bodoch stabilizovaných na objektoch pozdĺž komunikácie na trase Galanta, Šaľa, Trnovec nad Váhom, Tvrdošovce, Čiky, Nové Zámky. Nivelačná trať meria 61,5 km a vyhodnotených je 119 geodetických bodov, čo je predstavuje ich priemernú vzdialenosť 500 m. Keďže sa jedná o Podunajskú nížinu výškový profil je v rozmedzí 7 metrov.

Na obr. 2.3 je vynesý výškový profil ťahu a znázornená veľkosť výškových zmien na geodetických bodoch, získaná z porovnania opakovaného merania medzi posledným meraním v roku 2007 a predchádzajúcim meraním v roku 1990 resp. 1991. Maximálne rozdiely boli zistené na bodoch umiestnených na malých cestných priepustoch. Táto skutočnosť však môže okrem pohybov povrchu dokumentovať i nestabilitu bodov.

Ak preložíme polygón medzi výškové rozdiely určené na jednotlivých bodoch vidíme, že rozdiely dosahujú kladné hodnoty do cca 20 mm. Ak by sme rýchlosť pohybu určili ako podiel rozdielu výšok s rokmi, ktoré uplynuli medzi meraniami, môžeme konštatovať hodnoty



Obr. 2.3 Zmeny výšok povrchu na trati Galanta – Nové Zámky

až nad 1 mm/rok. Takúto rýchlosť výzdvihov povrchu možno pozorovať najmä v úseku Trnovec nad Váhom – Jatov, v ostatných častiach je nižšia, resp. pri Galante až nulová. Oproti prevládajúcemu trendu výzdvihu územia bol pri Kráľovej nad Váhom zistený pokles cca 15 mm, čo predstavuje rýchlosť cca 0,9 mm/rok.

2.2.2 Pohyby pozdĺž zlomov

V rámci dokumentácie zlomov v ohniskových oblastiach na území Slovenska boli zakreslené zlomové poruchy na 5 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.

Inštrumentálne merania pohybov pozdĺž zlomov pomocou dilatometrov typu TM 71 boli v roku 2007 realizované na 7 lokalitách:

Košický Klečenov (3 merania, 2 TM)

Branisko (5 meraní, 1 TM)

Demänovská jaskyňa Slobody (3 merania, 1 TM)

Ipeľ (3 merania, 1 TM)

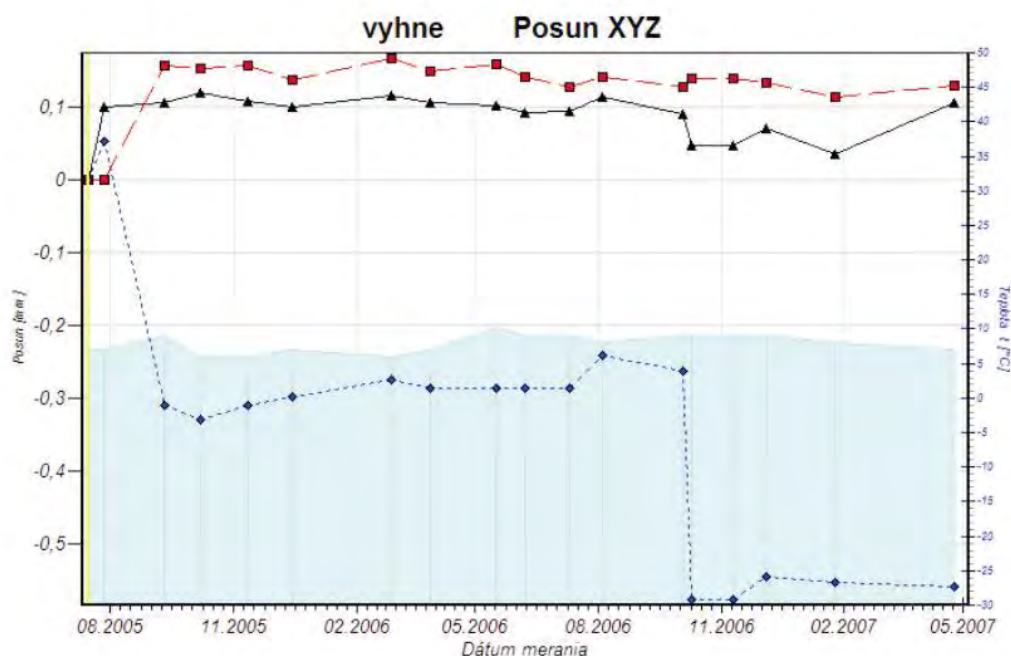
Vyhne (2 merania, 1 TM)

Banská Hodruša (2 merania, 1 TM)

Jaskyňa pod Spišskou (nová lokalita, 1 TM inštalovaný v apríli + 2 merania)

Okrem toho prebiehali v spolupráci s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín (ÚSMH) Akademie Věd ČR v Prahe merania na lokalite Dobrá Voda, ktorá bola vybratá na monitorovanie vzhľadom na tektonickú a seizmickú aktivitu oblasti. Pracovníci ÚSMH inštalovali v oblasti Malých Karpát ďalších 10 dilatometrov (spravidla v jaskyniach). Po vyriešení formy vzájomnej spolupráce budú v budúcnosti aj tieto lokality zahrnuté do ČMS.

Najrýchlejšie pohyby boli doteraz zaznamenané na zlome v štôlni pri východnom okraji obce Vyhne, kde došlo k náhlemu posunu o 0,55 mm (obr.2.4). Tento náhly posun by mohol pravdepodobne súvisieť so slabým zemetrasením zaznamenaným na str. Slovensku v októbri 2006.



Obr. 2.4 Meranie pohybov na zlome v štôlni pri východnom okraji obce Vyhne

Pomerne rýchle a dlhodobé vertikálne pohyby povrchu boli dvomi prístrojmi zaznamenané aj na lokalite Košický Klečenov, kde ich rýchlosť dosahuje cca 0,5 mm/rok (pozri obr. v prílohe 2.2). Na rozdiel od doterajšej interpretácie použitie nového softvéru na spracovanie dát tu však indikuje opačný vertikálny pohyb blokov než sa predpokladalo doteraz, t.j. ich poklesy. Táto interpretácia by potvrdzovala pôvodné predstavy, že ide o gravitačný pohyb blokov a nie tektonické pohyby. Definitívne potvrdenie poklesávanie blokov potvrdí až kontrolná interpretácia na ÚSMH.

Na ostatných lokalitách boli zaznamenané nižšie rýchlosti pohybov, resp. ich ustálenie. Zvýšenú pozornosť si vyžaduje i naďalej lokalita Branisko, kde pohyby ohrozujúce tesnenie

tunela pokračujú i naďalej (pozri príloha 2.2). Spoľahlivá interpretácia nameraných pohybov si vyžaduje dlhodobý monitoring, na základe ktorého bude možné vysloviť i predikciu ďalšieho vývoja.

2.3 SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA

V rámci sledovania seizmickej aktivity bola zhodnotená súčasná seizmická aktivita na území Slovenska a dlhodobé uvoľňovanie seizmickej energie v ohniskových oblastiach Žiliny a Trenčianskych Teplic.

2.3.1 Súčasná seizmická aktivita na území Slovenska

Súčasná seizmická aktivita Slovenska bola zhodnotená na základe údajov GFÚ SAV za rok 2006 (Cipiar a Labák, 2007). Podľa týchto údajov bolo na území Slovenska a v priľahlých prihraničných územiach v roku 2006 seizmometricky zaznamenaných 57 zemetrasení s magnitúdom prevažne v rozmedzí 0,1 až 1,5 (Tab.2.1). Vyššie magnitúdo (1,6 až 3,2) dosiahli makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia s epicentrom pri Dobrej Vode a Trenčianskych Tepliciach, ako aj zemetrasenie v blízkosti hraníc na Ukrajine (4,3). Zemetrasenia s magnitúdom 1,7 až 1,9 boli zaznamenané tiež v Komárne, na juhozápadnom Slovensku pri Jásovej a na Spiši pri Hranovnici. Tieto sa však makroseizmicky neprejavili.

Dve makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia pri Trenčianskych Tepliciach dosiahli intenzitu 4°EMS (marec, 2006) a pri Dobrej Vode intenzitu 5°EMS (marec, 2006) a 3°EMS (august, 2006). Piate zemetrasenie zaznamenané v roku 2006 makroseizmicky na Slovensku malo epicentrum na Ukrajine a na našom území sa prejavilo s intenzitou 3 a 4° EMS. Pocítené bolo vo viacerých obciach od východnej hranice až po Košickú kotlinu.

Oproti údajom do roku 2004 (sčasti i 2005) môžeme pozorovať zvyšovanie počtu slabých, iba seizmometricky lokalizovaných zemetrasení. Tento trend súvisí prevažne s modernizáciou starých a zriaďovaním nových seizmických staníc, sčasti i so zvyšovaním seizmickej aktivity na území Slovenska.

Tab. 2.1. Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v roku 2006 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky (upravené podľa Cipiar a Labák, 2007)

Dátum	Čas /UTC/	Súradnice		Hĺbka /km/	M _L	I ₀ /EMS/	Lokalita/Oblasť
		Dĺžka	Šírka				
16.01.2006	23. 20:021	48.65 N	20.17 E	10	0.1		stredné Slovensko
26.01.2006	11:27:49.3	47.86 N	17.90 E	0	1.9		Komárno
26.01.2006	12:23:15.6	47.60 N	18.42 E	0	1.4		Komárno
28.01.2006	02:05:40.3	48.31 N	21.56 E	0	1.0		maďar-slov. hran. oblasť
28.01.2006	10:55:42.0	49.00 N	21.72 E				Slanské vrchy
05.02.2006	01:54:06.1	49.01 N	22.23 E	39	0.3		Vihorlat
15.02.2006	08:34:25.0	48.57 N	21.35 E	11			maďar-slov. hran. oblasť
17.02.2006	19:13:09.9	48.49 N	20.41 E	15			maďar-slov. hran. oblasť
22.02.2006	11:40:48.2	48.00 N	18.46 E	5	1.7		juhozápadné Slovensko

01.03.2006	18:54:59.4	49.55 N	19.78 E	5			poľsko-slov. hran. oblasť
09.03.2006	21:58:52.5	48.90 N	18.21 E	2	1.6	4	Považský Inovec
09.03.2006	21:58:52.5	48.90 N	18.21 E	2	1.6	4	Považský Inovec
13.03.2006	08:28:39.1	48.57 N	17.65 E	10	3.2	5	Dobrá Voda
14.03.2006	11:42:14.2	48.57 N	17.64 E		1.3		Dobrá Voda
21.03.2006	07:39:10.7	48.63 N	21.70 E		0.7		Východoslovenská nížina
08.04.2006	14:05:03.0	49.07 N	20.35 E				Spiš
10.04.2006	16:14:20.5	48.63 N	20.90 E		1.3		maďar-slov. hran. oblasť
14.04.2006	03:01:02.5	48.60 N	20.28 E	3	0.8		stredné Slovensko
14.04.2006	03:01:26.2	48.64 N	20.26 E	1	0.6		stredné Slovensko
20.04.2006	13:15:49.4	48.63 N	17.46 E		1.5		Dobrá Voda
05.05.2006	09:10:44.1	48.02 N	19.66 E	7	0.6		maďar-slov. hran. oblasť
15.05.2006	19:00:51.5	48.41 N	20.55 E				maďar-slov. hran. oblasť
20.05.2006	10:53:00.9	48.35 N	20.60 E				maďar-slov. hran. oblasť
23.05.2006	11:48:12.4	48.86 N	20.75 E		0.6		Spiš
24.05.2006	1:21:021.3	48.42 N	19.70 E	28	1.0		stredné Slovensko
07.06.2006	13:12:10.2	48.84 N	20.52 E		0.7		Spiš
15.06.2006	09:41:57.8	48.92 N	20.60 E	1	0.9		Spiš
19.06.2006	07:57:02.4	49.04 N	19.28 E	1	1.2		severné Slovensko
23.06.2006	08:38:24.9	48.08 N	19.10 E		0.5		maďar-slov. hran. oblasť
25.06.2006	01:12:27.4	49.18 N	20.10 E		2.4		poľsko-slov. hran. oblasť
27.06.2006	15:17:50.5	48.98 N	22.53 E	28	0.8		ukraj-slov. hran. oblasť
30.06.2006	09:26:26.0	48.66 N	22.03 E	10	0.7		Východoslovenská nížina
05.07.2006	09:20:54.0	47.70 N	18.51 E	2	1.1		Komárno
06.07.2006	11:32:34.1	49.18 N	19.85 E				poľsko-slov. hran. oblasť
25.07.2006	08:26:41.7	48.15 N	18.06 E		0.5		juhozápadné Slovensko
05.08.2006	08:57:35.7	48.54 N	17.40 E		1.3		Dobrá Voda
05.08.2006	08:58:50.8	48.53 N	17.46 E		1.0		Dobrá Voda
05.08.2006	09:00:09.7	48.53 N	17.44 E		1.6	3	Dobrá Voda
05.08.2006	21:11:20.0	48.49 N	17.41 E		0.7		Dobrá Voda
05.08.2006	23:46:45.4	48.53 N	17.46 E		0.9		Dobrá Voda
06.08.2006	00:35:23.4	48.49 N	17.36 E	1	0.4		Dobrá Voda
06.08.2006	20:49:30.7	49.05 N	21.61 E		1.1		Slanské vrchy
07.08.2006	14:21:29.9	48.82 N	16.88 E		0.9		slov.-čes.-rak. hran. oblasť
29.08.2006	12:39:22.1	48.00 N	19.51 E	1	0.7		maďar-slov. hran. oblasť
06.09.2006	12:58:27.7	49.15 N	19.69 E	3	1.0		poľsko-slov. hran. oblasť
27.09.2006	10:21:52.0	48.42 N	21.03 E	17	0.5		maďarsko-slov. hran.oblasť
03.10.2006	10:08:08.9	48.32 N	20.22 E	28	0.7		maďarsko-slov. hran.oblasť
11.10.2006	11:59:16.1	49.07 N	22.47 E	27	1.5		poľsko-ukr.-slov. hr.oblasť
13.10.2006	01:01:17.8	48.56 N	17.22 E		1.4		Pernek-Modra
18.10.2006	02:52:41.4	48.64 N	20.18 E		-		Stredné Slovensko
25.10.2006	23:54:14.4	48.54 N	17.71 E		0.9		Dobrá Voda
26.10.2006	11:47:16.2	48.84 N	21.14 E		0.8		Spiš
09.11.2006	19:57:51.3	48.38 N	20.56 E		-		maďarsko-slov. hran.oblasť
18.11.2006	05:12:06.4	49.51 N	18.67 E		-		slov.-česká hran. oblasť
21.11.2006	14:16:00.8	48.94 N	20.32 E		1.7		Spiš
23.11.2006	07:15:20.4	48.20 N	22.75 E	21	4.3		Ukrajina
05.12.2006	20:03:00.9	48.39 N	20.59 E		-		maďarsko-slov. hran.oblasť

V roku 2006 bolo oproti roku 2005 seizmometricky zaznamenaných o 6 zemetrasení viac a počet silnejších, i makroseizmicky zaznamenaných zemetrasení, o štyri zemetrasenia viac. Zatiaľ čo v roku 2005 bolo najviac zemetrasení (22) zaznamenaných v poľsko-slovenskej prihraničnej oblasti, v roku 2006 ich bolo najviac (13) zaznamenaných v maďarsko-slovenskej prihraničnej oblasti a v oblasti Dobrej Vody, kde bolo zaznamenaných 10 otrasov, z toho však polovica boli predtrasy, resp. dotrasy.

Obdobný trend presúvania seizmickej aktivity do rôznych oblastí možno sledovať aj v minulosti. Súvisí to zrejme s celkovým pohybom povrchu územia Slovenska, pričom v rôznych obdobiach jednotlivé bloky zemskej kôry kladú tomuto pohybu rôzny odpor. Tam

kde je najväčší, prejavujú sa pohyby častejšími seizmickými javmi, resp. vyššou energiou zemetrasení, niekedy i s makroseizmickými prejavmi. Vzhľadom na celkové vyššie uvoľňovanie seizmickej energie vo forme slabých otrasov vo väčšine ohniskových oblastí na území Slovenska než tomu bolo v minulosti (pozri správy za predchádzajúce roky) však v súčasnosti zrejme nehrozia silné otrasy s väčšími dopadmi na technosféru a krajinu.

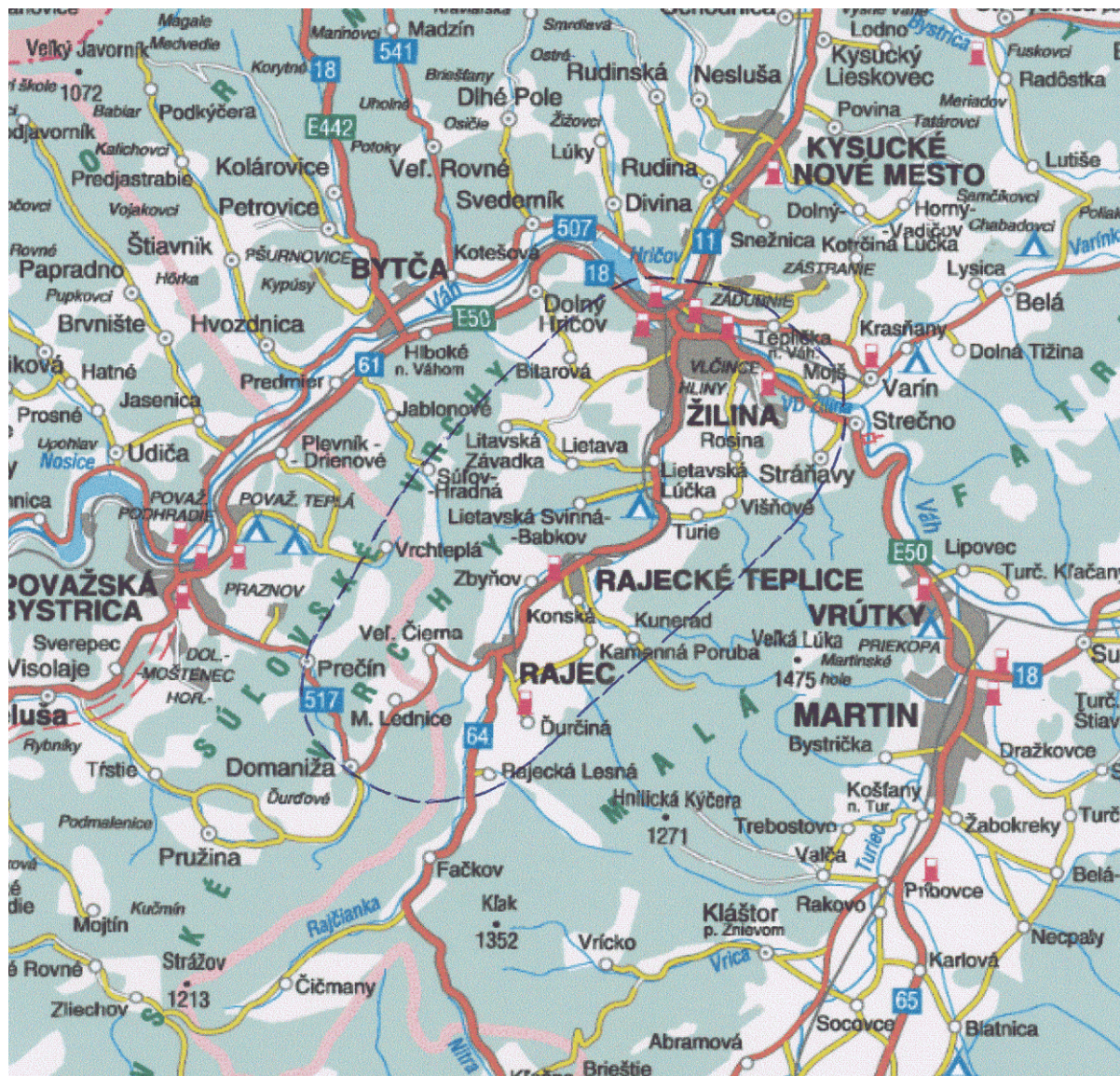
2.3.2 Seizmická aktivita v ohniskovej oblasti Žiliny a Trenčianskych Teplíc

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 zaznamenané i v rokoch 1348 a 1443.) Údaje o zemetraseniach zaznamenaných v týchto územiach, uvedené v tabuľkách 2.2 a 2.4 boli prevzaté z katalógov Kárnik et al. (1958, 1981) 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 2.3 a 2.5¹. V tabuľkách sú pre vymedzené obdobia uvedené ich trvanie v rokoch (ΣR), počty zemetrasení (ΣZ), priemerná návratnosť zemetrasení – t.j. priemerný počet rokov za ktorý nastane zemetrasenie ($\Sigma R/\Sigma Z$), kumulatívne relatívne veľkosti energie uvoľnenej pri zemetraseniach (ΣI_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°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.

Epicentrá zemetrasení v **ohniskovej oblasti Žiliny** (obr.2.5) boli lokalizované najmä na území Rajeckej kotliny, sčasti i na úpätí Malej Fatry (tab.2.2). 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

¹⁾ 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).

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).



Obr. 2.5. Vymedzenie ohniskovej oblasti Žilina

Tab.2.2. Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v ohniskovej oblasti Žilina

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [°EMS]	Magnitúdo [M _L]
1600	September	21	12h20h24h	Žilina	49,2 ⁰ N 18,7 ⁰ E		5	
1846	Január	5.		Rajec			4	
1858	Január	15.	20:15	Višňové/Žilina	49,22 ⁰ N 18,76 ⁰ E		8	
1947	December	21.	10:43	Žilina	49,23 ⁰ N 18,76 ⁰ E		6	4,3
1992	Máj	7.	17:45	Konská, Žilina	49,11 ⁰ N 18,68 ⁰ E		4,5	2,6
1992	Máj	15.	17:30	Rajecké Teplice	49,13 ⁰ N 18,67 ⁰ E		4	3,2

Podľa rôznych prognóz by sa silnejšie zemetrasenie v oblasti Žiliny mohlo zopakovať v priebehu dvoch až troch desaťročí. Súčasný spôsob uvoľňovania seizmickej energie

vyplývajúci z tabuliek 2.2, resp. 2.3 však tomu nenasvedčuje. V oblasti totiž dochádza k rýchlejšiemu uvoľňovaniu seizmickej energie než v minulosti, ktoré sa realizuje väčším počtom slabších zemetrasení s kratším intervalom návratnosti. Dokumentuje to i počet rokov potrebných na vyprodukovanie zemetrasenia o intenzite 1°EMS ($\Sigma R/\Sigma I$), resp. veľkosť seizmickej energie vyprodukovanej za jeden rok ($\Sigma I_0/\Sigma R$).

Tab.2.3. Relatívna veľkosť energie uvoľnenej v ohniskovej oblasti Žilina pri makroseizmicky pozorovaných zemetraseniach (podľa katalógu Kárník et al, 1958)²

Doba	ΣR	ΣZ	$\Sigma R/\Sigma Z$	ΣI_0	$\Sigma I_0/\Sigma R$	$\Sigma R/\Sigma I_0$
1600 -1858	258	3	86	17	0,0658	15,17
1858 - 1947	89	1	89	6	0,0674	14,83
1947 - 2006	59	2	29,5	8,5	0,1440	6,94

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 (obr.2.6, tab.2.4).

Tab.2.4. Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v ohniskovej oblasti Trenčianskych Teplíc

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [°EMS]	Magnitúdo [M _L]
1607	November	27	19 h	Trenčín	48,9°N 18,0°E		6	
1864	September	1.	13:05	Trenč.Teplice			6	
1906	Február	11.		Nitrianske Rudno			3-4	
1908	December	29	21h	Nemšová			5	
1931	September	23.	16:30	Trenč.Teplice	48,90°N 18,20°E		4	3,2
1970	December	11.	6:45	Horná Poruba	48,94°N 18,32°E		4,5	3,4
1975	November	11.	21:45	Hradište / Partiz.	48,68°N 18,39°E		4	3,2
1988	Apríl	28.	21:22:26	Valaská Belá	48,92°N 18,36°E	5	6	4,1
1997	Február	17.	05:03:39	Cígeľ	48,67°N 18,62°E	15	4	2,6
2006	September	3.	20:14:34	Omšenie	48,88°N 18,27°E	0	4	2,3
2006	September	3.	21:58:52	Omšenie	48,90°N 18,21°E	2	4	1,6

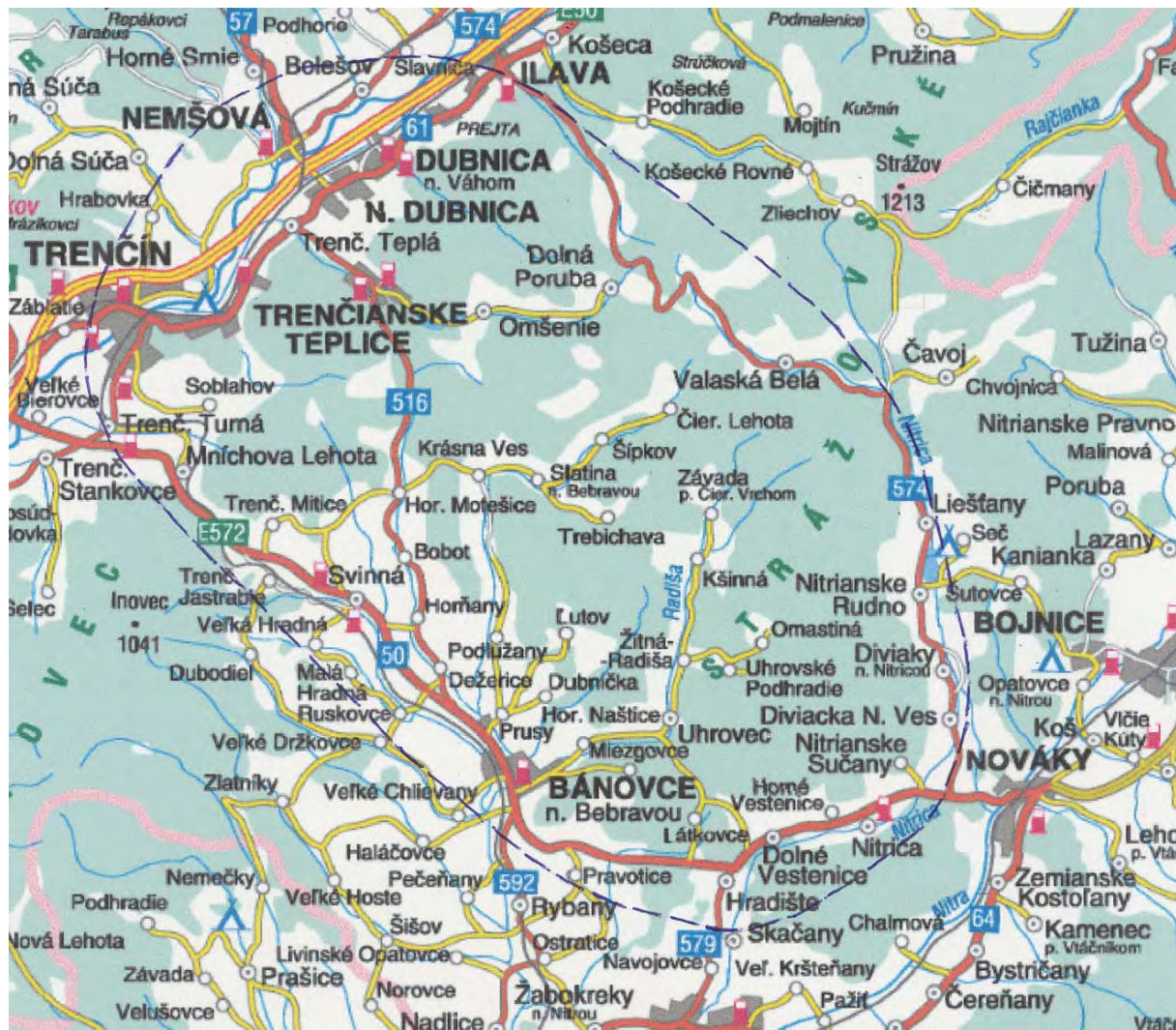
Tab.2.5. Relatívna veľkosť energie uvoľnenej v ohniskovej oblasti Trenčianskych Teplíc

Doba	ΣR	ΣZ	$\Sigma R/\Sigma Z$	ΣI_0	$\Sigma I_0/\Sigma R$	$\Sigma R/\Sigma I_0$
1607 – 1864	257	2	128,5	12	0,0466	21,41
1864 – 1988	141	6	23,5	27	0,1914	5,22
1988 – 2006	18	3	6	12	0,6666	1,50

Od roku 1607 do roku 2006 tu bolo makroseizmicky zaznamenaných 11 zemetrasení, pričom najsilnejšie o intenzite 6°EMS, sa vyskytli v rokoch 1607, 1864 a 1988. Ostatné zemetrasenia dosiahli intenzitu 3,5 až 5°EMS. Posledné dve, o intenzite 4°EMS,

² Ak by sme do tabuľky zarátali aj zemetrasenia z roku 1348 a 1443 uvádzané v kronike mesta Trenčín, ktoré dosiahli intenzitu až 8°EMS, rýchlosť uvoľňovania seizmickej energie by sa v podstate nezmenila. V oboch prípadoch by totiž $\Sigma R/\Sigma I_0$ bola vyššia než 10 a $\Sigma I_0/\Sigma R$ menšia než 0,1.

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.



Obr. 2.6. Vymedzenie ohniskovej oblasti Trenčianske Teplice

2.4 ZÁVER

V roku 2007 boli pomocou globálnych navigačných systémov (GNSS) sledované pohyby všetkých bodov zahrnutých do siete Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS). Podrobne boli sledované najmä pohyby bodov vybudovaných formou špeciálnych hĺbkových stabilizácií (Partizánske, Liesek, Gánovce – GANP, Banská Bystrica – BBYS a Modra–Piesok – MOPI). Údaje GNSS zo staníc GANP a BBYS sú zasielané aj do európskej permanentnej siete (EPN), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF). Na základe korekčných údajov sú parametre pohybov týchto bodov potom korigované.

Horizontálne pohyby povrchu územia Slovenska sú vyhodnocované v dvojročných cykloch, na základe meraní v Slovenskej geodynamickej referenčnej sieti (SGRN). Z výsledkov meraní v rokoch 2001 – 2007 vyplýva, že pretrváva doterajší trend pohybov povrchu smerom na severovýchod, aj keď v niektorých bodoch možno od tohto prevládajúceho smeru pozorovať odchýlky, spôsobené pravdepodobne vytláčaním a pootáčaním horninových blokov. V niektorých prípadoch nemožno vylúčiť ani spolupôsobenie gravitácie, a nie je vylúčený ani vplyv presnosti meraní.

Rovnako výsledky meraní vertikálnych pohybov povrchu metódou presnej digitálnej geometrickej nivelácie poukazujú na diferencovanú mobilitu čiastkových blokov zemskej kôry, vymedzených zlomami rôznej dĺžky a hĺbkového dosahu. Doteraz namerané výsledky dokumentujú vertikálne pohyby (v oboch smeroch) o rýchlosti do 1 až 2 mm za rok.

Pohyby pozdĺž zlomov dokumentujú i výsledky meraní pomocou dilatometrov typu TM 71, ktoré sa v roku 2007 realizovali na siedmich lokalitách. Namerané pohyby poukazujú na rýchlosti do 0,5 mm za rok.

Všetky namerané údaje potvrdzujú tektonickú aktivitu pohybov povrchu Slovenska, ktorá sa realizuje v závislosti od celkového pohybu európskej platne a charakteru zlomovej tektoniky lokálne s rôznou intenzitou. Miestami môžu tieto pohyby ohrozovať technické diela alebo krajinné prostredie, prípadne sa môžu prejaviť i seizmickými otrasmi. Preto je dôležité dokumentovať zlomové poruchy, najmä v jednotlivých ohniskových oblastiach a sledovať v nich rýchlosť/veľkosť uvoľňovanie seizmickej energie.

V rámci sledovania seizmickej aktivity bola zhodnotená súčasná seizmická aktivita na území Slovenska a dlhodobé uvoľňovanie seizmickej energie v ohniskových oblastiach Žiliny a Trenčianskych Teplíc.

Súčasná seizmická aktivita bola zhodnotená na základe údajov GFÚ SAV za rok 2006 (Cipiar a Labák, 2007). Podľa týchto údajov bolo na území Slovenska a v priľahlých prihraničných územiach v roku 2006 seizmometricky zaznamenaných 57 zemetrasení s magnitúdom prevažne v rozmedzí 0,1 až 3,2. Päť z nich sa prejavilo i makroseizmicky, s intenzitou 3 až 5°EMS.

Oproti údajom do roku 2004 (sčasti i 2005) môžeme pozorovať zvyšovanie počtu slabých, iba seizmometricky lokalizovaných zemetrasení. Tento trend súvisí prevažne s modernizáciou starých a zriaďovaním nových seizmických staníc, sčasti i so zvyšovaním seizmickej aktivity na území Slovenska. Zároveň možno pozorovať i presúvanie seizmickej aktivity do iných oblastí. Obdobný trend presúvania seizmickej aktivity možno sledovať aj v minulosti. Súvisí to zrejme s celkovým pohybom povrchu územia Slovenska, pričom v rôznych obdobiach jednotlivé bloky zemskej kôry kladú tomuto pohybu rôzny odpor. Tam kde je najväčší, prejavujú sa pohyby častejšími seizmickými javmi, resp. vyššou energiou zemetrasení, niekedy i s makroseizmickými prejavmi. Vzhľadom na celkové vyššie

uvoľňovanie seizmickej energie vo väčšine ohniskových oblastí na území Slovenska než tomu bolo v minulosti (kapitola 2.3.1) však v súčasnosti zrejme nehrozia silné otrasy s väčšími dopadmi na technosféru a krajinu. Dokumentuje to i zhodnotenie seizmickej aktivity v ohniskových oblastiach Žiliny a Trenčianskych Teplíc, vykonané v rámci predloženej správy.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Cipiar A., Labák P.: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami SAV v roku 2006. Manuscript. GFÚ SAV, Bratislava, 2005, 44 s.
- Hrašna M., Vanko, J., Ferianc, 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.: 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.

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
817 04 Bratislava, Mlynská dolina

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

SPRÁVA O RIEŠENÍ ÚLOHY V ROKU 2007
ZA TÉMU 02

PRÍLOHA 2.1

GEODETIKÉ MERANIA POHYBOV POVRCHU ÚZEMIA SLOVENSKA

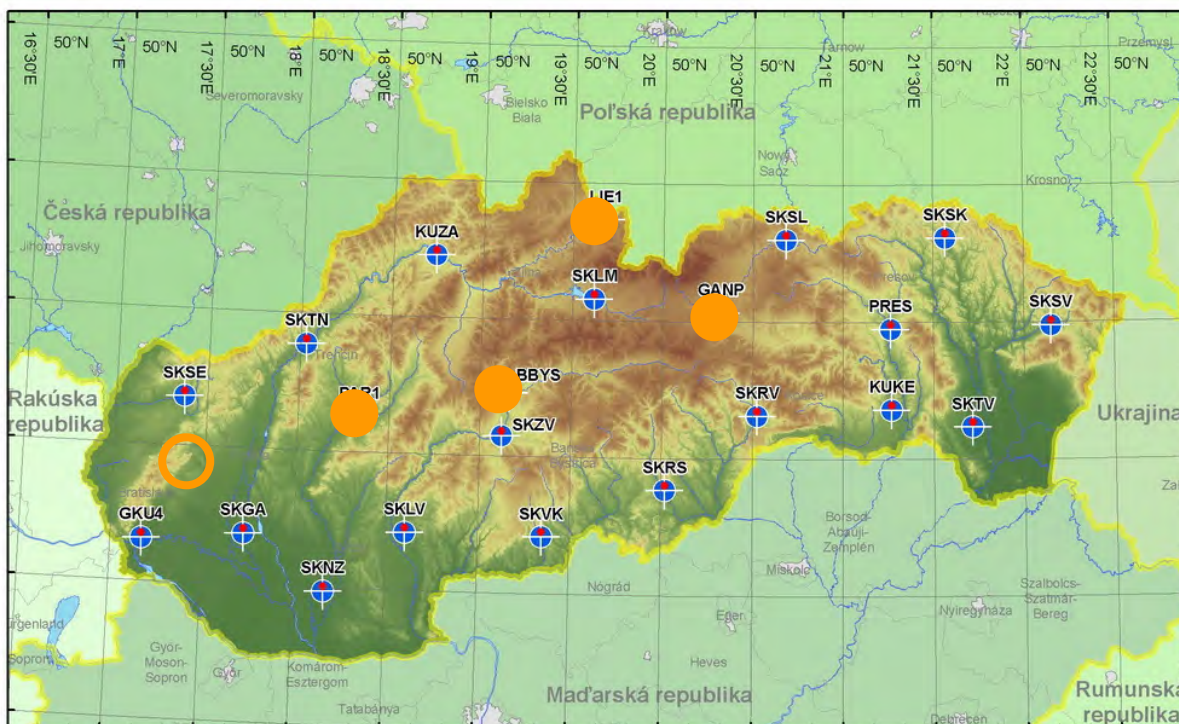
Zodpovedný riešiteľ: Ing. Dušan Ferianc
Geodetický a kartografický ústav Bratislava

Bratislava, marec 2008

1. ÚVOD

Monitoring pohybov povrchu Slovenska využíva geodetické merania na vybraných geodetických bodoch. Merania sa uskutočňujú v rámci Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS), ktorá bola uvedená do prevádzky v roku 2006 a využíva globálne navigačné satelitné systémy (GNSS), ktoré umožňujú určovanie polohy s presnosťou až 0,5 mm. V súčasnosti sa na merania využíva najmä americký navigačný systém GPS NAVSTAR a ruský systém GLONASS. Prevádzkovateľom a správcom observačnej služby je Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ).

SKPOS je vybudovaná sieťou 21 geodetických bodov (obr.1), referenčných staníc GNSS, ktoré sú zaradené do množiny bodov Štátnej priestorovej siete triedy „A“ (permanentné a referenčné stanice GNSS). Rozmiestnenie staníc je zvolené s ohľadom na dosiahnutie požadovanej geodetickej presnosti pri používaní SKPOS. Práce na lokalizácii boli koordinované v rámci projektu EUPOS (European Position System – Európsky systém na určenie priestorovej polohy) s prevádzkovateľmi obdobných služieb v susedných krajinách. Sieť staníc je zriadená najmä na objektoch Správ katastra, čo umožňuje jednoducho využívať rezortnú počítačovú sieť VPS-WAN.



Obr. 1. Schéma SKPOS so špeciálnymi stabilizáciami

Do siete sú pripojené aj špecializované geodetické body. Tieto sú zriadené na zámer služby permanentne monitorovať geodynamické vlastnosti územia Slovenska. Sú to hĺbkové stabilizácie ukotvené až na relevantný geologický podklad so stabilizovanou geodetickou značkou. Vzhľadom na vyššie náklady budovania takýchto bodov boli realizované len štyri

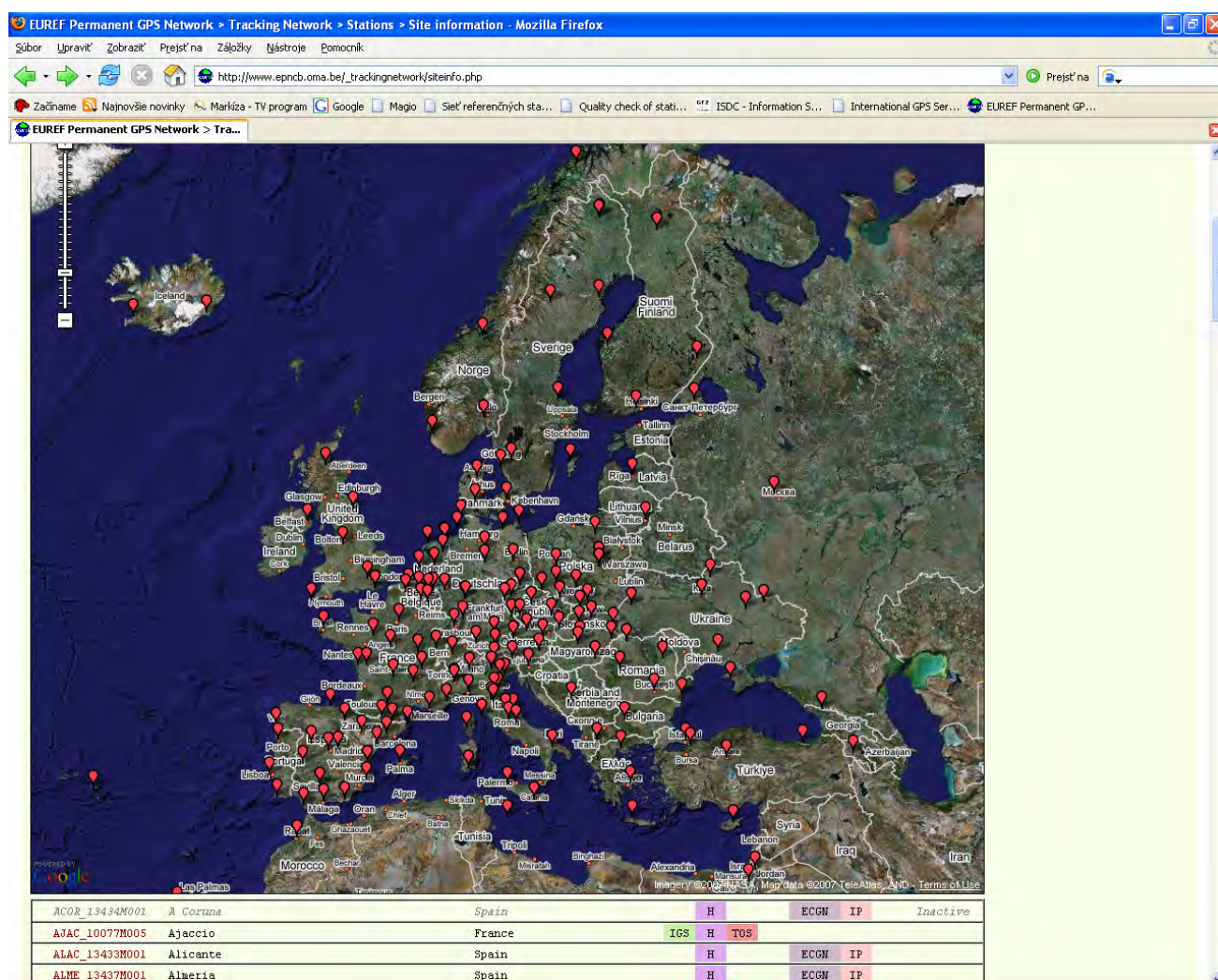
body (Partizánske, Liesek, Gánovce - GANP a Banská Bystrica – BBYS). Obdobným bodom je aj stanica MOPI, ktorú prevádzkuje STU Bratislava ale zatiaľ nieje súčasťou SKPOS. Údaje GNSS staníc GANP a BBYS sú zasielané do európskej permanentnej siete (EPN), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (IAG).

Doterajšia prevádzka osvedčila technické parametre prijímačov a antén (typ Trimble NetR5 s anténou Zephyr Geodetic Model 2), ktoré umožňujú prijímať signály NAVSTAR GPS (L1, L2, L2C, pripravovanú L5) a GLONASS (L1, L2). Národné servisné centrum SKPOS zabezpečuje, riadi, spracováva SKPOS pomocou softvéru Trimble GPSNet, GPSTime a ďalších programov. Softvér GPSNet generuje zo sieťového riešenia korekcie v koncepte VRS (virtuálne referenčné stanice) v štandardnom formáte RTCM (Radio Technical Commission for Maritime) 2,3 resp. 3,0 alebo formáte CMR/CMR+ (Compact Measurement Record). Šírenie korekčných parametrov prostredníctvom internetu je realizované protokolom NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). Na využitie SKPOS je potrebné obojsmerné spojenie používateľa s centrom pomocou mobilného dátového spojenia. Tento spôsob práce podporuje väčšina súčasných prijímačov GNSS (roverov), ktoré používajú najmä geodeti na realizáciu geodetických - lokalizačných úloh.

Korekčné údaje sú konzistentné pre systém ETRS89 a sú vzťahované k referenčnému elipsoidu GRS80. Používateľ dostáva geocentrické súradnice, ktoré si môže použitím autorizovaných transformačných parametrov Bursa-Wolfovho modelu prepočítať na príslušný lokálny elipsoid a do rôznej projekčnej roviny. Pri použití vhodného výškového referenčného modelu môže byť elipsoidická výška prepočítaná do systému normálnych výšok (Bpv).

2. EURÓPSKA SIEŤ PERMANENTNÝCH STANÍC

Európska sieť permanentných staníc dnes spracováva údaje cca 200 staníc GNSS. Na obr.2 je schéma staníc, tak ako je na internetovom portáli EUREF. Aj údaje zo slovenských staníc GPS Modra-Piesok (MOPI), Gánovce (GANP) a Banská Bystrica (BBYS) sú zasielané do údajového centra EPN (Euref Permanent Network). Stanica v Gánovciach bola do EPN prijatá už v roku 2004 a od novembra 2006 bola zaradená aj do svetovej siete medzinárodného geodynamického centra IGS (International GPS Service for Geodynamics). Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný terestrický referenčný rámec – ITRF2000, Európsky terestrický referenčný rámec - ETRF89 a ako voľné (merané) údaje (RAW). Typ údajov vytvorený z RAW údajov po ich vyčistení sa označuje ako CLEAN.



Obr. 2 Schéma staníc EPN

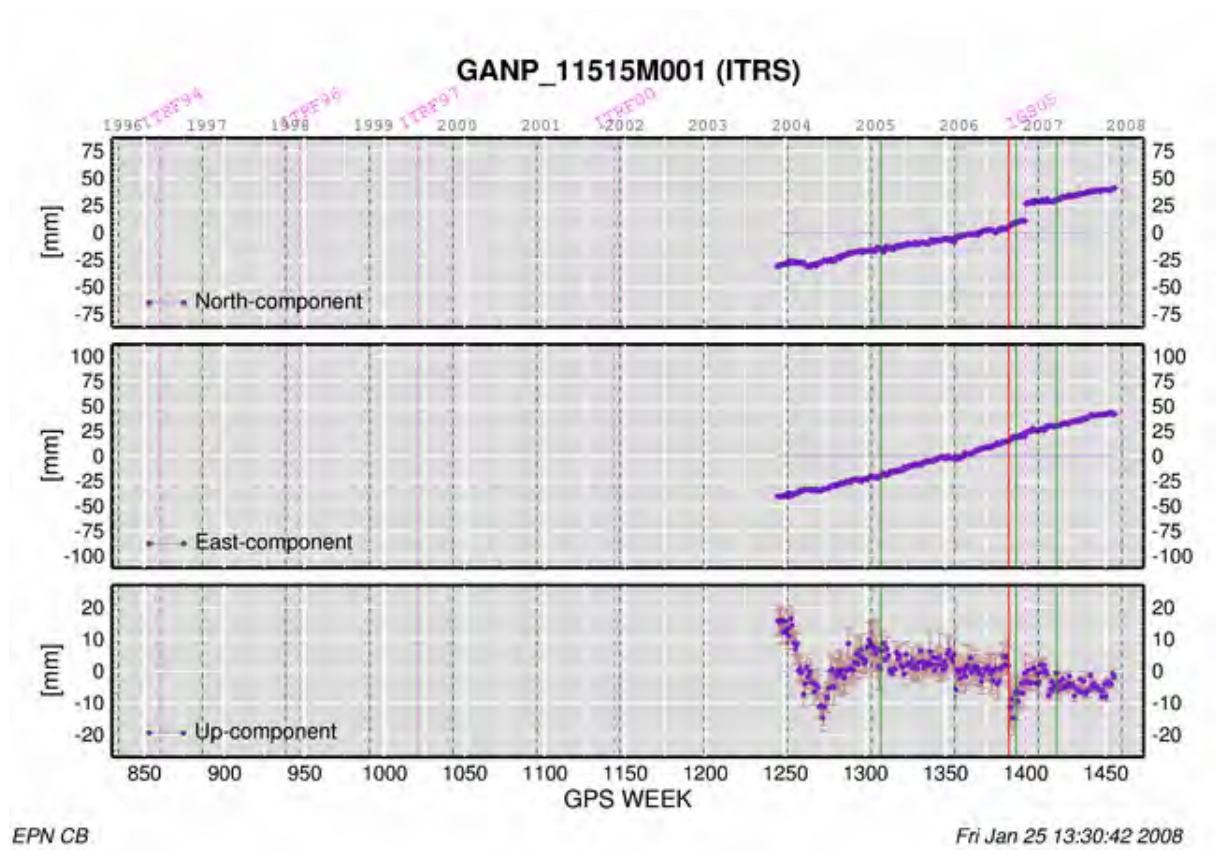
Údaje sú spracovávané v týždenných riešeniach a na obr. 3, 4, 5a,b je výsledok údajov monitoringu zo stanice GANP. Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené v grafe zmeny polohy stanice uvedené v mm a to v smere zemepisných osí sever (N) a východ (E) a vo výške (U). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v GPS týždňoch. GPS týždeň sa datuje od vzniku systému GPS NAVSTAR. Zvislá os udáva v optimalizovanej mierke zmeny polohy bodu v mm.

V EPN je viacero lokálnych analytických centier (LAC), ktoré údaje spracovávajú a vykonávajú analýzy meraní z jednotlivých staníc GNSS. Na obr. 6 je vyhodnotený pohyb bodu GANP vzhľadom na európsky terestrický referenčný rámec 2005 (ETRF05), pričom rýchlosť v smere jednotlivých osí je:

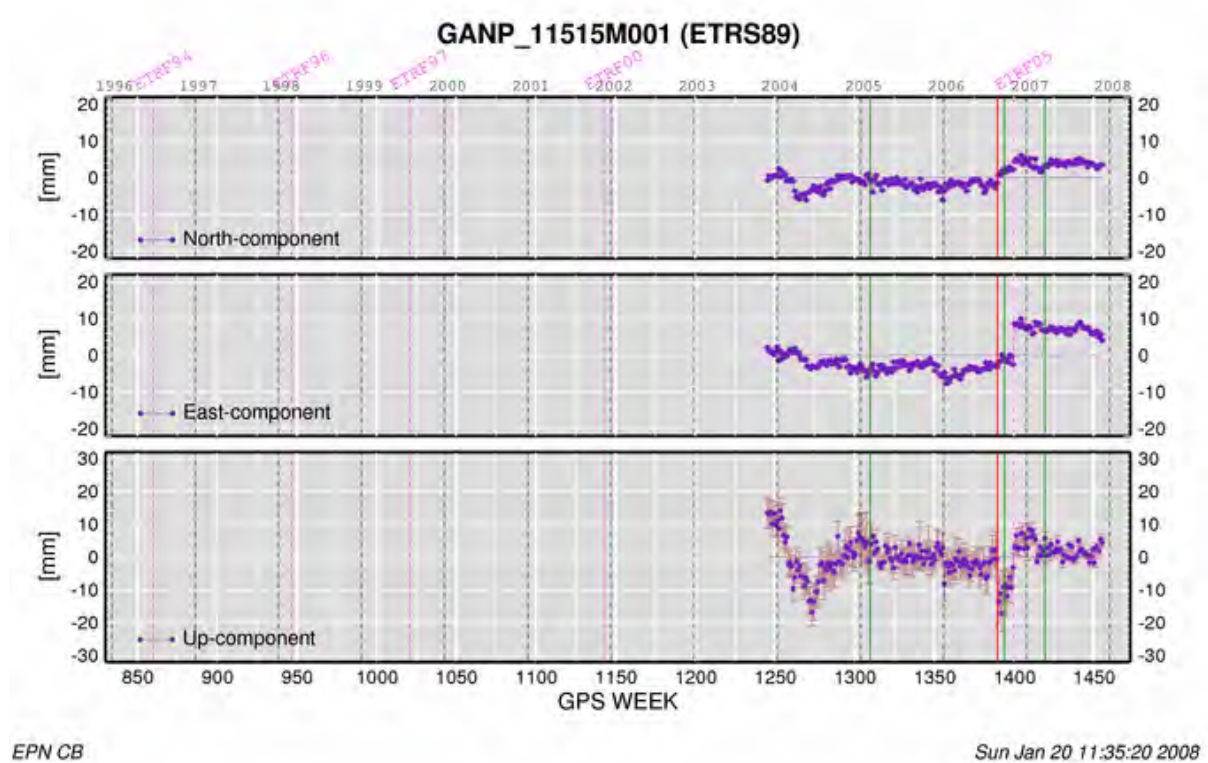
$$\mathbf{vN} = 0.58 \pm 0.34 \text{ mm/rok} \quad \mathbf{vE} = -2.12 \pm 0.29 \text{ mm/rok} \quad \mathbf{vU} = -0.87 \pm 0.63 \text{ mm/rok}$$

Na porovnanie uvádzame graf (obr. 7) a hodnoty rýchlosti z bodu MOPI :

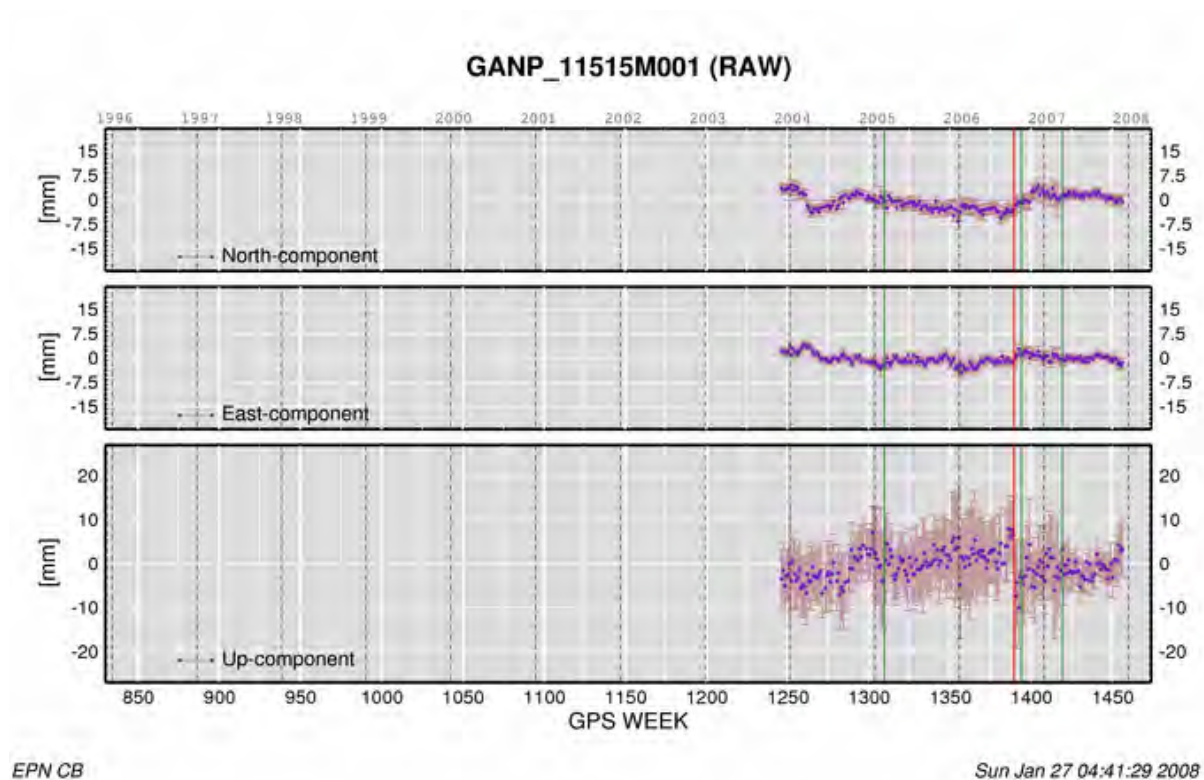
$$\mathbf{vN} = 0.64 \pm 0.10 \text{ mm/rok} \quad \mathbf{vE} = 0.03 \pm 0.09 \text{ mm/rok} \quad \mathbf{vU} = 2.20 \pm 0.49 \text{ mm/rok}$$



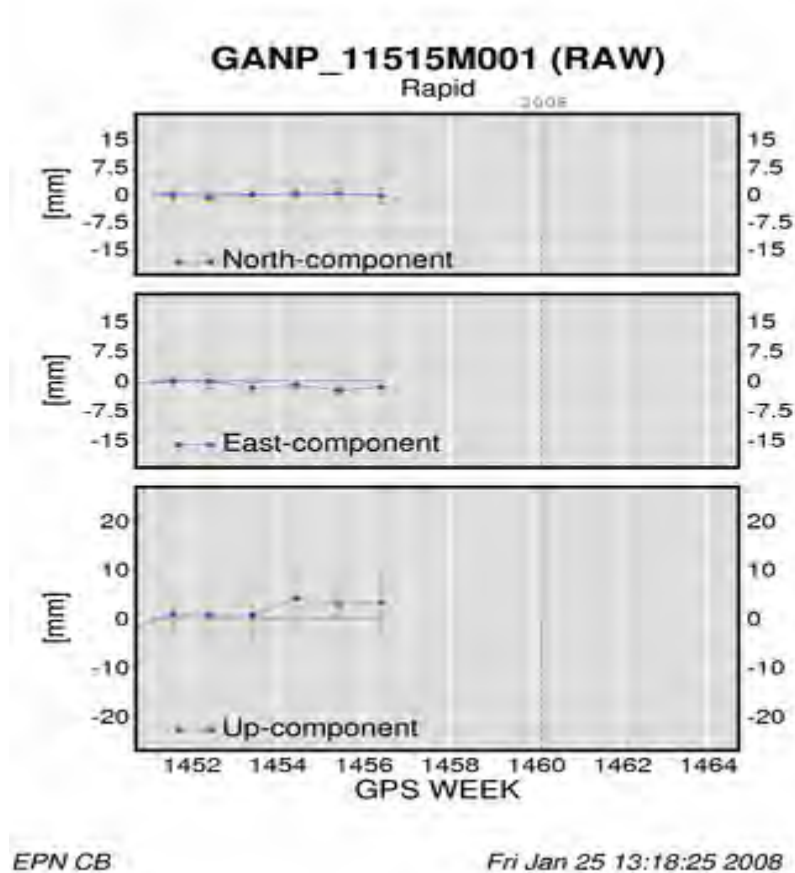
Obr. 3 Zmeny polohy bodu GANP v systéme ITRS 2000



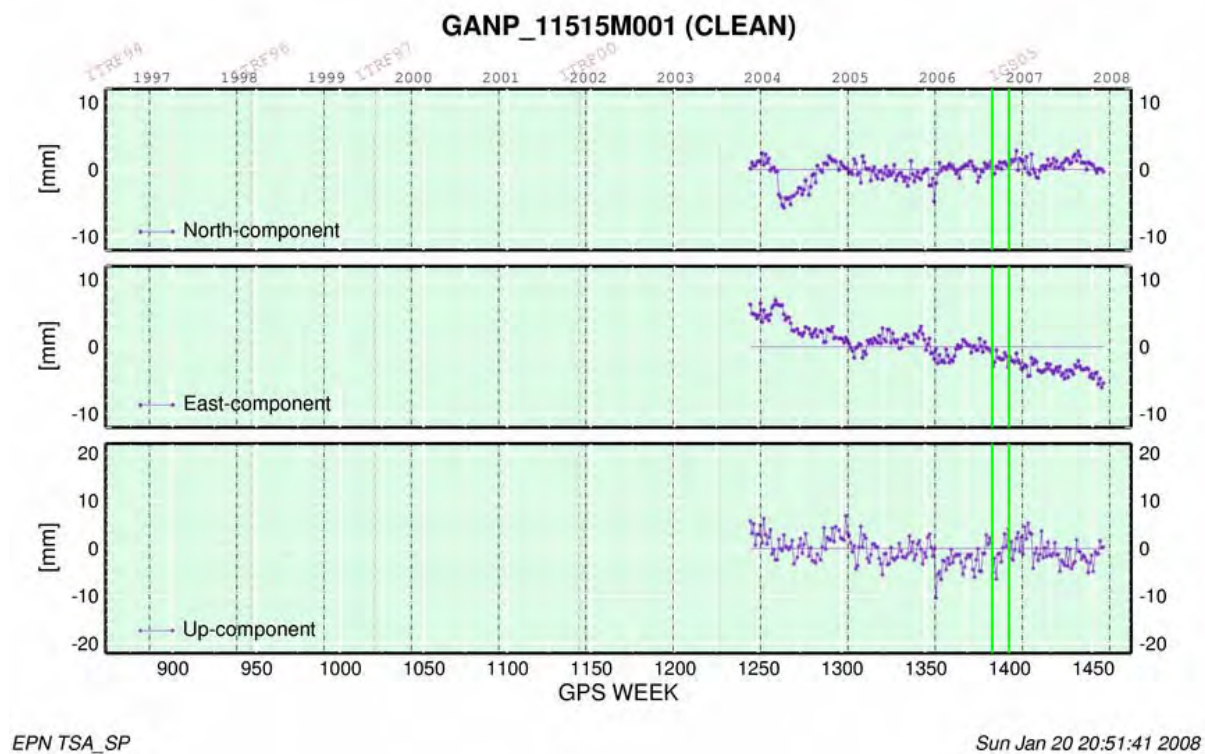
Obr. 4 Zmeny polohy bodu GANP v systéme ETRS 89



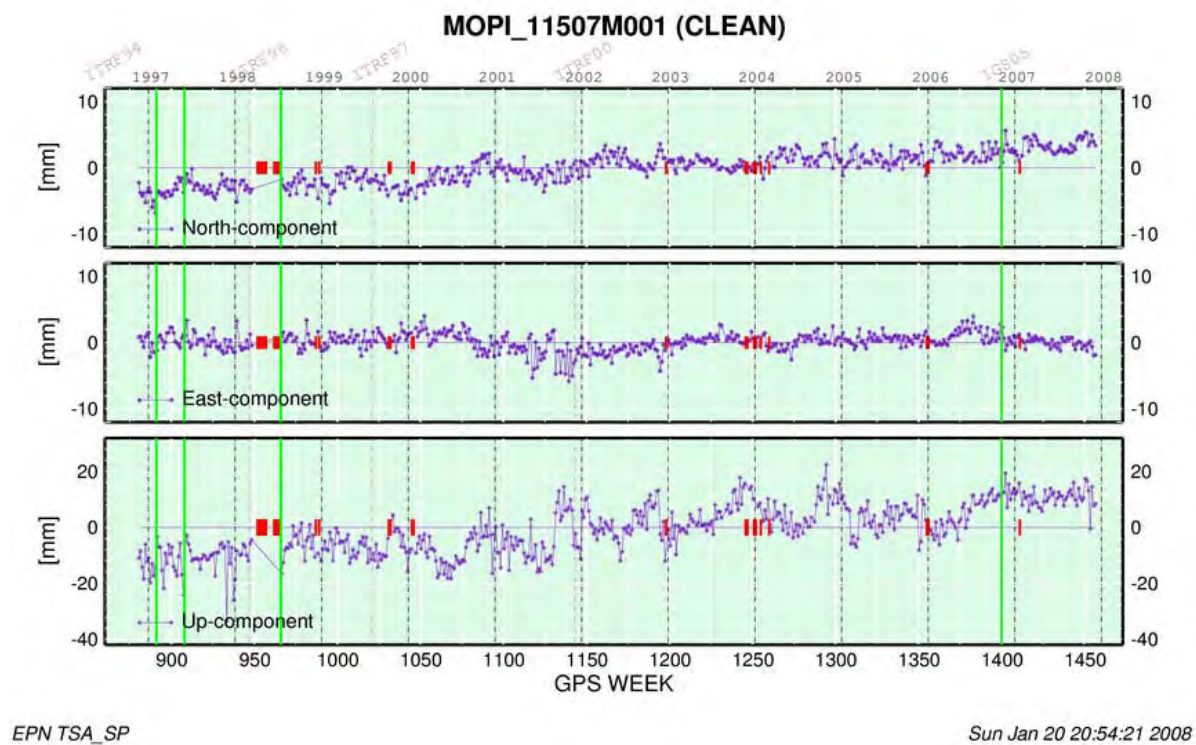
Obr. 5a - Zmeny polohy bodu GANP z priamo meraných údajov



Obr. 5b Zmeny polohy bodu GANP z posledných týždňov z rýchleho spracovania údajov

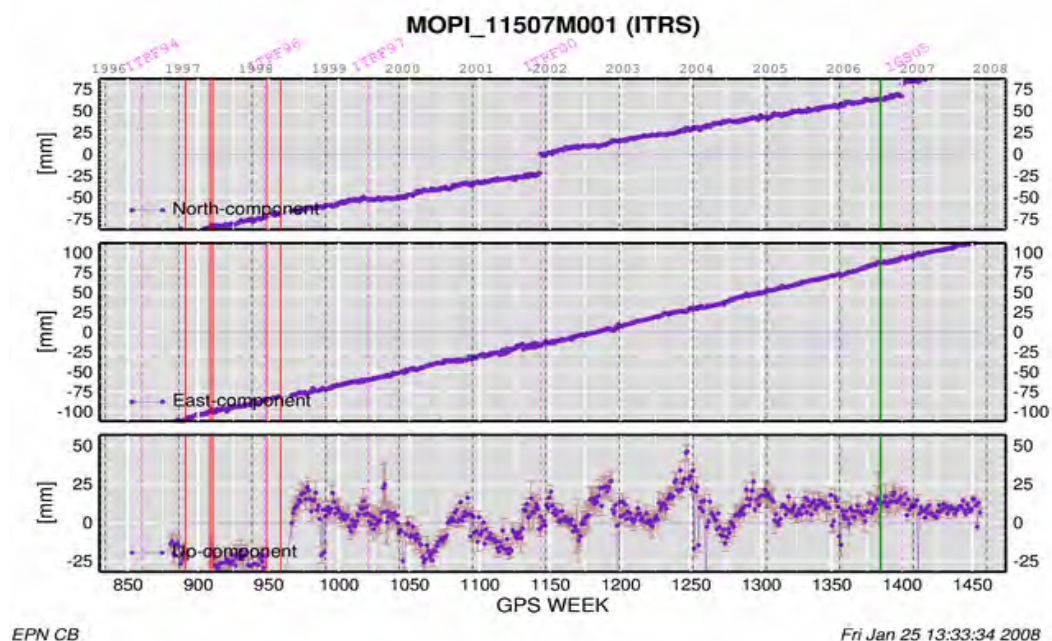


Obr.6 Grafické znázornenie pohybu bodu GANP

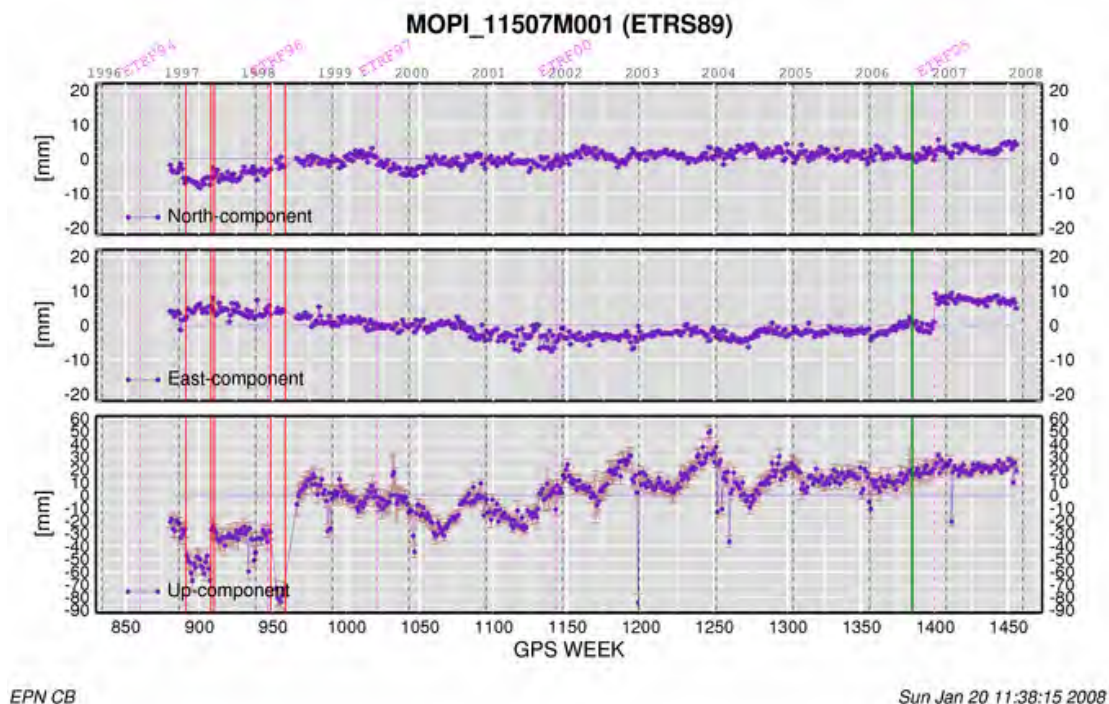


Obr.7 Grafické znázornenie pohybu bodu MOPI

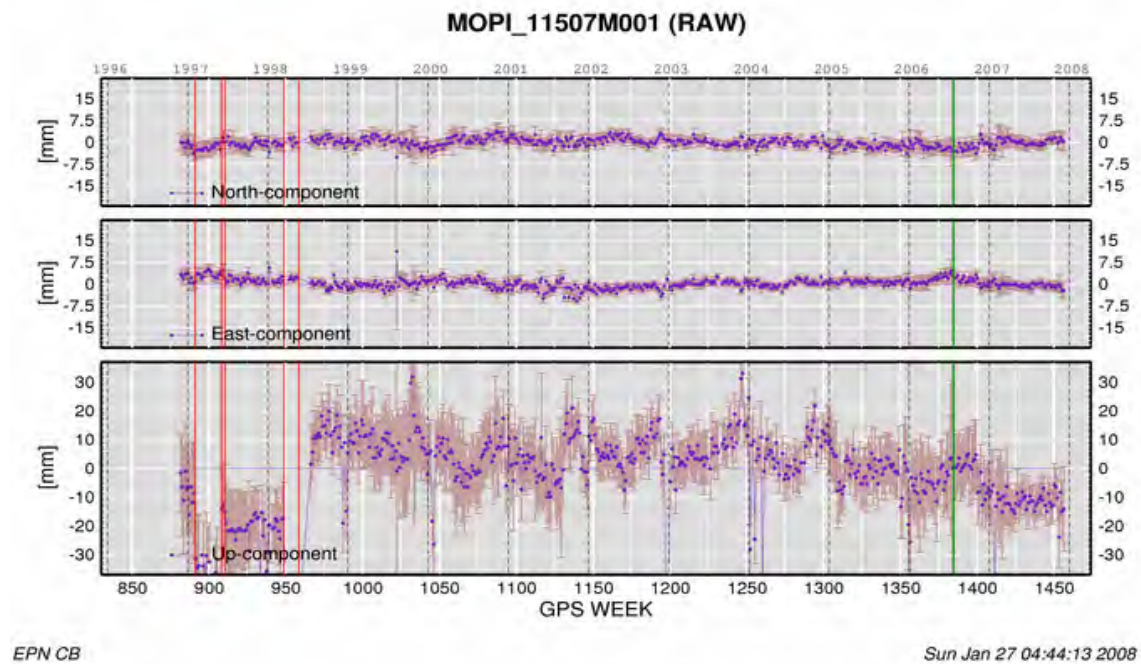
Údaje zo stanice MOPI (Modra-Piesok) sú taktiež spracovávané v týždenných riešeníach a na obr. 8, 9, 10 je výsledok údajov monitoringu v jednotlivých referenčných systémoch. Obdobne sú spracovávané aj údaje z novej stanice EPN - BBYS (Banská Bystrica – Sásová) a na obr. 11, 12 a 13 sú grafy vyhodnotenia monitoringu. U bodu BBYS zatiaľ nie je spracovaná odhadovaná rýchlosť z dôvodu malého množstva údajov.



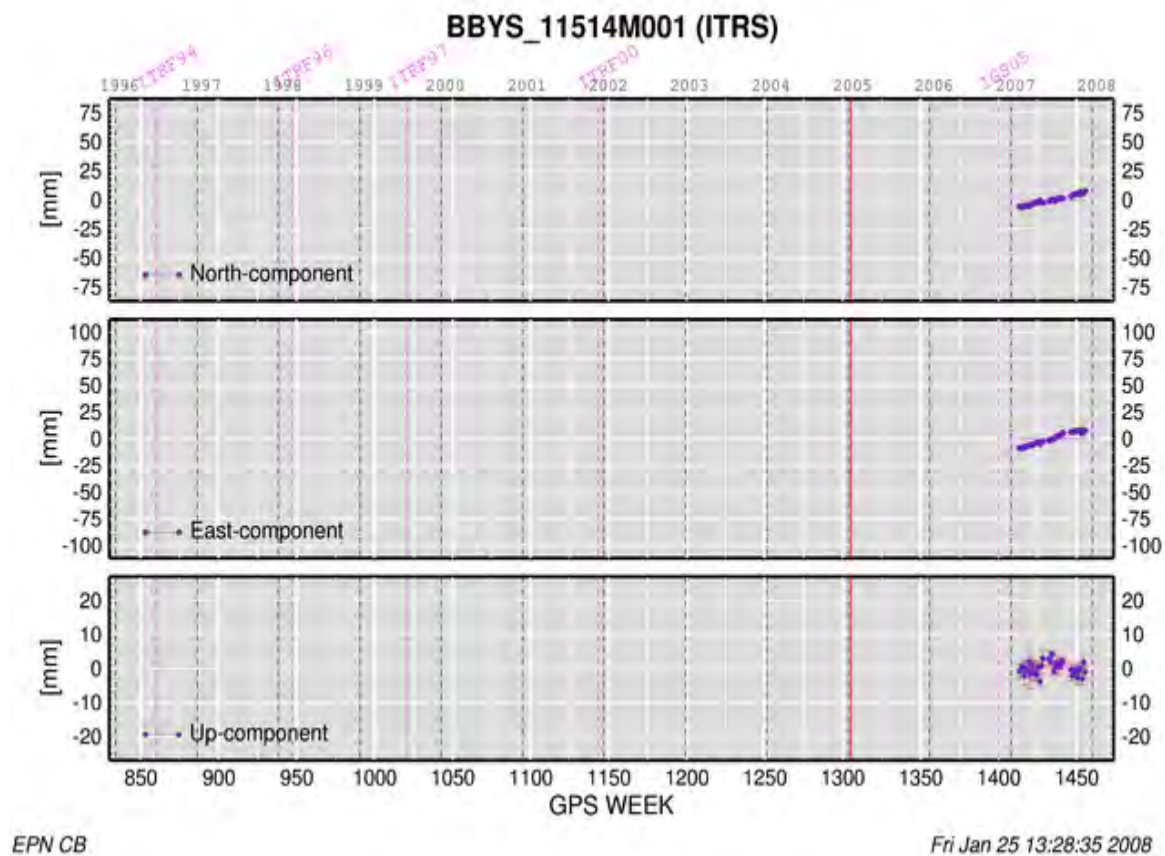
Obr. 8 Zmeny polohy bodu MOPI v systéme ITRS

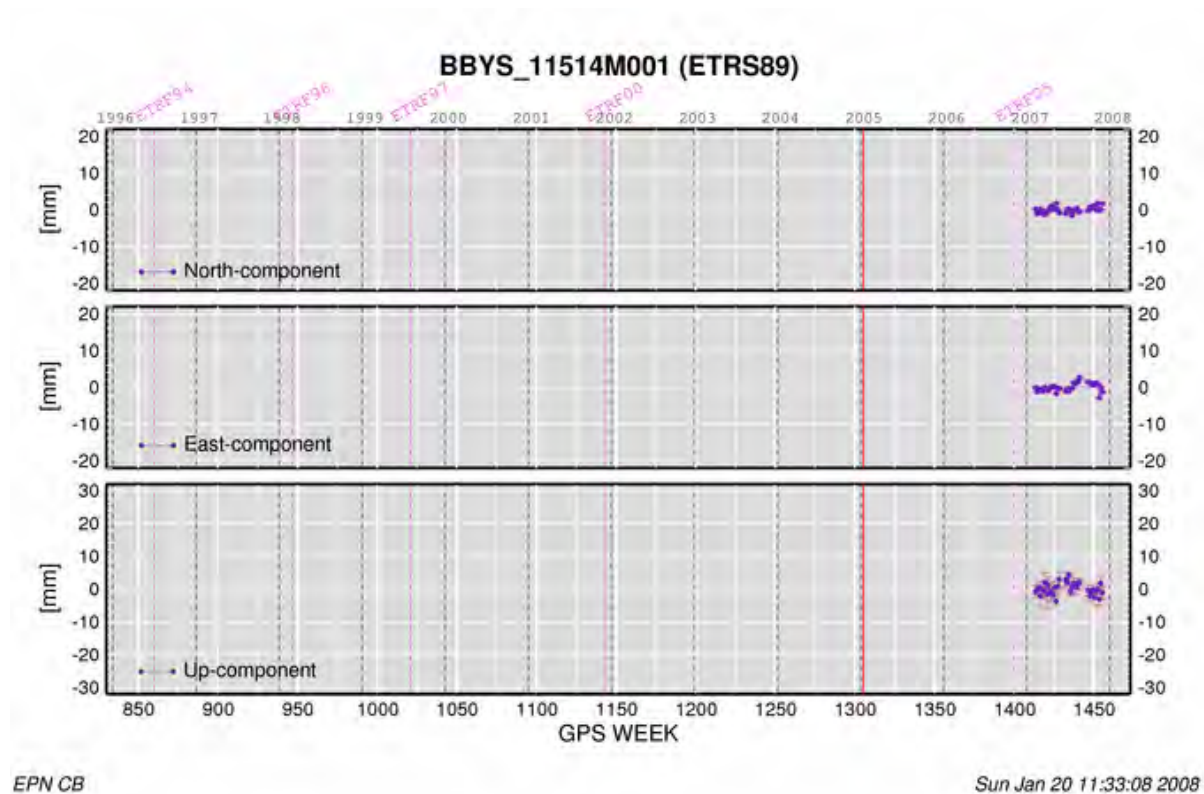


Obr. 9 Zmeny polohy bodu MOPI v systéme ETRS 89

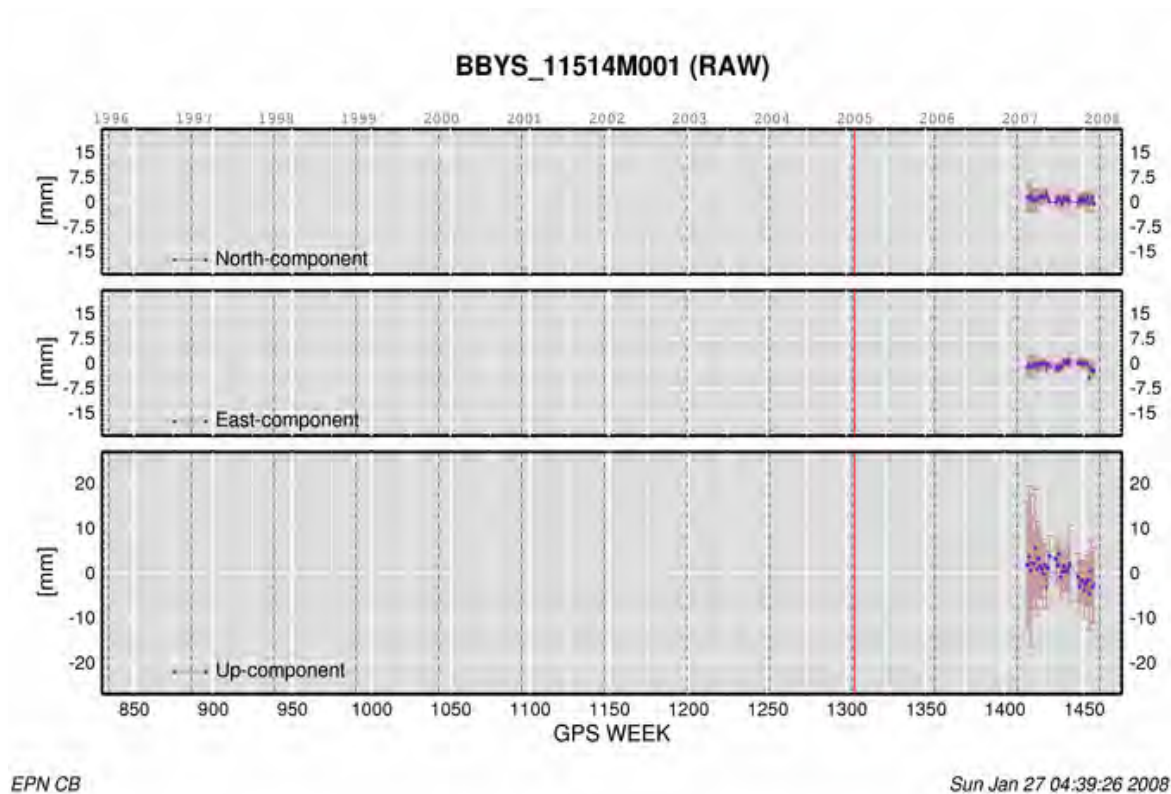


Obr. 10 Zmeny polohy bodu MOPI z priamo meraných údajov

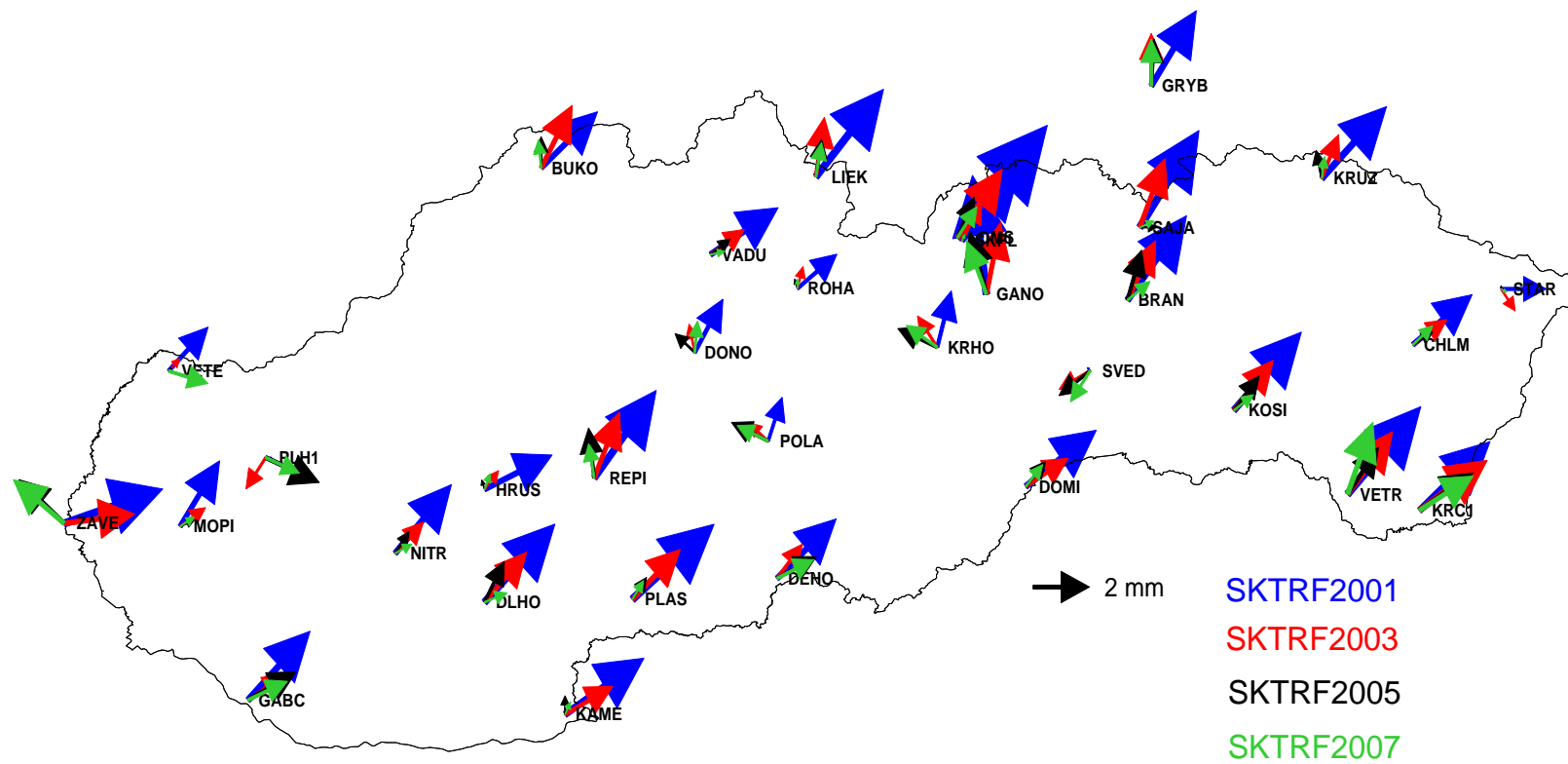




Obr. 12 Zmeny polohy bodu BBYS v systéme ETRS 89



Obr. 13 Zmeny bodu BBYS z priamo meraných údajov v systéme ITRS



Obr. 14. Horizontálne rýchlosti bodov SGRN

3. HORIZONTÁLNE POHYBY POVRCHU SLOVENSKA

Od roku 1993 sa zriaďovali geodetické body, na ktorých sa vykonávajú v dvojročných intervaloch epochové merania využívajúce technológie GPS. Táto sieť bodov označená ako SGRN (Slovenská geodynamická referenčná sieť) je triedou B v Štátnej priestorovej sieti. Sieť sa postupne rozšírila na 50 geodynamických bodov, ale nie všetky sa podarilo ochrániť pred zničením. Zatiaľ bolo realizovaných osem kampaní, opakovaných epochových meraní s rôznou dĺžkou observácie na rôznej množine bodov. Merania boli v rozsahu od 24 po 120 hodín počas kampane.

Na spracovanie všetkých kampaní v SGRN sme použili univerzitný softvér Bernese, vyvinutý Astronomickým inštitútom Univerzity v Berne. Všetky kampane SGRN 1993 až 2007 sme riešili samostatne ako voľné siete. Každá epocha bola riešená samostatne ako sieť pripojená k referenčnému rámcu ITRFyy prostredníctvom jedného referenčného bodu, kde yy je označenie realizácie ITRS platnej v epoche merania. Do spracovaní všetkých kampaní SGRN boli začlenené aj merania na európskych permanentných staniciach IGS (International Geodetic Network) a EPN. Účelom spoločného spracovania SGRN so stanicami IGS a EPN je zabezpečiť transformáciu bodov SGRN do ITRFyy, resp. ETRFyy.

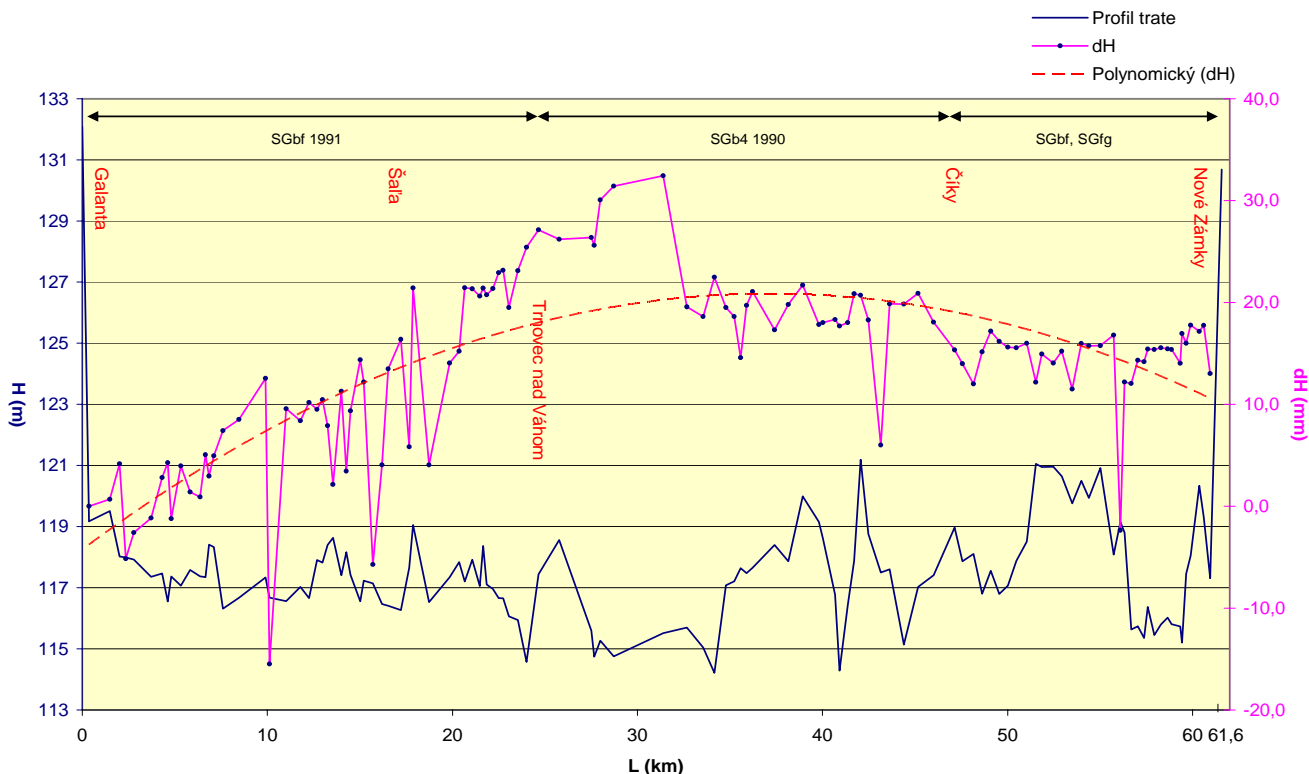
Do globálneho modelu spoločného spracovania odhadu súradníc a ročných rýchlostí bodov vstúpili všetky relevantné epochové merania uskutočnené v období 1993 až 2007. Ročné rýchlosti sme začali počítať len pre tie body, na ktorých boli v rozmedzí minimálne 4 rokov vykonané minimálne 3 epochové merania. Táto skutočnosť ovplyvňuje rôznorodosť v kvalite určenia odhadu parametrov tak prvého, ako aj druhého rádu. Veľkosť a orientácia rýchlosti sú znázornené na obr.14. V tomto obrázku sú vykreslené rýchlosti z rámcov SKTRF2001 až SKTRF2007. Je zrejmé, že s predlžujúcim sa intervalom pozorovania sa odhady lokálnych rýchlostí zmenšujú a spresňujú. V riešení SKTRF2007 lokálne rýchlosti dosahujú hodnotu 1 až 2 mm za rok, čo je na hranici presnosti určenia a môže čiastočne ovplyvňovať smery orientácie vektora rýchlosti.

4. NIVELAČNÉ MERANIA

Pri určovaní výšok sa najvyššia presnosť dosiahne technológiou presnej digitálnej geometrickej nivelácie. V roku 2007 bola realizovaná v nivelačných tratiach/ťahoch Galanta – Nové Zámky a Kráľova hoľa – Ratkovská Suchá.

Nivelačné meranie na trati Galanta - Nové Zámky je realizované meraním na geodetických bodoch stabilizovaných na objektoch pozdĺž komunikácie na trase Galanta, Šaľa, Trnovec nad Váhom, Tvrdosovce, Čiky, Nové Zámky. Na obr. 15 je vynesенý výškový profil ťahu, znázornená veľkosť výškových zmien na geodetických bodoch získaná

z porovnania opakovaného merania medzi posledným meraním v roku 2007 a predchádzajúcim meraním v roku 1990 resp. 1991. Na grafe porovnania výšok sú rozdiely na jednotlivých bodoch, pričom niektoré body sú umiestnené aj na malých cestných priepustoch. Práve na týchto bodoch sú maximálne rozdiely.

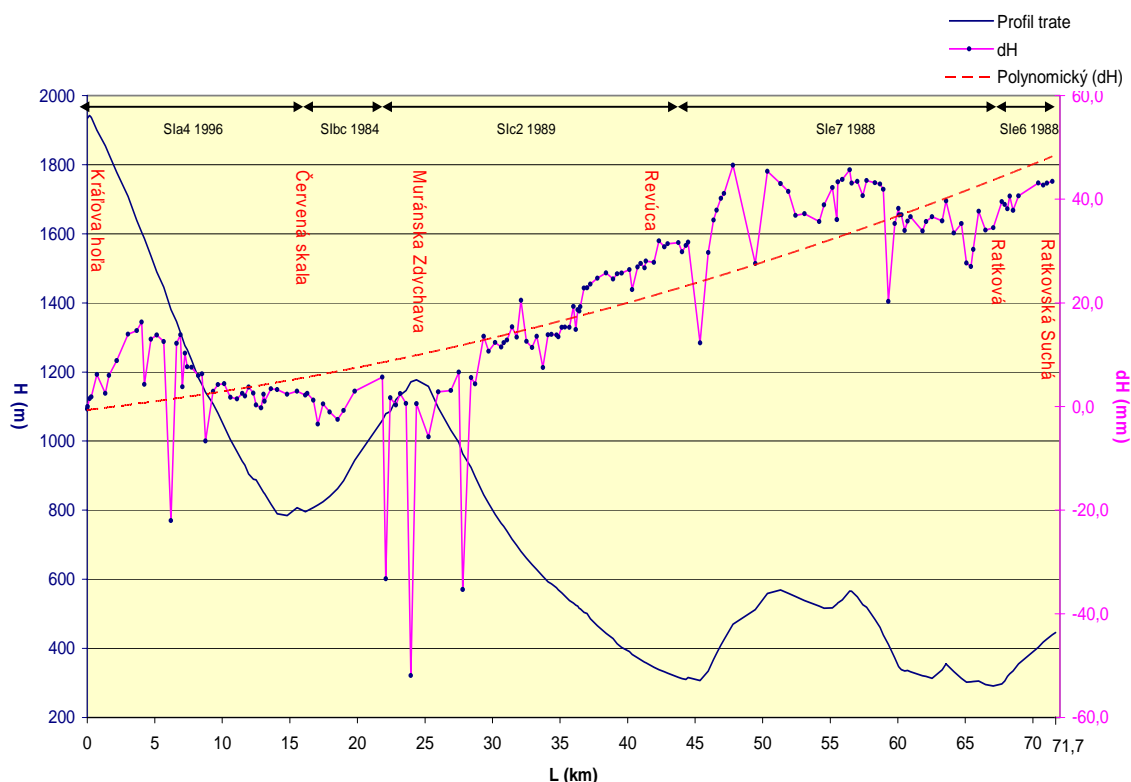


Obr. 15. Zmeny výšok povrchu na trati Galanta – Nové Zámky

Nivelačná trať meria 61,5 km a vyhodnotených je 119 geodetických bodov, čo je ich priemerná odľahlosť 500 m. Keďže sa jedná o Podunajskú nížinu výškový profil je v rozmedzí 7 metrov. Ak preložíme polygón medzi výškové rozdiely určené na jednotlivých bodoch vidíme, že rozdiely dosahujú kladné hodnoty do cca 20 mm. Ak by sme rýchlosť pohybu určili ako podiel rozdielu výšok s rokmi, ktoré uplynuli medzi merania, tak môžeme konštatovať hodnoty nad 1,5 mm/rok.

Nivelačná trať Kráľova hoľa – Ratkovská Suchá (obr.16) je vedená po komunikáciách s asfaltovým povrchom a spevnených lesných cestách. Popri týchto komunikáciách sú stabilizované geodetické body na objektoch ako sú priepusty, domy, mosty ale aj skaly a špeciálne stabilizácie geodetických bodov. Z pohľadu výškového profilu nivelačnej trate o celkovej dĺžke 71,7 km je extrémnou na území Slovenska. Výškový rozdiel predstavuje cez 1 600 m a to z vrcholu Kráľovej Hole 1942m do 291m v Ratkovej. Trať je meraná z vrcholu Kráľovej Hole cez Šumiac do Červenej Skaly. V 20 km prechádza na lesnú cestu a po nej vedie do Muránskej Zdychavy, Revúčky, Revúcej, Sirku a končí nad Ratkovou. Časový odstup merania v jednotlivých častiach trate je rôzny od roku 1984 po 1996. Porovnanie

výšok je na 172 geodetických bodoch, čo je ich priemerná odľahlosť 417 m. Tri extrémne poklesy v lokalite Muránskej Zdychavy sú na značkách osadených na balvanoch, ktoré asi zaznamenali pohyb po svahu. Do 30 km trate sú rozdiely medzi opakovanými meraniami okolo nuly (-5 mm až +10 mm). Od 30 km môžeme sledovať mierne systematické stúpanie až k hodnote + 40 mm za cca 20 rokov, čo predstavuje rýchlosť 2 mm za rok.



Obr. 16. Zmeny výšok povrchu na trati Kráľova hoľa – Ratkovská Suchá

5. ZÁVER

Doterajšia prevádzka SKPOS preukazuje možnosť, že časom získame dostatok kvalitných údajov aj za účelom vyhodnotenia geodynamických zmien zo všetkých staníc zapojených do SKPOS. Je stále snaha vybudovať ďalšie stanice, ktoré by mali spĺňať požiadavky na geodynamický monitoring. Z pohľadu nasadenia technológie sme sa zaradili medzi popredné krajiny, ktoré využívajú najmodernejšiu technológiu na geodetické práce a permanentný geodynamický monitoring. Zatiaľ sa však nepreukazuje možnosť použiť túto technológiu na presné určenie výškových zmien, preto aj pre rok 2008 sme zaradili do plánu opakované nivelačné merania vo vybraných lokalitách. Výsledky epochových meraní v SGRN potvrdili doterajší trend pohybov povrchu Slovenska smerom na severovýchod, aj keď v niektorých bodoch možno od tohto prevládajúceho smeru pozorovať odchýlky.

INTERNETOVÉ ZDROJE

<http://www.geodesy.gov.sk/koncepcie/krqz6-10.pdf> Koncepcia rozvoja geodetických základov na roky 2006 – 2010. ÚGKK SR, 2006 Bratislava.

<http://www.epncb.oma.be> Stránky EUREF - EPN

<http://www.skpos.gku.sk/> Stránky SKPOS

<http://www.iers.org/> Stránky Medzinárodnej služby rotácie Zeme

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

SPRÁVA O RIEŠENÍ ÚLOHY V ROKU 2007
ZA TÉMU 02

PRÍLOHA 2.2

MERANIA POHYBOV NA ZLOMOCH

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Ľubomír Petro, CSc.
ŠGÚDŠ, Košice

1. ÚVOD

V rámci monitorovania pohybov pozdĺž zlomov pomocou dilatometrov typu TM 71 boli v roku 2007 realizované merania na 7 lokalitách. Prehľad meraní uvádza tabuľka 1.

Tab. 1. Prehľad meraní mikroposunov na zlomoch dilatometrami TM-71 v roku 2007

Lokalita	Označenie dilatometra	Počet / dátum meraní
Košícký Klečenov	KK-1	4 (1 prestavenie*)
		(27. február, 26. apríl*, 27. jún, 2. november)
	KK-2	4 (1 prestavenie*)
		(27. február, 26. apríl*, 27. jún, 2. november)
Branisko	-	5
		(23. február, 27. apríl, 28. jún, 28. august, 5. november)
Demänovská jaskyňa Slobody	-	3
		(30. apríl, 14. august, 12. november)
Ipeľ	-	3
		(25. január, 24. apríl, 13. november)
Banská Hodruša	-	2
		(25. január, 24. apríl)
Vyhne	-	2
		(25. január, 24. apríl)

Okrem toho prebiehali v spolupráci s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín (ÚSMH) Akademie Věd ČR v Prahe merania na lokalite Dobrá Voda, ktorá bola vybratá na monitorovanie vzhľadom na tektonickú a seizmickú aktivitu oblasti. Pracovníci ÚSMH inštalovali v oblasti Malých Karpát ďalších 10 dilatometrov (spravidla v jaskyniach). Po vyriešení formy vzájomnej spolupráce budú v budúcnosti aj tieto lokality zahrnuté do ČMS.

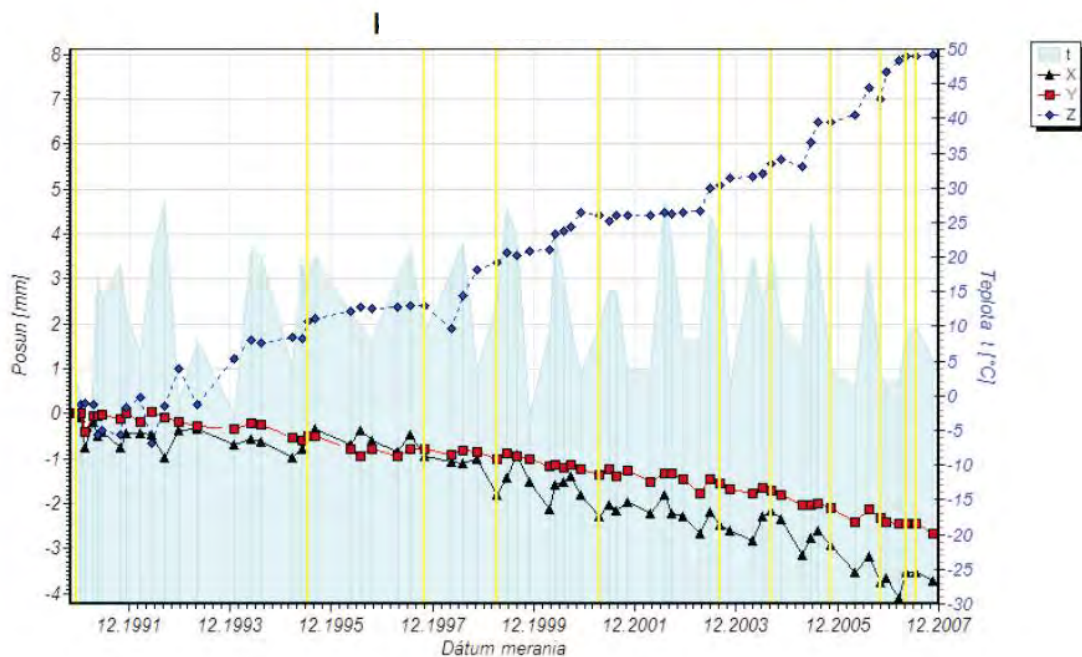
2. VÝSLEDKY MONITOROVANIA

2.1 Lokalita Košícký Klečenov

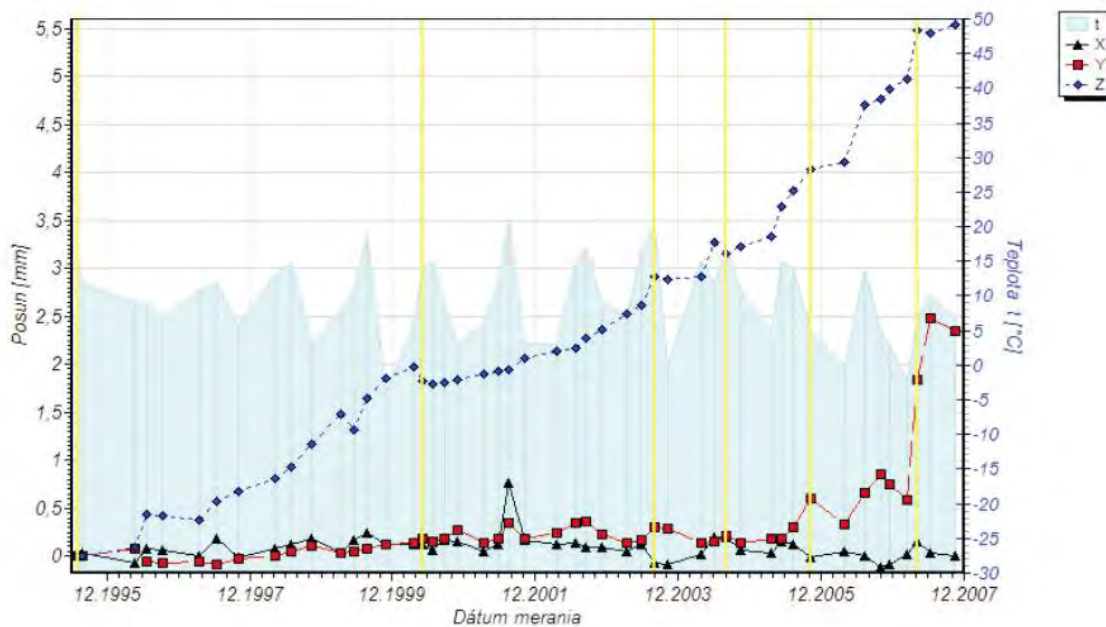
Lokalita predstavuje jeden z najväčších plošných zosuvov na Slovensku (cca 11 km²) vyvinutý na západnom okraji stratovulkánu Strechový vrch (Slanské vrchy). Tento okraj je tektonický a úzko súvisí so vznikom rozsiahlych blokových porúch. Neotektonickú aktivitu zlomu naznačujú aj výsledky dlhodobých meraní mikroposunov dvomi dilatometrami TM-71 (napr. Petro et al., 2001 a 2004; Košťák et al., 2007).

V roku 2007 bol potvrdený vertikálny pohyb oboch tektonických blokov, a to oboma prístrojmi (obr.1). Z grafov posunov je zrejmé zníženie jeho rýchlosti (cca 0,5 mm/rok). Celková hodnota posunu dosahuje 8 mm, resp. 5,5 mm. Použitie nového softvéru na spracovanie dát naznačuje možnú systematickú chybu v zmysle pohybu oboch blokov.

Definitívne potvrdenie poklesávanie blokov potvrdí až kontrolná interpretácia na USMH. Okrem vertikálneho pohybu zaznamenal prístroj KK1 aj pravostranný posun blokov voči masívu, resp. voči sebe.



Obr.1. Meranie posunu tektonických blokov dilatometrom KK1(TM-71) inštalovaným na lokalite Košický Klečenov

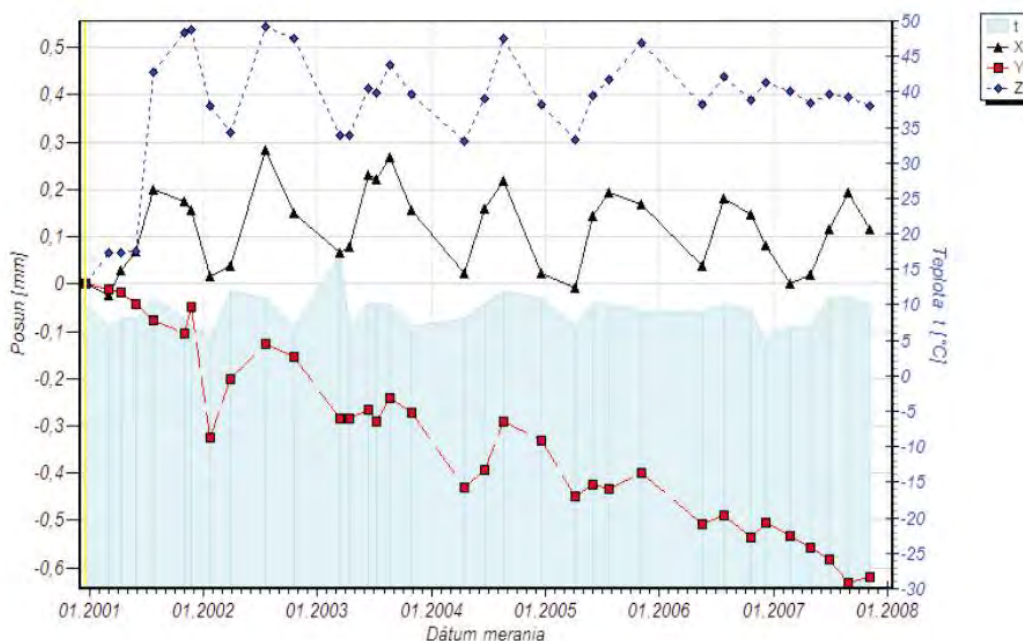


Obr.2. Meranie posunu tektonických blokov dilatometrom KK2 (TM-71) inštalovaným na lokalite Košický Klečenov

V období koniec februára a začiatok marca zaznamenal prístroj KK2 náhly, asi 2 mm pravostranný posun horného bloku voči masívu a zároveň jeho rotáciu. Tento pohyb mohol súvisieť so slabým zemetrasením ($M=0,6$), ktoré postihlo Slanské vrchy začiatkom februára.

2.2 Lokalita Branisko

Dilatometer bol osadený na šindliarskom zlome, v štôlni paralelnej s diaľničným tunelom Branisko, ktorá má v súčasnosti funkciu únikového východu. Z doterajších výsledkov meraní je zrejmé, že tektonická porucha je aktívna a má charakter pravostranného horizontálneho posunu. Dôkazom aktivity zlomu je aj vznik niekoľkých otvorených trhlín, paralelných s priebehom zlomu, vo vnútri tunelovej rúry. V roku 2007 dosiahol celkový pravostranný posun tektonických blokov viac než 0,6 mm. Počiatočný pokles 0,5 mm z konca roku 2001 sa zvolnil a koncom roka 2007 ustálil približne na hodnote 0,38 mm. V prípade pokračovania pohybov bude potrebné zvážiť sanáciu trhlín, aby nedošlo k pretrhnutiu tesniacich fólií a následnému prieniku vody do tunela.

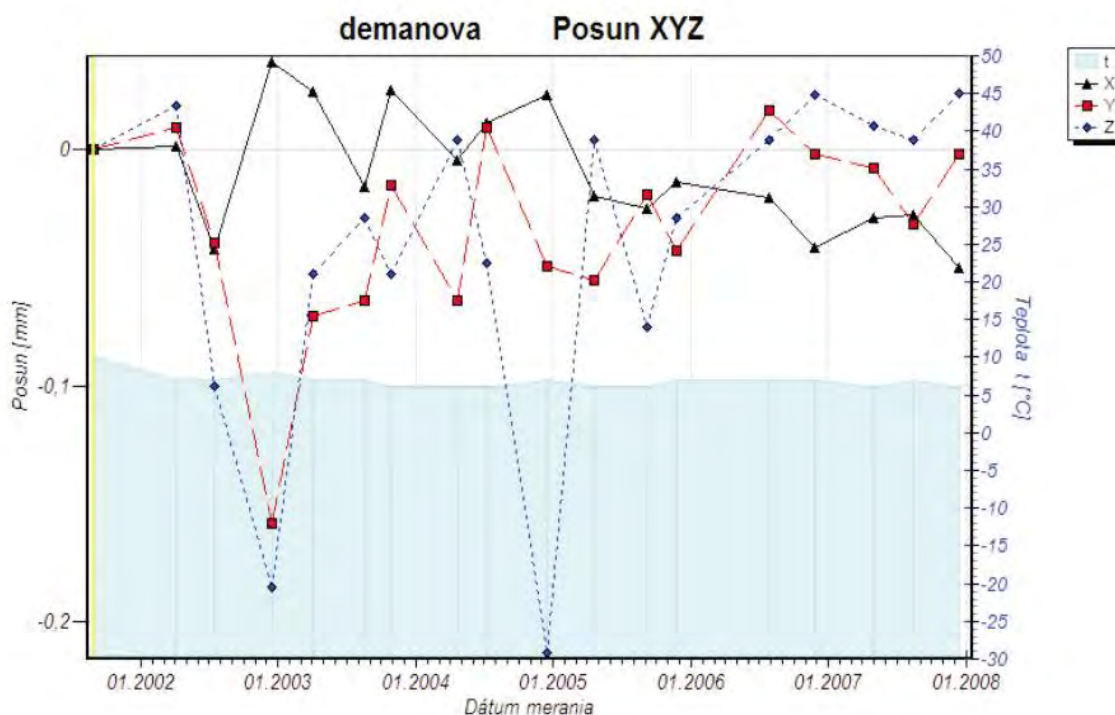


Obr. 3. Meranie posunu tektonických blokov dilatometrom TM-71 inštalovaným pri východnom portáli únikovej štôlnie tunela Branisko.

2.3 Lokalita Demänovská jaskyňa Slobody

Monitoring sa vykonáva v tzv. Čarovnej chodbe, na zlome ktorý predstavuje jeden z dvoch hlavných tektonických systémov, pozdĺž ktorých jaskyňa vznikla. Ide o poklesový zlom, ktorý je paralelný s hlavným, tzv. jaloveckým zlomom (Hók et al., 2000). Doterajšie výsledky monitorovania nepotvrdili jednoznačne súčasnú tektonickú aktivitu zlomu. Pohyb

v roku 2007 neprekročil 0,05 mm ani v jednej z monitorovaných osí. Vzhľadom na významnosť lokality bolo však navrhnuté v monitorovaní zlomu naďalej pokračovať.



Obr. 4. Meranie posunu tektonických blokov dilatometrom TM-71 inštalovaným v Čarovnej chodbe Demänovskej jaskyne Slobody

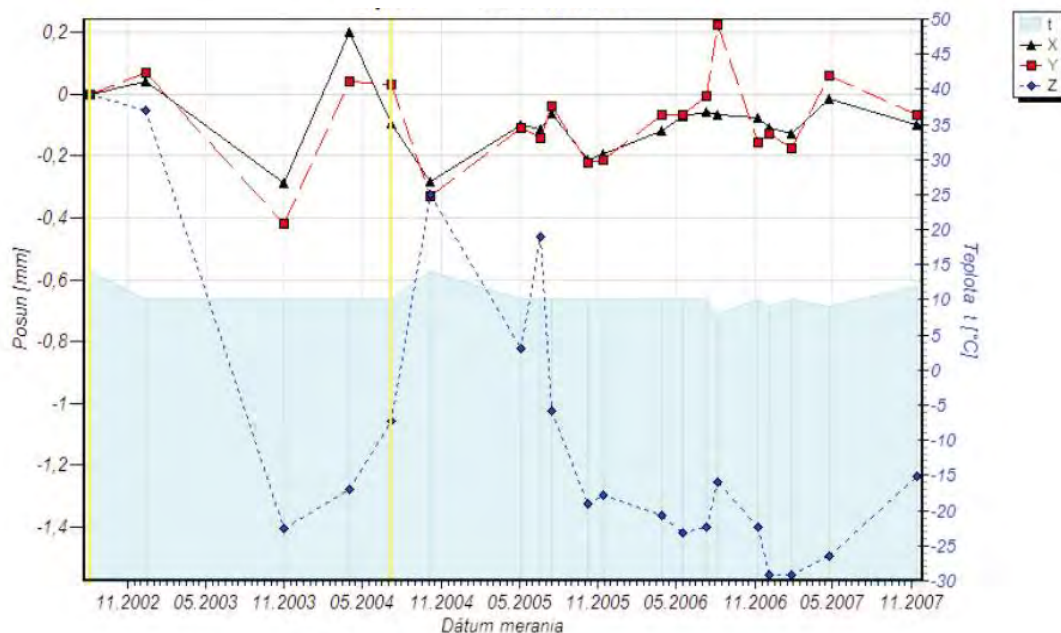
2.4 Lokalita Ipeľ

Lokalita sa nachádza v sz. časti Stolických vrchov, neďaleko obce Ipeľ. Dilatometer je osadený v opustenej prieskumnej štôlni Izabela, na jednom zo zlomov paralelných s hlavným muránskym zlomom. Doterajšie výsledky preukázali maximálny pokles jv. bloku o 1,55 mm. Od začiatku roku 2007 sa tento blok zdvihol o 0,3 mm. Pohyby v ďalších dvoch osiach oscilovali v intervale 0,2 mm a nevykazujú žiadny trend. Na tejto lokalite sa v rámci prieskumu pre plánovanú výstavbu PVE uskutočňuje aj dlhodobé geodetické sledovanie pohybov povrchu. V roku 2005 tu bol inštalovaný seizmograf (VUJE Trnava). Odporúčame koreláciu dát získaných uvedenými monitorovacími metódami.

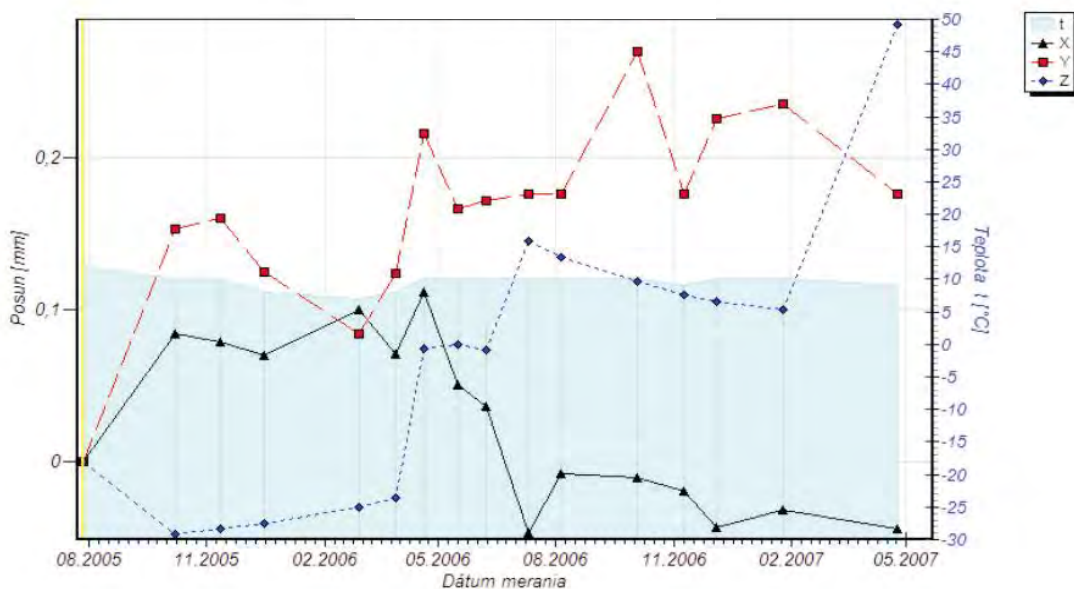
2.5 Lokalita Banská Hodruša

Prístroj TM-71 bol inštalovaný v andezitových horninách banskoštiavnického stratovulkánu, presnejšie vo vnútri štôlni Vŕchovských (v. okraj Banskej Hodruše) v júli 2005 na križovaní dvoch tektonických porúch (SV-JZ a SZ-JV). Jedna z porúch predstavuje kedysi dobývanú rudnú žilu. Napriek krátkej dobe merania (16 meraní) bol zistený menší posun (0,26 mm) v osiach y a z. Prvý predstavuje pravostranný posun, druhý vertikálne

posunutie monitorovaných blokov. Serióznejšia interpretácia výsledkov a potvrdenie tektonickej aktivity bude vyžadovať dlhodobéjšie meranie, preto navrhuje pokračovanie monitoringu v ďalšom období.



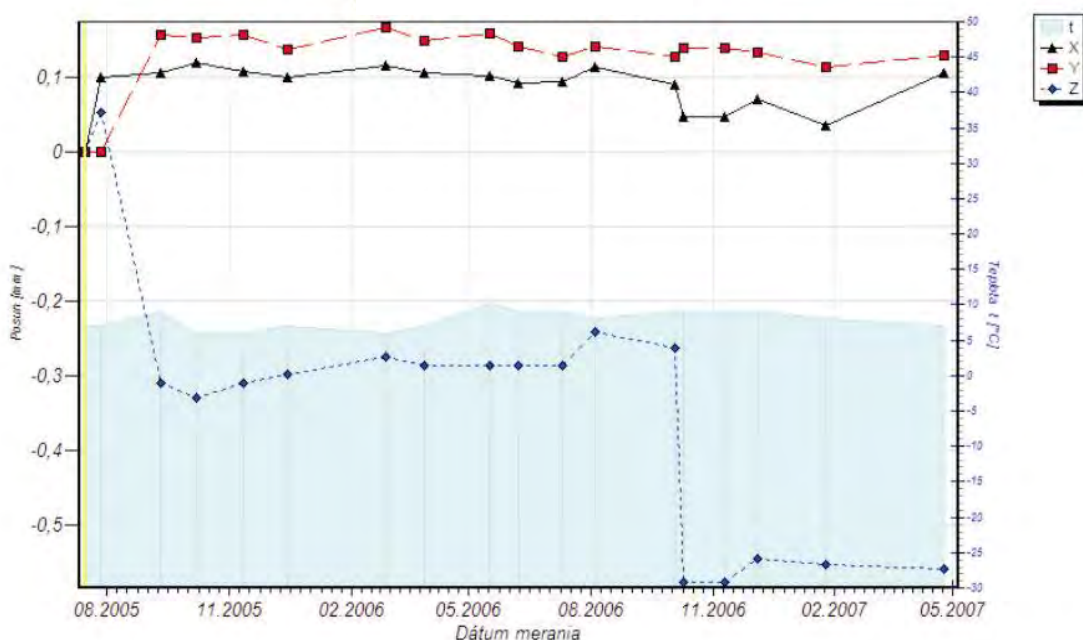
Obr. 5. Meranie posunu tektonických blokov dilatometrom TM-71 inštalovaným v prieskumnej štôlni Izabela pri obci Ipeľ.



Obr. 6. Meranie posunu tektonických blokov dilatometrom TM-71 inštalovaným na v. okraji Banskej Hodruše (vo vnútri štôlne Vŕchvätých.)

2.7 Lokalita Vyhne

Na tejto lokalite bol dilatometer TM-71 inštalovaný pri v. okraji obce Vyhne, presnejšie vo vnútri štôlne Anton Paduánsky, v júli 2005. Monitorovaný zlom smeru S-J (smer sklonu 278/70°) porušuje porfyrický granodiorit (tzv. vyhnianska drvená žula) kryštalinika veporíd. Doterajšie výsledky meraní (17 meraní) preukázali zreteľný vertikálny posun blokov o 0,55 mm. Vzhľadom na krátku dobu monitorovania ide o významný posun. Z grafu posunov je zrejмый náhly vertikálny pohyb blokov v období september-október 2006. Lokalitu odporúčame monitorovať aj naďalej, a vykonávať tiež koreláciu s výsledkami seizmických záznamov za rovnaké obdobie, zistenými seizmografom inštalovaným v neďalekej štôlne, ako aj špeciálnym náklonomerom na registráciu slapových vplyvov (GÚ SAV Bratislava).



Obr. 7. Meranie posunu tektonických blokov dilatometrom TM-71 inštalovaným na v. okraji obce Vyhne (vo vnútri štôlne Anton Paduánsky)

2.7 Lokalita Dobrá Voda

Lokalita bola vybratá na monitorovanie vzhľadom na tektonickú a seizmickú aktivitu oblasti. Dilatometer bol inštalovaný pracovníkmi USMH v Prahe v spolupráci so ŠGÚDŠ Bratislava v máji 2004. Je situovaný na morfológicky výraznom sv-jz zlome pri severnom okraji obce Dobrá Voda, na ktorom bola preukázaná tektonická aktivita v holocéne (Halouzka in Maglay et al., 1999). Napriek pomerne krátkej dobe merania sa podarilo prístrojom preukázať recentný ľavostranný posun tektonických blokov, ktorý dobre korešponduje so zemetrasením z 13. 3. 2006 pri obci Vrbové (Briestenský et al., 2007). Zemetrasenie malo magnitúdo 3.2 a intenzitu 5°EMS. V roku 2007 nebol na lokalite zistený významnejší pohyb.

3. LITERATÚRA

Briestenský, M., Stemberk, J. & Petro, Ľ., 2007: Displacements registered around the 13 March 2006 Vrbové earthquake $M=3.2$ (Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 58, 5, 487-493.

Hók, J.-Bielik, M.-Kováč, P.-Šujan, M.: Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca*, 2000, 32, 459-470

Košťák, B., Cacoň, S., Dobrev, N.D., Avramova-Tačeva, E., Fecker, E., Kopecký, J., Petro, Ľ., Schweitzer, R. & Nikonov, A.A., 2007: Observations of tectonic microdisplacements in Europe in relation to the Iran 1997 and Turkey 1999 earthquakes. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, Springer, 43, 6, 503-516.

Maglay, J., Halouzka, R., Baňacký, V., Pristaš, J., Janočko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000. MŽP SR, Bratislava, 1999.

Petro, Ľ., Bella, P., Polaščinová, E., Hók, J. a Stercz, M., 2004: Monitorovanie tektonických pohybov v Demänovskej jaskyni Slobody. *Aragonit 9*, Vyd. SSJ Lipt. Mikuláš 26-29.

Petro, Ľ., Vlčko, J., Košťák, B. & Polaščinová, E., 2001: Movement measurements on block and active tectonic failures in Western Carpathians. In: G. Cello, L. Mattioni & E. Tondi (Eds.) „Active faultes: analysis, processes and monitoring“, Abstract volume from Int. workshop, Camerino (May 3 - 6), Italy, 122-124.

Petro, Ľ., Vlčko, J., Ondrášik, R & Polaščinová, E., 2004: Current studies on late tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engineering Geology*, Elsevier, 74, 1-2, 103-112.

Geofyzikálny ústav
Slovenská akadémia vied
Bratislava



Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami Geofyzikálneho ústavu SAV v roku 2007

Autori: RNDr. Andrej Cipciar
Mgr. Miriam Kristeková, PhD.

Bratislava
apríl 2008

Vypracované v rámci zmluvy o dielo č. 514/06 medzi
GFÚ SAV a Štátnym geologickým ústavom D. Štúra

Zodpovedný riešiteľ: Prof. RNDr. Peter Moczo, DrSc.

OBSAH

1 ÚVOD	3
2 SUBSYSTÉM Č. 2 ČIASTKOVÝCH MONITOROVACÍCH SYSTÉMOV	5
3 ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA MONITOROVACEJ SIETE	5
4 SPÔSOBY REGISTRÁCIE A PRENOSU ZAZNAMENANÝCH ÚDAJOV	7
5 SLEDOVANÉ UKAZOVATELE A METÓDY ICH VYHODNOTENIA	9
6 ANALÝZA SEIZMICKÝCH ZÁZNAMOV ZO STANÍC NSSS, SEIZMOMETRICKY LOKALIZOVANÉ ZEMETRASENIA S EPICENTROM NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY	12
6.1 Seizmická stanica Železná studnička (ZST)	12
6.2 Seizmická stanica Červenica (CRVS)	13
6.3 Seizmická stanica Vyhne (VYHS)	14
6.4 Seizmické stanice Iža (SRO1), Moča(SRO2) a Šrobárová (SRO)	14
6.5 Seizmická stanica Hurbanovo (HRB)	15
6.6 Seizmická stanica Modra (MODS)	15
6.7 Seizmická stanica Kečovo (KECS)	16
6.8 Seizmická stanica Kolonické sedlo (KOLS)	17
6.9 Seizmická stanica Likavka (LIKS)	18
6.10 Seizmická stanica Stebnícka huta (STHS)	19
6.11 Porovnanie obdobia 1.1.2007-31.12.2007 s predchádzajúcimi obdobiami	20
6.12 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v roku 2007 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky	22
7 MAKROSEIZMICKY POZOROVANÉ ZEMETRASENIA NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY	25
8 ZÁVERY	25

1 ÚVOD

Jedným z cieľov subsystému č. 2 (Tektonická a seizmická aktivita územia) 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 (kapitola 2).

Nepretržitá registrácia seizmických javov bola vykonávaná v roku 2007 na 9 seizmických staniciach Národnej siete seizmických staníc - ZST, CRVS, VYHS, MODS, HRB, KECS, KOLS, LIKS, a STHS. Seizmické stanice SRO, SRO1 a SRO2 boli kvôli stavebno-technickým problémom mimo prevádzky. Všetky seizmické stanice zaznamenávajú kontinuálne rýchlosť seizmického pohybu pôdy. Všetky stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. Základná charakteristika Národnej siete seizmických staníc je uvedená v kapitole 3.

Na lokalitách seizmických staníc je pomocou seizmometrov nepretržite meraná rýchlosť seizmického pohybu pôdy. Zaznamenané údaje sú následne prenášané do dátového centra v Geofyzikálnom ústave SAV v Bratislave v reálnom čase (okrem stanice HRB). Dátové centrum zhromažďuje okrem údajov z 12 staníc národnej siete aj zaznamenané údaje z vybraných staníc krajín strednej a juhovýchodnej Európy. Celkovo sú v reálnom čase zhromažďované a analyzované údaje zo 75 seizmických staníc. Týchto 75 seizmických staníc tvorí Virtuálnu sieť seizmických GFÚ SAV. Používané typy registrácie a spôsoby prenosu zaznamenaných údajov do dátového centra sú popísané v kapitole 4.

Získané záznamy seizmických javov sú analyzované. Osobitná pozornosť je venovaná zemetraseniam s epicentrom v záujmovej oblasti (územie Slovenska a hraničné oblasti okolitých štátov) a makroseizmicky pozorovaným zemetraseniam na území Slovenska. Okrem seizmometrických údajov sú zhromažďované a analyzované aj makroseizmické údaje o zemetraseniach. Spracované údaje o zemetraseniach vstupujú do štandardnej medzinárodnej výmeny údajov v rámci celosvetovej seizmickej siete. Dátové centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu a sú posielané e-mailom do European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC), Úradu civilnej ochrany a na ďalšie vybrané e-mailové adresy. Základné informácie o metódach spracovania získaných údajov o zemetraseniach a o mechanizme výmeny údajov medzi Geofyzikálnym ústavom SAV a medzinárodnými dátovými centrami sú uvedené v kapitole 5.

Pre verejnosť sú automatické lokalizácie zemetrasení k dispozícii na web stránke www.seismology.sk. Okrem automatických lokalizácií sa na spomenutej stránke nachádzajú aj aktuálne a archívne záznamy (pre posledných 30 dní) seizmogramy staníc Národnej siete seizmických staníc. Počet návštev stránky bol v roku 2007 približne 26400.

V roku 2007 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných viac ako 5850 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov. Lokalizovaných bolo 72 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenska. Základné informácie o počte zaznamenaných a interpretovaných seizmických javov spolu s podrobnými údajmi o seizmometricky lokalizovaných zemetraseniach s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenska sú uvedené v kapitole 6.

Okrem týchto zemetrasení boli zo záznamov seizmických staníc NSSS lokalizované a analyzované tragické explózie vo VOP Nováky zo dňa 2.3.2007. Štandardnými metódami analýzy seizmických záznamov spolu s novými metódami analýzy záznamov v časovo-frekvenčnej oblasti boli identifikované 4 hlavné explózie a určené časy ich vzniku a indikované ďalšie 2 slabšie explózie. Analýzy indikovali aj rôzny mechanizmus / kontakt s podložím u niektorých z explózií. Tieto informácie boli poskytnuté vyšetrovateľom z Kriministického a expertízneho ústavu Policajného zboru SR a znamenali pre nich jediný spoľahlivý údaj o presných časoch vzniku jednotlivých explózií.

Makroseizmicky nebolo pozorované v roku 2007 na území Slovenska žiadne zemetrasenie.

2 SUBSYSTÉM Č. 2 ČIASTKOVÝCH MONITOROVACÍCH SYSTÉMOV

Jedným z cieľov subsystému č. 2 (Tektonická a seizmická aktivita územia) 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.

Seizmologická databáza obsahujúca údaje o zemetraseniach s epicentrom na území Slovenska i zemetraseniach, ktoré mali epicentrum mimo územia Slovenska, avšak prejavili sa makroseizmickými účinkami na území Slovenska, je nevyhnutnou súčasťou zhodnotenia seizmického ohrozenia jednak celého územia Slovenskej republiky (napr. pre účely civilnej ochrany), jednak národohospodársky dôležitých lokalít (napr. lokalít jadrových elektrární, veľkých vodných diel, iných energetických komplexov, husto osídlených území).

Analýza a lokalizácia zemetrasení poskytuje aj nezastupiteľné údaje, ktoré sú potrebné pre geologický a tektonický výskum územia Slovenskej republiky a pre výskum štruktúry celého zemského telesa.

3 ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA MONITOROVACEJ SIETE

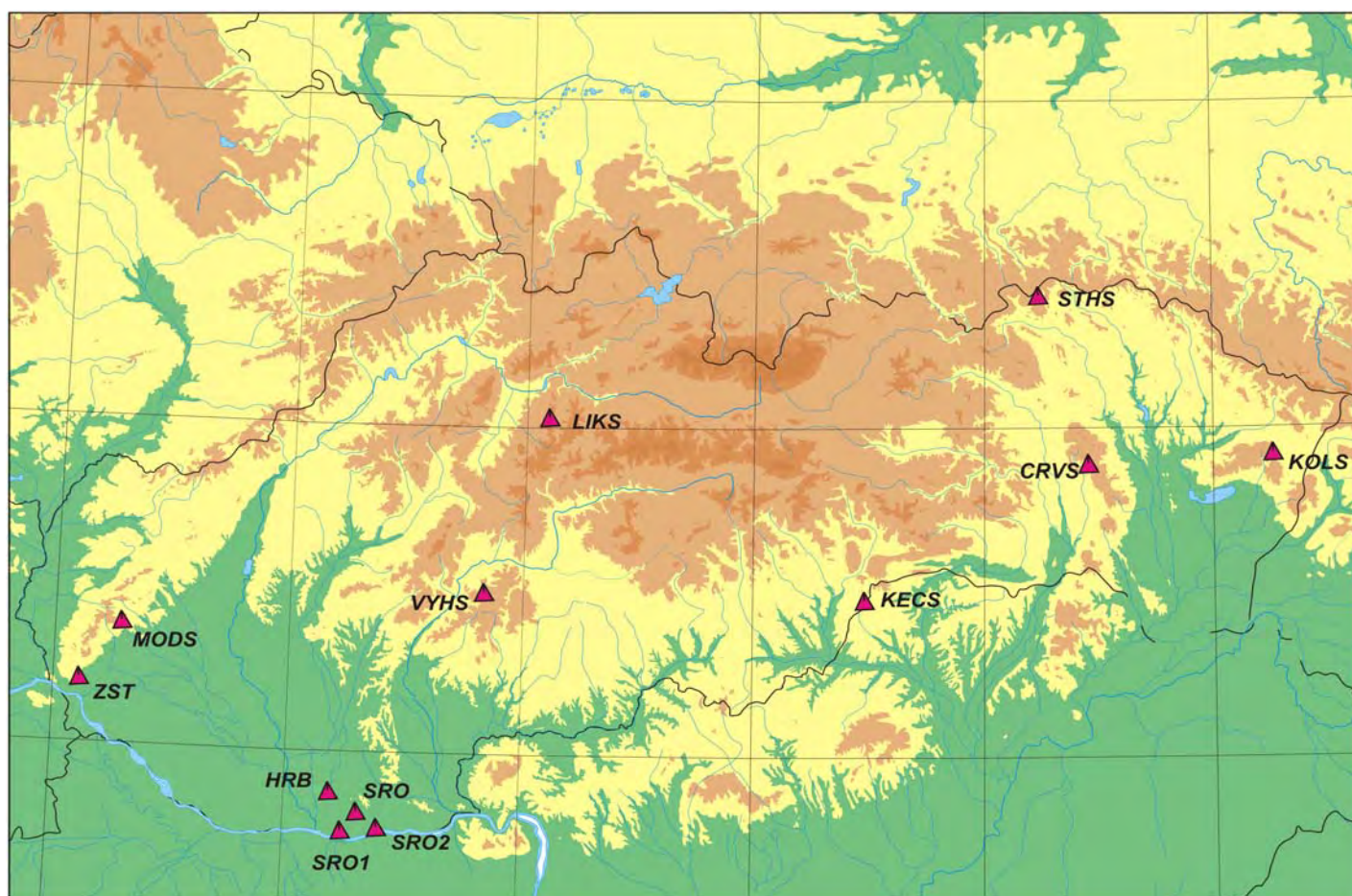
Seizmické javy na území Slovenskej republiky sú monitorované seizmickými stanicami Národnej siete seizmických staníc (NSSS), ktorej prevádzkovateľom je Geofyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied (GFÚ SAV) v Bratislave. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 12 seizmickými stanicami:

- Bratislava - Železná studnička (ZST)
- Červenica (CRVS)
- Vyhne (VYHS)
- Modra (MODS)
- Hurbanovo (HRB)
- Iža (SRO1)
- Kečovo (KECS)
- Kolonické sedlo (KOLS)
- Likavka (LIKS)
- Moča (SRO2)
- Stebnícka Huta (STHS)
- Šrobárová (SRO)

Na seizmických staniach sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu pôdy. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. Na staniach ZST, CRVS, VYHS, KOLS a MODS sú nainštalované širokopásmové seizmometre, ostatné stanice sú vybavené krátkoperiodickými seizmometrami, stanica HRB strednoperiodickým seizmometrom. Zemepisné súradnice jednotlivých seizmických staníc NSSS, spolu s nadmorskou výškou a technickými parametrami, sú v Tab. 3.1. Na území Slovenska sú okrem NSSS v prevádzke aj lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice, ktoré prevádzkuje spoločnosť Progseis v Trnave. Na východnom Slovensku bola vybudovaná lokálna sieť seizmických staníc, ktorú prevádzkuje FMFI UK v Bratislave. Pokrytie územia Slovenskej republiky seizmickými stanicami NSSS je znázornené na Obr. 3.1.

Stanica	ISC kód	Zem. šírka [°N]	Zem. dĺžka [°E]	Nadm. výška [m]	Seizmo-meter	DAS	Vzorkovacia frekvencia [údaj/sek.]	Registrácia, Prenos údajov	Dátový formát
Bratislava Žel. Studnička	ZST	48.196	17.102	250	3x SM-3 3x SKD	PCM	100 20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48.902	21.461	476	STS-2	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Vyhne	VYHS	48.493	18.836	450	STS-2	SEMS	100 20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Modra-Piesok	MODS	48.373	17.277	520	STS-2	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Hurbanovo	HRB	47.873	18.192	115	2x Mainka	Analog	-	-	-
Iža	SRO1	47.7622	18.2328	111	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kečovo	KECS	48.483	20.486	345	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48.933	22.273	460	STS-2	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Likavka	LIKS	49.088	19.309	341	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Moča	SRO2	47.763	18.394	109	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49.417	21.244	534	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Šrobárová	SRO	47.813	18.313	150	3x SKM-3	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED

Tab. 3.1. Národná sieť seizmických staníc - stav v roku 2007.



Obr. 3.1. Národná sieť seizmických staníc - stav v roku 2007.

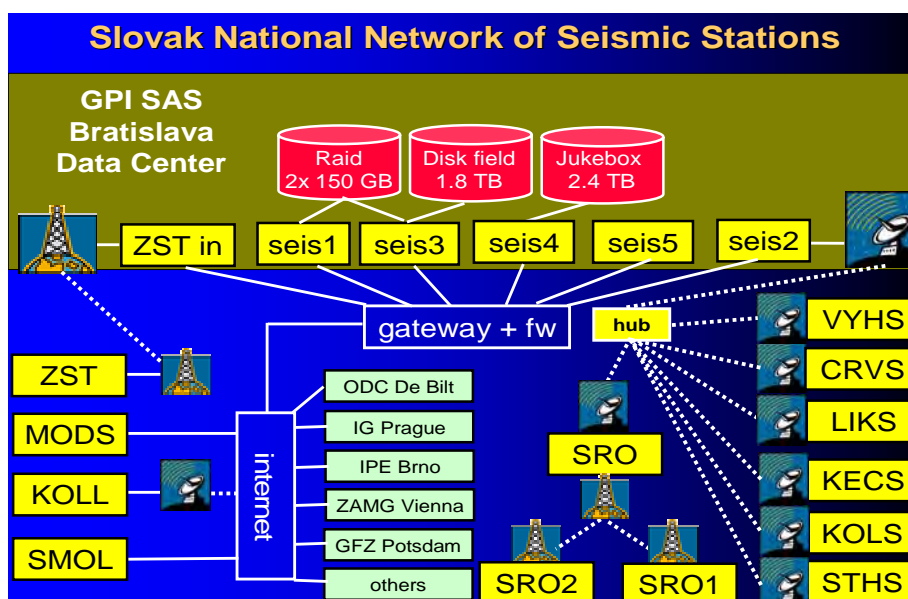
4 SPÔSOBY REGISTRÁCIE A PRENOSU ZAZNAMENANÝCH ÚDAJOV

Na lokalitách seizmických staníc je pomocou seizmometrov nepretržite meraná rýchlosť pohybu pôdy. Meraná rýchlosť pohybu pôdy je kontinuálne zaznamenávaná v digitálnej forme na hard disk staničného počítača a hard disk zberného počítača v dátovom centre GFÚ SAV. V súčasnosti je analógová registrácia v prevádzke jedine na seizmickej stanici HRB, kde je ako záznamové médium používaný začadený papier.

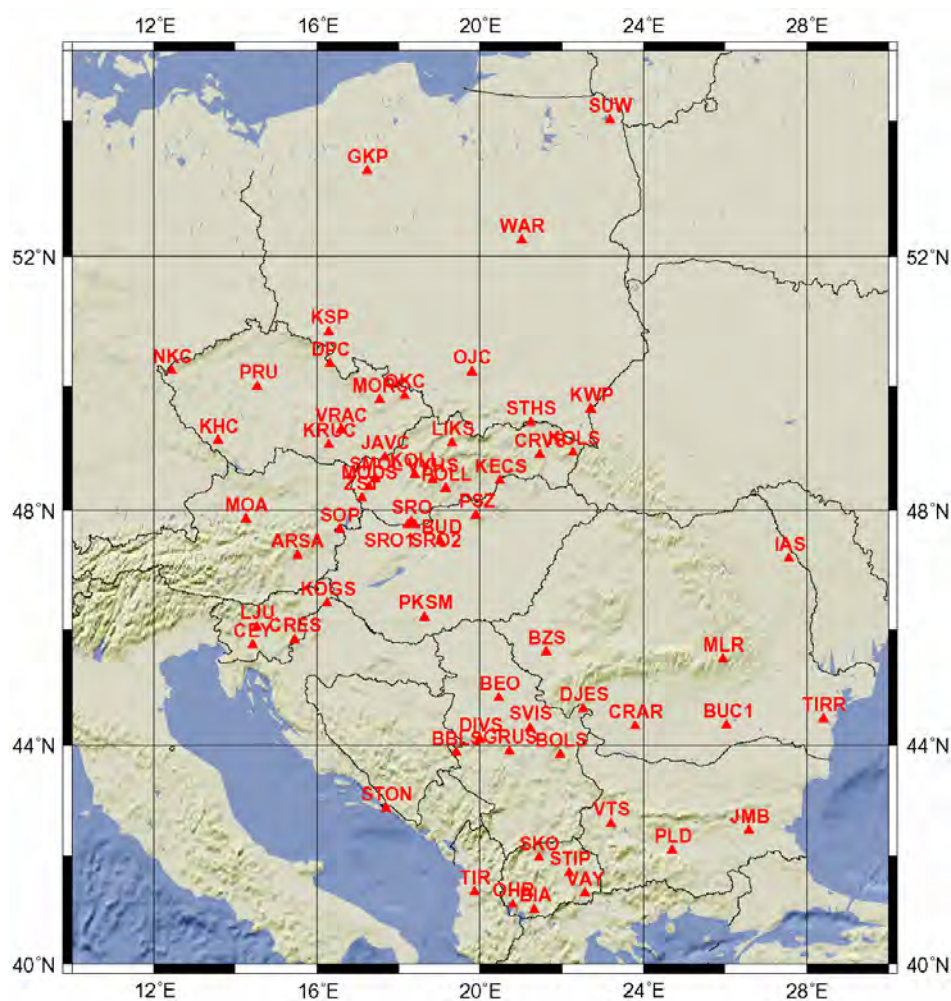
Kontinuálne záznamy zo všetkých seizmických staníc sú prenášané do dátového centra GFÚ SAV okamžite, v tzv. real-time režime (pomocou telemetrie, dátového prenosu cez Internet alebo pomocou satelitného spojenia). Schéma prenosu údajov do dátového centra GFÚ SAV je znázornená na Obr. 4.1. Z obrázku je zrejmé, že pomocou telemetrie sú zaznamenané údaje prenášané zo stanice ZST, pomocou internetového spojenia zo stanice MODS a pomocou satelitného spojenia zo staníc SRO, SRO1, SRO2, VYHS, CRVS, LIKS, KECS, KOLS, STHS.

Okrem zaznamenaných údajov zo seizmických staníc NSSS sú do dátového centra GFÚ SAV prenášané aj údaje zo seizmických staníc spolupracujúcich inštitúcií krajín strednej a juhovýchodnej Európy - Česká republika, Poľsko, Rakúsko, Maďarsko, Bulharsko, Rumunsko, Albánsko, Chorvátsko, Srbsko, Slovinsko, Macedónsko. Týchto 75 seizmických staníc (11 staníc národnej siete a 64 staníc spolupracujúcich inštitúcií) tvorí Virtuálnu sieť seizmických staníc GFÚ SAV znázornenú na Obr. 4.2.

Stav zberu údajov a živé seizmogramy zo staníc NSSS a staníc Smolenice a Kolačno (ktoré patria do lokálnych seizmických sietí prevádzkovaných spoločnosťou Progseis) sú pre verejnosť k dispozícii na stránke <http://www.seismology.sk>. Na tejto stránke sú k dispozícii aj archívne záznamy zo seizmických staníc pre posledných 30 dní. Počet návštev stránky <http://www.seismology.sk> v roku 2007 bol približne 26400. Ukážka archívneho záznamu zo stanice VYHS je na Obr. 4.3.



Obr. 4.1. Schéma prenosu údajov do dátového centra GFÚ SAV v Bratislave.

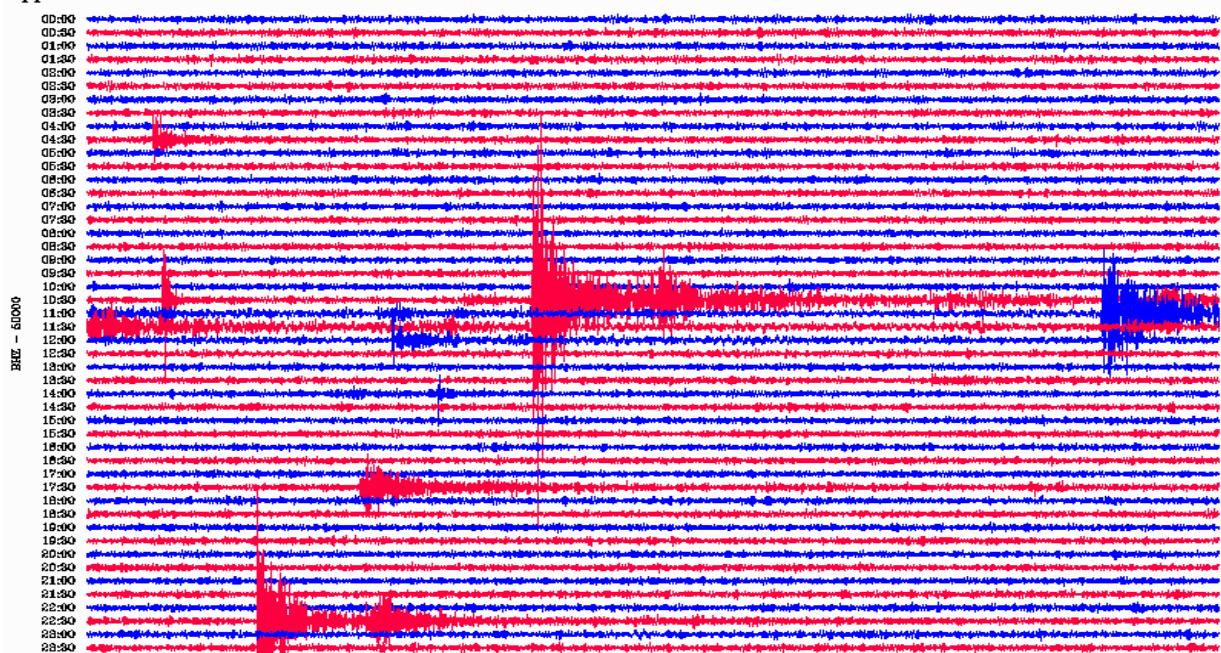


Obr. 4.2. Seizmické stanice Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV.

SK_Vyhne

2005-04-10

Applied filter: WWSSN-SP



Obr. 4.3. Príklad živých seizmogramov.

5 SLEDOVANÉ UKAZOVATELE A METÓDY ICH VYHODNOTENIA

Seizmometrické údaje

V rámci Monitorovania seizmických javov na území Slovenskej republiky je nepretržite meraná rýchlosť seizmického pohybu pôdy seizmometrami umiestnenými na stálych seizmických staniciach NSSS. Analýza zaznamenaných údajov je vykonávaná v dvojkoľkovo:

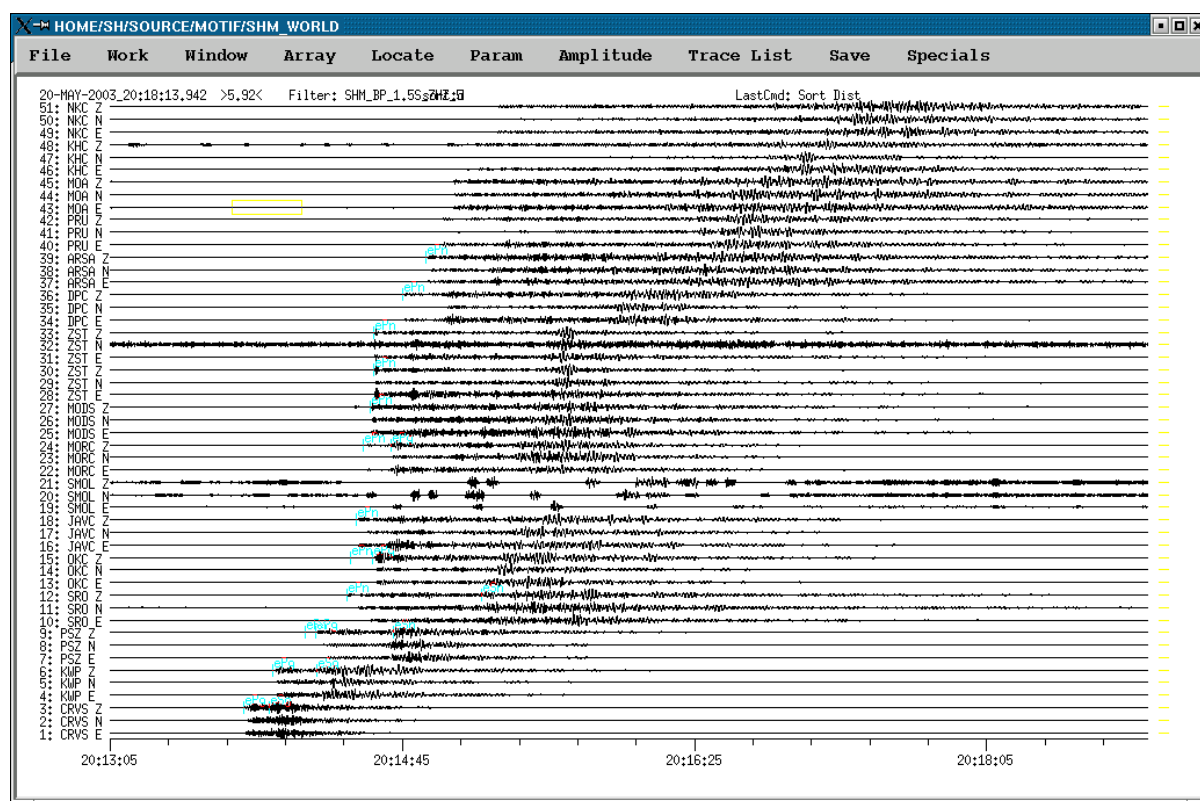
1. automatická analýza a lokalizácia zemetrasení,
2. manuálna analýza a lokalizácia.

1. Automatická lokalizácia je vykonávaná programovým balíkom AutoLoc 1.0 (GFZ Potsdam), ktorý bol nainštalovaný v dátovom centre GFÚ SAV vo februári 2003. Prvá automatická lokalizácia je k dispozícii do 10 minút po vzniku zemetrasenia. Výsledky automatických lokalizácií sú dostupné na <http://www.seismology.sk> (Obr. 5.1.). Automatické lokalizácie sú posielané e-mailom do European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC), Úradu civilnej ochrany a na ďalších 18 vybraných e-mailových adres.

2. Manuálna analýza je vykonávaná softwarovým balíkom SeismicHandler (Obr. 5.2.). Pre každý seizmický jav sú určené časy príchodov jednotlivých druhov seizmických vln (fáz). Pre vybrané zemetrasenia sú určené amplitúdy a periódy vybraných fáz, vypočítané magnitúda a vykonaná lokalizácia. Pokiaľ na vlastnú lokalizáciu nie je dostatok údajov, je poloha epicentra odhadnutá pomocou polarizačnej analýzy a výpočtu epicentrálnej vzdialenosti zo záznamu príslušnej seizmickej stanice alebo prevzatá z inej agentúry.

Date-Time	Latitude	Longitude	Magn.	Region	Type
2004/08/25_20:56:13	50.0 N	18.2 E	ML=2.1	POLAND	L
2004/08/25_06:55:12	51.4 N	16.1 E	ML=3.4	POLAND	L
2004/08/25_05:19:52	52.4 N	142.1 E	mb=5.2	SAKHALIN ISLAND	L
2004/08/25_02:22:17	62.4 N	147.3 W	mb=5.8	CENTRAL ALASKA	L
2004/08/24_23:17:42	50.0 N	18.2 E	ML=1.5	POLAND	L
2004/08/24_10:05:39	30.8 N	89.7 E	mb=5.9	XIZANG	L
2004/08/23_15:36:17	59.5 N	177.7 E	mb=5.1	BERING SEA	L
2004/08/22_18:13:11	38.5 N	74.7 E	mb=4.4	TAJIKISTAN-XINJIANG BORDER REG.	L
2004/08/21_03:33:00	38.5 N	55.5 E	mb=4.9	TURKMENISTAN-IRAN BORDER REGION	L
2004/08/21_01:45:54	25.5 N	165.1 W	mb=6.3	HAWAII REGION	L
2004/08/20_21:19:53	35.8 N	144.1 E	mb=5.5	OFF EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	L
2004/08/20_20:33:05	36.2 N	142.8 E	mb=5.6	OFF EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	L
2004/08/20_17:37:51	23.8 N	123.9 E	mb=5.7	SOUTHWESTERN RYUKYU ISLANDS	L
2004/08/20_11:15:22	47.8 N	16.9 E	ML=2.4	AUSTRIA	L
2004/08/20_05:36:23	55.0 N	166.6 W	mb=5.3	FOX ISLANDS, ALEUTIAN ISLANDS	L

Obr. 5.1. Výsledky automatických lokalizácií seizmických javov. Všetky lokalizácie sú dostupné na <http://www.seismology.sk>



Obr. 5.2. Ukážka manuálnej interpretácie programom SeismicHandler. Zobrazené dátové stopy sú zo staníc Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV.

Makroseizmické údaje

Geofyzikálny ústav SAV zhromažďuje a analyzuje okrem seizmometrických údajov aj makroseizmické údaje o zemetraseniach. Makroseizmické údaje charakterizujú účinky zemetrasenia na ľuďoch, predmetoch, stavbách a prírode. Ak má zemetrasenie makroseizmické účinky na území Slovenska, GFÚ SAV rozosiela makroseizmické dotazníky tým občanom a inštitúciám, ktoré sa písomne alebo telefonicky prihlásili na výzvy zverejnené v masovokomunikačných prostriedkoch.

Údaje obsiahnuté v makroseizmických dotazníkoch a prípadné ďalšie údaje sú vyhodnocované podľa 12 stupňovej makroseismickej stupnice EMS-98. Pre každú lokalitu, z ktorej sú dostupné makroseizmické údaje, je určená makroseizmická intenzita. Jednotlivé lokality - intenzitné body sú vykresľované v mapách. V prípade dostatočného počtu intenzitných bodov sú v mapách vykresľované aj izoseisty (čiary oddeľujúce oblasti s rôznou intenzitou).

Medzinárodná výmena údajov

Geofyzikálny ústav SAV sa podieľa na štandardnej medzinárodnej výmene údajov zo seizmických staníc v rámci celosvetovej seizmickej siete. GFÚ SAV zasiela svoje lokalizácie a údaje zo svojich seizmických staníc, získava údaje zo seizmických staníc okolitých štátov a rýchle predbežné, neskôr upresnené, lokalizácie väčších zemetrasení z medzinárodných centier. Získané údaje GFÚ SAV spätne využíva na ďalšiu analýzu seizmických záznamov zo slovenských staníc. Proces analýzy údajov o zemetrasení je teda interaktívny a iteratívny.

Do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu sú posielané alert správy pre EMSC, ktoré obsahujú automatickú identifikáciu P vln, lokalizáciu zemetrasenia a vypočítané magnitúdy. Dvakrát týždenne je zasielaný z GFÚ SAV tzv. "seismo report" do medzinárodných centier "U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center" (USGS NEIC, USA), "Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM, Francúzsko) a 14 inštitúcií v iných európskych štátoch. "Seismo report" obsahuje časy príchodov identifikovaných fáz, amplitúdy a periódy vybraných fáz, lokálne magnitúda a predbežné epicentrálne vzdialenosti pre jednotlivé zaregistrované zemetrasenia. Na základe týchto informácií medzinárodné centrá vykonávajú predbežné rýchle lokalizácie zemetrasení, ktoré sú spätne zasielané do jednotlivých štátov. V národných centrách sú potom záznamy zemetrasení reinterpretované a upresnené údaje sú zasielané do medzinárodného centra "International Seismological Centre" (ISC, Veľká Británia) vo forme tzv. staničných mesačných bulletinov. Po spracovaní týchto údajov ISC vydáva tzv. mesačný bulletin ISC, ktorý obsahuje definitívne lokalizácie a údaje o zemetraseniach. Mesačný bulletin ISC je k dispozícii s cca 1.5 ročným oneskorením. Medzinárodná výmena údajov, ktorá zahŕňa interaktívny a iteratívny proces analýzy seizmických záznamov, je nutnou podmienkou globálneho i národného monitorovania zemetrasení.

Okrem spomenutej štandardnej medzinárodnej výmeny údajov sú záznamy zo seizmických staníc poskytované v reálnom čase všetkým inštitúciám, ktoré poskytujú zaznamenané údaje v rámci Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV a taktiež medzinárodnému dátovému centru ORFEUS v Holandsku.

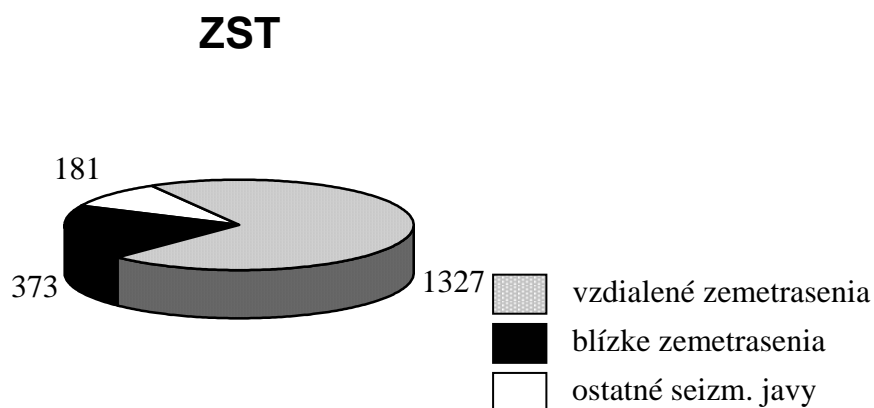
6 ANALÝZA SEIZMICKÝCH ZÁZNAMOV ZO STANÍC NSSS, SEIZMOMETRICKY LOKALIZOVANÉ ZEMETRASENIA S EPICENTROM V ZÁUJMOVEJ OBLASTI SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Seizmické stanice NSSS v období od 1.1.2007 do 31.12.2007 zaznamenali celkom 5852 zemetrasení a priemyselných explózií. Seizmometricky lokalizovaných bolo 72 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Makroseizmicky nebolo v roku 2007 na území Slovenska pozorované žiadne zemetrasenie.

6.1 Seizmická stanica Železná studnička (ZST)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica ZST 1881 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.1.

Ako vzdialené zemetrasenia sú označované zemetrasenia s epicentrálnou vzdialenosťou $\Delta > 10^\circ$. Blízke zemetrasenia sú zemetrasenia s epicentrálnou vzdialenosťou $\Delta \leq 10^\circ$. Do skupiny ostatných seizmických javov patria identifikované priemyselné explózie, pravdepodobne explózie a seizmické javy s neurčenými epicentrálnymi parametrami.



Obr. 6.1. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST v období 1.1.-31.12.2007.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.1.

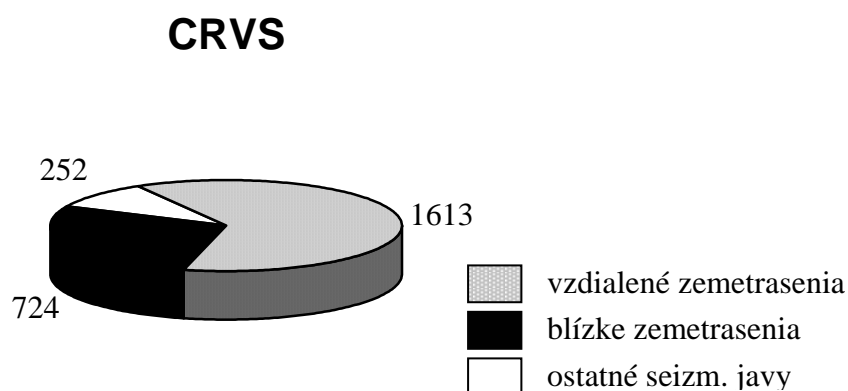
Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	106	24	11	141
Február	79	33	7	119
Marec	108	30	16	154
Apríl	175	19	23	217
Máj	89	30	12	131
Jún	77	25	13	115

Júl	111	38	15	164
August	123	44	23	190
September	151	30	13	194
Október	93	20	27	140
November	99	47	11	157
December	116	33	10	159

Tab. 6.1. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST v roku 2007.

6.2 Seizmická stanica Červenica (CRVS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica CRVS 2589 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.2.



Obr. 6.2. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS v období 1.1.-31.12.2007.

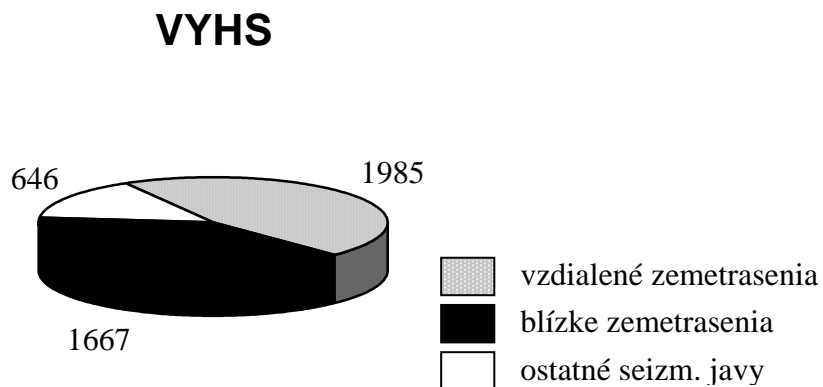
Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.2. V mesiaci január bola seizmická stanica CRVS z technických príčin mimo prevádzky.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	2	0	0	2
Február	98	67	7	172
Marec	148	85	22	255
Apríl	237	72	27	336
Máj	145	61	9	215
Jún	102	43	7	152
Júl	156	80	26	262
August	164	88	43	295
September	175	70	21	266
Október	132	55	41	228
November	100	54	22	176
December	154	49	27	230

Tab. 6.2. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS v roku 2007.

6.3 Seizmická stanica Vyhne (VYHS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica VYHS 4298 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.3.



Obr. 6.3. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS v období 1.1.-31.12.2007.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.3.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	192	149	34	375
Február	142	166	24	332
Marec	183	182	56	421
Apríl	299	150	77	526
Máj	184	150	61	395
Jún	154	128	55	337
Júl	124	102	49	275
August	65	78	46	189
September	195	147	72	414
Október	149	137	105	391
November	135	170	38	343
Decemberr	163	108	29	300

Tab. 6.3. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS v roku 2007.

6.4 Seizmické stanice Iža (SRO1), Moča(SRO2) a Šrobárová (SRO)

Seizmické stanice SRO, SRO1 a SRO2 boli v roku 2007 kvôli stavebno-technologickým problémom mimo prevádzky.

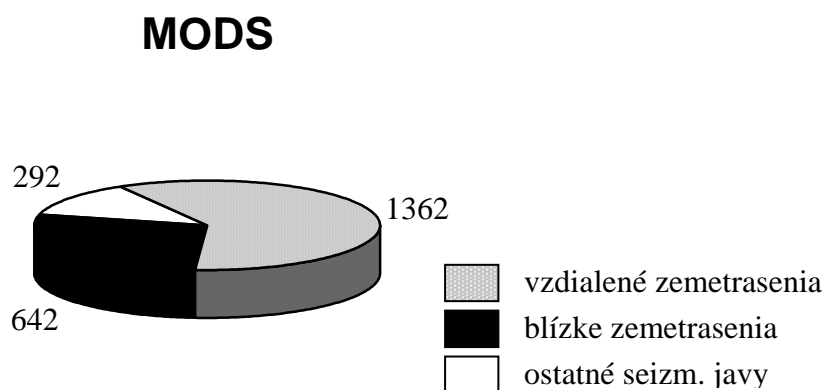
6.5 Seizmická stanica Hurbanovo (HRB)

Seizmická stanica HRB je najstaršou stanicou na území Slovenska - registruje už od roku 1902. Má historický, avšak stále aj vecný význam. Javy, zaznamenané touto stanicou sú však interpretované len vo výnimočných prípadoch.

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 nebol interpretovaný žiadny záznam zo seizmickej stanice HRB.

6.6 Seizmická stanica Modra (MODS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica MODS 2296 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.4.



Obr. 6.4. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou MODS v období 1.1.-31.12.2007.

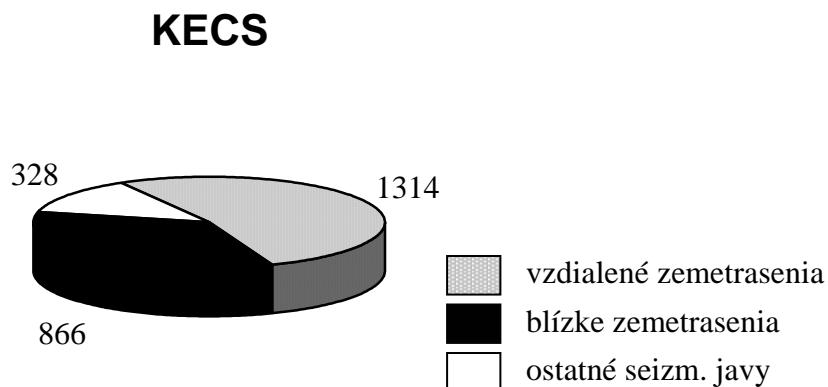
Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou MODS počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.4.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	46	17	5	68
Február	34	38	4	76
Marec	125	75	21	221
Apríl	226	55	46	327
Máj	116	78	23	217
Jún	58	14	10	82
Júl	156	85	24	265
August	146	80	38	264
September	190	52	36	278
Október	118	51	55	224
November	128	92	29	249
Decemberr	19	5	1	25

Tab. 6.4. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou MODS v roku 2007.

6.7 Seizmická stanica Kečovo (KECS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica KECS 2508 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.5.



Obr. 6.5. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS v období 1.1.-31.12.2007.

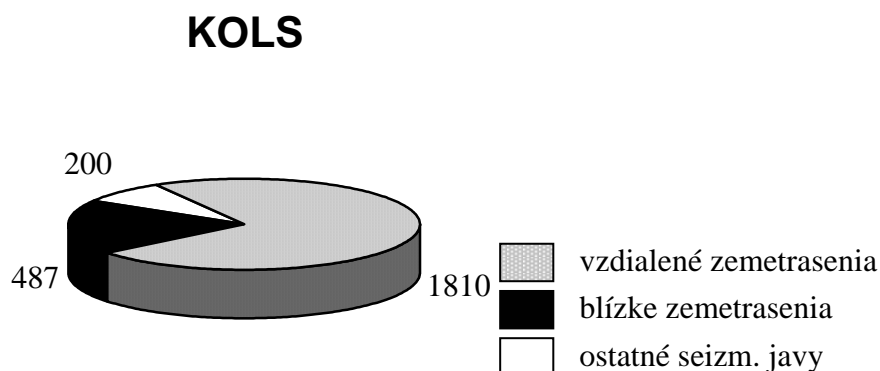
Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.5. V mesiacoch október-december boli na seizmickej stanici KECS technické problémy a stanica mávala časté výpadky.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	159	93	26	278
Február	123	120	20	263
Marec	162	138	32	332
Apríl	228	116	47	391
Máj	46	36	18	100
Jún	116	83	25	224
Júl	164	103	44	311
August	155	95	60	310
September	114	55	44	213
Október	-	-	-	-
November	10	10	3	23
December	37	17	9	63

Tab. 6.5. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS v roku 2007.

6.8 Seizmická stanica Kolonické sedlo (KOLS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica KOLS 2497 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.6.



Obr. 6.6. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS v období 1.1.-31.12.2007.

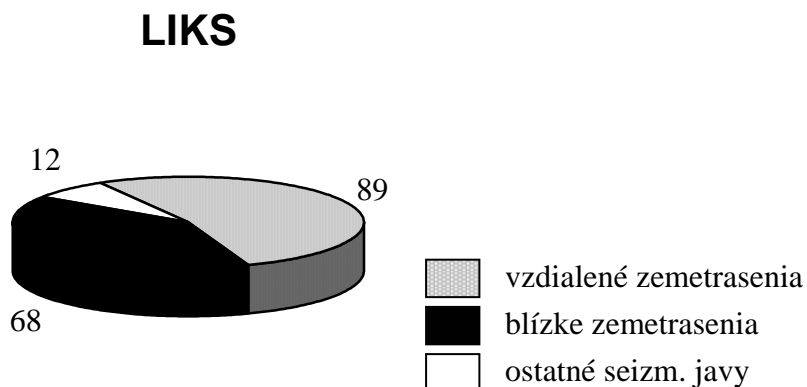
Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.6.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	169	41	9	219
Február	124	61	2	187
Marec	151	47	6	204
Apríl	256	36	14	306
Máj	126	37	6	169
Jún	167	44	10	191
Júl	158	66	21	245
August	166	58	37	261
September	185	30	23	238
Október	141	31	38	210
November	126	32	26	184
December	71	4	8	83

Tab. 6.6. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS v roku 2007.

6.9 Seizmická stanica Likavka (LIKS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica LIKS 169 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.7.



Obr. 6.7. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS v období 1.1.-31.12.2007.

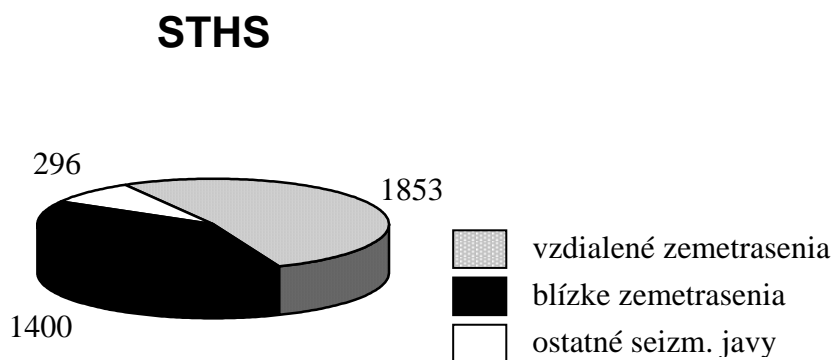
Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.7. V mesiacoch jún, október-december bola seizmická stanica LIKS mimo prevádzky.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	14	10	1	25
Február	8	12	1	21
Marec	17	15	3	35
Apríl	7	4	3	14
Máj	4	8	0	12
Jún	2	2	0	4
Júl	4	5	1	10
August	12	10	2	24
September	18	2	1	21
Október	3	0	0	3
November	-	-	-	-
December	-	-	-	-

Tab. 6.7. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS v roku 2007.

6.10 Seizmická stanica Stebnícka huta (STHS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2007 zaznamenala seizmická stanica STHS 3549 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 6.8.



Obr. 6.8. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS v období 1.1.-31.12.2007.

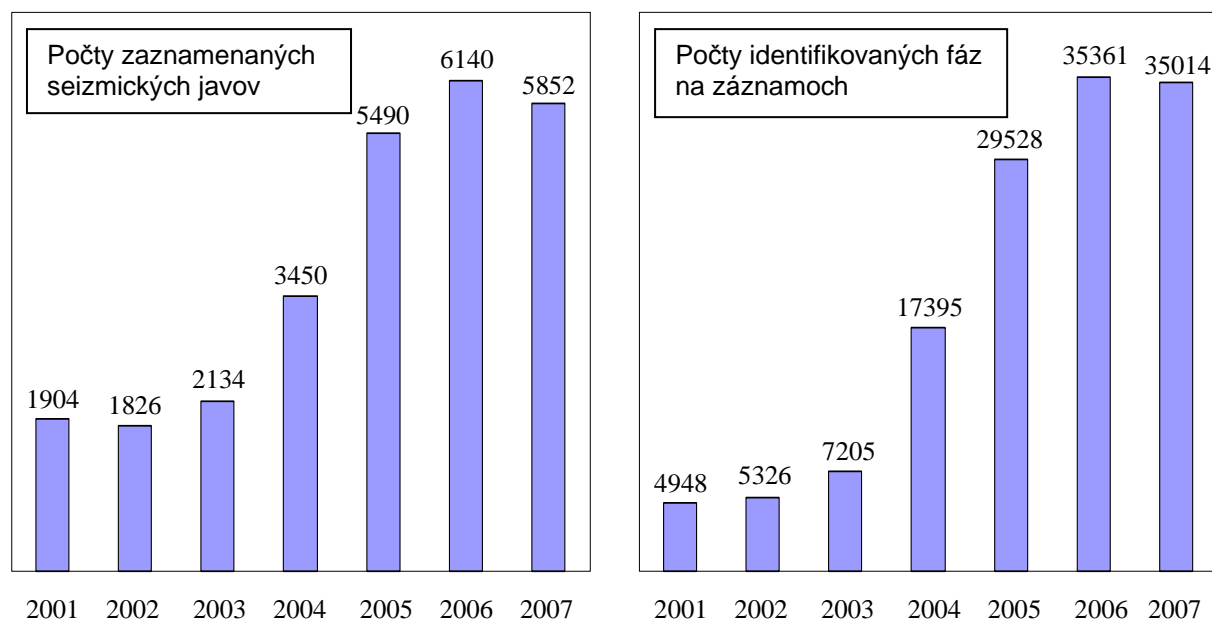
Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS počas jednotlivých mesiacov roku 2007 sú uvedené v Tab. 6.8.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	194	187	15	396
Február	136	176	4	316
Marec	172	168	25	365
Apríl	262	121	21	404
Máj	163	86	11	260
Jún	135	92	19	246
Júl	87	65	15	167
August	72	70	21	163
September	196	125	50	371
Október	147	112	59	318
November	131	119	23	273
December	158	79	33	270

Tab. 6.8. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS v roku 2007.

6.11 Porovnanie obdobia 1.1.2007-31.12.2007 s predchádzajúcimi obdobiami

Seizmické stanice NSSS v období 1.1.2007-31.12.2007 zaznamenali 5852 zemetrasení a priemyselných explózií. Celkovo bolo na záznamoch identifikovaných 35014 fáz. Porovnanie spomenutých údajov v rokoch 2001-2007 je na Obr. 6.9.



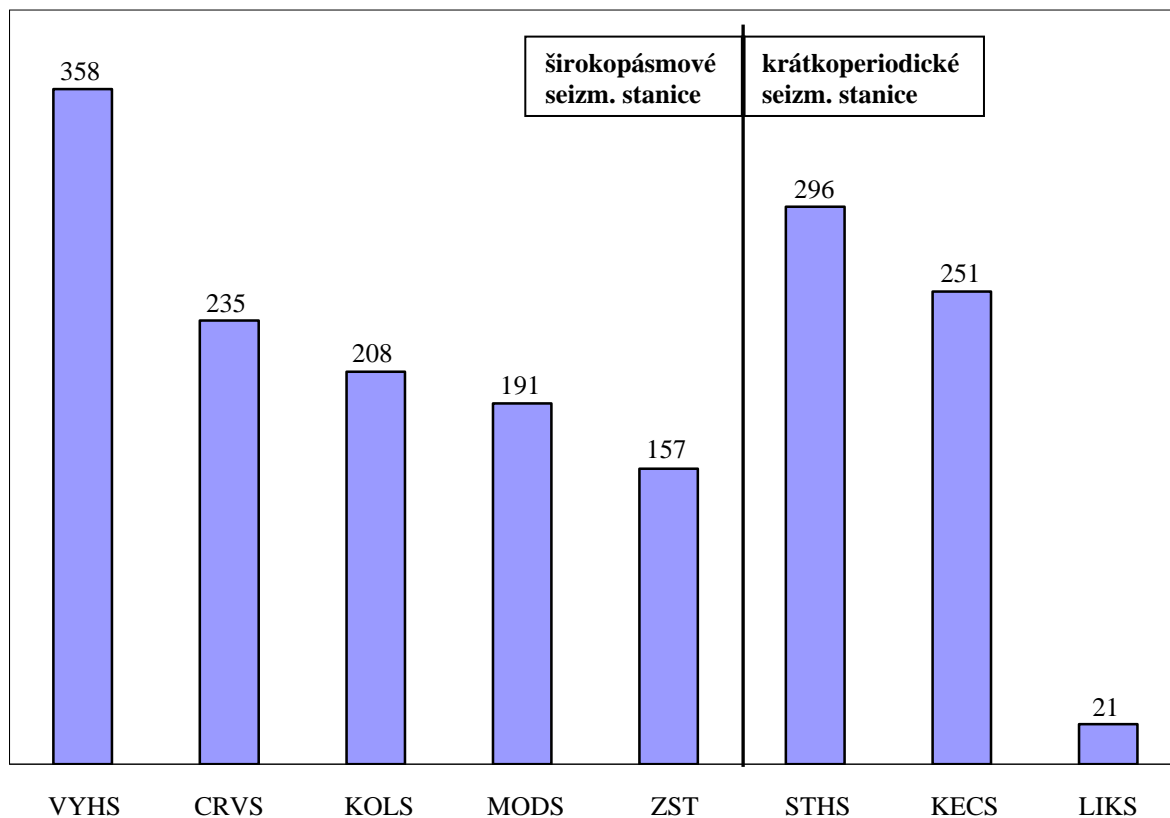
Obr. 6.9. Počty zaznamenaných seizmických javov a identifikovaných fáz na záznamoch zo staníc NSSS.

Rok 2007 je z hľadiska celkového počtu zaznamenaných javov a identifikovaných seizmických fáz na približne rovnakej úrovni ako rok 2006. Markantný rozdiel je vidieť v sledovaných ukazovateľoch medzi obdobiami 2001-2004 a 2005-2007. Súvisí to s modernizáciou NSSS (2001-2004) a stálym zlepšovaním analyzačných postupov. Rozdiely medzi rokmi 2005 až 2007 (kedy boli nové a zmodernizované seizmické stanice uvedené do prevádzky) nie je už taký výrazný.

Priemerné počty zaznamenaných seizmických javov za mesiac na jednotlivých staniciach NSSS v roku 2007 sú na Obr. 6.10. Zo širokopásmových seizmických staníc najmenej zemetrasení bolo zaznamenaných stanicou ZST. Hoci je seizmometer umiestnený v štôlni vybudovanej na tento účel, seizmometer SKD má menšiu citlivosť ako seizmometre STS2, ktoré sú nainštalované na ostatných širokopásmových staniciach. Najcitlivejšia je seizmická stanica VYHS, kde je seizmometer STS2 umiestnený v starej štôlni a teda má pomerne dobré registračné podmienky. Navyše vďaka geografickej polohe je na nej zaznamenaných väčšina banských otrasov z oblasti Sliezska a Ostravy. Po vyriešení technologických problémov z roku 2006 v súvislosti s novým prenosom dát zo seizmickej stanice MODS do zbernej a analyzačnej centrál, fungovala táto stanica pomerne dobre celý rok 2007. Seizmická stanica MODS je dôležitá najmä pri identifikovaní seizmických javov a priemyselných explózií z oblasti Malých Karpát.

Zo seizmických staníc vybavených krátkoperiodickými prístrojmi, stanice SRO, SRO1 a SRO2 do porovnania nevstupujú, pretože boli v roku 2007 mimo prevádzky. Zo zostávajúcich krátkoperiodických staníc bolo najmenej javov jednoznačne zaznamenaných

a interpretovaných na stanici LIKS. Seizmická stanica LIKS je umiestnená v záhrade rodinného domu a ukazuje sa, že kvôli zvyšujúcemu sa technogénemu šumu sa lokalita stáva nevyhovujúcou. Plánuje sa presunutie tejto stanice na vyhovujúcejšiu lokalitu v oblasti severného Slovenska. Najcitlivejšou krátkoperiodickou stanicou NSSS je STHS. Podobne ako v prípade VYHS, vďaka geografickej polohe je na nej zaznamenaných väčšina banských otrasov z oblasti Sliezska a Ostravy.



Obr. 6.10. Priemerné počty zaznamenaných seizmických javov za mesiac na jednotlivých staniach NSSS v roku 2007.

6.12 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v roku 2007 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky

V roku 2007 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 72 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Parametre týchto zemetrasení boli určené na základe interpretácií seizmických záznamov zo staníc NSSS a ďalších staníc Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV využitím softwarového balíka SeismicHandler. Výsledné parametre sú uvedené v nasledovnom stručnom prehľade. Interpretácie záznamov zo seizmických staníc NSSS (určené seizmické fázy, časy príchodov a epicentrálna vzdialenosť pre danú seizmickú stanicu) sú k dispozícii na vyžiadanie na GFÚ SAV.

Deň	Čas (UTC) hh:mm:sec	Geograf. súradnice dĺžka šírka	Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / Oblasť
Január						
3	10:15:11.0	48.89 N 21.20 E	25	0.9		Slanské vrchy
11	22:50:21.4	48.61 N 17.27 E	0	-		Dobrá Voda
22	11:36:37.6	48.75 N 19.52 E	0	1.2		oblasť Banskej Bystrice
29	22:58:50.1	49.37 N 20.43 E	1	1.3		oblasť Vysokých Tatier
Február						
7	07:11:00.7	48.81 N 19.45 E	0	0.8		oblasť Banskej Bystrice
10	02:18:07.0	48.60 N 17.39 E	1	0.1		Dobrá Voda
15	11:49:29.1	48.20 N 20.29 E	-	0.4		maďarsko-slov. hran.oblasť
22	18:19:58.0	48.53 N 18.49 E	0	-		oblasť Hornej Nitry
27	17:11:42.7	48.38 N 17.16 E	1	1.6		Pernek-Modra
28	02:45:23.0	48.51 N 17.26 E	0	-		Dobrá Voda
Marec						
1	04:27:22.5	48.49 N 17.52 E	0	0.6		Dobrá Voda
5	13:36:46.5	48.27 N 17.97 E	0	1.1		oblasť južného Slovenska
6	22:40:39.4	49.57 N 18.99 E	0	-		oblasť severného Slovenska
19	11:54:03.6	48.86 N 20.49 E	3	1.3		oblasť Spiš-Gemer
22	11:21:40.1	47.92 N 19.43 E	0	0.9		maďarsko-slov. hran.oblasť
Apríl						
2	08:20:58.4	47.80 N 18.50 E	44	1.1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
4	08:52:10.5	48.84 N 19.58 E	0	0.9		oblasť Banskej Bystrice
10	00:52:21.9	48.74 N 20.31 E	0	0.5		oblasť Spiš-Gemer
13	11:00:27.0	47.70 N 18.88 E	0	1.0		Šamorín -Komárno-Štúrovo
19	10:36:41.4	48.45 N 21.67 E	0	0.8		Tokajská oblasť
26	08:00:41.2	47.81 N 18.91 E	0	1.1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
26	20:24:30.9	48.51 N 17.39 E	3	0.8		Dobrá Voda
29	16:05:05.7	49.25 N 19.80 E	0	-		oblasť Vysokých Tatier

Máj

4	10:10:48.3	48.00 N	19.24 E	0	1.3	maďarsko-slov. hran.oblast'
20	21:18:08.6	48.12 N	17.32 E	0	-	Šamorín-Komárno-Štúrovo
28	12:52:58.9	49.17 N	22.49 E	36	1.3	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
31	11:26:43.1	47.91 N	19.42 E	0	0.9	maďarsko-slov. hran.oblast'

Jún

7	02:22:06.3	47.96 N	17.17 E	2	1.1	Šamorín-Komárno-Štúrovo
14	09:42:46.7	48.60 N	19.64 E	0	0.8	oblast' Banskej Bystrice

Júl

3	22:32:51.2	49.34 N	19.86 E	2	1.3	oblast' Vysokých Tatier
4	13:23:36.7	48.68 N	22.16 E	0	1.1	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
4	20:00:26.5	49.32 N	19.86 E	3	1.1	oblast' Vysokých Tatier
10	13:57:20.8	48.22 N	19.13 E	0	2.0	oblast' južného Slovenska
16	09:11:22.4	49.76 N	19.52 E	0	0.9	oblast' severného Slovenska
27	10:01:43.2	49.42 N	20.86 E	0	0.9	Krynická oblast' (Poľsko)

August

4	02:39:20.8	48.58 N	17.56 E	3	1.2	Dobrá Voda
9	04:22:24.6	47.88 N	18.49 E	0	1.3	Šamorín-Komárno-Štúrovo

September

1	17:15:00.2	49.34 N	19.86 E	3	0.9	oblast' Vysokých Tatier
5	11:47:09.6	47.95 N	18.53 E	0	0.6	Šamorín-Komárno-Štúrovo
15	00:31:54.5	48.78 N	19.48 E	0	0.8	oblast' Banskej Bystrice
20	09:01:17.0	48.51 N	20.21 E	0	1.1	oblast' Spiš-Gemer
24	10:13:03.2	49.65 N	20.97 E	0	1.1	Krynická oblast' (Poľsko)
24	11:12:49.9	49.73 N	21.11 E	0	1.3	Krynická oblast' (Poľsko)
24	11:15:07.0	49.62 N	20.95 E	5	0.8	Krynická oblast' (Poľsko)
24	15:13:17.9	49.77 N	21.14 E	2	1.4	Krynická oblast' (Poľsko)
24	15:32:24.1	49.47 N	20.83 E	0	0.9	Krynická oblast' (Poľsko)
25	16:27:28.6	49.45 N	20.73 E	3	1.4	Krynická oblast' (Poľsko)
25	21:32:15.3	49.72 N	21.09 E	0	1.9	Krynická oblast' (Poľsko)
25	21:36:02.3	49.68 N	21.05 E	0	0.7	Krynická oblast' (Poľsko)
25	21:40:07.4	49.58 N	21.06 E	0	-	Krynická oblast' (Poľsko)
28	11:40:00.4	49.62 N	18.62 E	0	1.3	oblast' severného Slovenska

Október

2	11:02:36.0	49.65 N	18.97 E	0	-	oblast' severného Slovenska
3	11:28:08.2	48.69 N	22.18 E	0	1.2	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
9	10:01:40.8	49.72 N	18.97 E	5	1.3	oblast' severného Slovenska

9	10:21:56.8	48.26 N	17.90 E	0	-	oblasť južného Slovenska
10	11:28:39.6	47.97 N	19.45 E	0	-	maďarsko-slov. hran.oblasť
16	08:47:19.9	49.60 N	18.64 E	0	-	oblasť severného Slovenska
16	15:49:51.8	48.87 N	22.40 E	13	1.0	ukrajinsko-slov. hran.oblasť
16	15:50:33.4	48.72 N	22.45 E	0	1.6	ukrajinsko-slov. hran.oblasť
17	09:13:23.5	47.71 N	18.46 E	0	1.1	Šamorín-Komárno-Štúrovo
30	12:15:46.5	48.00 N	19.48 E	1	1.2	maďarsko-slov. hran.oblasť
31	22:42:54.8	48.09 N	17.19 E	0	1.4	oblasť Bratislavy
November						
7	01:27:32.2	49.27 N	18.78 E	4	1.2	oblasť severného Slovenska
7	01:32:44.6	49.21 N	18.94 E	0	1.6	oblasť severného Slovenska
8	09:54:21.0	48.19 N	20.48 E	0	-	maďarsko-slov. hran.oblasť
13	11:07:49.3	49.30 N	17.93 E	0	-	slovensko-česká hran.oblasť
18	14:22:38.9	48.05 N	19.56 E	2	2.2	maďarsko-slov. hran.oblasť
19	22:55:31.8	49.06 N	21.28 E	6	1.1	Slanské vrchy
December						
5	04:44:26.3	47.98 N	19.27 E	0	0.6	maďarsko-slov. hran.oblasť
6	09:44:13.0	48.70 N	19.28 E	3	0.9	oblasť Banskej Bystrice
6	12:32:48.4	48.81 N	20.37 E	0	1.9	oblasť Spiš-Gemer
29	11:34:50.6	48.26 N	20.64 E	0	1.2	maďarsko-slov. hran.oblasť

7 MAKROSEIZMICKY POZOROVANÉ ZEMETRASENIA NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Počas sledovaného obdobia 1.1.2007-31.12.2007 nebolo makroseizmicky pozorované na území Slovenska žiadne zemetrasenie.

8 ZÁVERY

Národná sieť seizmických staníc GFÚ SAV na Slovensku v období od 1.1.2007 do 31.12.2007 zaznamenala 5852 zemetrasení a priemyselných explózií. Seizmometricky lokalizovaných bolo 72 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Žiadne z nich sa neprejavilo na území Slovenska aj makroseizmickými účinkami. Celkovo bolo na záznamoch staníc NSSS identifikovaných 35014 seizmických fáz.

Okrem týchto zemetrasení boli zo záznamov seizmických staníc NSSS lokalizované a analyzované tragické explózie vo VOP Nováky zo dňa 2.3.2007. Štandardnými metódami analýzy seizmických záznamov spolu s novými metódami analýzy záznamov v časovo-frekvenčnej oblasti boli identifikované 4 hlavné explózie a určené časy ich vzniku a indikované ďalšie 2 slabšie explózie. Analýzy indikovali aj rôzny mechanizmus / kontakt s podložím u niektorých z explózií. Tieto informácie boli poskytnuté vyšetrovateľom z Kriministického a expertízneho ústavu Policajného zboru SR a znamenali pre nich jediný spoľahlivý údaj o presných časoch vzniku jednotlivých explózií.

V roku 2007 bolo v prevádzke 9 staníc NSSS. Seizmické stanice SRO, SRO1 a SRO2 boli kvôli stavebno-technickým problémom mimo prevádzky. Hoci bol v roku 2004 projekt Modernizácie a doplnenia Národnej siete seizmických staníc úspešne ukončený, vylepšovanie seizmických staníc prebieha aj ďalej. V roku 2007 bola uvedená do prevádzky nová technológia prenosu údajov medzi seizmickou stanicou MODS a zbernou centrálou. Ukazuje sa, že kvôli zvyšujúcemu sa technogénnemu šumu sa lokalita seizmickej stanice LIKS stáva nevyhovujúcou a plánuje sa presunutie tejto stanice na vyhovujúcejšiu lokalitu v oblasti severného Slovenska. Zvyšovanie úrovne kvality monitorovania seizmických javov vytvára predpoklady pre dobrú a včasnú súčinnosť s orgánmi štátnej správy (napr. Civilnou ochranou) v prípade výskytu silného zemetrasenia na území Slovenska a umožňuje včasne a dostatočne (t.j. na štandardnej európskej úrovni) informovať verejnosť o zemetraseniach na Slovensku. Zároveň to však znamená zvýšené finančné nároky na prevádzkovanie a náročnejšie spracovanie zaznamenaných údajov. Tento aspekt by mal byť zohľadnený pri prideliovaní finančných prostriedkov na ďalšie obdobia.

Vybudovanie Národnej siete seizmických staníc bolo len prvým nevyhnutným krokom k poznaniu seizmického režimu územia Slovenska. Ďalším logickým a potrebným krokom je budovanie lokálnych seizmických sietí pre monitorovanie mikroseizmickej aktivity jednotlivých zdrojových zón alebo skupín zdrojových zón.

Nadalej pokračuje spolupráca so spoločnosťou Progseis so sídlom v Trnave, ktorá prevádzkuje lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice. Táto spolupráca poskytuje cenné informácie najmä pre zemetrasenia s epicentrami

v zdrojových zónach Dobrá Voda, Pernek-Modra a Považský Inovec. Taktiež cenné sú informácie pri odlišovaní tektonických zemetrasení od priemyselných explózií na území západného a stredného Slovenska.

V roku 2006 bola dokončená lokálna seizmická sieť na východnom Slovensku, ktorú prevádzkuje Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava v spolupráci s GFÚ SAV. V rámci tejto spolupráce očakávame zlepšenie informácií o seizmickej aktivite na východnom Slovensku.