

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA

817 04 Bratislava, Mlynská dolina

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

SPRÁVA O RIEŠENÍ ÚLOHY V ROKU 2009

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 2010

2.1 ÚVOD

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity na území Slovenska boli v roku 2009 pomocou navigačných satelitných systémov monitorované pohyby povrchu územia a prístrojmi TM-71 pohyby pozdĺž zlomov. V mierke 1:50 000 boli dokumentované zlomové poruchy v severnej časti Malých Karpát. Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe údajov Geofyzikálneho ústavu SAV za rok 2008 (Cipcjar a Kristeková, 2009). Podrobne bola zhodnotená makroseizmická aktivita na území stredného Slovenska.

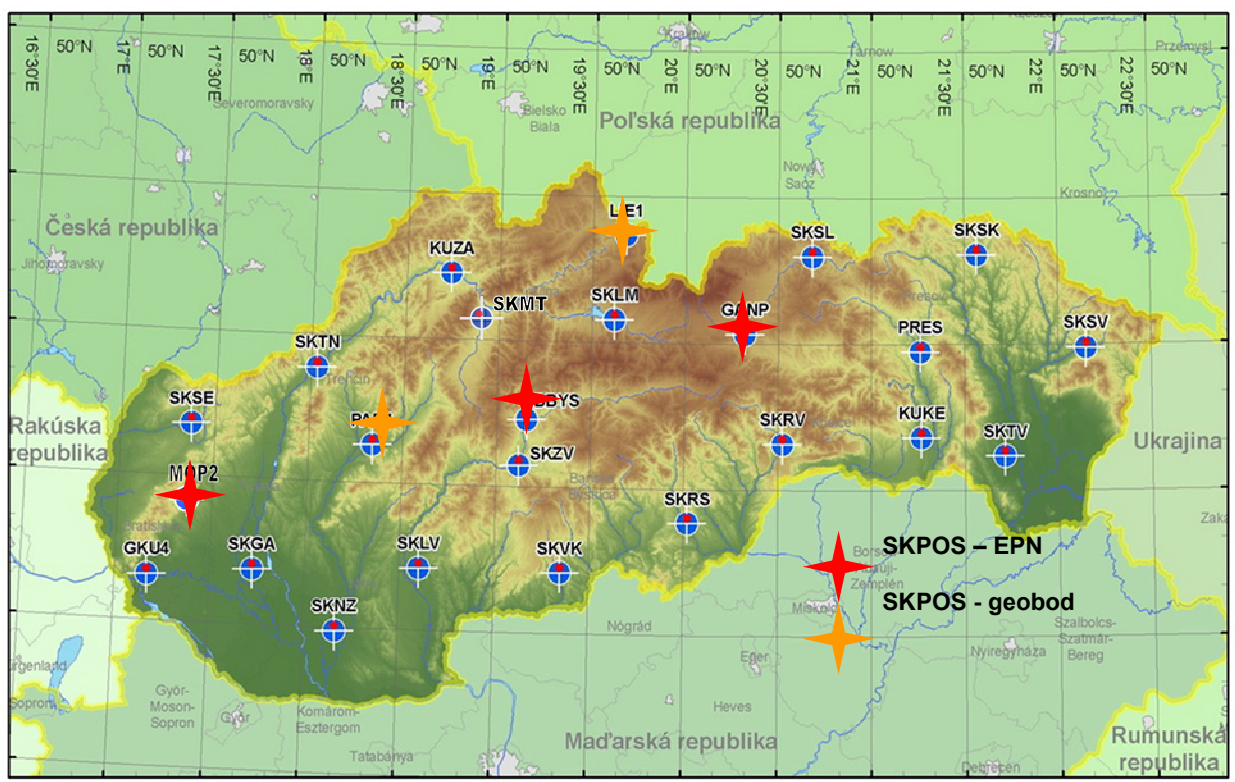
2.2 TEKTONICKÉ POHYBY

2.2.1 Pohyby povrchu územia

Pohyby povrchu územia Slovenska boli sledované permanentnými meraniami na geodetických bodoch, ktoré sú súčasťou SGRN (Slovenskej geodynamickej referenčnej siete), technológiou na určovanie priestorovej polohy pomocou globálnych navigačných družicových systémov (GNSS). Výsledky týchto meraní umožnili spresniť odhad Slovenského kinematického referenčného rámca (SKTRF). Okrem permanentných meraní bola vykonaná aj ďalšia opakovaná kampaň GNSS na vybraných bodoch SGRN. Výpočet SKTRF2009 realizácie vychádzal z efektívneho spojenia všetkých normálnych rovníč spracovaných kampaní (1999 – 2009). Na odhad polohových zmien a rýchlosti bodov v SKTRF2009 boli použité ITRF2005 súradnice jednotlivých ročníkov spracovaných kampaní. Globálne rýchlosti predstavujú absolútne zmeny polohy bodu v jednotlivých zložkách karteziánskych súradníc (XYZ) ITRS, ktoré obsahujú aj pohyb eurázijskej platne. Po odpočítaní rýchlostného modelu ITRF2005 definovanom rotáciami eurázijskej platne a pretransformovaní karteziánskych súradníc XYZ do topocentrického súradnicového systému sme dostali národné (lokálne) rýchlosti, ktoré predstavujú skutočný pohyb monitorovaných bodov.

Uvedené merania umožňujú vykonávať veľmi presné určovanie priestorovej polohy bodov nielen v miestnom (lokálnom) súradnicovom systéme, ale aj v jednotných medzinárodných systémoch. V Európskej únii na vytvorenie jednotnej infraštruktúry priestorových údajov je zameraná smernica INSPIRE, ktorá umožňuje prístup k priestorovým informáciám v celej Európe v Európskom terestrickom referenčnom systéme 1989 (ETRS89).

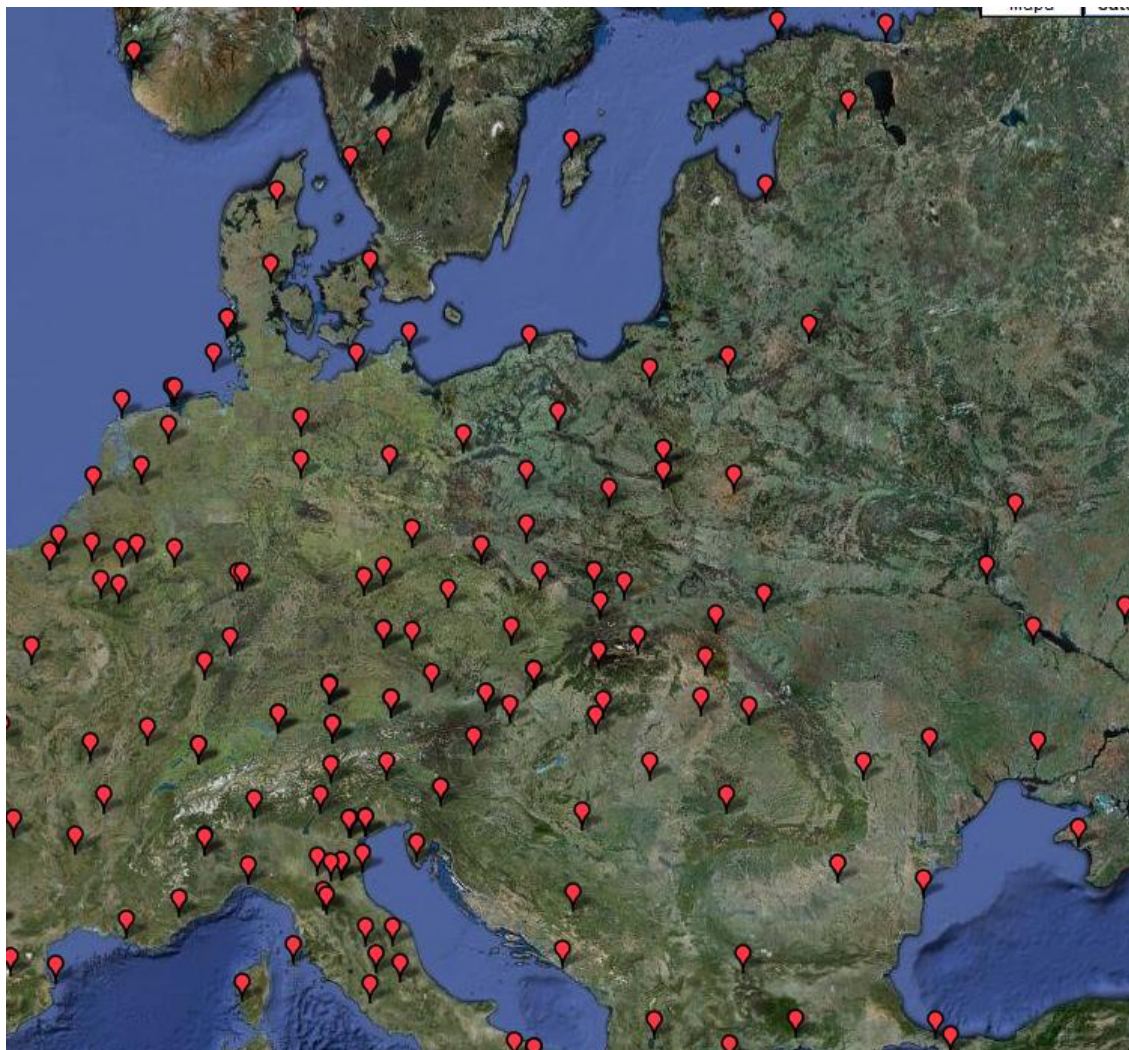
Prevádzkovateľom a správcom slovenskej observačnej služby GNSS označenej menom SKPOS, ktorá zabezpečuje od jesene 2006 permanentné meranie GNSS s príjmom signálov z družíc amerického systému NAVSTAR GPS a ruského GLONASu je Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ). SKPOS je vybudovaná sieťou 24 geodetických bodov referenčných staníc GNSS (obr.1) realizujúcej geodetický referenčný systém ETRS89 na Slovensku.



Obr. 1 - Schéma bodov - stanic SKPOS

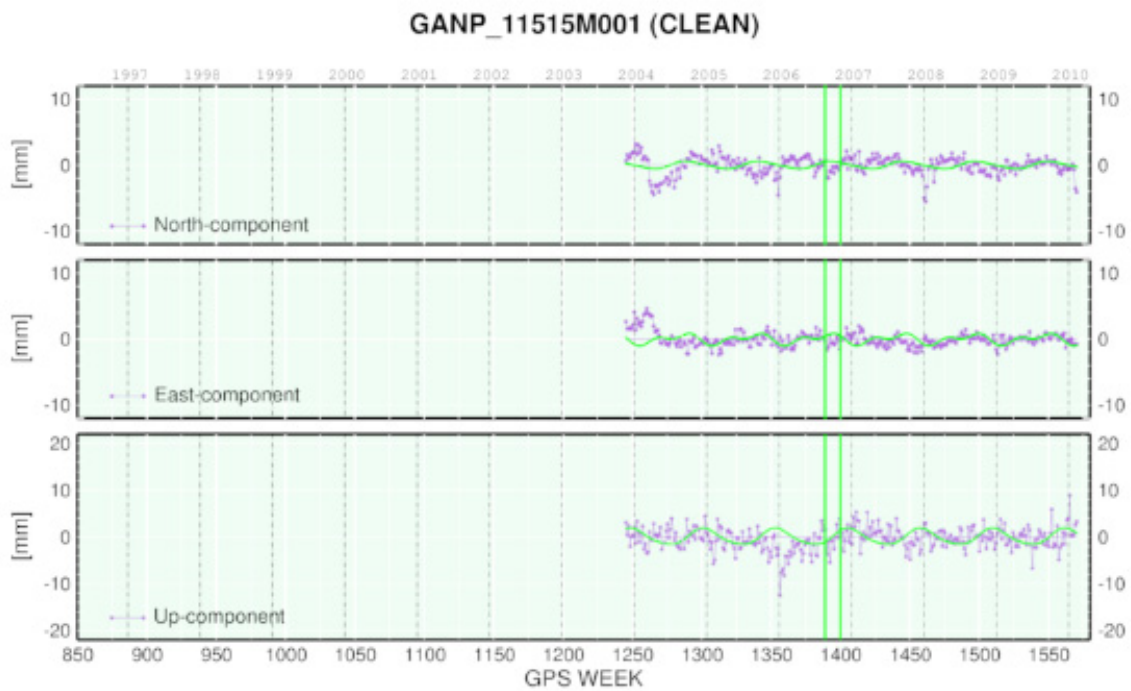
Do siete je zaradených aj 5 špecializovaných geodetických bodov, ktoré sú realizované ako hĺbkové stabilizácie ukotvené až do hĺbky 10 m so stabilizovanou geodetickou značkou. Je predpoklad, že po viacročnom permanentnom meraní na týchto bodoch sa získajú spoľahlivé údaje o ich rýchlostnej charakteristike. Body sú lokalitách Liesek (LIES)¹, Partizánske - Malé Bielice (PART), Gánovce pri Poprade (GANP), Banskej Bystrici (BBYS) a Modre - Piesku (MOPI). Údaje GNSS staníc GANP, MOPI a BBYS sú zasielané aj do európskej permanentnej siete (EPN - Euref Permanent Network), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF) pracujúca v Medzinárodnej asociácie geodetov (IAG). Používatelia sú o činnosti SKPOS informovaní cez internetový portál - <http://www.skpos.gku.sk/>. Európska sieť permanentných staníc dnes spracováva údaje cca 225 staníc GNSS. Na obr.2 je schéma rozmiestnenia staníc zo stredoeurópskej časti, z ktorých viaceré sú zaradené i do nášho spracovania.

¹ V Mape na obr. 1 je pôvodné označenie niektorých bodov: v Lieseku je to LIE1 - nový s hĺbkovou stabilizáciou SKPOS je LIES, v Partizánskom – Malé Bielince je to obdobne - pôvodný bod je PAR1 a nový bod SKPOS je PART, v Modre Piesku sú v prevádzke dve stanice - na starom bode MOPI je GPS a na novom MOP2 je prijímač GNSS a ten je pripojený k SKPOS.



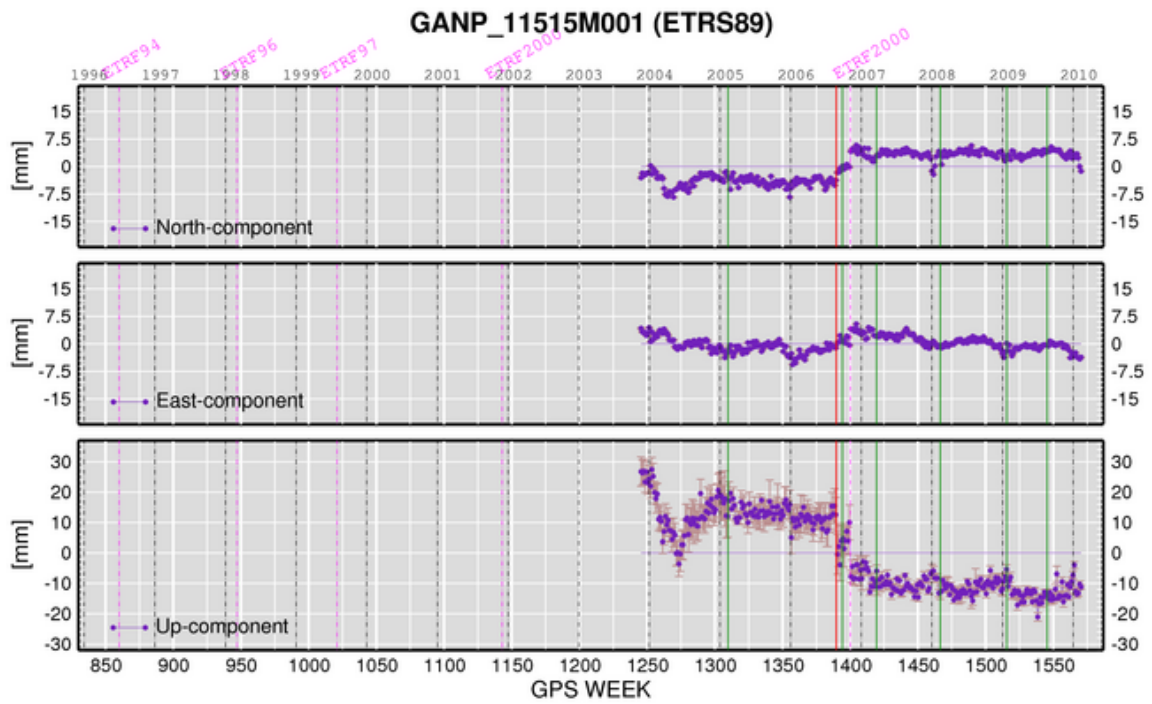
Obr. 2 - Rozmiestnenie permanentných staníc EPN

Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný terestrický referenčný rámec - ITRF2005, Európsky terestrický referenčný rámec - ETRF89, ako voľné (merané) údaje (RAW) a upravené s rýchlostným trendom (CLEAN). Údaje zo stanice v Gánovciach pri Poprade (GANP), zobrazené v grafoch a upravené o periodické chyby so znázorneným rýchlostným trendom pohybu bodu v CLEAN, sú na obr. 3 a v ETRS89 na obr.4. Údaje zo staníc Banská Bystrica (BBYS) a Modra-Piesky (MOPI, MOP2) sú na obrázkoch v prílohe 2.1. Na jednotlivých obrázkoch sú v grafe znázornené zmeny polohy bodu/stanice uvedené v mm a to v smere zemepisných osí sever (North), východ (Eeast) a vo výške (Up). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v GPS týždňoch. GPS týždeň sa datuje od vzniku systému GPS NAVSTAR. Zvislá os predstavuje v optimalizovanej mierke zmenu polohy bodu v mm. Zobrazované hodnoty v grafoch sú vždy z týždenných riešení. Datovanie týždňov je od spustenia GPS (GPS WEEK).



EPN_C1570_weekly

Obr. 3 - Znáznornenie rýchlostného trendu bodu GANP v CLEAN.



EPN CB

Sat Mar 27 09:18:22 2010

Obr. 4 - Znáznornenie rýchlostného trendu bodu GANP v ETRS89

Z upravených údajov sú v tabuľke 2.1 odhadnuté rýchlosti pohybu pre body GANP, BBYS, MOPI a MOP2. Jednotlivým bodom je odhadnutá rýchlosť k epoche do ktorej sú zahrnuté kumulatívne údaje v smere zemepisných osí sever (N - north), východ (E - east), a vo výške (U - up).

Tab. 2.1- Kumulatívne spracovanie rýchlosti bodov pre jednotlivé epochy riešenia

GANP - NORTH / EAST / UP rýchlosť komponentov v ETRF2000							
Riešenie	V _N [mm / rok]	RMS _{V_N} [mm / r]	V _E [mm / r]	RMS _{V_E} [mm / r]	V _U [mm / r]	RMS _{V_U} [mm / r]	Epocha [DDD / YY]
1	0,14	0,01	-1,73	0,02	-0,82	0,22	320/03
2	0,13	0,01	-1,71	0,02	-0,81	0,22	236/06
3	0,13	0,01	-1,70	0,02	-0,81	0,22	309/06

BBYS - NORTH / EAST / UP rýchlosť komponentov v ETRF2000							
Riešenie	V _N [mm / rok]	RMS _{V_N} [mm / r]	V _E [mm / r]	RMS _{V_E} [mm / r]	V _U [mm / r]	RMS _{V_U} [mm / r]	Epocha [DDD / YY]
1	0,17	0,01	-0,54	0,02	-0,32	0,40	035/07

MOPI - NORTH / EAST / UP rýchlosť komponentov v ETRF2000							
Riešenie	V _N [mm / rok]	RMS _{V_N} [mm / r]	V _E [mm / r]	RMS _{V_E} [mm / r]	V _U [mm / r]	RMS _{V_U} [mm / r]	Epocha [DDD / YY]
1	0,53	0,01	-0,34	0,01	1,43	0,13	322/96
2	0,53	0,01	-0,34	0,01	1,43	0,13	033/97
3	0,53	0,01	-0,34	0,01	1,43	0,13	153/97
4	0,53	0,00	-0,34	0,00	1,43	0,12	193/98
5	0,54	0,00	-0,33	0,00	1,42	0,12	309/06

MOP2 - NORTH / EAST / UP rýchlosť komponentov v ETRF2000							
Riešenie č	V _N [Mm / r]	RMS _{V_N} [mm / r]	V _E [mm / r]	RMS _{V_E} [mm / r]	V _U [mm / r]	RMS _{V_U} [mm / r]	Epocha [DDD / YY]
1	0,54	0,01	-0,33	0,01	1,42	0,13	230/08

RMS - označenie strednej odchýlky

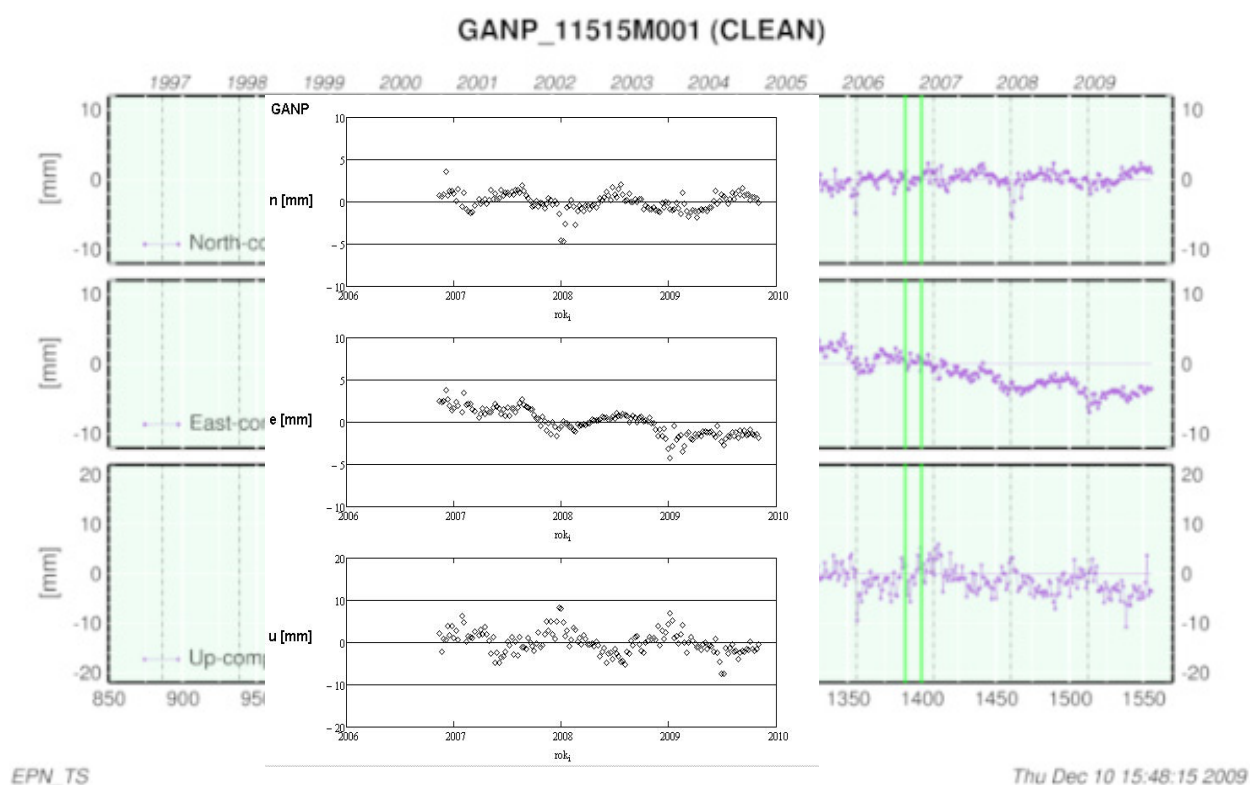
DDD/YY - poradové číslo dňa (DDD) v roku (YY)

Stanice SKPOS sa stali i súčasťou Slovenskej Geodynamickej Referenčnej Sieť (SGRN), na ktorej bola v roku 2009 (po dvojročnom intervale) vykonaná opakovaná meračská kampaň GNSS. Kampaň je realizovaná kontinuálnym meraním na vybraných bodoch o dĺžke 72 hodín. Efektívnym spojením všetkých epochových meraní na bodoch SGRN s referenčným rámcom ITRF2005, resp. ETRF2005 sme vypočítali realizáciu systémov ITRS, resp. ETRS89 na území Slovenska. Označujeme ich ako Slovenský terestrický referenčný rámec SKTRF09. Zamerali sme sa najmä na monitoring a analýzu správania sa staníc pomocou analýzy časových radov, pričom na presné spracovanie používame Bernský softvér 5.0. Z kombinácie denných riešení spracovávame týždenné riešenia, ktoré sú základom pre grafickú interpretáciu.

Do spracovania GNSS observácií v Bernskom softvéri 5.0 vstúpili:

- 50 permanentných staníc EPN a SKPOS, GPS+GLONASS
- ITRS2005
- Absolútne fázové centrá antén
- Presné IGS efemeridy
- Vyrovnanie: podmienka MC (Minimal Constraint – no net translation) na vybraných EPN bodoch BOR1, GANP, MOPI, TUBO, UZHL, GRAZ, GOPE
- Výstup: XYZ súradnice v ITRF2005

Správnosť riešenia sme overovali porovnaním s výsledkami poskytovanými spracovateľským centrom EPN. Porovnanie zhody riešenia je na obr. 5 (Droščák, 2009).



Obr. 5 - Grafické porovnanie zhody riešení EPN a GKÚ pre stanicu GANP

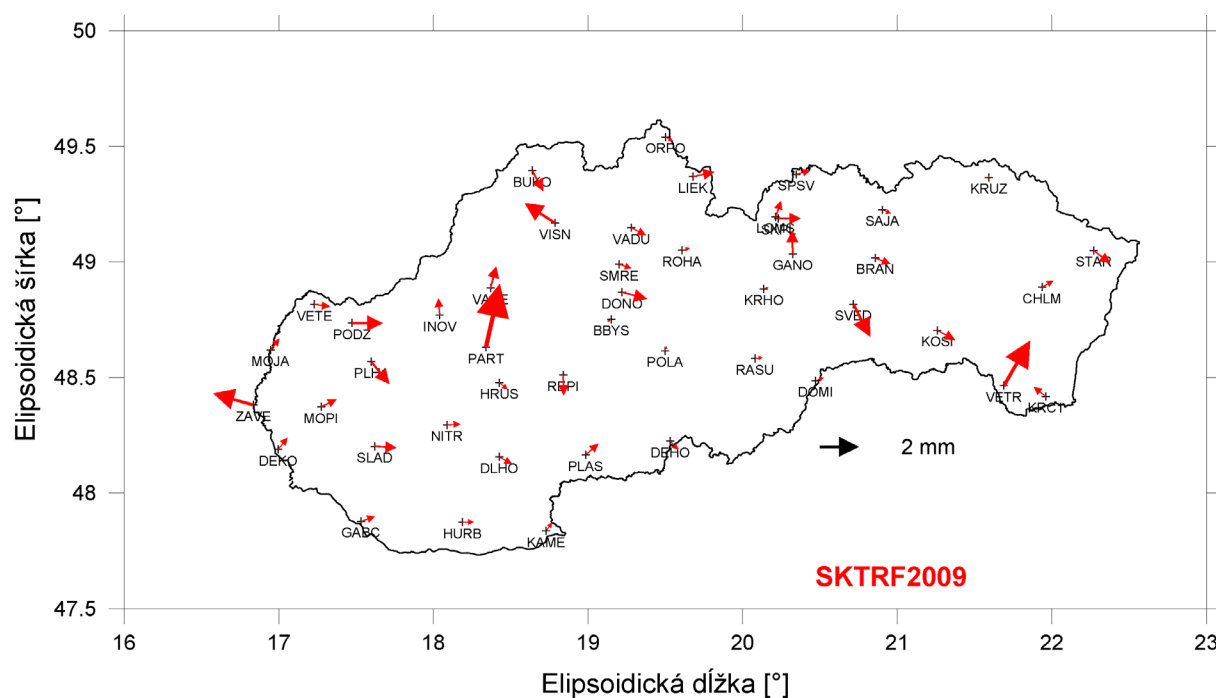
V spracovaní SKTRF09 sa už plnohodnotne prejavili aj merania z permanentných staníc SGRN a to body GANP, MOPI, LIES a PART. Výsledky riešenia GKÚ v porovnaní s EPN sú porovnané v tabuľke 2.2 v svetovom systéme ITRF2005.

Tabuľka 2.2 - Porovnanie rýchlostí bodov v spracovaní EPN a GKÚ

Bod	EPN			GKÚ						rozdiel		
	ITRF2005 mm/rok			rýchlosť (XYZ) mm/rok			sigma (XYZ) mm/rok			mm/rok		
	X	Y	Z	X	Y	Z	sigX	sigY	sigZ	deltaX	deltaY	deltaZ
GANP	-	-	-	17,7	14,9	9,4	0,3	0,2	0,3	0,6	1,8	0,8
LIEK	-	-	-	17,4	16,4	10,2	0,4	0,2	0,4	0,5	0,3	0,0

	-		-										
MOPI	16,2	17,2	10,5	16,4	17,0	11,0	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	-0,4	
	-			-									
PART	16,5	17,0	10,4	17,3	15,3	9,6	0,5	0,5	0,5	0,8	1,7	0,9	

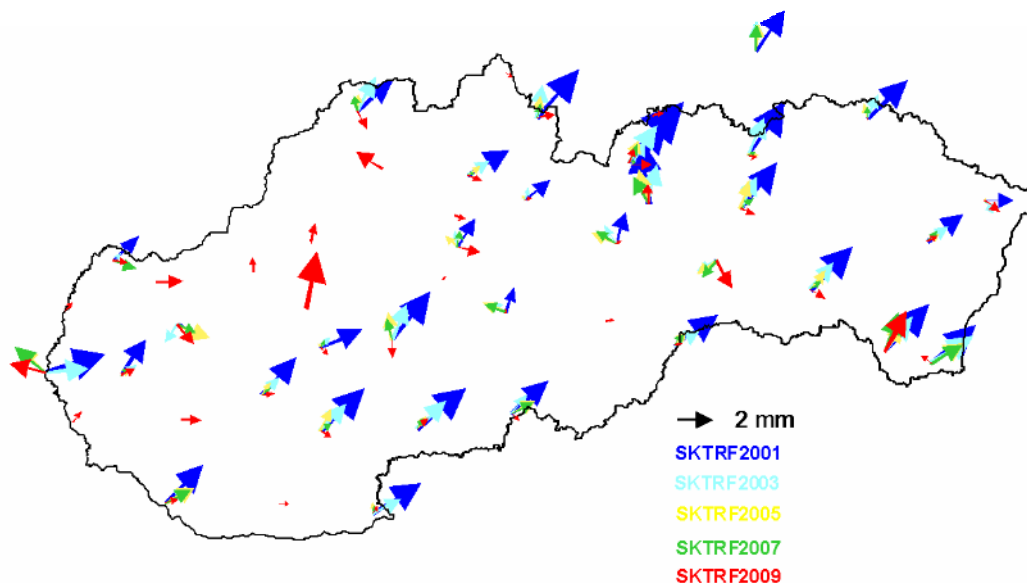
Dosiahnuté rozdiely v riešeniach potvrdzujú správnosť riešenia GKÚ a potvrdzujú pohyb euroázijskej platne v severovýchodnom smere v priemere približne 1,6 mm/rok. Po odstránení pohybu eurázijskej platne a skumulovaní všetkých predchádzajúcich kampaní SGRN sme vektory rýchlostí jednotlivých bodov na území Slovenska vyniesli do mapky na obr. 6.



Obr. 6 - Grafické znázornenie vektorov rýchlostí na vybraných bodoch SGRN v SKTRF09

Môžeme konštatovať, že sa potvrdzuje predpoklad že s pribúdajúcim časom, a teda s viacerými kampaniami, sa začne znižovať prvotné určenie rýchlostí. Z výsledkov vidieť, že väčšine bodov vychádza z kumulatívneho riešenia rýchlostí pod 1,5 mm, čo potvrdzuje aj vhodný výber lokalít na stabilizáciu geodetických bodov.

Na obr.7 je grafické znázornenie vektorov rýchlostí na bodoch SGRN v riešeniach jednotlivých SKTRF od roku 2001. Z dĺžky opakovaných kampaní sme určili priemernú rýchlosť iba okolo 1 mm/rok, pričom smer vektorov je rôzny a veľakrát sa mení. Tieto zmeny smeru, a v niektorých prípadoch i vyššiu rýchlosť, musíme okrem skutočných pohybov pripísať sčasti aj technickým podmienkam pri meraní, napríklad že sú menené typy antén GNSS v jednotlivých kampaniach. V prípadoch bodov ZAVE, PART a VETR je značný pohyb spôsobený pravdepodobne i nevhodnou stabilizáciou.



Obr. 7. Grafické znázornenie vektorov rýchlostí na vybraných bodoch SGRN v jednotlivých SKTRF

2.2.2 Pohyby pozdĺž zlomov

Sledovanie pohybov pozdĺž zlomov, na ktorých sú osadené dilatometre TM 71, bolo v roku 2009 realizované na 6 lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa, Banská Hodruša, Vyhne, Ipeľ, Dobrá Voda. Merania na lokalite Dobrá Voda, ktorá bola vybratá na monitorovanie vzhľadom na tektonickú a seizmickú aktivitu oblasti, prebiehali v spolupráci s Ústavom štruktúry a mechaniky hornin (ÚSMH) Akadémie vied ČR v Prahe. Pracovníci ÚSMH inštalovali v oblasti Malých Karpát ďalších desať dilatometrov (spravidla v jaskyniach). Po vyriešení formy vzájomnej spolupráce budú v budúcnosti aj tieto lokality zahrnuté do ČMS.

Na väčšine lokalít došlo k útlmu pohybov. Významnejšie pohyby boli zaznamenané iba na zlome v lokalite Vyhne, kde od druhej polovice roka 2008 do konca roka 2009 dosiahol posun 0,47 mm. K čiastočnému oživeniu pohybov došlo začiatkom roka 2009 i na lokalite Branisko. Podrobnejšie údaje o meraniach sú uvedené v tabuľke 2.3 a v prílohe 2.2.

Tab. 2.3 - Meranie pohybov na zlomoch dilatometrom TM-71

Lokalita	Sledované objekty	Frekvencia meraní	Najdôležitejšie výsledky meraní	Zhodnotenie stavu lokality v roku 2009	Odporúčania na rok 2010
Branisko	1 prístroj Branisko – úniková štôľňa tunela zlomová porucha	4 merania: 1. 4., 15. 6., 18. 8., 13. 10. 2009	Od konca roku 2008 do marca roku 2009 došlo k oživeniu ľavostranného šmykového pohybu tektonických blokov. V tomto období sa bloky posunuli o 0,2 mm. Od apríla tento pohyb stagnoval. Celkový šmykový posun od začiatku merania (október 2000) dosiahol hodnotu 0,98 mm. V ostatných smeroch (osi x a z) nebol zaznamenaný žiadny významnejší pohyb, t. j. bol zachovaný doterajší trend. Celkový rotačný pohyb možno hodnotiť ako zanedbateľný.	Obnovenie šmykového pohybu na zlome v I. štvrtroku 2009 preukázalo oživenie tektonickej aktivity masívu a spôsobilo celkový nárast posunu blokov na cca 1 mm.	Vzhľadom na významnosť lokality sa navrhuje dlhodobé monitorovanie tektonickej aktivity. Vzhľadom na oživenie pohybov a nárast posunu bol informovaný prevádzkovateľ tunela NDS.
Demänovská j. Slobody	1 prístroj Čarovná chodba zlomová porucha	3 merania: 21. 4., 21.-22. 7*, 3. 12. 2009 (* 24 hod. meranie)	Od začiatku roka sa viditeľne zvýraznil vertikálny pohyb blokov. Napriek určitému upokojeniu v závere roka presahuje celkový posun 0,1 mm. Ide o nepatrný pohyb, ale môže naznačovať zvýšenie tektonickej aktivity masívu. Posuny v smere osi y (šmyk) a osi x (otváranie trhliny) naďalej stagnovali. Rovnako ako pri vertikálnom pohybe sa zvýraznil trend rotácie blokov v rovine XZ, ktorý začal ešte začiatkom roku 2008. Veľkosť pohybu je však nepatrná ($0,2 \pi/200$). Dňa 21. 7. 2008 sa v jaskyni opakovane realizovalo 24-hod. meranie s frekvenciou zápisu 10 min. V rovnakej dobe prebiehali merania v ďalších 6 jaskyniach (3 v ČR, 1 v Poľsku, 1 v Slovinsku a 1 v Kirgistane – čiastočné zatmenie slnka). Hlavným cieľom meraní bolo opakované zisťovanie slapových účinkov na horninový masív a porovnanie výsledkov z podobného merania z roku 2008. Výsledky z roku 2008 preukázali vplyv slapov vo všetkých 6 jaskyniach, hlavne v Demänovskej jaskyni. Výsledky meraní z roku 2009 sa stále spracovávajú.	Náznak trendu vertikálneho pohybu po viac než 7 rokoch merania. Preukázanie súvislosti slapov s aktivizáciou tektonických blokov počas čiastočného zatmenia slnka na území SR.	Pre zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu pokračovať v pravidelnom odčítavaní hodnôt na inštalovanom dilatometri aspoň 4-krát ročne. Dokončenie spracovania dát z 24-hod. merania z roku 2009 a porovnanie výsledkov s výsledkami z roku 2008.
Banská Hodruša	1 prístroj križovanie dvoch zlomových porúch	3 merania: 20. 4., 18. 8., 22. 11. 2009	Ani výsledky meraní z roku 2009 nepreukázali významnejšiu tektonickú aktivitu lokality. Práve naopak, od polovice roku 2008 počiatkové rozširovanie trhliny ustalo. Minimálny pohyb pozdĺž osi y (šmyk) sa preukázal v druhej polovici roku.	Stagnácia pohybov nenaznačuje aktivitu zlomov.	Pre zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu pokračovať v pravidelnom odčítavaní hodnôt na inštalovanom dilatometri aspoň 4-krát ročne.

Vyhne	1 prístroj zlomová porucha	4 merania: 20. 4., 15. 6., 18. 8., 22. 10. 2009	V roku 2009 došlo k nárastu šmykového pohybu pozdĺž zlomových plôch. Tento trend sa objavil už v druhej polovici roku 2008 a koncom roku 2009 sa ešte viac prehĺbil. Celkový posun dosiahol 0,47 mm. Letné výkyvy (jún) v posunoch v smere osí z a x predstavujú buď chybné meranie alebo odrážajú lokálnu seizmickú udalosť. Seizmické dáta z miestneho seizmografu neboli v čase vyhodnocovania výsledkov k dispozícii.	Na lokalite sa začali prejavovať známky tektonickej aktivity, predovšetkým šmykový pohyb pozdĺž zlomových plôch.	Navrhujeme koreláciu výsledkov monitoringu s výsledkami seizmických meraní z rovnamej lokality (seizmograf inštalovaný v štólňi Anton Paduánsky).
Ipeľ	1 prístroj zlomová porucha (muránsky systém)	4 merania 20. 4., 15. 6., 18. 8., 17. 10. 2009	Hoci sa v priebehu roku 2009 čiastočne oživil vertikálny pokles jv. bloku, nedošlo k prekročeniu maximálnej hodnoty 1,55 mm. Svedčí to o oscilácii vertikálnych pohybov. Posuny v smere osí x a y boli iba minimálne a nenaznačujú tektonickú aktivitu za dané obdobie. Ani vyhodnotenie rotácii oboch monitorovaných blokov nepreukázalo významnejší pohyb. Predovšetkým v rovine XZ je zjavná oscilácia rotačných pohybov od začiatku roku 2004. V júni bol dilatometer kvôli vysokému stupňu korózie oceľových častí (s nerezovým povrchom) rekonštruovaný (výmena oceľových častí za mosadzné) a prestavený.	Celkovo možno hodnotiť tektonickú aktivitu lokality ako nevýraznú.	Vzhľadom na perspektívnosť lokality z hľadiska PVE treba lokalitu naďalej monitorovať najmenej 4x ročne a výsledky korelovať so seizmickými a geodetickými meraniami.
Dobrá Voda	1 prístroj zlomová porucha (Mur-Mürz-Leitha) Dobrovodská epicentrálna oblasť	Jeden krát za mesiac	Od posledných výrazných zemetrasných udalostí z roku 2006 nedochádza na uvedenej lokalite k posunom, ktoré by sa dali pričítať k tektonicky podmieneným. Výrazným procesom na tejto lokalite je však teplotne podmienená dilatácia masívu, ktorej dvojitá – ročná amplitúda dosahuje cca 1 mm na všetkých osiach posunov. Tak výrazné oscilácie v relatívne kľudovom období neumožňujú rozlíšiť tektonicky podmienené zlomové mikroposuny. Na blízkej lokalite Slopy, kde je prístroj situovaný 8 m pod povrchom, však tieto efekty nie sú tak výrazné a umožňujú vysledovať trendy vo všetkých osiach pohybu. Merania tu dokumentujú živú tektonickú aktivitu danej epicentrálnej oblasti.	Po roku 2006 možno tektonickú aktivitu charakterizovať ako relaxačné obdobie, prípadne prípravné obdobie pre nasledujúce zemetrasné udalosti.	Merania budú pre vysokú výpovednú hodnotu a dôležitosť lokality pokračovať v mesačnom intervale, ktoré vykonáva ÚSMH AV ČR v spolupráci so ŠGÚDŠ.

2.3 SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA

V rámci sledovania seizmickej aktivity bola na základe správy Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami GFÚ SAV v roku 2008 (Cipiar a Kristeková, 2009) zhodnotená súčasná seizmická aktivita na území Slovenska. Dlhodobé uvoľňovanie seizmickej energie v oblasti stredného Slovenska bolo zhodnotené na základe katalógov zemetrasení a ročných správ GFÚ SAV podávaných v rámci úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR.

2.3.1 Súčasná seizmická aktivita na území Slovenska

Podľa záznamov slovenských seizmických staníc bolo v roku 2008 na území Slovenska a v príslušných prihraničných územiach seizmometricky lokalizovaných 84 zemetrasení (Cipciar a Kristeková, 2009), z toho 72 malo epicentrum na území Slovenska a 12 v blízkosti hraníc SR, najmä v Maďarsku a Poľsku (tab. 2.4, obr. 8). Magnitúdo zemetrasení sa pohybovalo prevažne v rozmedzí 0,5 až 1,5. Vyššie magnitúdo (1,6 - 1,9) bolo zaznamenané osemkrát, pričom magnitúdo 1,9 malo iba zemetrasenie v októbri pri Vihorlate, ktoré sa prejavilo i makroseizmicky ($I=3^{\circ}\text{EMS}$). Makroseizmicky sa pri Vihorlate prejavilo i zemetrasenie v marci s magnitúdom 1,1 (slabé otrasy s neurčenou intenzitou – 1 pozorovanie) a zemetrasenie v máji pri Banskej Bystrici. Zaujímavé je, že toto zemetrasenie malo magnitúdo iba 0,9, pričom intenzita dosiahla 3°EMS (11 pozorovaní). Išlo tu zrejme o relatívny pohyb horninových blokov v menšej hĺbke. Ostatné zemetrasenia s magnitúdom 1,6-1,8 sa makroseizmicky neprejavili.

Najviac zemetrasení bolo na východnom Slovensku (32), z toho 13 v oblasti Slanských vrchov a 12 pozdĺž severojužných línií tiahnucich sa pri západnom a východnom okraji Vtáčnika. Najmenej zemetrasení bolo na severozápadnom Slovensku, v oblasti Tribča - Vtáčnika a v oblasti Nízkych Tatier. V predchádzajúcich rokoch bolo však najviac seizmometricky zaznamenaných zemetrasení v oblasti stredného, severného, južného alebo západného Slovenska. Svedčí to o prerozdeľovaní tektonických napätí, pričom seizmická energia sa uvoľňuje viac-menej rovnomerne po celom území Slovenska. Neplatí to však pre makroseizmické prejavy, ktoré sa až na výnimky sústreďujú do známych seizmických oblastí.

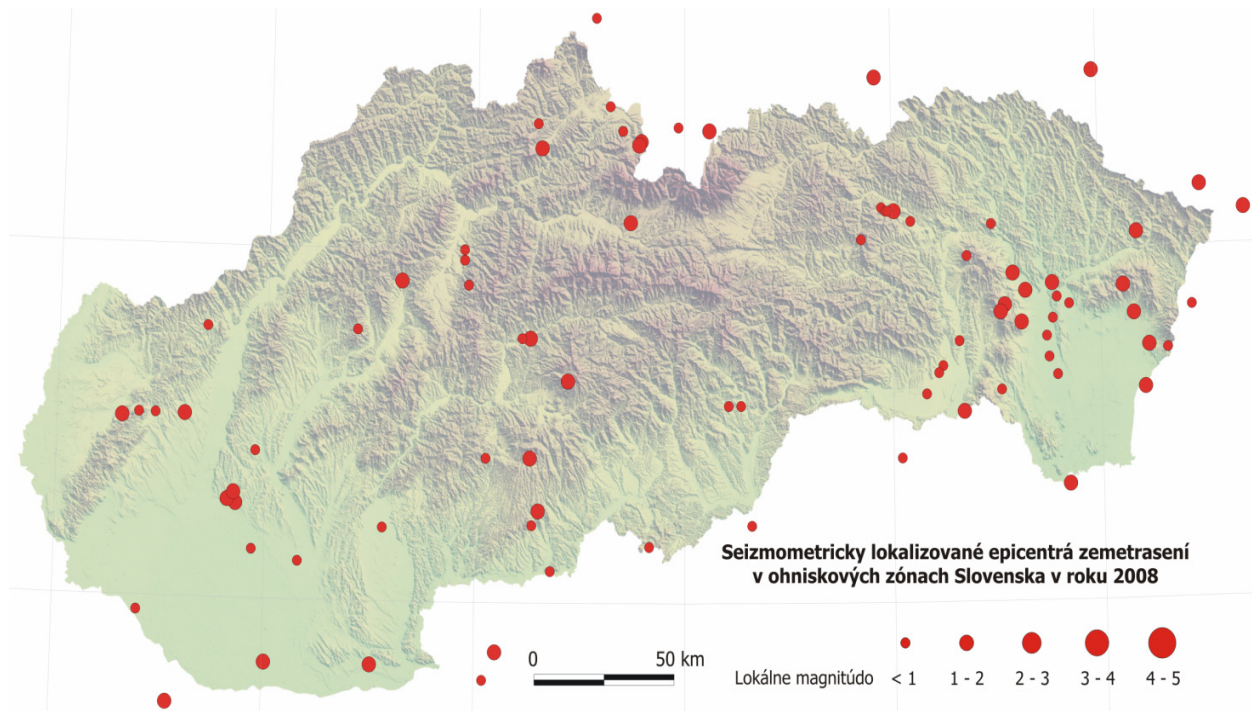
Tab.2.4 - Seizmometricky zaznamenané zemetrasenia na území Slovenska v roku 2008 (upravené podľa Cipciar a Kristeková, 2009).

Deň	Čas (UTC) hh:mn:sec	Geograf. dĺžka	Súradnice šírka	Hĺbka (km)	M_L	I_0 (EMS)	Lokalita / Oblasť
Január							
10	11:41:44.60	48,27 N	17,86 E	0	1		Považský Inovec
20	19:05:12.68	48,75 N	19,26 E	0	1,4		oblasť Banskej Bystrice
23	08:54:43.51	48,97 N	18,94 E	8	0,3		Veľká Fatra
24	11:20:12.03	48,98 N	21,36 E	0	0,9		Slanské vrchy
29	09:10:22.03	48,22 N	19,27 E	0	0,8		oblasť Krupiny
Február							
5	09:32:31.28	47,96 N	17,40 E	0	-		Šamorín-Komárno-Štúrovo
8	11:32:43.92	49,29 N	19,31 E	0	1,1		oblasť severného Slovenska
8	16:00:41.77	49,36 N	19,29 E	0	0,7		oblasť severného Slovenska
12	10:29:03.29	48,41 N	19,26 E	6	1,3		Štiavnické vrchy
12	12:39:49.64	49,03 N	20,85 E	0	0,5		oblasť Spiš-Gemer
18	12:03:39.25	49,66 N	19,57 E	0	0,9		poľsko-slov. hran.oblasť
19	16:10:28.81	49,49 N	20,92 E	5	1,1		Krynická oblasť (Poľsko)

21	12:25:39.22	48,74 N	21,32 E	0	0,3		Slanské vrchy
25	14:27:44.02	48,52 N	17,39 E	1	-		Dobrá Voda
Marec							
6	09:23:59.49	48,83 N	22,44 E	12	0,9		Vihorlat
13	09:04:08.07	49,35 N	19,97 E	0	0,9		oblasť Vysokých Tatier
17	00:46:00.15	48,72 N	22,23 E	3	1,1	felt	Vihorlat
17	04:46:46.43	48,60 N	21,52 E	0	0,6		Slanské vrchy
27	21:51:48.32	48,52 N	17,61 E	1	1,1		Dobrá Voda
28	09:10:18.50	49,17 N	22,49 E	14	1,2		vychodne Slovensko
28	11:45:39.75	48,16 N	19,83 E	0	0,8		poľsko-ukraj.-slov. hran.oblasť
30	07:36:57.60	48,51 N	17,31 E	0	1,8		Dobrá Voda
Apríl							
2	07:10:35.28	47,82 N	18,01 E	0	1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
4	15:26:07.49	49,12 N	20,95 E	0	0,7		oblasť Spiš-Gemer
6	13:43:46.56	49,08 N	21,09 E	0	0,7		oblasť Spiš-Gemer
7	08:09:03.53	48,81 N	22,16 E	0	1,1		Vihorlat
9	01:30:06.21	49,11 N	21,01 E	0	1,1		oblasť Spiš-Gemer
9	01:49:45.59	49,11 N	20,97 E	2	0,9		oblasť Spiš-Gemer
9	01:50:41.33	49,11 N	20,98 E	0	0,7		oblasť Spiš-Gemer
10	08:16:43.07	49,00 N	18,94 E	0	0,5		Veľká Fatra
Máj							
2	03:50:31.43	48,75 N	19,22 E	4	0,9	3	oblasť Banskej Bystrice
2	08:40:41.90	48,59 N	21,16 E	0	0,8		Slanské vrchy
2	08:52:34.72	48,54 N	21,34 E	1	1,1		Slanské vrchy
10	17:33:38.31	49,31 N	19,79 E	1	1,5		oblasť Vysokých Tatier
26	21:03:42.32	48,77 N	17,71 E	0	0,8		česko-slov. hran.oblasť
27	09:48:49.89	48,63 N	19,44 E	0	1,4		Poľana
Jún							
9	09:53:01.22	48,64 N	21,79 E	0	0,4		východoslovenská nížina
17	07:27:50.76	48,67 N	21,24 E	0	0,9		Slanské vrchy
25	14:25:53.99	48,52 N	17,47 E	0	0,8		Dobrá Voda
Júl							
5	20:11:09.62	49,34 N	19,70 E	-	0,8		oblasť Vysokých Tatier
6	11:58:10.83	49,30 N	19,78 E	0	1,1		oblasť Vysokých Tatier
15	17:00:24.03	48,33 N	21,84 E	0	1,4		Tokajská oblasť
23	12:28:29.22	49,50 N	21,98 E	-	1,6		poľsko-slov. hran.oblasť
23	13:27:42.65	48,21 N	18,56 E	0	0,9		oblasť južného Slovenska
24	11:40:49.87	49,41 N	19,64 E	0	-		oblasť severného Slovenska
28	12:36:17.21	48,90 N	18,96 E	-	-		Veľká Fatra

August						
5	12:28:54.73	49,34 N	20,12 E	0	1,5	oblasť Vysokých Tatier
8	07:07:57.77	48,28 N	17,82 E	0	1,1	Považský Inovec
8	08:25:25.89	48,30 N	17,85 E	0	1,0	Považský Inovec
14	07:43:53.28	48,09 N	19,36 E	0	0,7	maďarsko-slov. hran.oblasť
19	17:15:24.97	48,89 N	22,11 E	0	1,1	Vihorlat
20	11:20:48.53	49,04 N	22,18 E	0	1,4	Vihorlat
27	10:09:23.46	49,08 N	19,74 E	0	1,3	oblasť Vysokých Tatier
September						
10	06:29:52.95	48,69 N	21,75 E	0	0,8	východoslovenská nížina
11	12:20:46.62	48,22 N	20,32 E	0	0,6	maďarsko-slov. hran.oblasť
16	10:47:39.10	48,14 N	17,94 E	0	0,5	oblasť južného Slovenska
17	11:56:11.76	47,78 N	19,04 E	0	0,5	Šamorín-Komárno-Štúrovo
18	11:43:28.71	48,56 N	20,21 E	0	0,4	maďarsko-slov. hran.oblasť
18	14:31:27.33	48,93 N	21,58 E	5	1,6	Slanské vrchy
19	09:48:47.99	49,10 N	22,70 E	6	1,2	poľsko-ukraj.-slov. hran.oblasť
20	05:39:29.34	48,77 N	18,43 E	0	0,7	Strážovské vrchy
20	09:15:27.36	48,42 N	17,95 E	14	0,9	Považský Inovec
22	10:01:58.61	47,82 N	18,51 E	0	1,0	Šamorín-Komárno-Štúrovo
22	18:57:26.23	48,56 N	20,27 E	5	0,8	maďarsko-slov. hran.oblasť
23	22:42:10.85	48,91 N	18,64 E	4	1,7	Strážovské vrchy
24	06:24:57.71	48,80 N	21,77 E	5	0,7	východoslovenská nížina
25	14:29:30.90	49,07 N	21,48 E	0	0,8	Slanské vrchy
26	11:16:11.30	48,60 N	22,21 E	0	1,3	Vihorlat
Október						
2	09:29:52.32	48,41 N	19,05 E	2	0,5	Štiavnické vrchy
3	12:24:50.53	47,86 N	19,10 E	0	1	Šamorín-Komárno-Štúrovo
7	05:57:41.54	48,75 N	21,74 E	7	0,6	východoslovenská nížina
10	11:42:45.14	48,26 N	19,30 E	0	1,1	oblasť Krupiny
11	13:04:04.41	48,71 N	22,32 E	0	0,5	Vihorlat
14	09:18:34.34	48,41 N	21,04 E	15	0,8	maďarsko-slov. hran.oblasť
20	18:17:15.69	48,90 N	21,77 E	7	1,9	3 Vihorlat
21	09:06:34.97	48,84 N	21,54 E	-	1,1	Slanské vrchy
22	09:24:50.04	48,65 N	21,22 E	0	0,6	Slanské vrchy
November						
11	20:06:05.38	48,88 N	21,64 E	4	1,3	Slanské vrchy
14	09:20:34.97	48,11 N	18,16 E	-	-	oblasť južného Slovenska
18	11:18:12.05	48,82 N	21,52 E	-	1,6	Slanské vrchy
21	13:27:31.19	48,84 N	21,85 E	5	0,9	východoslovenská nížina
24	15:17:29.66	48,86 N	21,79 E	1	0,3	východoslovenská nížina

25	14:33:49.73	48,79 N	21,62 E	-	1,8	Slanské vrchy
December						
2	13:33:42.46	47,70 N	17,55 E	-	1,8	Šamorín-Komárno-Štúrovo



Obr.8 - Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení v záujmovej oblasti Slovenskej republiky v roku 2008 (Cipciar a Kristeková, 2009).

Trend postupného presúvania seizmickej aktivity do rôznych oblastí súvisí zrejme s celkovým pohybom povrchu územia Slovenska, pričom v rôznych obdobiach jednotlivé bloky zemskej kôry kladú tomuto pohybu rôzny odpor. Oproti minulosti však možno pozorovať celkový nárast uvoľňovanej seizmickej energie. Zatiaľ čo v roku 2004 bolo na Slovensku seizmometricky zaznamenaných 31 zemetrasení, v roku 2005 a 2006 to bolo vyše 50 a v rokoch 2007 a 2008 vyše 70. Aj keď je tento trend spôsobený sčasti i zvýšeným počtom a zdokonalením prístrojového vybavenia seizmických staníc, celkový nárast uvoľňovanej seizmickej energie je zřejmý. Pozitívnym javom je, že seizmická energia sa aj v seizmických oblastiach v ktorých sa v minulosti často vyskytovali silnejšie makrotrasy uvoľňuje v súčasnosti početnejšími slabšími otrasmi. Pri takomto trende by ani v blízkej budúcnosti nemalo na Slovensku dochádzať k silným zemetraseniam. Podrobnejšie údaje o monitorovaní seizmickej aktivity sú uvedené v čiastkovej správe Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami GFÚ SAV v roku 2008. (Cipciar a Kristeková, 2009).

2.3.2 Seizmická aktivita v oblasti stredného Slovenska

Seizmická aktivita na území stredného Slovenska sa už oddávna sústreďovala do oblasti stredoslovenského zlomového pásma (Hrašna, 2002), najmä do oblasti Banskej Bystrice a Banskej Štiavnice. Menej pozorovaní seizmických otrasov bolo i v doline Hrona od Slovenskej Ľupče po Šumiac. Ojedinelé zemetrasenia boli zaznamenané tiež v Michalovej, Kremnici a v okolí Poľany.

V oblasti B. Bystrice sa epicentrá doteraz vyskytovali v území od Španej Doliny po Ľubietovú, Strelníky, Hornú Mičinú, Malachov a Riečku (obr. 9). Od roku 1652 do roku 2008 tu bolo makroseizmicky zaznamenaných 19 zemetrasení, pričom až do roku 1946 sa vyskytovali



Obr. 9 - Obalová čiara epicentier zemetrasení (epicentrálna oblasť) v Banskej Bystrici a okolí

zemetrasenia s intenzitou 4,5 až 7°EMS. Od roku 1947 doteraz sa intenzita pozorovaných zemetrasení pohybovala iba v rozmedzí od 3 do 5,5°EMS (tab.2.5), pričom sa však v tomto období v makroseizmicky zaznamenaných zemetraseniach uvoľnilo 2.5 krát viac seizmickej

energie ročne než v predchádzajúcich obdobiach (tab. 2.6)². Potvrzuje to vyššie uvedený trend nárastu uvoľňovania seizmickej energie v početnejších slabších zemetraseniach.

Tab. 2.5 - Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v oblasti Banskej Bystrice

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [°EMS]	Magnitúda do [M _L]
1652	Marec	25.		Banská Bystrica			5	
1752	Máj	13.	2h	Banská Bystrica	48,7°N 19,2°E		5	
1830	Júl	11.	10:15	Ľubietová			7	
1869	Máj	29.	21:37	Banská Bystrica	48,7°N 19,2°E		6	
1890	Január	28.	9:15	Ľubietová	48,75°N 19,36°E		6	
1934	Október	19.	9:30	Rudlová	48,75°N 19,16°E		4,5	3,5
1946	Jún	6.	10h	Poniky, B.Bystrica	48,71°N 19,31°E		7	3,4
1947	Február	28.	22h	Banská Bystrica	48,71°N 19,16°E		4,5	3,2
1947	Marec	1.	1:35	Poniky, B.Bystrica	48,75°N 19,12°E		4	3,4
1951	Február	20.	10h	Banská Bystrica	48,73°N 19,16°E		4	3,2
1972	Október	6.	10:20	Banská Bystrica	48,7°N 19,2°E		3,5	2,9
1978	Marec	4.	13:00	Slovenská Ľupča	48,75°N 19,3°E	5	5	3,6
1978	August	19.	18:43	Špania dolina	48,79°N 19,19°E	3	5	3,6
1989	Jún	7.	0:18	Strelníky	48,69°N 19,33°E	12	5,5	4,1
1989	Novemb.	15.	2:54	Povrazník	48,75°N 19,3°E	8	5,5	4
1992	Máj	20.	1:25	Slovenská Ľupča	48,68°N 19,32°E	7	4,5	3,4
2004	Január	10.	7:43	Ponická Huta	48,69°N 19,30°E	14,5	4	2,2
2004	Jún	12.	9:59	B. Bystrica/Selce	48,72°N 19,19°E	25	3	2,2
2008	Máj	2.	3:50	B. Bystrica	48,75°N 19,24°E	4	3	0,9

Tab. 2.6 - Relatívna veľkosť energie uvoľnenej v epicentrálnej oblasti Banská Bystrica

Doba	ΣR	ΣZ	$\Sigma R/\Sigma Z$	ΣI_0	$\Sigma I_0/\Sigma R$	$\Sigma R/\Sigma I_0$
1652 - 1830	178	3	59,33	17	0,0955	10,470
1830 - 1946	116	4	29,00	23,5	0,2025	4,936
1946 - 2008	62	12	5,16	51,5	0,8306	1,203

²⁾ V tabuľkách 2.6 a 2.8 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 uvoľňovanej 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. 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).

V južnejšej časti stredoslovenského zlomového pásma sa až do roku 1936 zemetrasenia vyskytovali iba v B. Štiavnici a jej bezprostrednom okolí. Najsilnejšie bolo prvé, v roku 1443, ktoré podľa starších prác dosiahlo intenzitu až 9°EMS. Novšie prehodnotenie (Labák, 1996) mu priradilo iba intenzitu 8°EMS. Ďalšie dve zemetrasenia (1855,1862) dosiahli intenzitu 6-7°EMS a zemetrasenie v roku 1936 iba intenzitu 4,5°EMS.

Aktivita v tejto časti zlomového pásma sa obnovila až v roku 1999, kedy obce Horné a Dolné Mladonice, Bzovík, Senohrad a Čekovce postihla v dňoch 28.10 až 12.11. viacerými otrasmi. Najsilnejšie, o intenzite 5°EMS, bolo zemetrasenie dňa 28.10. o 16:06:47 hod., ostatné dosiahli intenzitu do 3 až 4°EMS. Celkom toto územie postihlo v uvedených dňoch 17 zemetrasení, z ktorých je v tab. 2.7 uvedených osem najvýznamnejších. Pozoruhodné je, že v tomto území, podobne ako pri obci Prenčov, sa podľa historických záznamov nevyskytlo v minulosti žiadne makroseizmicky pozorované zemetrasenie. Zemetraseniu v okolí Mladonic predchádzali diferencované vertikálne tektonické pohyby o rýchlosti až 2 mm za rok, ktoré boli dokumentované presnou niveláciou v predchádzajúcich rokoch (Hrašna, 2002). Podľa doterajšieho spôsobu uvoľňovania seizmickej energie platí zrejme aj v tomto území rovnaký predpoklad ako v oblasti Banskej Bystrice (tab. 2.8).

Tab. 2.7- Makroseizmicky zaznamenané zemetrasenia v južnej časti stredoslovenského zlomového pásma

Rok	Mesiac	Deň	Hodina	Lokalita	Súradnice epicentra	Hĺbka [km]	Intenzita [°EMS]	Magnitúdo [M _L]
1443	Jún	5.		Banská Štiavnica	48,71 N 18,94°E	25	8	5,9
1855	Január	31.	12:35	Banská Štiavnica	48,46°N 18,96°E	-	6-7	-
1862	Január	13.	1:55	Banská Štiavnica	48,5°N 18,8°E	-	6	-
1936	December	28.	23:20	Banský Studenec	48,45°N 18,98°E	-	4,5	3,5
1999	Október	28.	16:06:47	D. Mladonice	48,36°N 19,11°E	20	5	3,2
1999	Október	28.	16:10:17	D. Mladon/Bzovík	48,32°N 19,11°E	15	3	2,0
1999	Október	28.	18:35:45	H. Mladon/Senohr.	-	-	3	-
1999	Október	29.	5:30	Čekovce	-	-	3	-
1999	Október	29.	18:37:03	Čekovce	48,32°N 19,08°E	19	4	2,4
1999	Október	30.	4:30:55	Čekovce/Mladonice	-	-	3	-
1999	November	12.	10:10:01	Čekovce/Mladonice	48,34°N 19,08°E	10	3	2,0
1999	November	12.	12:39:13	Čekovce/Mladonice	48,34°N 19,17°E	-	3	1,5
2004	September	23.	5:32:12	Prenčov	48,28°N 18,83°E	15	5	3,6

Tab.2.8 - Relatívna veľkosť energie uvoľnenej v južnej časti stredoslovenského zlomového pásma pri makroseizmicky pozorovaných zemetraseniach

Doba	Σ R	Σ Z	Σ R/ΣZ	Σ I ₀	ΣI ₀ /ΣR	ΣR/ΣI ₀
1443 – 1862	419	2	209,5	12,5	0,0298	33,520
1862 – 2004	142	10	14,2	36,5	0,2570	3,890

Na obr. 10. sú vykreslené dve predpokladané epicentrálne oblasti, je však pravdepodobné, že sa tu vytvára širšia epicentrálna oblasť, zahŕňajúca všetky uvedené epicentrá.



Obr.10 - Obalové čiary epicentier zemetrasení (epicentrálne oblasti) v južnej časti stredoslovenského zlomového pásma

2.4 ZÁVER

Pohyby povrchu územia pomocou GIS sa na Slovensku sledujú od roku 1996 a kampaňové merania v Slovenskej geodynamickej referenčnej sieti (SGRN) sa uskutočňujú v dvojročnom cykle od roku 2001. Koncom roku 2006 bola uvedená do prevádzky sieť Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS), ktorá využíva globálne navigačné satelitné systémy (GNSS), čo znamenalo novú etapu v oblasti geodynamického monitoringu. Sieť obsahuje v súčasnosti 24 bodov (ktoré sú aj súčasťou SGRN), na ktorých sa vykonávajú permanentné merania za účelom stanovenia ich polohy. Tri z týchto bodov sú zaradené aj do európskej permanentnej siete (EPN). Presnosť meraní na týchto bodoch bola prostredníctvom spracovateľského centra EPN overovaná, pričom bola dosiahnutá významná zhoda.

Meraniami v roku 2009 sa potvrdil pohyb euroázijskej platne v severovýchodnom smere v priemere približne o rýchlosti 1,6 mm/rok. Na Slovensku bol zistený pohyb sledovaných bodov prevažne v rozmedzí 1,0 - 1,5 mm/rok, ojedinеле až 2 mm/rok. Namerané údaje potvrdzujú tektonickú aktivitu zemskej kôry na našom území, ktorá sa v závislosti od celkového pohybu európskej platne a charakteru zlomovej tektoniky realizuje lokálne s rôznou intenzitou a môže sa prejavíť i seizmickými otrasmi. Preto je dôležité dokumentovať zlomové poruchy, najmä v jednotlivých epicentrálnych oblastiach, a sledovať v nich rýchlosť/veľkosť uvoľňovanie seizmickej energie.

Sledovanie pohybov pozdĺž zlomov, na ktorých sú osadené dilatometre TM 71, bolo v roku 2009 realizované na 6 lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa, Banská Hodruša, Vyhne, Ipeľ, Dobrá Voda. Na väčšine lokalít došlo k útlmu pohybov. Významnejšie pohyby boli zaznamenané iba na zlome v lokalite Vyhne, kde od druhej polovice roka 2008 do konca roku 2009 dosiahol posun 0,47 mm. K čiastočnému oživeniu pohybov došlo začiatkom roka 2009 i na lokalite Branisko. I napriek nízkej intenzite pohybov bola vzhľadom na významnosť tejto lokality (úniková štôlna tunela Branisko) informovaná o situácii i Slovenská správa ciest.

Podľa záznamov slovenských seizmických staníc bolo v roku 2008 na území Slovenska 72 zemetrasení. Z toho makroseizmicky sa prejavili len dve v blízkosti Vihorlatu a jedno v oblasti Banskej Bystrice. Ich intenzita nepresiahla 3°EMS. Magnitúdo zemetrasení sa pohybovalo v rozmedzí 0,5 až 1,9. Zaujímavé je, že zemetrasenie v oblasti B. Bystrice malo magnitúdo iba 0,9, pričom intenzita dosiahla 3°EMS (11 pozorovaní). Išlo tu zrejme o relatívny pohyb horninových blokov v menšej hĺbke. Ostatné zemetrasenia s magnitúdom až do 1,8 sa makroseizmicky neprejavili.

Najviac zemetrasení bolo na východnom Slovensku (32), z toho 13 v oblasti Slanských vrchov a 12 pozdĺž severojužných línií tiahnucich sa pri západnom a východnom okraji Vtáčnika. Najmenej zemetrasení bolo na severozápadnom Slovensku, v oblasti Tribča - Vtáčnika a v oblasti Nízkych Tatier. V predchádzajúcich rokoch bolo však najviac seizmometricky zaznamenaných zemetrasení v oblasti stredného, severného, južného alebo západného Slovenska. Svedčí to o prerozdeľovaní tektonických napätí, pričom seizmická energia sa uvoľňuje viac-menej rovnomerne po celom území Slovenska. Neplatí to však pre makroseizmické prejavy, ktoré sa až na výnimky sústreďujú do známych seizmických oblastí.

Dlhodobé sledovanie seizmickej aktivity v oblasti Banskej Bystrice potvrdilo podobný trend ako v ostatných epicentrálnych oblastiach na území Slovenska. Seizmická energia sa v súčasnosti uvoľňuje v početnejších slabších zemetraseniach než v minulosti, pričom v makroseizmicky zaznamenaných zemetraseniach sa od roku 1947 doteraz uvoľnilo 2,5 krát viac seizmickej energie ročne než v predchádzajúcich obdobiach (tab. 2.6).

V južnejšej časti stredoslovenského zlomového pásma sa až do roku 1936 zemetrasenia vyskytovali iba v B. Štiavnicí a jej bezprostrednom okolí. Aktivita v tejto časti zlomového pásma sa obnovila až v roku 1999 v okolí obcí Horné a Dolné Mladonice. Pozoruhodné je, že v tomto území sa podľa historických záznamov nevyskytlo v minulosti žiadne makroseizmicky pozorované zemetrasenie. Zemetraseniu v okolí Mladoníc predchádzali diferencované vertikálne tektonické pohyby o rýchlosti až 2 mm za rok, ktoré boli dokumentované presnou niveláciou v predchádzajúcich rokoch (Hrašna, 2002). Podľa doterajšieho spôsobu uvoľňovania seizmickej energie platí zrejme aj v tomto území rovnaký predpoklad ako v oblasti Banskej Bystrice (tab. 2.8).

Vzhľadom na recentné vyššie uvoľňovanie seizmickej energie vo väčšine ohniskových oblastí na území Slovenska v početnejších slabších zemetraseniach než tomu bolo v minulosti, nehrozia u nás zrejme v súčasnosti silné otrasy s väčšími dopadmi na technosféru a krajinu.

Použitá literatúra

Cipciar, A., Kristeková, M.: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami GFÚ SAV v roku 2008. Manuscript. GFÚ SAV, Bratislava, 2009, 29 s.

Droščák, B.: SKTRF - Geokinematika Slovenska; Zborník odborného seminára Globálne navigačné družicové systémy ako efektívny prostriedok na určovanie priestorovej polohy. Tatranská Lomnica, 2009

Hrašna, M.: Seizmotektonická charakteristika stredoslovenského zlomového pásma. Zborník 3. konferencie Geológia a životné prostredie. ŠGÚDŠ, Bratislava, 2002, 35-38

Hrašna M., Vanko, J., Ferienc, D.: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia. Správa o riešení úlohy v roku 2003 za tému 09. KIG PRI UK Bratislava, 2004, 24 s.

Hrašna, M.: 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.

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

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

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

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA

817 04 Bratislava, Mlynská dolina

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

SPRÁVA O RIEŠENÍ ÚLOHY V ROKU 2009
ZA TÉMU 02

PRÍLOHA 2.1

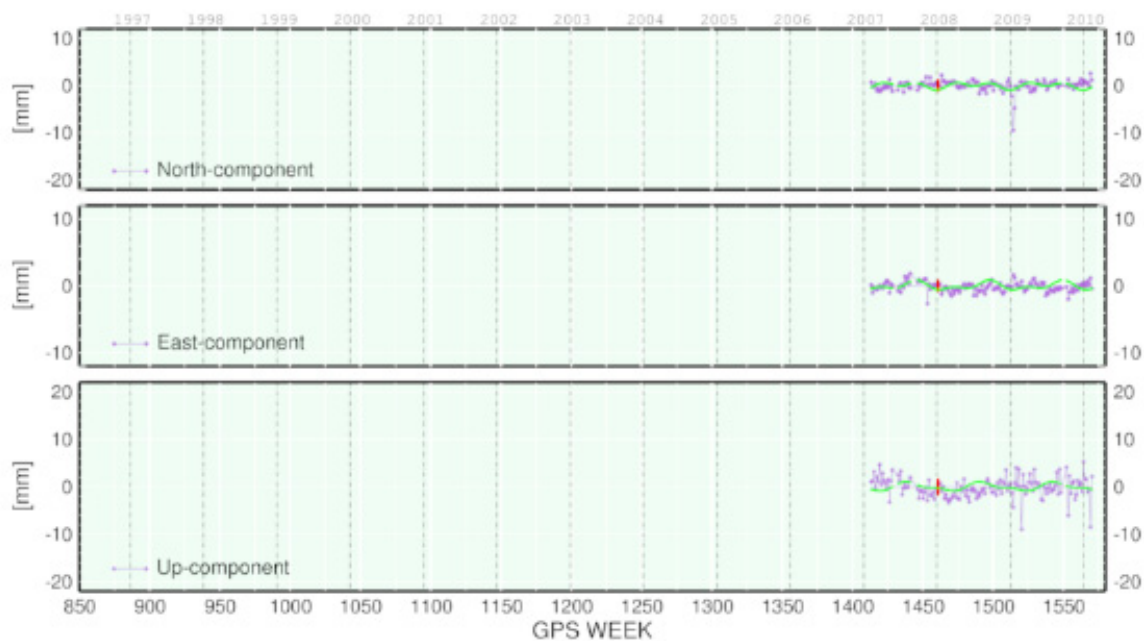
GRAFY RÝCHLOSTNÝCH TRENDOV NA VYBRATÝCH LOKALITÁCH

Autor: Ing. Dušan Ferianc

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

Bratislava, marec 2010

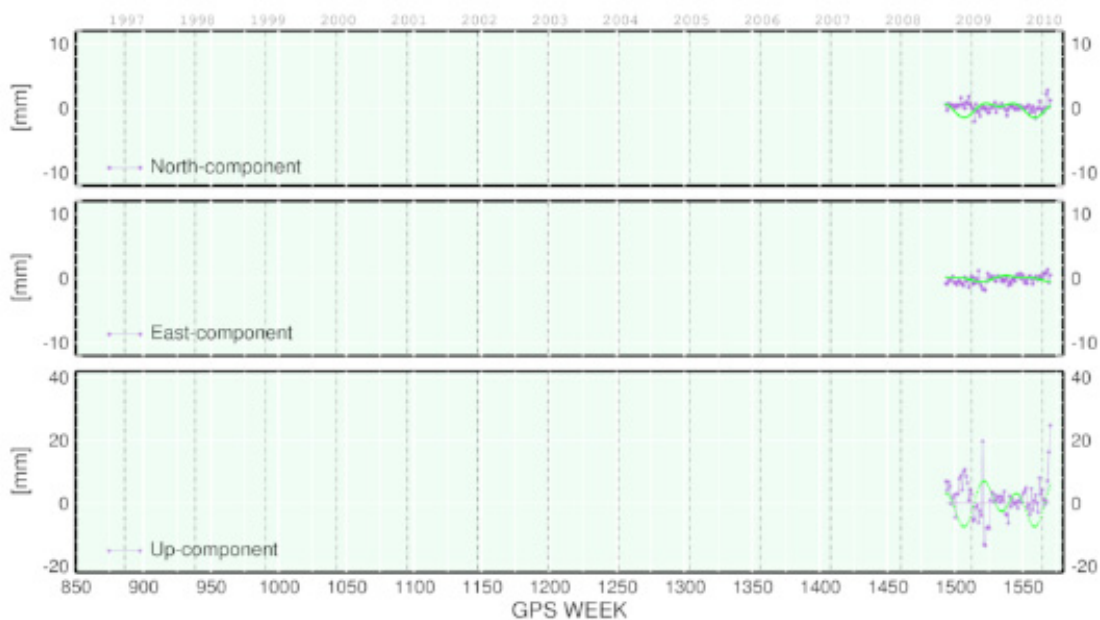
BBYS_11514M001 (CLEAN)



EPN_C1570_weekly

Znázornenie rýchlostného trendu bodu BBYS

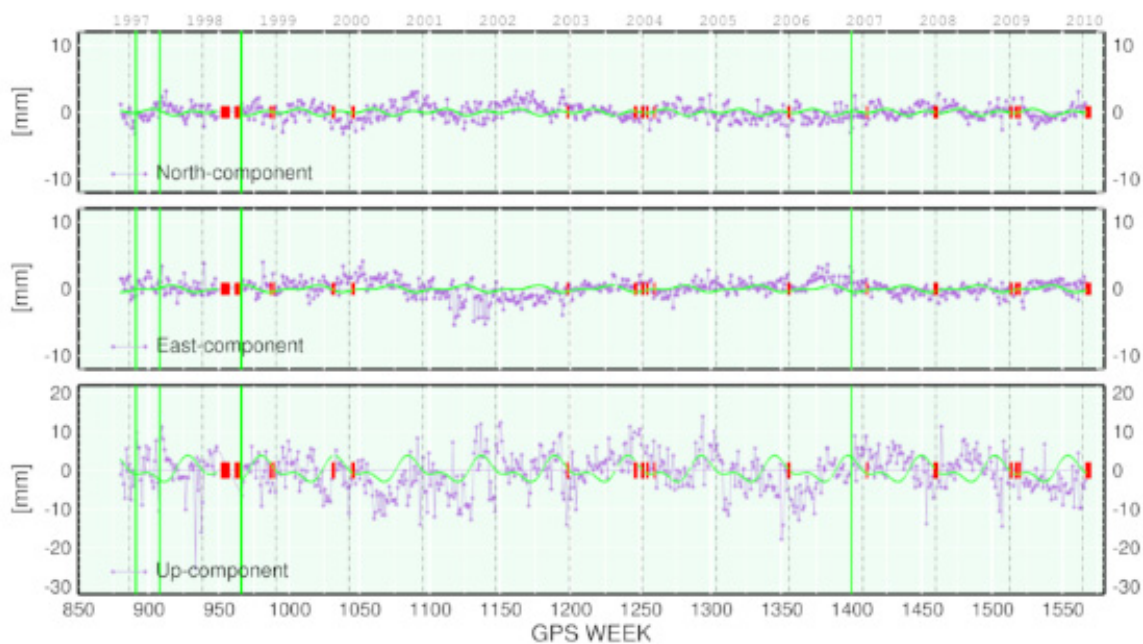
MOP2_11507M002 (CLEAN)



EPN_C1570_weekly

Znázornenie rýchlostného trendu nového bodu MOP2

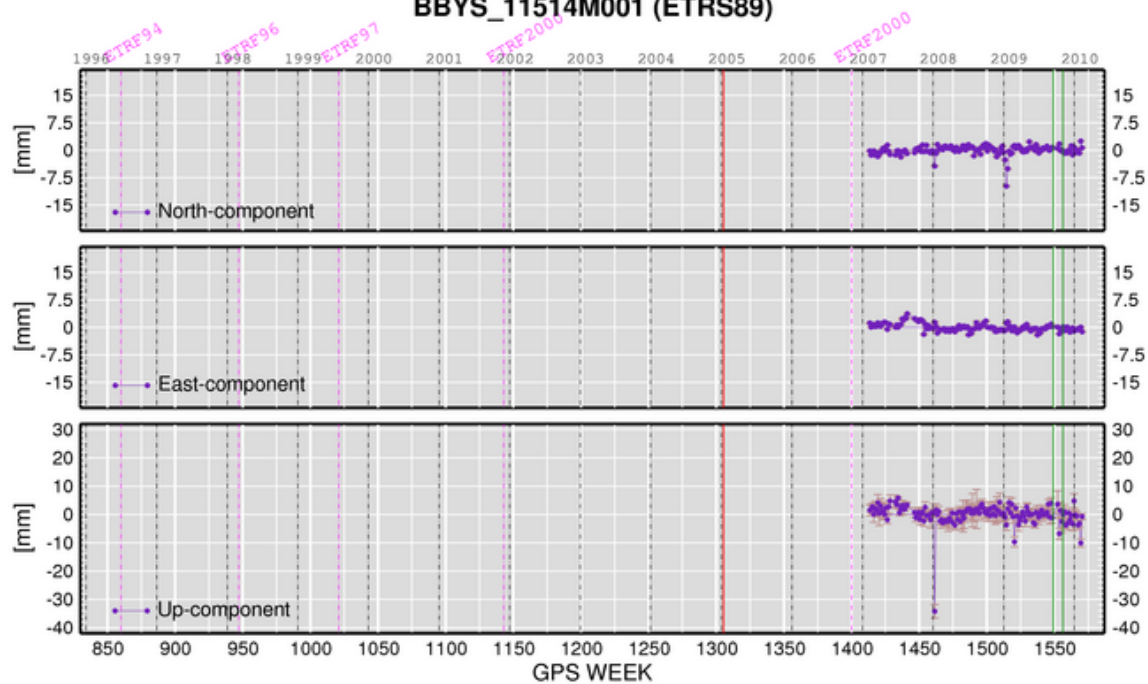
MOPI_11507M001 (CLEAN)



EPN_C1570_weekly

Znázornenie rýchlostného trendu bodu MOPI

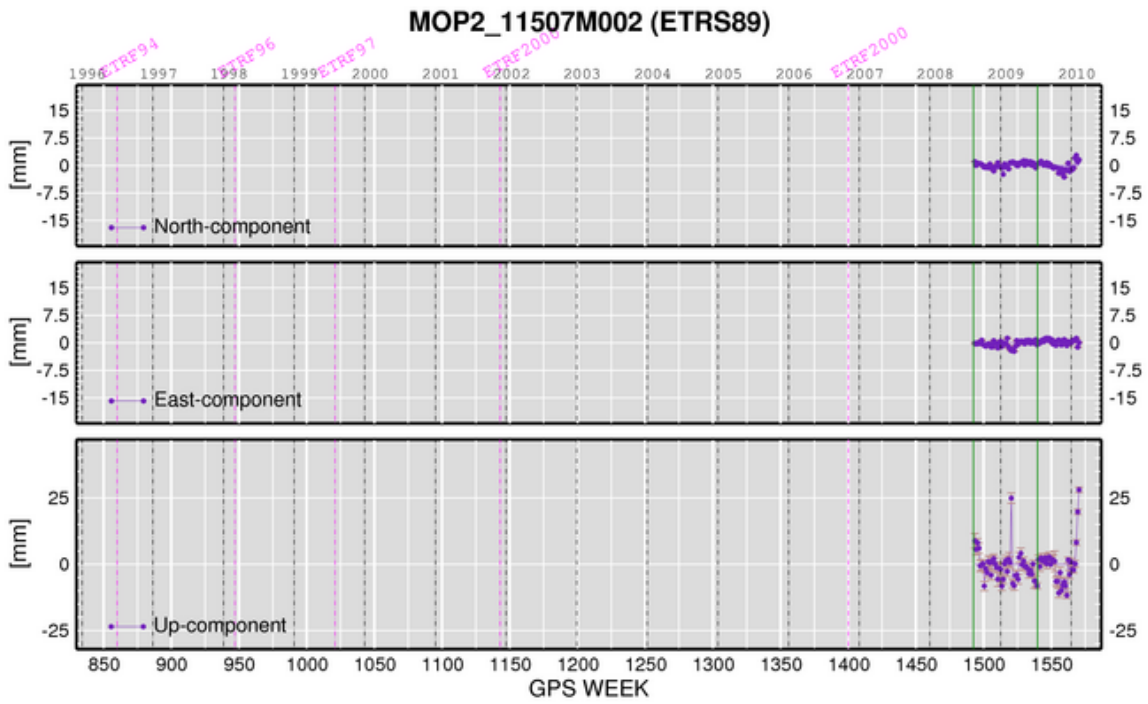
BBYS_11514M001 (ETRS89)



EPN CB

Sat Mar 27 09:15:51 2010

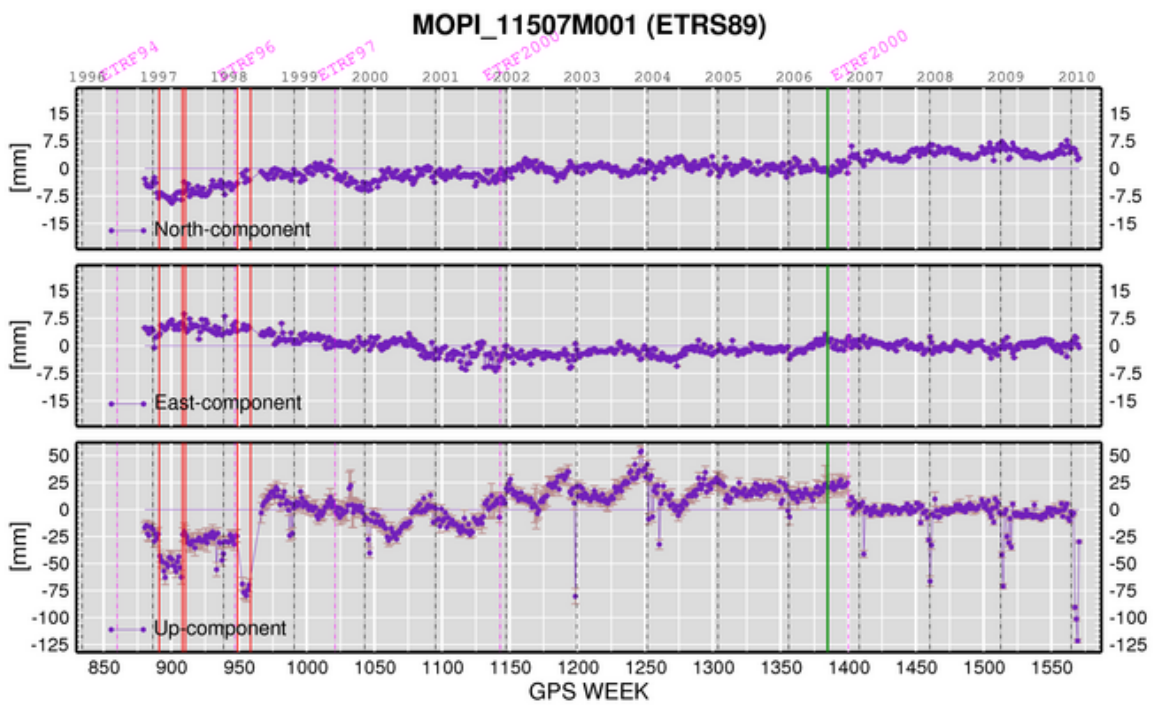
Znázornenie rýchlostného trendu bodu BBYS v ETRS89



EPN CB

Sat Mar 27 09:21:38 2010

Znázornenie rýchlostného trendu bodu MOP2 v ETRS89



EPN CB

Sat Mar 27 09:21:40 2010

Znázornenie rýchlostného trendu bodu MOP v ETRS89

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA

817 04 Bratislava, Mlynská dolina

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

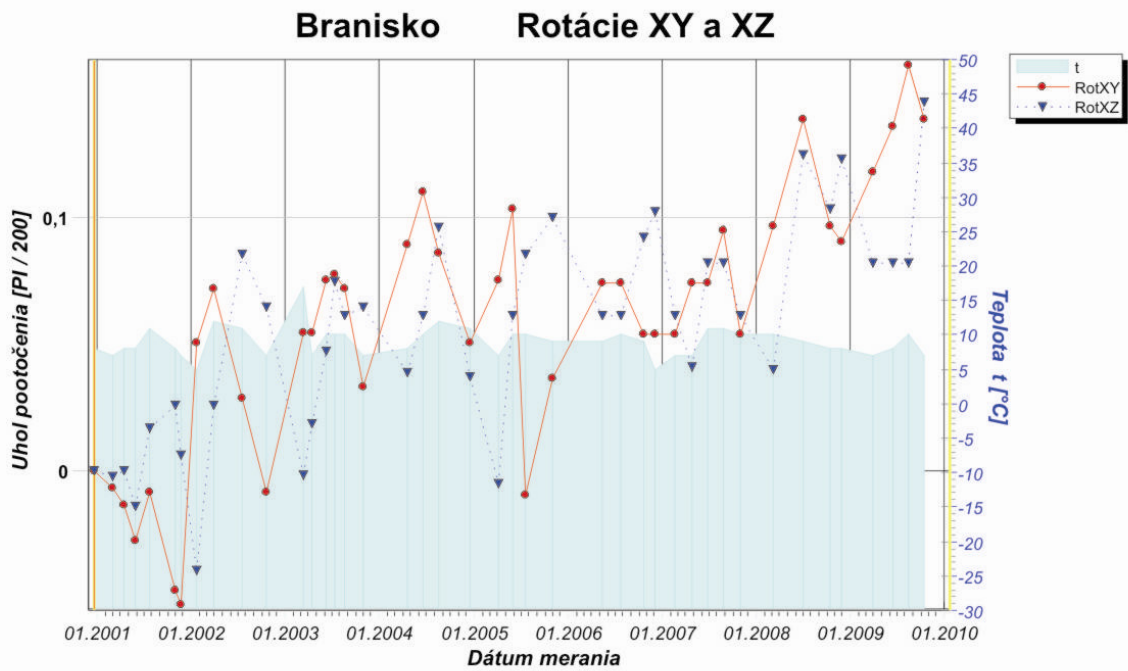
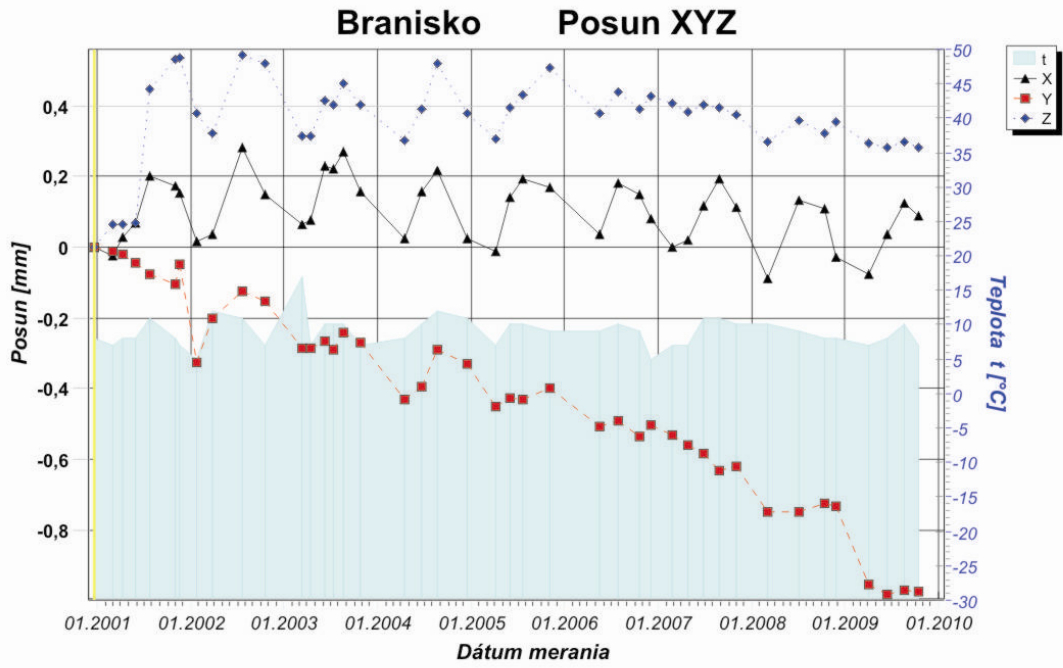
SPRÁVA O RIEŠENÍ ÚLOHY V ROKU 2009
ZA TÉMU 02

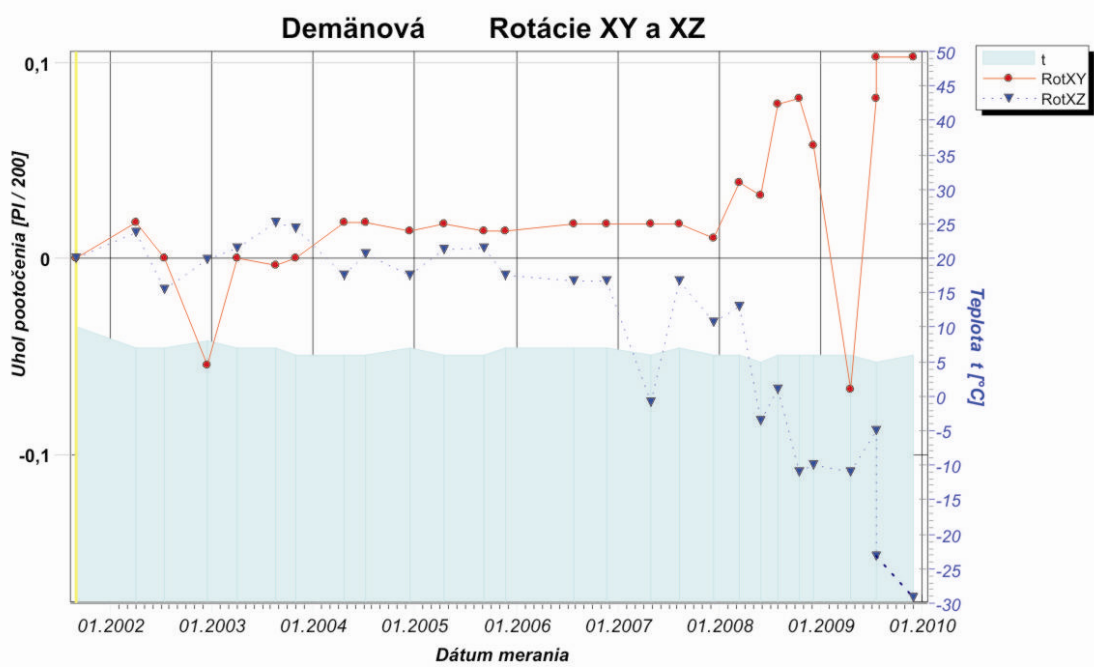
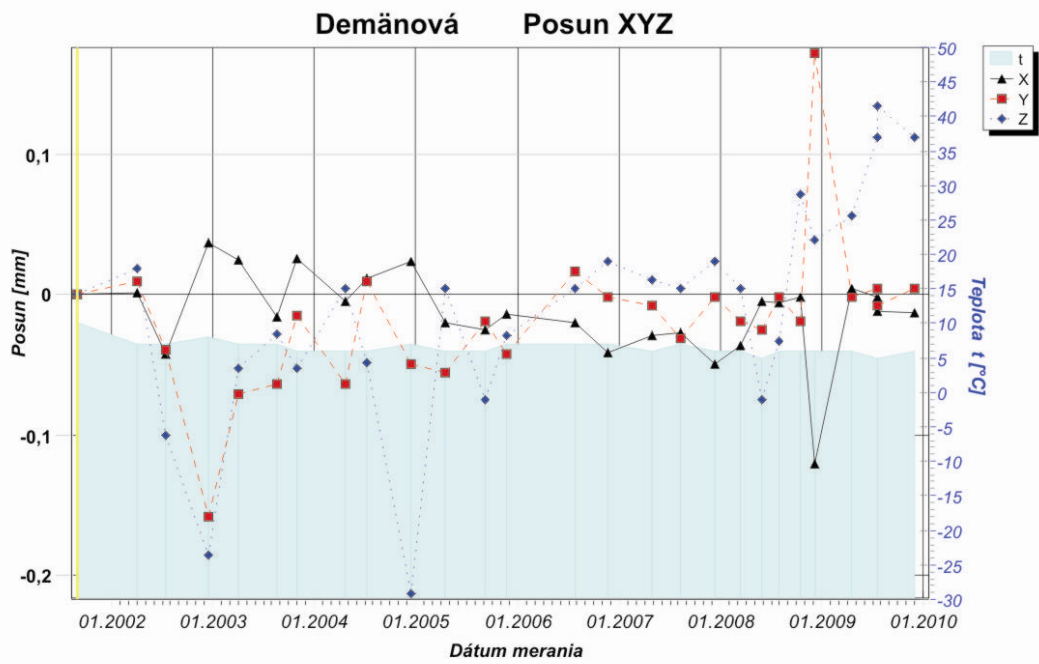
PRÍLOHA 2.2

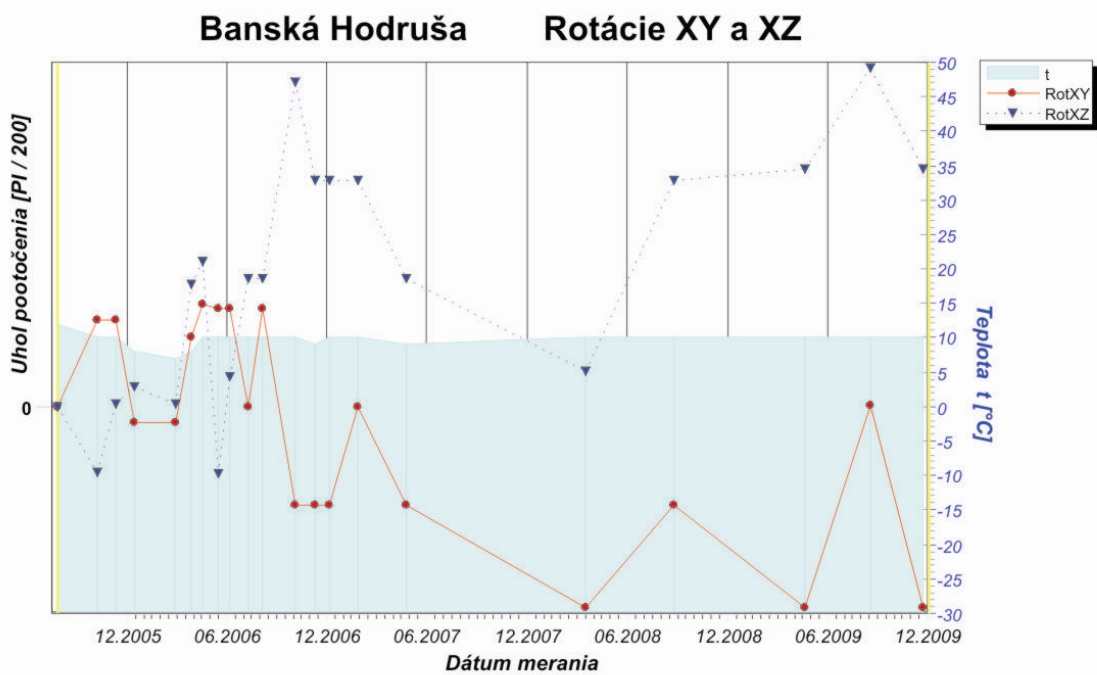
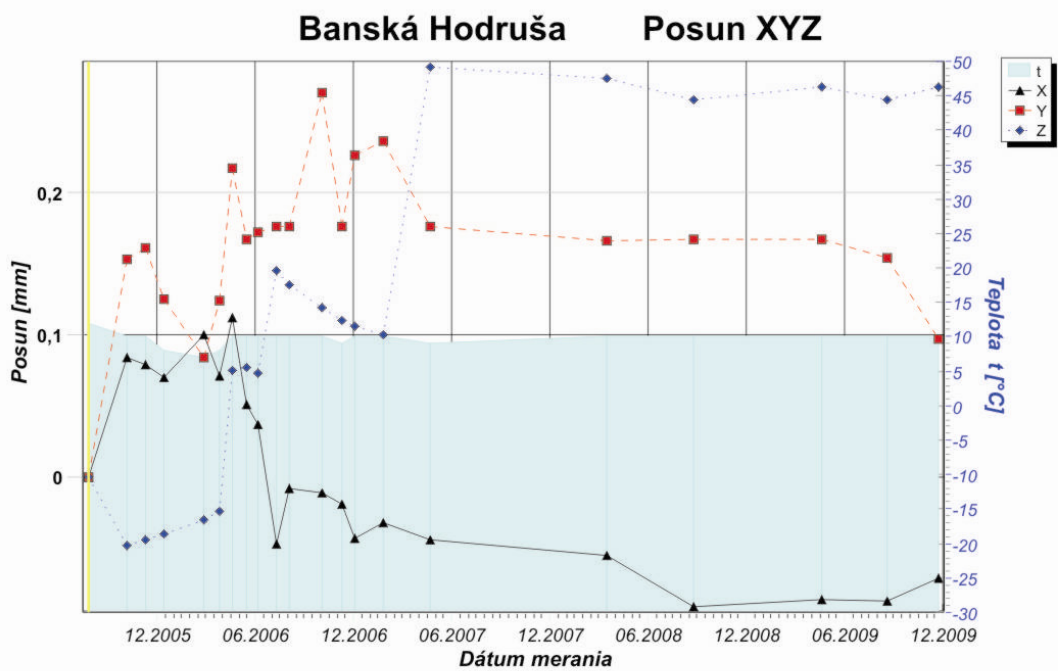
MERANIA POHYBOV NA ZLOMOCH

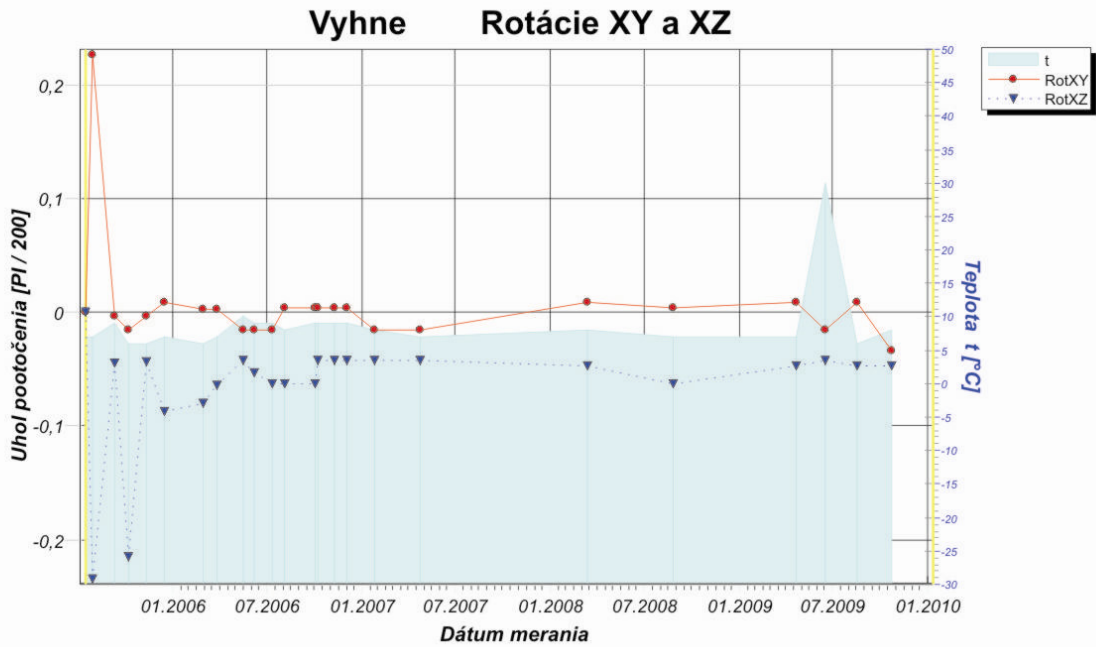
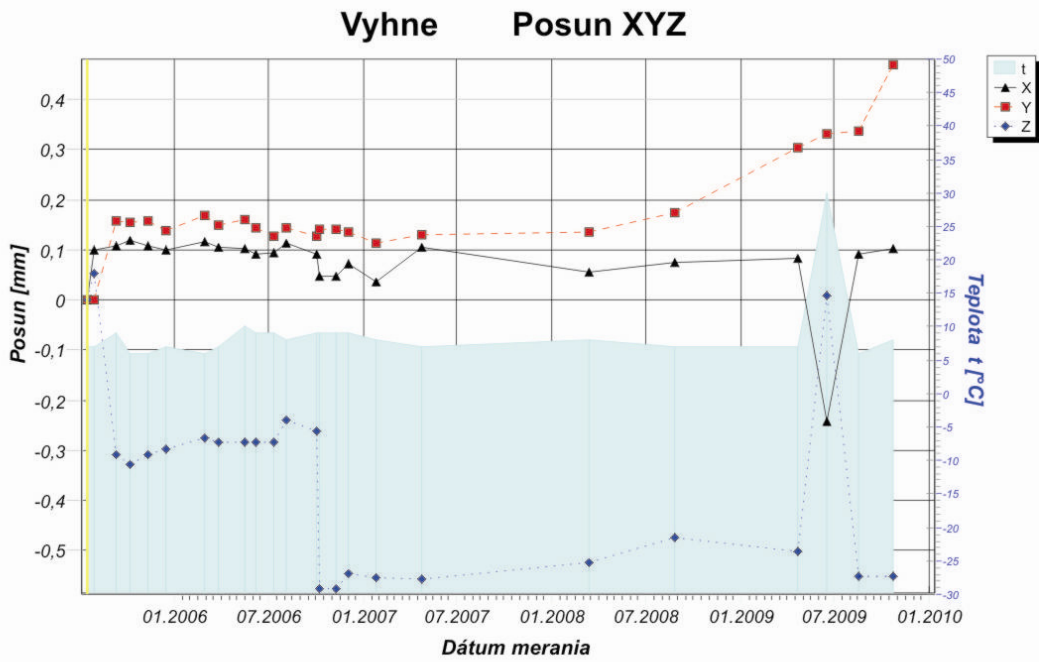
Autor: Ing. Ľubomír Petro, CSc.
ŠGÚDŠ, Košice

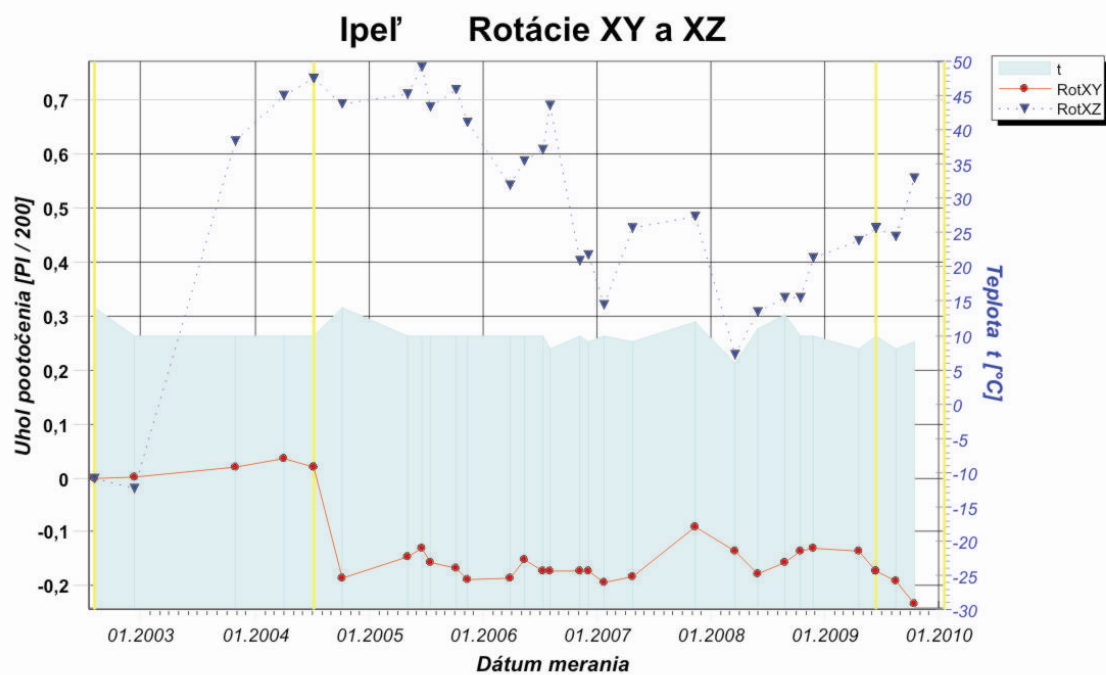
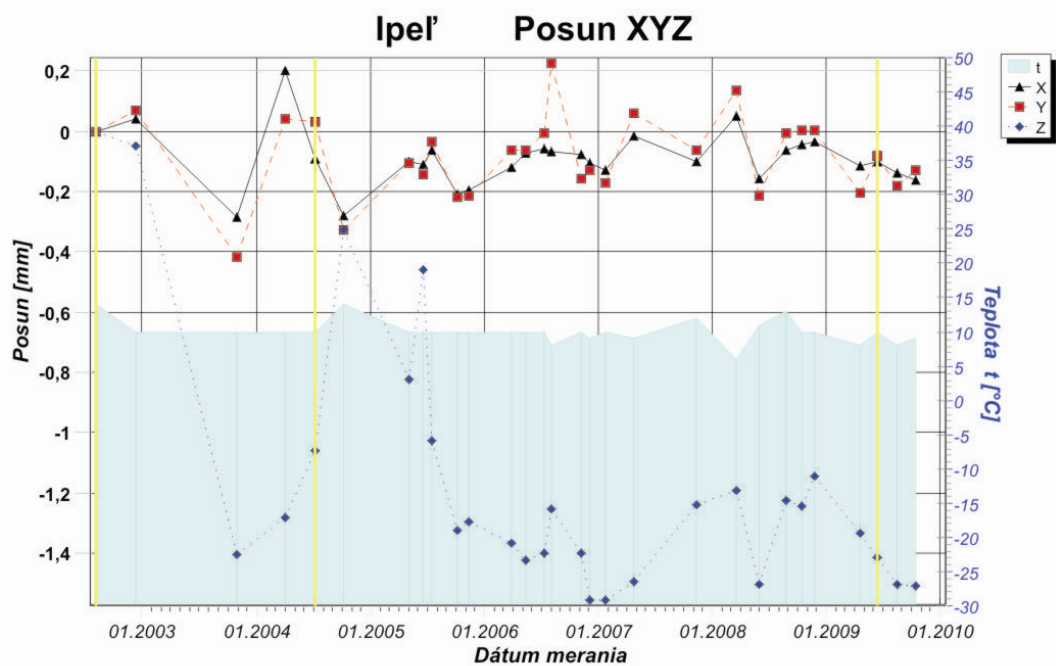
Bratislava, marec 2010

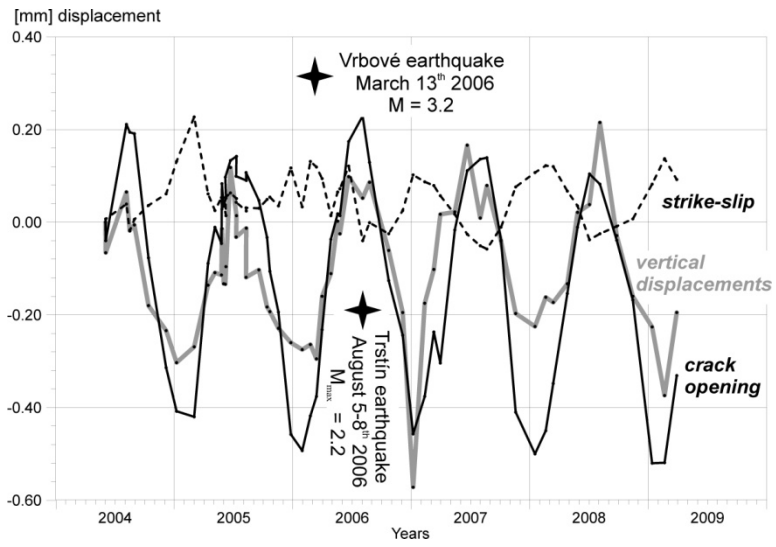












Graf pohybov z lokality Dobrá Voda

Geofyzikálny ústav
Slovenská akadémia vied
Bratislava



**Monitorovanie seizmických javov
stálymi seizmickými stanicami
Geofyzikálneho ústavu SAV v roku 2009**

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

Bratislava
apríl 2010

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

2.2	TEKTONICKÁ A SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA (SUBSYSTEM Č. 2)	2
2.2.1	ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA MONITOROVACEJ SIETE	3
2.2.2	POZOROVANÉ UKAZOVATELE A METÓDY ICH VYHODNOTENIA	5
2.2.3	SPÔSOB A FREKVENCIA ZBERU ÚDAJOV	8
2.2.4	VÝSLEDKY MONITOROVANIA	10
2.2.4.1	Seizmická stanica Železná studnička (ZST).....	10
2.2.4.2	Seizmická stanica Modra (MODS)	12
2.2.4.3	Seizmická stanica Hurbanovo (HRB).....	12
2.2.4.4	Seizmická stanica a Šrobárová (SRO).....	13
2.2.4.5	Seizmická stanice Iža (SRO1).....	14
2.2.4.6	Seizmická stanice Moča (SRO2).....	15
2.2.4.7	Seizmická stanica Kečovo (KECS)	16
2.2.4.8	Seizmická stanica Vyhne (VYHS)	18
2.2.4.9	Seizmická stanica Likavka (LIKS)	20
2.2.4.10	Seizmická stanica Červenica (CRVS)	22
2.2.4.11	Seizmická stanica Stebnícka huta (STHS).....	24
2.2.4.12	Seizmická stanica Kolonické sedlo (KOLS).....	26
2.2.4.13	Národná sieť seizmických staníc v období 2002-2009	28
2.2.4.14	Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky	31
2.2.4.14.1	Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v roku 2009 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky	31
2.2.4.14.2	Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v období 2002-2009 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky	35
2.2.4.15	Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	37
2.2.4.15.1	Zemetrasenie dňa 12.1.2009 o 00:46 UTC	37
2.2.4.15.2	Zemetrasenie dňa 15.1.2009 o 09:10 UTC	38
2.2.4.15.3	Zemetrasenie dňa 18.1.2009 o 01:56 UTC	38
2.2.4.15.4	Zemetrasenie dňa 7.5.2009 o 21:27 UTC	38
2.2.4.15.5	Zemetrasenie dňa 5.10.2009 o 19:06 UTC	39
2.2.4.15.6	Zemetrasenie dňa 28.11.2009 o 03:34 UTC	39
2.2.4.15.7	Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky v období 2002-2009	40
2.2.4.16	Závery	43

2.2 TEKTONICKÁ A SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA (SUBSYSTEM Č. 2)

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.

2.2.1 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.

V rokoch 2001-2004 bol zrealizovaný projekt Modernizácie a doplnenia NSSS. Počas jeho riešenia bolo okrem iného na území Slovenska vybudovaných 7 nových seizmických staníc, 4 pôvodné seizmické stanice boli zmodernizované, bola zriadená zberná centrála v Bratislave s kontinuálnym spojením so všetkými seizmickými stanicami umožňujúcim prenos údajov v reálnom čase. (viac informácií o projekte Modernizácie a doplnenia NSSS je možné nájsť v ročných správach za roky 2001-2004, kapitola 8)

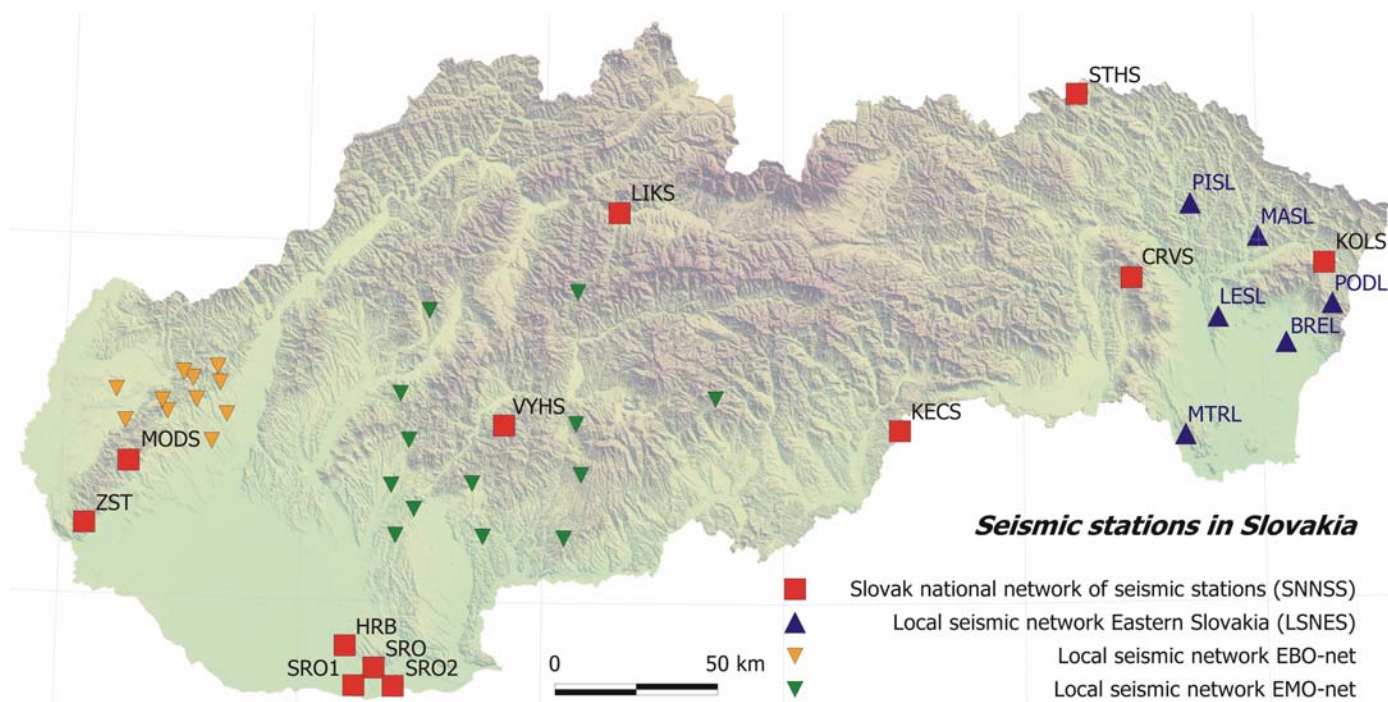
Po úspešnom dokončení projektu modernizácie a doplnenia je NSSS tvorená 12 seizmickými stanicami:

- 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 stanicach sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu pôdy. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. Na stanicach ZST, CRVS, VYHS, KOLS a MODS sú nainštalované širokopásmové seizmometre, ostatné seizmické 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. 2.2.1. 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 v rokoch 2004-2006 vybudovaná lokálna sieť seizmických staníc, ktorú prevádzkuje FMFI UK v Bratislave. GFÚ SAV úzko spolupracuje s obidvoma inštitúciami a v prípade potreby sú relevantné údaje zo všetkých lokálnych sietí k dispozícii. Pokrytie územia Slovenskej republiky seizmickými stanicami je znázornené na Obr. 2.2.1.

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
Stebnicka 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. 2.2.1. Národná sieť seizmických staníc - stav v roku 2009.



Obr. 2.2.1. Seizmické stanice na území Slovenska - stav v roku 2009.

2.2.2 POZOROVANÉ 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 stanicích NSSS. Údaje zo seizmických staníc sú monitorované na GFÚ SAV, pracovníkmi oddelenia seizmológie – RNDr. Andrejom Cipciarom, Mgr. Luciou Fojtíkovou, Mgr. Petrom Franekom, Mgr. Erikom Bystrickým a Mgr. Miriam Kristekovou, PhD. Analýza zaznamenaných údajov je vykonávaná v dvojkrokovy:

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

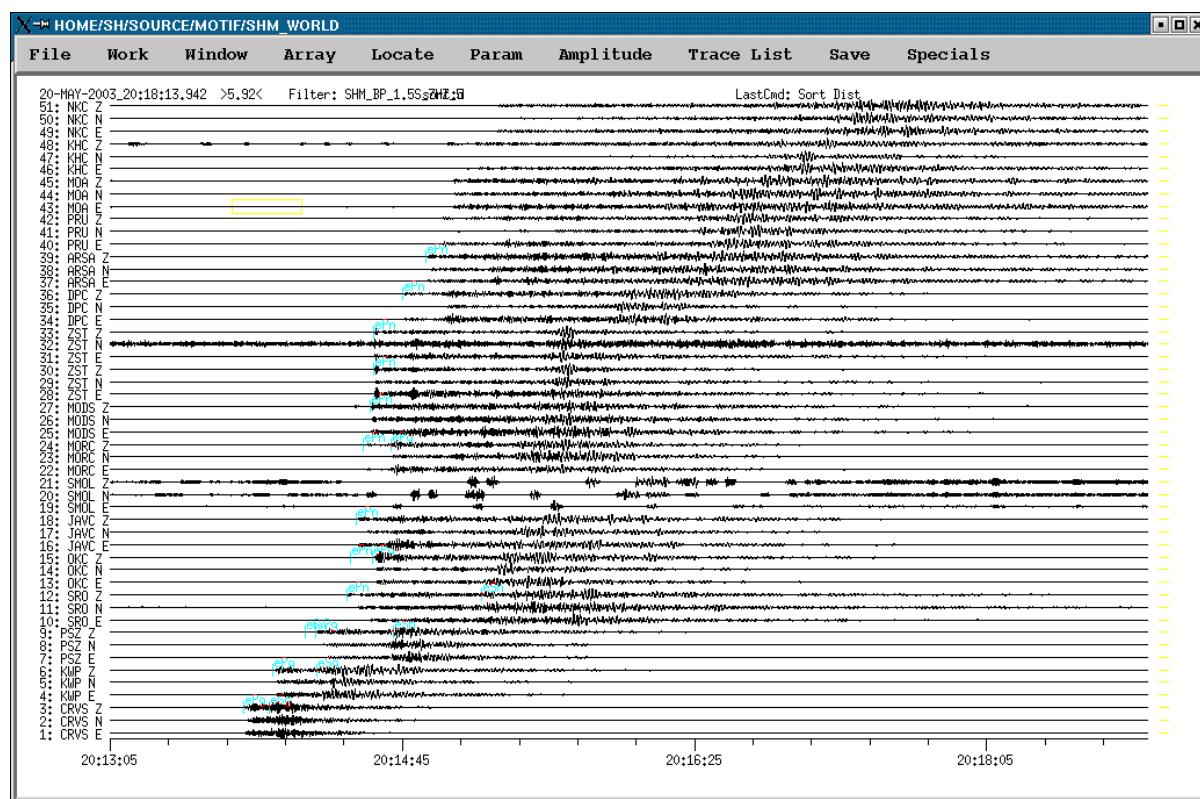
1. Automatická lokalizácia je v súčasnosti vykonávaná programovým balíkom AutoLoc 2.0 (GFZ Potsdam), ktorý bol nainštalovaný v dátovom centre GFÚ SAV v priebehu roku 2009. Prvá automatická lokalizácia je k dispozícii do 10 minút po vzniku zemetrasenia. Výsledky automatických lokalizácií sú dostupné na <http://www.seismology.sk> (Obr. 2.2.2.). Automatické lokalizácie sú posielané e-mailom do European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC), Úradu civilnej ochrany a na ďalšie vybrané e-mailové adresy.

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	TAJKISTAN-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. 2.2.2. Výsledky automatických lokalizácií seizmických javov na <http://www.seismology.sk>

2. Manuálna analýza je vykonávaná softvarovým balíkom SeismicHandler (Obr. 2.2.3.). 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.



Obr. 2.2.3. Ukážka manuálnej interpretácie programom SeismicHandler.

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 makroseizmickej 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 spresnené, 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 magnitúdo. 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 spresnené 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.

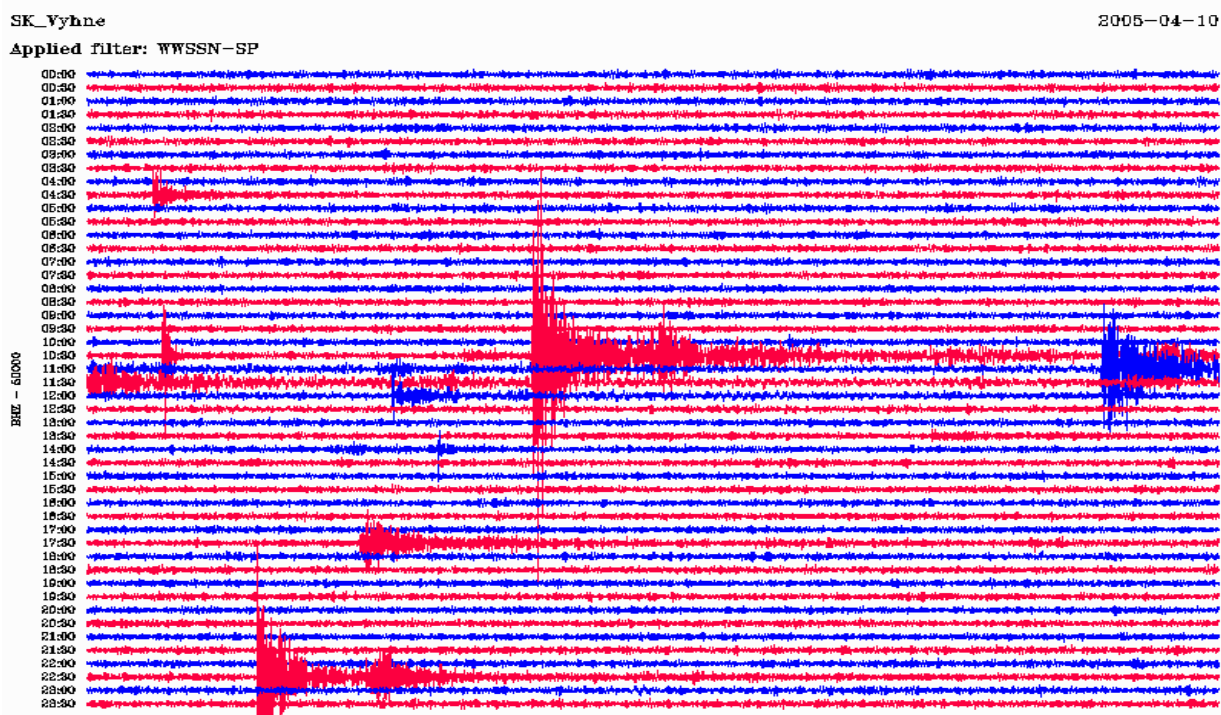
Okrem spomenutej štandardnej medzinárodnej výmeny údajov sú záznamy zo seizmických staníc poskytované v reálnom čase všetkým inštitúciám, ktoré poskytujú zaznamenané údaje v rámci Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV (viď kapitola 2.2.3) a taktiež medzinárodnému dátovému centru ORFEUS v Holandsku.

2.2.3 SPÔSOB A FREKVENCIA ZBERU ÚDAJOV

Na lokalitách seizmických staníc je pomocou seizmometrov nepretržite (100 alebo 20 Hz) 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 NSSS (okrem HRB) sú prenášané do dátového centra GFÚ SAV okamžite, v tzv. real-time režime (pomocou telemetrie, dátového prenosu cez Internet alebo pomocou satelitného spojenia). Pomocou telemetrie sú zaznamenané údaje zo stanice ZST, pomocou internetového spojenia zo stanice MODS a pomocou satelitného spojenia zo staníc SRO, SRO1, SRO2, CRVS, LIKS, KECS, VYHS, KOLS, STHS.

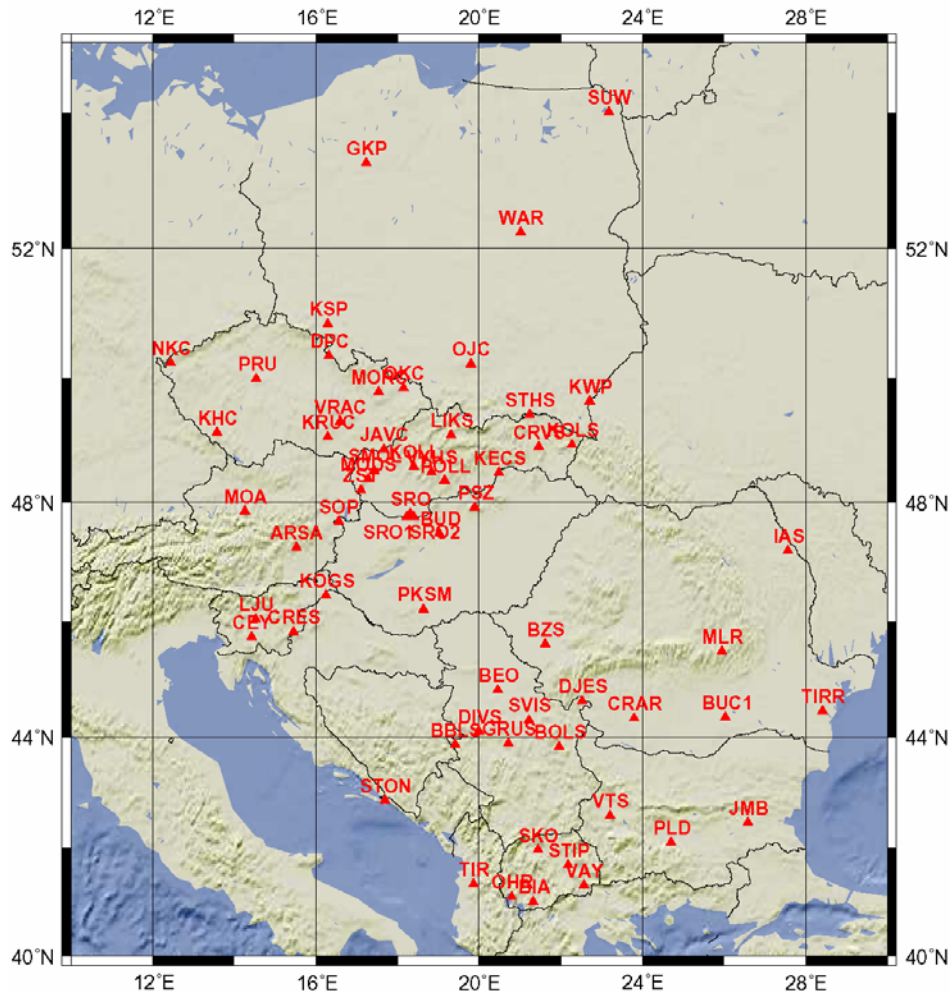
Stav zberu údajov a živé seizmogramy zo staníc NSSS a stanice Smolenice (ktorá patrí do lokálnej siete seizmických staníc prevádzkovanvej spoločnosťou Progseis) sú pre verejnosť k dispozícii na stránke <http://www.seismology.sk>. Na tejto stránke sú k dispozícii aj archívne záznamy zo seizmických staníc pre posledných 30 dní. Počet návštev stránky <http://www.seismology.sk> v roku 2009 bol približne 21200, počet návštev web stránky od jej uvedenia do prevádzky v roku 2004 do konca roku 2009 bol približne 165000. Ukážka archívneho záznamu zo stanice VYHS je na Obr. 2.2.4.



Obr. 2.2.4. Príklad živých seizmogramov.

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. V období 2003-2008 to bolo cca 80 seizmických staníc (11 staníc národnej siete a cca 70 staníc spolupracujúcich inštitúcií), ktoré tvorili Virtuálnu sieť seizmických staníc GFÚ SAV znázornenú na

Obr. 2.2.5. V roku 2009 bol počet seizmických staníc virtuálnej siete využívaných v každodennej analýze redukovaný ako dôsledok zmeny priorit seizmického monitoringu. V súčasnosti z Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV využívame 62 seizmických staníc v bližšom regióne Slovenska.



Obr. 2.2.5. Seizmické stanice Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV.

2.2.4 VÝSLEDKY MONITOROVANIA

Seizmické stanice NSSS v období od 1.1.2009 do 31.12.2009 zaznamenali celkom 4990 zemetrasení a priemyselných explózií. Seizmometricky lokalizovaných bolo 87 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Makroseizmicky bolo v roku 2009 na území Slovenska pozorovaných 6 zemetrasení.

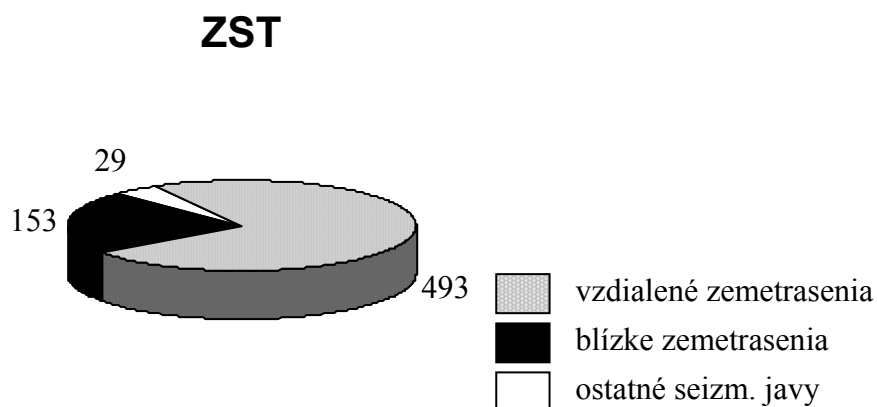
Lokality merania sú dané polohami seizmických staníc NSSS. V kapitole 2.2.4 budú postupne zhodnotené jednotlivé lokality merania aj NSSS ako celok. Na záver kapitoly budú prezentované najdôležitejšie výsledky seizmického monitorovania - údaje o seizmometricky lokalizovaných zemetraseniach v záujmovej oblasti Slovenskej republiky a makroseizmicky pozorovaných zemetraseniach na území Slovenska.

V jednotlivých častiach budú uvedené podrobne údaje pre rok 2009 a stručne spomenuté údaje pre roky 2002-2008. Viac informácií pre tieto roky je možné nájsť v jednotlivých ročných správach.

2.2.4.1 Seizmická stanica Železná studnička (ZST)

Za obdobie 1.1.-31.12.2009 zaznamenala seizmická stanica ZST 675 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 2.2.6.

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. 2.2.6. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST v období 1.1.-31.12.2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST počas jednotlivých mesiacov roku 2009 sú uvedené v Tab. 2.2.2. V mesiacoch marec, november-december sa na stanici vyskytli technické problémy, najmä s prenosom zaznamenaných údajov.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	62	27	2	91
Február	13	7	1	21
Marec	0	0	0	0
Apríl	31	11	1	43
Máj	83	44	3	130
Jún	81	20	4	105
Júl	42	14	2	58
August	76	11	2	89
September	40	12	11	63
Október	64	7	3	74
November	1	0	0	1
December	0	0	0	0

Tab. 2.2.2. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST v roku 2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.3.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002	750	306	418	1474
2003	868	393	438	1699
2004	1183	368	208	1759
2005	1546	265	207	2021
2006	1210	382	228	1820
2007	1327	373	181	1881
2008	898	312	59	1269
2009	493	153	29	675

Tab. 2.2.3. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou ZST v období 2002-2009.

Seizmická stanica ZST je v prevádzke počas celého obdobia 2002-2009. Vybavená je krátkoperiodickými seizmometrami SM-3 a širokopásmovými seizmometrami SKD. So seizmometrami umiestnenými v špeciálnej štôlni vybudovanej na tento účel a telemetrickým prenosom údajov (od roku 1989) do spracovateľskej centrály bola dlhý čas najlepšou seizmickou stanicou na území Slovenska. Až v roku 2004 v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS po inštalovaní širokopásmových seizmometrov STS 2 (ktoré sú modernejšie a kvalitnejšie ako prístroje SKD) a vybudovaní satelitného spojenia modernizovaných a nových seizmických staníc s analyzačnou centrálou sa pred ňu postupne dostávajú stanice VYHS, CRVS, KOLS, KECS, STHS.

V roku 2009 sa na stanici vyskytli viaceré technické problémy, súvisiace najmä so zastaraným telemetrickým systémom prenosu údajov. Koncom roku 2009 prestal prenos údajov fungovať úplne a bude ho treba nahradiť modernejšou technológiou.

2.2.4.2 Seizmická stanica Modra (MODS)

Seizmická stanica MODS bola v roku 2009 kvôli pretrvávajúcim technickým problémom (seizmometer, prenos údajov) mimo prevádzky.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou MODS v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.4.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002	126	256	134	516
2003	242	247	134	623
2004	238	110	53	401
2005	0	0	0	0
2006	0	0	0	0
2007	1362	642	292	2296
2008	248	125	30	403
2009	0	0	0	0

Tab. 2.2.4. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou MODS v období 2002-2009.

Seizmická stanica MODS je v prevádzke počas celého obdobia 2002-2009. Seizmometer je umiestnený v špeciálnych priestoroch areálu astronomického observatória Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK s internetovým spojením s analyzáčnou centrárou v Bratislave. Nevýhodou stanice bolo, že počas jarných mesiacov pri výraznom zvýšení hladiny podzemnej vody, bývala miestnosť so seizmometrom zaplavovaná vodou. Seizmická stanica bola preto vybavená vodotesným krytom, ktorý však nemal 100 % účinnosť. V rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS bol v roku 2002 vybudovaný nový vodotesný kryt a nový zvýšený inštalačný pilier. Následne boli na stanici nainštalované širokopásmové seizmometre SKD a v auguste 2002 spustená kontinuálne registrácia. Koncom roku 2004 začali na seizmickej stanici MODS technické problémy. Po dlhom hľadaní riešenia bolo rozhodnuté o výmene seizmometra. Na jeseň 2006 bol na stanici nainštalovaný širokopásmový seizmometer STS-2, ktorý bol dokonca roku 2006 v skúšobnej prevádzke. V roku 2008 sa na tejto stanici opakovane vyskytli problémy so seizmometrom a zároveň aj s prenosom údajov, ktoré boli koncom roku 2008 riešené zaslaním seizmometra STS-2 výrobcovi na opravu. Seizmická stanica je veľmi citlivá na prepätia vznikajúce pri búrkovej činnosti a pred jej opätovným uvedením do prevádzky je preto potrebné zabezpečiť opatrenia znižujúce riziko poškodenia prístrojového vybavenia počas búrok.

2.2.4.3 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 2002-2009 nebol interpretovaný žiadny záznam zo seizmickej stanice HRB.

2.2.4.4 Seizmická stanica a Šrobárová (SRO)

Seizmická stanica SRO bola v roku 2009 kvôli pretrvávajúcim technickým problémom mimo prevádzky.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou SRO v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.5.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002	23	17	86	126
2003	206	38	24	268
2004	458	80	11	549
2005	519	85	15	619
2006	256	45	20	321
2007	0	0	0	0
2008	0	0	0	0
2009	0	0	0	0

Tab. 2.2.5. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou SRO v období 2002-2009.

Seizmická stanica SRO je v prevádzke počas celého obdobia 2002-2009. Je vybavená krátkoperiodickými seizmometrami SKM-3. V rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS bol v roku zriadený satelitný prenos údajov do analyzačnej centrály a telemetrické spojenie so seizmickými stanicami SRO1 a SRO2. Údaje z týchto staníc sa teda telemetriou prenášali na seizmickú stanicu SRO a odtiaľ satelitným prenosom do analyzačnej centrály v Bratislave. Koncom roku 2006 začali opakované technické problémy dlhodobého charakteru súvisiace so zastaraným zberným systémom PCM. Tento bude treba nahradiť modernejším systémom SEMS (viď Tab. 2.2.1). K podobnej zámene zberného systému bude potrebné pristúpiť aj na seizmických stanicách SRO1 a SRO2.

2.2.4.5 Seizmická stanice Iža (SRO1)

Seizmická stanice SRO1 bola v roku 2009 kvôli pretrvávajúcim technickým problémom mimo prevádzky.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou SRO v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.6.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002				
2003				
2004	56	17	3	76
2005	271	50	15	336
2006	168	35	13	216
2007	0	0	0	0
2008	0	0	0	0
2009	0	0	0	0

Tab. 2.2.6. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou SRO1 v období 2002-2009.

Seizmická stanica SRO1 bola vybudovaná v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a uvedená do prevádzky v októbri 2004. Stanica je vybavená krátkoperiodickým seizmometrom LE3D a telemetrickým prenosom údajov na stanicu SRO. Spolu s problémami so seizmickou stanicou SRO koncom roku 2006 začali problémy aj so seizmickou stanicou SRO1. Na jar 2009 bola seizmická stanica poškodená (spadnutá bídka, potrhane oplotenie) a následne vykradnutá. Potrebné stavebné práce boli vykonané na jeseň 2009 a inštalácia novej technológie je naplánovaná na rok 2010 po zabezpečení stanice pred opakovaným vandalizmom.

2.2.4.6 Seizmická stanice Moča (SRO2)

Seizmická stanice SRO2 bola v roku 2009 kvôli pretrvávajúcim technickým problémom mimo prevádzky.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou SRO v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.7.

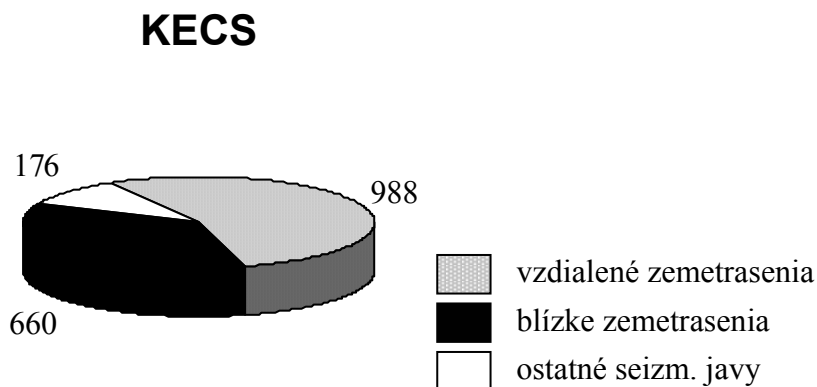
Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002				
2003				
2004	95	17	3	115
2005	205	43	5	253
2006	132	33	8	173
2007	0	0	0	0
2008	0	0	0	0
2009	0	0	0	0

Tab. 2.2.7. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou SRO1 v období 2002-2009.

Seizmická stanica SRO2 bola vybudovaná v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a uvedená do prevádzky v septembri 2004. Stanica je vybavená krátkoperiodickým seizmometrom LE3D a telemetrickým prenosom údajov na stanicu SRO. Spolu s problémami so seizmickou stanicou SRO koncom roku 2006 začali problémy aj so seizmickou stanicou SRO2. Pravdepodobne bude potrebné nahradiť starý zberný systém PCM modernejším systémom SEMS na všetkých seizmických staniach Šrobárovskej siete (SRO, SRO1, SRO2).

2.2.4.7 Seizmická stanica Kečovo (KECS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2009 zaznamenala seizmická stanica KECS 1824 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 2.2.7.



Obr. 2.2.7. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS v období 1.1.-31.12.2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS počas jednotlivých mesiacov roku 2009 sú uvedené v Tab. 2.2.8. Počas mesiacov február-máj bola seizmická stanica KECS kvôli technickým problémom mimo prevádzky.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	65	51	7	123
Február	0	0	0	0
Marec	0	0	0	0
Apríl	0	0	0	0
Máj	24	30	3	57
Jún	131	106	29	266
Júl	176	119	18	313
August	218	114	40	372
September	160	132	57	349
Október	91	40	16	147
November	97	53	5	155
December	26	15	1	42

Tab. 2.2.8. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS v roku 2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.9.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002				
2003	48	9	4	61
2004	575	127	101	803
2005	1471	766	351	2588
2006	1820	1353	532	3705
2007	1314	866	328	2508
2008	1571	1050	258	2879
2009	988	660	176	1824

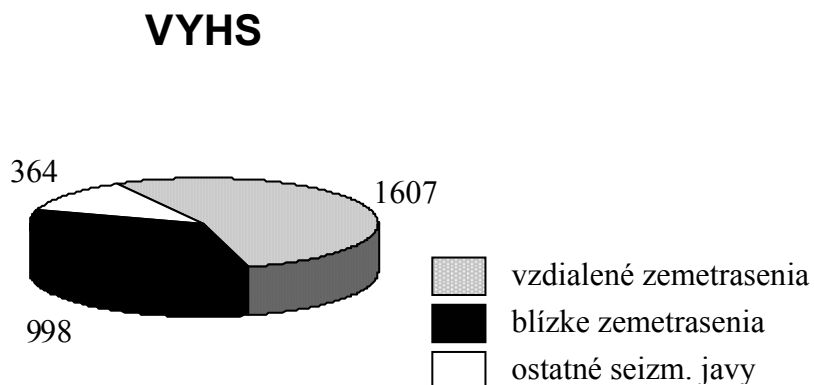
Tab. 2.2.9. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KECS v období 2002-2009.

Seizmická stanica KECS bola vybudovaná v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a uvedená do prevádzky v decembri 2003. Stanica je vybavená krátkoperiodickým seizmometrom LE3D a satelitným prenosom údajov do analyzačnej centrály v Bratislave. Stanica sa rýchlo zaradila medzi najlepšie krátkoperiodické seizmické stanice na území Slovenska a až do roku 2009 fungovala prakticky bez väčších technických problémov.

V roku 2009 sa na stanici vyskytli technické problémy (február-máj, december) súvisiace s opotrebovanosťou staničného počítača. Staničné počítače (obvykle bežné PC so špeciálnym operačným systémom) sú v nepretržitej prevádzke v terénnych podmienkach už vyše 5 rokov a preto sa podobné problémy môžu postupne prejavovať aj na ďalších staničiach NSSS.

2.2.4.8 Seizmická stanica Vyhne (VYHS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2009 zaznamenala seizmická stanica VYHS 2969 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 2.2.8.



Obr. 2.2.8. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS v období 1.1.-31.12.2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS počas jednotlivých mesiacov roku 2009 sú uvedené v Tab. 2.2.10. Počas mesiacov október-december bola seizmická stanica VYHS kvôli problémom s prenosom zaznamenaných údajov mimo prevádzky.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	178	139	32	349
Február	162	67	29	258
Marec	226	94	24	344
Apríl	245	139	48	432
Máj	172	103	66	341
Jún	175	114	54	343
Júl	200	143	53	396
August	155	81	33	269
September	94	118	25	237
Október	0	0	0	0
November	0	0	0	0
Decemberr	0	0	0	0

Tab. 2.2.10. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS v roku 2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.11.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002	17	51	41	109
2003	83	131	93	307
2004	1471	804	290	2565
2005	2085	1393	605	4083
2006	1892	1637	722	4251
2007	1985	1667	646	4298
2008	2146	1781	329	4256
2009	1607	998	364	2969

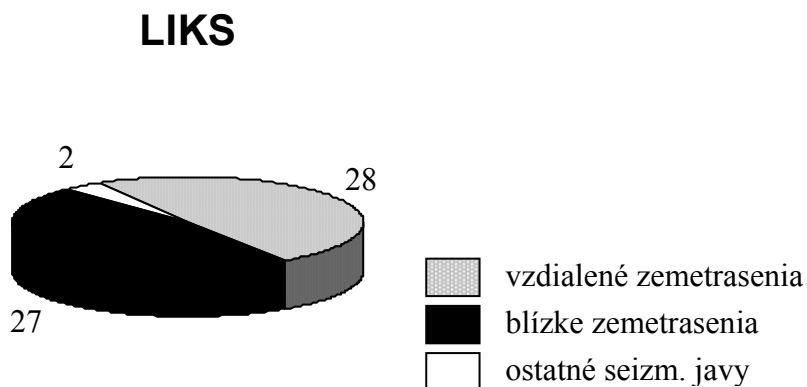
Tab. 2.2.11. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou VYHS v období 2002-2009.

Seizmická stanica VYHS je v prevádzke počas celého obdobia 2002-2009. V rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS bol na stanici v roku 2003 nainštalovaný širokopásmový seizmometer STS 2 a zriadený satelitný prenos zaznamenaných údajov do analyzačnej centrály v Bratislave. Seizmická stanica VYHS je od roku 2004 najlepšou seizmickou stanicou na území Slovenska.

Koncom roku 2009 (október-december) sa na stanici vyskytli problémy so satelitným prenosom údajov. Zmenou pozície komunikačného satelitu sme so stanicu stratili spojenie a bolo treba hľadať alternatívne možnosti prenosu zaznamenaných údajov.

2.2.4.9 Seizmická stanica Likavka (LIKS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2009 zaznamenala seizmická stanica LIKS 57 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 2.2.9.



Obr. 2.2.9. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS v období 1.1.-31.12.2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS počas jednotlivých mesiacov roku 2009 sú uvedené v Tab. 2.2.12. Kvôli vysokému technogénemu šumu na seizmickej stanici LIKS sa zaznamenané údaje v apríli 2009 prestali interpretovať a stanica sa ponechala v prevádzke len pre prípad silného blízkeho zemetrasenia. Seizmická stanica LIKS bude v roku 2010 presunutá na novú lokalitu.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkeho zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	10	14	1	25
Február	8	2	1	11
Marec	5	6	0	11
Apríl	5	5	0	10
Máj	0	0	0	0
Jún	0	0	0	0
Júl	0	0	0	0
August	0	0	0	0
September	0	0	0	0
Október	0	0	0	0
November	0	0	0	0
December	0	0	0	0

Tab. 2.2.12. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS v roku 2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.13.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002				
2003				
2004	121	165	23	309
2005	130	217	39	386
2006	219	126	20	365
2007	89	68	12	169
2008	147	84	8	239
2009	28	27	2	57

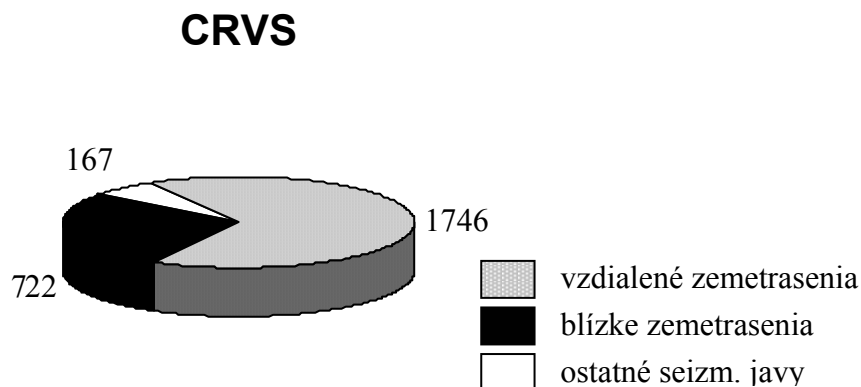
Tab. 2.2.13. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou LIKS v období 2002-2009.

Seizmická stanica LIKS bola vybudovaná v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a uvedená do prevádzky vo februári 2004. Stanica je vybavená krátkoperiodickým seizmometrom LE3D a satelitným prenosom údajov do analyzačnej centrály v Bratislave.

Od roku 2007 sa na stanici začal výrazne zhoršovať technogénny šum a záznamy zo stanice LIKS sa stávali čoraz ťažšie interpretovateľné. V roku 2009 sa záznamy zo stanice LIKS interpretovali len vo výnimočných prípadoch a bolo rozhodnuté premiestniť stanicu na inú lokalitu. Vybraná bola lokalita v obci Liptovská Anna, kde boli v roku 2009 vykonané stavebné a prípravné inštalačné práce. Premiestnenie seizmickej stanice LIKS na novú lokalitu do Liptovskej Anny a spustenie registrácie je naplánované na jar roku 2010.

2.2.4.10 Seizmická stanica Červenica (CRVS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2009 zaznamenala seizmická stanica CRVS 2635 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 2.2.10.



Obr. 2.2.10. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS v období 1.1.-31.12.2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS počas jednotlivých mesiacov roku 2009 sú uvedené v Tab. 2.2.14.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	141	77	15	233
Február	167	47	18	232
Marec	173	49	9	231
Apríl	221	90	26	337
Máj	170	83	22	275
Jún	177	83	17	277
Júl	17	4	1	22
August	248	85	20	353
September	137	76	20	233
Október	51	15	7	73
November	128	53	9	190
December	116	60	3	179

Tab. 2.2.14. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS v roku 2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.15.

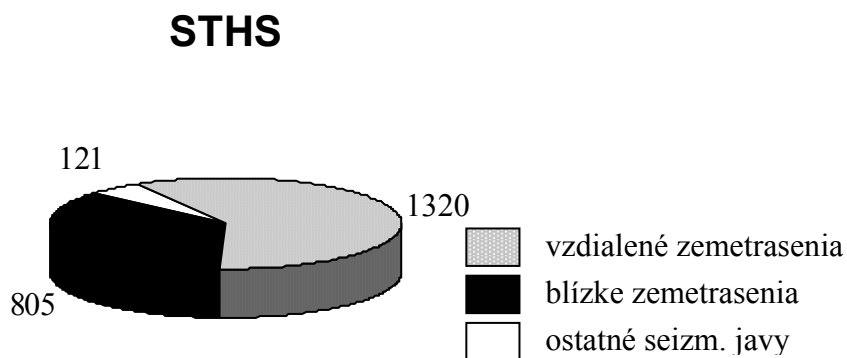
Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002				
2003	146	47	10	203
2004	1291	445	124	1860
2005	1630	715	233	2578
2006	1224	886	296	2406
2007	1613	724	252	2589
2008	1574	667	170	2411
2009	1746	722	167	2635

Tab. 2.2.15. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou CRVS v období 2002-2009.

Seizmická stanica CRVS bola vybudovaná v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a uvedená do prevádzky v máji 2003. Stanica bola vybavená krátkoperiodickým seizmometrom LE3D a satelitným prenosom údajov do analyzačnej centrály v Bratislave. V roku 2004 bol krátkoperiodický seizmometer LE3D nahradený širokopásmovým seizmometrom STS-2. Stanica funguje až do súčasnosti bez väčších technických problémov.

2.2.4.11 Seizmická stanica Stebnícka huta (STHS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2009 zaznamenala seizmická stanica STHS 2246 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 2.2.11.



Obr. 2.2.11. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS v období 1.1.-31.12.2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS počas jednotlivých mesiacov roku 2009 sú uvedené v Tab. 2.2.16. Počas mesiacov február-apríl bola seizmická stanica STHS kvôli technickým problémom mimo prevádzky.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	103	98	7	208
Február	0	0	0	0
Marec	0	0	0	0
Apríl	0	0	0	0
Máj	27	30	3	60
Jún	146	80	17	243
Júl	176	119	16	311
August	211	100	15	326
September	165	120	27	312
Október	255	84	23	362
November	128	79	7	214
December	109	95	6	210

Tab. 2.2.16. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS v roku 2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.17.

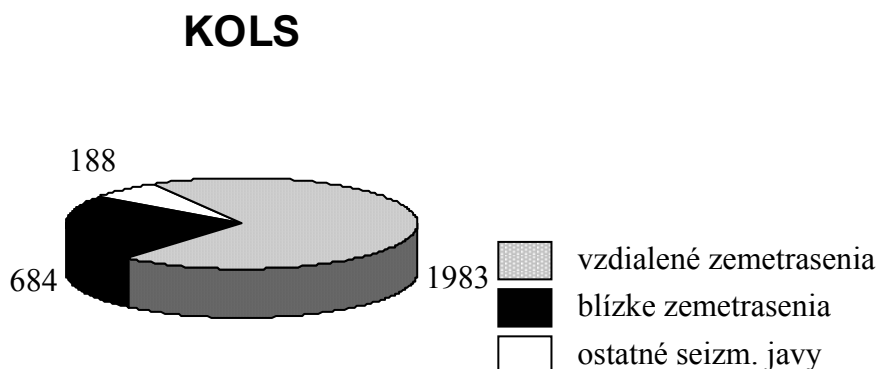
Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002				
2003				
2004				
2005	926	599	165	1690
2006	1854	1606	401	3861
2007	1853	1400	296	3549
2008	1665	1109	118	2892
2009	1320	805	121	2246

Tab. 2.2.17. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou STHS v období 2002-2009.

Seizmická stanica STHS bola vybudovaná v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS v decembri 2004. Po počiatkových problémoch a skúšobnej prevádzke bola uvedená do prevádzky v júli 2005. Stanica je vybavená krátkoperiodickým seizmometrom LE3D a satelitným prenosom údajov do analyzátnej centrály v Bratislave. Vďaka dobrým registračným podmienkam a svojej geografickej polohe, ktorá jej umožňuje zaznamenávať banské otrasy z oblasti Ostravy a Sliezska (často zaznamenané len na stanicách VYHS a STHS) je táto seizmická stanica spolu so stanicou KECS najlepšou krátkoperiodickou seizmickou stanicou. Stanica funguje až do súčasnosti bez väčších technických problémov.

2.2.4.12 Seizmická stanica Kolonické sedlo (KOLS)

Za obdobie 1.1.-31.12.2009 zaznamenala seizmická stanica KOLS 2855 seizmických javov. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov z celkového počtu je na Obr. 2.2.12.



Obr. 2.2.12. Podiel jednotlivých druhov seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS v období 1.1.-31.12.2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS počas jednotlivých mesiacov roku 2008 sú uvedené v Tab. 2.2.18.

Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
Január	90	57	17	164
Február	151	38	12	201
Marec	179	52	6	237
Apríl	205	78	22	305
Máj	163	76	16	255
Jún	151	64	12	227
Júl	178	55	19	252
August	238	65	19	322
September	160	63	18	241
Október	205	41	27	273
November	153	52	13	218
December	110	43	7	160

Tab. 2.2.18. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS v roku 2009.

Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.19.

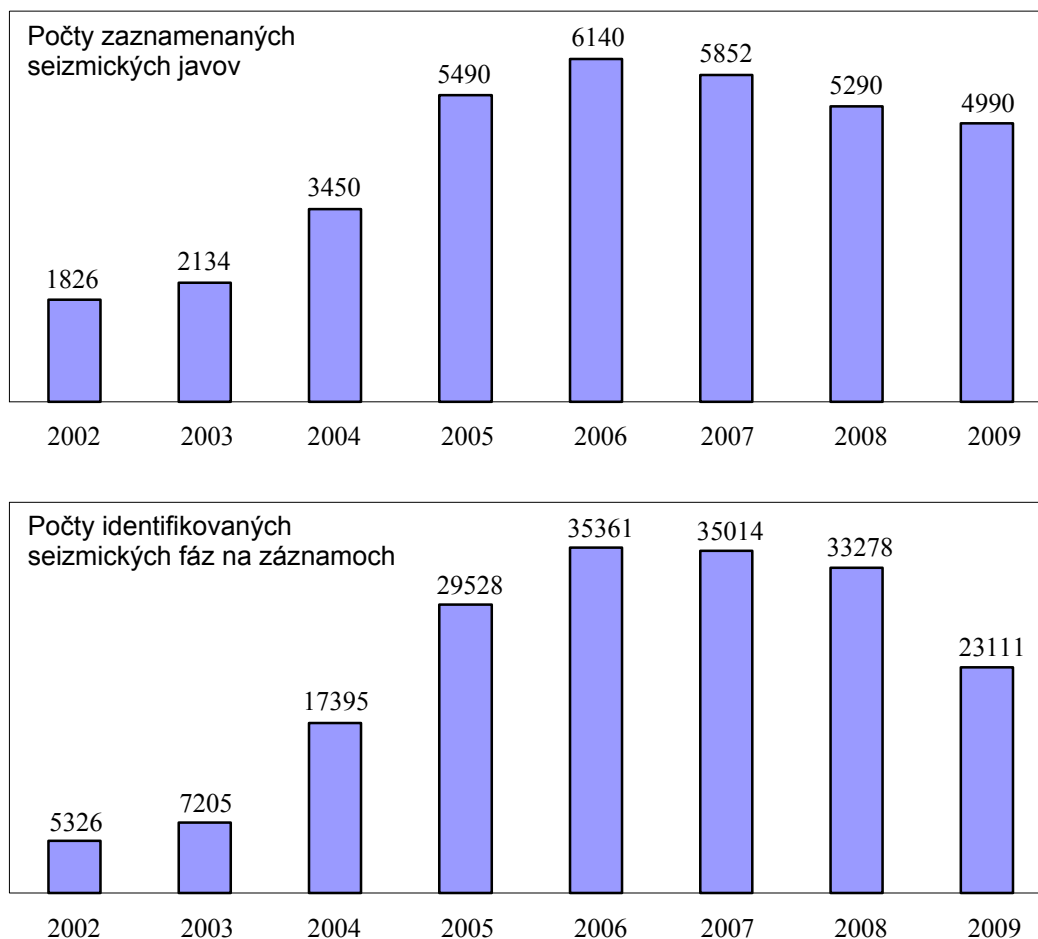
Mesiac	Počet vzdialených zemetrasení	Počet blízkych zemetrasení	Počet ostatných seizm. javov	Počet všetkých zaznamenaných seizm. javov
2002				
2003				
2004	669	219	68	866
2005	2018	521	177	2716
2006	1670	579	256	2505
2007	1810	487	200	2497
2008	1517	464	74	2055
2009	1983	684	188	2855

Tab. 2.2.19. Počty seizmických javov zaznamenaných seizmickou stanicou KOLS v období 2002-2009.

Seizmická stanica KOLS bola vybudovaná v rámci riešenia projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a uvedená do prevádzky v septembri 2004. Stanica bola vybavená krátkoperiodickým seizmometrom LE3D a satelitným prenosom údajov do analyzačnej centrály v Bratislave. V roku 2006 bol krátkoperiodický seizmometer LE3D nahradený širokopásmovým seizmometrom STS-2. Stanica funguje až do súčasnosti bez väčších technických problémov.

2.2.4.13 Národná sieť seizmických staníc v období 2002-2009

Citlivosť NSSS je možné charakterizovať napr. počtom zaznamenaných seizmických javov (zemetrasení a priemyselných explózií) a počtom identifikovaných seizmických fáz na záznamoch. Porovnanie týchto údajov v rokoch 2002-2009 je na Obr. 2.2.13.



Obr. 2.2.13. Počty zaznamenaných seizmických javov a identifikovaných fáz na záznamoch zo staníc NSSS.

Na prvý pohľad je vidno markantný rozdiel v sledovaných ukazovateľoch medzi obdobiami 2001-2004 a 2005-2008. Súvisí to s realizáciou projektu Modernizáciou a doplnením NSSS (2001-2004) a následným zlepšením analyzačných postupov. Od júla 2005 (keď bola uvedená do prevádzky stanica STHS) boli v prevádzke prakticky všetky stanice NSSS. Ak porovnáme roky 2004 a 2005, pri cca 15% náraste počtu zaznamenaných seizmických javov stanicou ZST (1759 v roku 2004 a 2021 v roku 2005) pozorujeme až cca 60% nárast celkového počtu zaznamenaných seizmických javov stanicami NSSS.

V období 2005-2009 sa počet zaznamenaných seizmických javov drží približne na rovnakej úrovni s miernym poklesom v rokoch 2008 a 2009. Tento pokles je spôsobený posunom priorít seizmického monitorovania (najmä pri analýze seizmických záznamov). V roku 2008 bolo oddelenie seizmológie výrazne personálne oslabené a pri nezmenených prioritách by nebolo možné plniť ostatné vedecko-výskumné povinnosti. Prioritnou úlohou zostáva monitorovanie lokálnych a regionálnych zemetrasení, význam monitoringu vzdialených zemetrasení bol znížený. Zmena konfigurácie virtuálnej siete (zníženie počtu

staníc a zmenšenie polomeru) viedla k nižšej schopnosti lokalizovať vzdialené zemetrasenia. Tieto zmeny sa samozrejme prejavili aj v počte identifikovaných seizmických fáz na záznamoch.

Počet zaznamenaných seizmických javov a počet identifikovaných seizmických fáz na záznamoch charakterizovali NSSS ako celok. V Tab. 2.2.20 sú uvedené priemerné počty zaznamenaných seizmických javov za mesiac na jednotlivých stanicích NSSS. Seizmické stanice sú rozdelené na širokopásmové a krátkoperiodické podľa toho, aký typ seizmometra je na stanici nainštalovaný v súčasnosti.

	širokopásmové seizmické stanice					krátkoperiodické seizmické stanice					
	VYHS	CRVS	KOLS	ZST	MODS	STHS	KECS	LIKS	SRO	SRO1	SRO2
2002	10			123	43				18		
2003	31	102		142	52		61		34		
2004	214	155	217	147	80		67	28	46	25	38
2005	340	258	226	168	-	282	216	32	52	28	21
2006	354	201	209	152	-	322	309	30	46	31	25
2007	358	235	208	157	191	296	251	21	-	-	-
2008	355	219	206	106	81	241	240	24	-	-	-
2009	330	220	238	84	-	250	203	14	-	-	-

Tab. 2.2.20. Priemerné počty zaznamenaných seizmických javov za mesiac na jednotlivých stanicích NSSS v období 2002-2009.

Do realizácie projektu Modernizácie a doplnenia NSSS bola dlhodobo najlepšou seizmickou stanicou ZST, ktorá bola ako jediná vybavená širokopásmovými seizmometrami SKD. Po úspešnej realizácii projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a zriadení ďalších širokopásmových seizmických staníc (VYHS, CRVS, KOLS) vybavených modernými širokopásmovými seizmometrami STS2 sa tieto stanice dostávajú pred ZST a udržiavajú si pomerne vysoký štandard citlivosti. Najcitlivejšia z nich je seizmická stanica VYHS, kde je seizmometer umiestnený v starej štólne a teda má pomerne dobré registračné podmienky. Navyše vďaka geografickej polohe je na nej zaznamenaných mnoho bankských otrasov z oblasti Sliezska a Ostravy. Zo širokopásmových seizmických staníc najmenej zemetrasení bolo zaznamenaných stanicou MODS. Na tejto stanici sa opakovane vyskytovali stavebno-technické problémy (vytápánie štólne so seizmometrom, problémy s prenosom zaznamenaných údajov, technické problémy so seizmometrom). Po nainštalovaní širokopásmového seizmometra STS2 v roku 2006 je vidno dočasné zlepšenie stanice. Seizmická stanica je veľmi citlivá na prepätia vznikajúce pri búrkovej činnosti, čo pravdepodobne spôsobilo opätovné problémy so seizmometrom v roku 2008, ktoré pretrvávajú aj v roku 2009. Seizmická stanica MODS je dôležitá najmä pri identifikovaní seizmických javov a priemyselných explózií z oblasti Malých Karpát.

Zo seizmických staníc vybavených krátkoperiodickými prístrojmi sa najhoršie javia stanice SRO, SRO1 a SRO2. Tieto stanice sú umiestnené v oblasti, kde bolo kvôli geologickej stavbe regiónu takmer nemožné nájsť dobré registračné podmienky. Napriek tomu je však dôležité mať seizmické stanice aj v tejto oblasti a monitorovať ohniskovú zónu Komárno. Navyše

v poslednom období majú tieto stanice problémy s prenosom zaznamenaných údajov. Seizmická stanica LIKS je umiestnená v záhrade rodinného domu a ukázalo sa, že kvôli zvyšujúcemu sa technogénnemu šumu sa lokalita stala nevyhovujúcou. V roku 2010 bude stanica LIKS presunutá 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 mnoho banských otrasov z oblasti Sliezska a Ostravy. Takmer rovnaký priemerný počet zaznamenaných seizmických javov za mesiac je aj na seizmickej stanici KECS. Výrazný podiel na tomto počte v prípade stanice KECS má blízkosť veľkých aktívnych dobývacích priestorov, najmä lomov Včeláre a Gombasek.

2.2.4.14 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky

Národná sieť seizmických staníc je vybudovaná tak, aby bolo možné na základe záznamov zo seizmických staníc lokalizovať každé zemetrasenie ktoré bolo makroseizmicky pozorované (účinky na objektoch, stavbách, ľuďoch a prírode) na území Slovenska. Pri lokalizácii na základe záznamov zo seizmických staníc hovoríme o seizmometrickej lokalizácii. Okrem makroseizmicky pozorovaných zemetrasení sú pri dostatku záznamov seizmometricky lokalizované aj slabšie zemetrasenia, ktoré sa makroseizmicky neprejavili. Pri seizmometrickej lokalizácii sú využívané údaje nielen zo seizmických staníc NSSS, ale aj z ostatných staníc Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV.

2.2.4.14.1 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v roku 2009 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky

V roku 2009 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 87 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 softvérového 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. Geografické polohy epicentier týchto zemetrasení sú znázornené na Obr. 2.2.14.

Deň	Čas (UTC) hh:mn:sec	Geograf. súradnice dĺžka šírka	Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / Oblasť
Január						
4	03:33:25.96	48,10 N 20,13 E	2	-		maďarsko-slov. hran.oblasť
6	20:17:22.26	48,70 N 22,37 E	0	0,7		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
9	16:52:35.20	48,67 N 22,28 E	0	0,2		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
9	21:52:32.54	48,66 N 22,32 E	0	0,3		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
11	17:28:01.97	48,69 N 22,32 E	0	1,1		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	00:07:06.30	48,71 N 22,33 E	0	0,3		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	00:46:13.46	48,69 N 22,32 E	0	1,3	pocítené	ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	00:47:06.71	48,70 N 22,34 E	0	1,0		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	01:04:24.37	48,70 N 22,34 E	0	-		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	06:24:58.24	48,68 N 22,38 E	0	1,0		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	11:36:28.11	48,69 N 22,33 E	0	1,1		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	14:17:58.37	48,72 N 22,32 E	0	0,8		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	20:23:33.87	48,71 N 22,29 E	3	0,4		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
12	20:26:44.39	48,74 N 22,33 E	1	-		ukrajinsko-slov. hran.oblasť
13	01:02:02.93	48,73 N 22,29 E	0	0,1		ukrajinsko-slov. hran.oblasť

13	01:16:55.33	48,76 N	22,26 E	0	0,2	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
14	14:50:44.83	48,66 N	22,51 E	0	1,2	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
14	17:27:43.98	48,69 N	22,32 E	0	1,2	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
14	17:49:56.20	48,71 N	22,32 E	0	1,0	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
14	17:57:39.49	48,71 N	22,33 E	0	0,8	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
14	18:11:34.07	48,69 N	22,33 E	0	0,7	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
15	09:10:41.00	48,69 N	22,34 E	0	1,2	pocítene ukrajinsko-slov. hran.oblast'
15	11:02:57.80	48,72 N	22,31 E	0	1,1	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
15	17:53:14.64	48,70 N	22,33 E	0	1,0	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
15	18:10:57.58	48,74 N	22,26 E	0	-	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
15	23:09:01.33	48,72 N	22,38 E	3	0,9	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
17	22:35:10.75	48,72 N	22,40 E	0	0,4	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
17	22:45:11.57	48,74 N	22,33 E	0	0,2	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
18	01:04:51.93	48,72 N	22,37 E	0	-	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
18	01:05:18.81	48,72 N	22,38 E	0	1,0	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
18	01:56:24.59	48,71 N	22,34 E	0	1,1	3 ukrajinsko-slov. hran.oblast'
18	06:56:42.86	48,72 N	22,28 E	0	0,8	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
29	10:14:19.05	48,54 N	22,51 E	0	1,5	ukrajinsko-slov. hran.oblast'

Február

3	23:16:55.38	48,59 N	19,07 E	10	0,4	oblast' Banskej Bystrice
4	20:46:35.83	48,71 N	22,27 E	0	1,0	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
7	12:25:35.93	47,78 N	18,98 E	0	1,9	Šamorín-Komárno-Štúrovo
17	12:11:53.85	48,56 N	22,51 E	0	1,5	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
24	13:09:14.36	48,57 N	22,23 E	0	1,2	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
24	13:09:38.83	48,59 N	22,33 E	0	1,3	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
28	23:49:35.69	48,83 N	22,12 E	8	1,1	Vihorlat

Marec

12	10:56:39.78	48,04 N	19,32 E	13	0,9	maďarsko-slov. hran.oblast'
16	14:09:59.56	48,87 N	21,78 E	2	1,1	východoslovenská nížina
17	09:01:28.49	48,85 N	21,38 E	0	1,6	východoslovenská nížina
23	11:02:46.07	48,37 N	21,80 E	0	1,1	Tokajská oblasť

Apríl

1	17:40:17.42	48,42 N	21,67 E	0	1,2	Tokajská oblasť
5	21:57:20.66	48,88 N	21,63 E	5	1,1	východoslovenská nížina
19	10:16:56.89	48,52 N	17,31 E	0	1,6	Dobrá Voda
22	14:47:11.55	48,67 N	22,47 E	0	1,0	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
30	01:01:33.29	48,98 N	21,65 E	9	0,5	východoslovenská nížina

Máj

13	11:24:02.92	48,84 N	21,07 E	0	1,4		Spiš - Gemer
15	11:59:13.64	48,51 N	21,19 E	0	0,8		maďarsko-slov. hran.oblast'
20	10:18:22.05	48,79 N	20,68 E	0	1,0		Spiš - Gemer
21	10:24:34.13	48,33 N	20,07 E	0	-		maďarsko-slov. hran.oblast'
27	07:28:40.52	48,73 N	20,66 E	0	0,6		Spiš - Gemer
29	14:57:25.01	49,26 N	19,63 E	1	1,4		Orava
31	07:56:22.84	48,71 N	18,34 E	0	1,1		Strážovské vrchy

Jún

8	10:09:11.53	48,10 N	19,40 E	0	0,8		maďarsko-slov. hran.oblast'
16	15:47:28.59	48,58 N	17,74 E	9	1,5		Dobrá Voda
24	10:17:34.05	48,82 N	20,66 E	0	0,7		Spiš - Gemer
26	09:09:37.53	48,25 N	20,26 E	0	0,4		maďarsko-slov. hran.oblast'
26	10:15:06.21	48,55 N	22,55 E	0	1,0		ukrajinsko-slov. hran.oblast'
26	12:18:33.38	48,75 N	21,41 E	0	0,6		východoslovenská nížina

Júl

2	08:51:06.52	48,21 N	19,21 E	0	0,8		oblast' južného Slovenska
13	10:02:07.01	48,04 N	16,99 E	0	1,0		rak.-maď.-slov. hran.oblast'

August

4	21:55:24.32	49,61 N	18,98 E	0	-		česko-slov. hran.oblast'
14	10:00:56.06	49,39 N	18,81 E	0	1,2		oblast' severného Slovenska
23	07:34:55.40	48,78 N	22,01 E	0	0,4		Vihorlat
31	12:10:54.10	48,79 N	22,43 E	0	1,6		ukrajinsko-slov. hran.oblast'

September

1	01:02:29.13	49,48 N	18,92 E	0	1,1		česko-slov. hran.oblast'
3	10:11:17.43	47,83 N	19,07 E	0	0,9		Šamorín-Komárno-Štúrovo
16	10:02:52.91	47,96 N	17,12 E	0	1,2		rak.-maď.-slov. hran.oblast'
20	07:36:26.12	48,89 N	20,47 E	0	1,3		Spiš - Gemer
22	12:51:38.91	49,44 N	20,71 E	0	1,0		Krynická oblast' (Poľsko)

Október

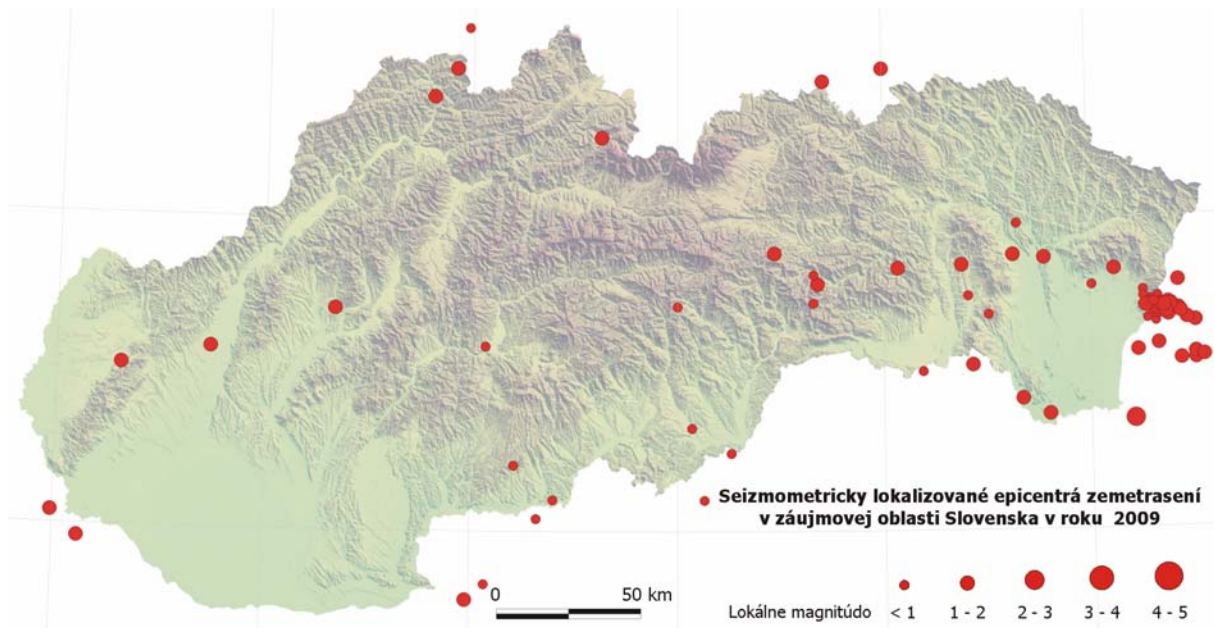
5	19:06:04.93	48,35 N	22,21 E	13	2,4	3	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
15	10:24:37.90	48,69 N	21,51 E	0	0,9		Slanské vrchy
23	13:38:01.17	49,48 N	21,00 E	0	1,3		Krynická oblast' (Poľsko)
29	09:55:09.45	48,53 N	21,43 E	0	1,3		Slanské vrchy
30	13:10:43.76	48,54 N	22,44 E	0	1,4		ukrajinsko-slov. hran.oblast'

November

23	13:04:23.89	48,71 N	22,35 E	0	1,2		ukrajinsko-slov. hran.oblast'
27	07:47:38.38	48,70 N	22,43 E	0	1,4		ukrajinsko-slov. hran.oblast'
27	23:46:26.34	48,70 N	22,42 E	0	0,9		ukrajinsko-slov. hran.oblast'
28	03:34:23.54	48,69 N	22,44 E	0	1,8	3	ukrajinsko-slov. hran.oblast'
30	18:43:51.33	48,71 N	22,39 E	0	1,7		ukrajinsko-slov. hran.oblast'
30	18:48:48.10	48,69 N	22,37 E	0	1,1		ukrajinsko-slov. hran.oblast'

December

2	00:31:21.12	48,71 N	22,36 E	0	1,3		ukrajinsko-slov. hran.oblast'
4	13:58:54.86	48,72 N	20,00 E	0	0,6		Spiš - Gemer
7	14:22:57.33	48,72 N	22,31 E	0,3	0,7		ukrajinsko-slov. hran.oblast'



Obr. 2.2.14. Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení v záujmovej oblasti Slovenskej republiky v roku 2009.

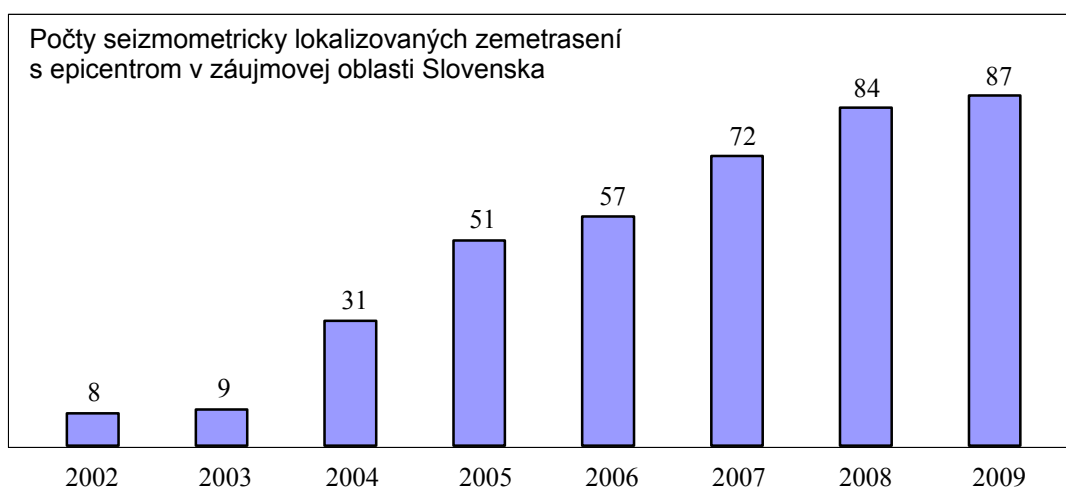
2.2.4.14.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia v období 2002-2009 s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky

V období 2002-2009 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 399 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Počty seizmometricky lokalizovaných zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenska pre jednotlivé roky sú uvedené v Obr. 2.2.15. Geografické polohy epicentier sú znázornené na Obr. 2.2.16. Výsledné parametre týchto zemetrasení sú v príslušných ročných správach. 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.

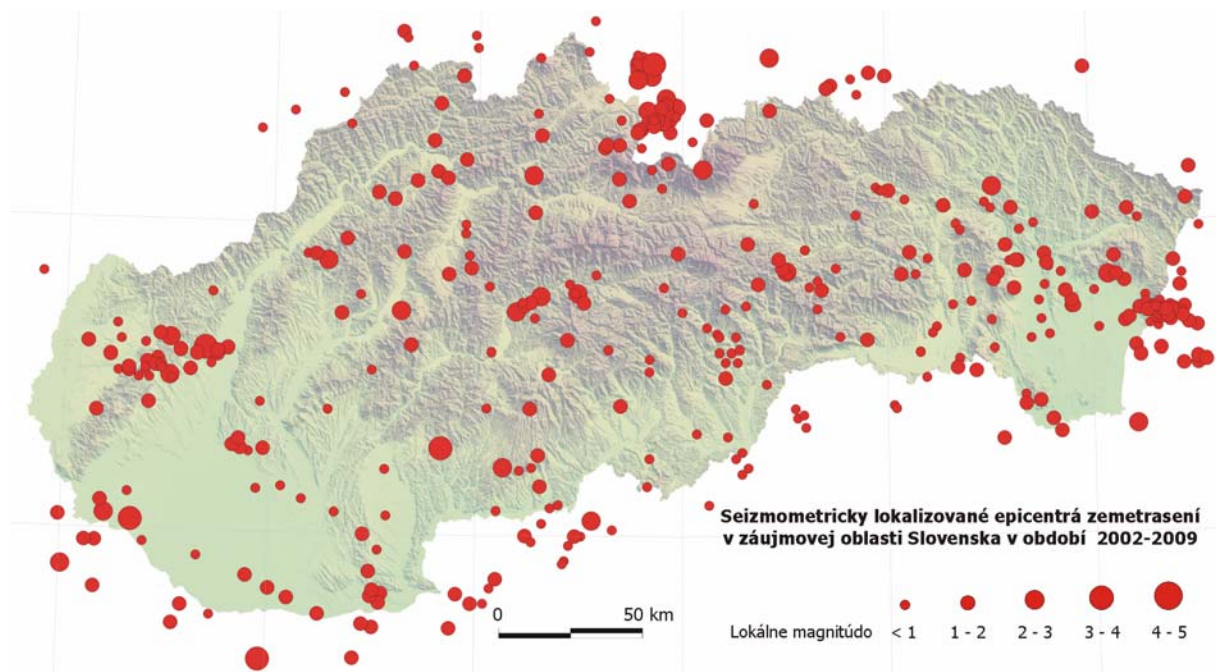
Na Obr. 2.2.15 si môžeme všimnúť dva zásadné fakty.

Výrazné zvýšenie počtu seizmometricky lokalizovaných zemetrasení v rokoch 2004-2006. Toto zvýšenie zodpovedá ukončeniu projektu Modernizácie a doplnenia NSSS a uvedeniu nových seizmických staníc a interpretačných postupov do prevádzky. Hoci hlavným cieľom projektu bolo umožnenie vykonať seizmometrickú lokalizáciu akéhokoľvek makroseizmicky pozorovaného zemetrasenia na území Slovenska, lepšie pokrytie územia seizmickými stanicami sa prejavilo aj výrazným zvýšením celkového počtu seizmometricky lokalizovaných zemetrasení.

Zvýšenie počtu seizmometricky lokalizovaných zemetrasení v rokoch 2007-2009. Toto zvýšenie korešponduje s vybudovaním lokálnej siete seizmických staníc na východnom Slovensku (LSSVS). Vzájomným zdieľaním zaznamenaných údajov seizmickými stanicami NSSS a LSSVS medzi inštitúciami GFÚ SAV a FMFI UK sa zlepšila citlivosť monitorovania zemetrasení na východnom Slovensku a tým aj počet seizmometricky lokalizovaných zemetrasení v tejto oblasti. Ako príklad môžeme spomenúť sériu zemetrasení v oblasti východného Slovenska v januári 2009. V priebehu cca 3 týždňov bolo seizmometricky lokalizovaných viac ako 30 slabých zemetrasení s epicentrom v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti. Bez údajov zo seizmických staníc LSSVS by bolo možné seizmometricky zlokalizovať len zlomok z tohto počtu.



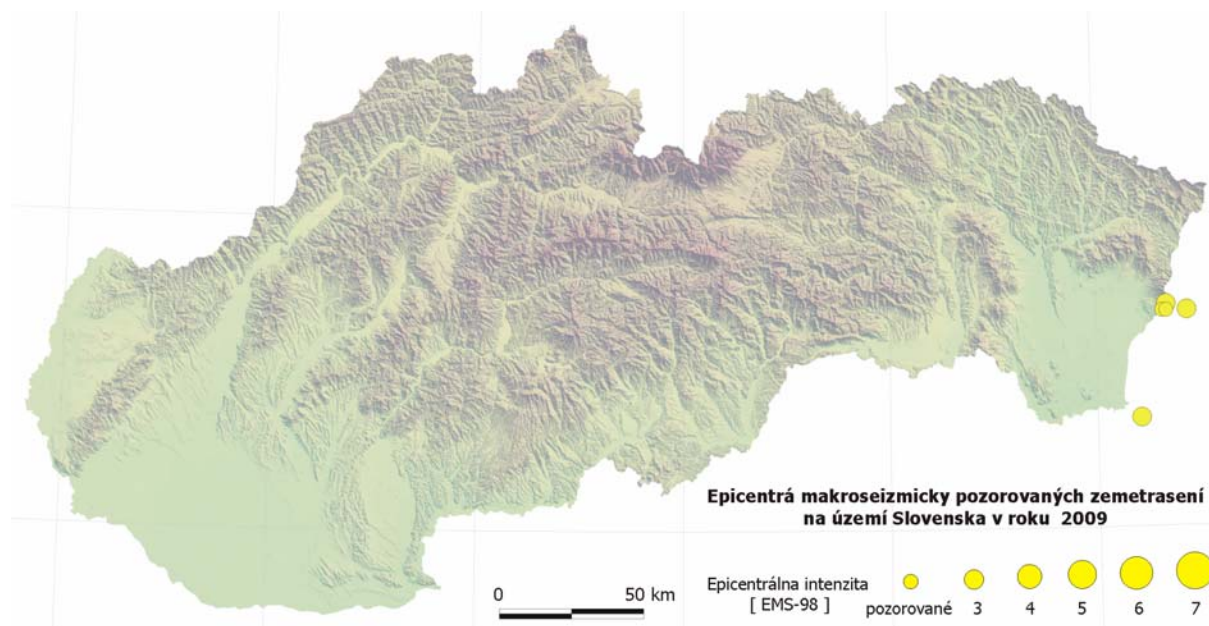
Obr. 2.2.15. Počty seizmometricky lokalizovaných zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenska.



Obr. 2.2.16. Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení v záujmovej oblasti Slovenskej republiky v období 2002-2009.

2.2.4.15 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2009 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 6 zemetrasení. Všetky makroseizmicky pozorované zemetrasenia boli seizmometricky lokalizované. Epicentrá 5 z týchto zemetrasení sa nachádzali v oblasti východného Slovenska (12.1.2009, 15.1.2009, 18.1.2009, 5.10.2009 a 28.11.2009) a epicentrum jedného na území Rakúska (7.5.2009). Geografické polohy epicentier týchto zemetrasení sú znázornené na Obr. 2.2.17.



Obr. 2.2.17. Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska v roku 2009. Na obrázku nie je znázornené zemetrasenie v Rakúsku 7.5.2009, ktorého epicentrum (47,53°N, 15,73°E) bolo už viac vzdialené od Slovenska.

2.2.4.15.1 Zemetrasenie dňa 12.1.2009 o 00:46 UTC

Zemetrasenie dňa 12.1.2009 o 00:46 UTC bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS – CRVS, KOLS, STHS a KECS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 1.3$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na východnom Slovensku v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti. Podrobné informácie o parametroch zemetrasenia sú uvedené v kapitole 2.2.4.14.1.

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska. Makroseizmické pozorovania sú uvedené v Tab. 2.2.21. Makroseizmických pozorovaní je málo a sú natoľko nekonzistentné, že epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 sa nedala jednoznačne určiť.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Baškovce	48,78	22,20	1	pozorované

Tab. 2.2.21. Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 12.1.2009 o 00:46 UTC.

2.2.4.15.2 Zemetrasenie dňa 15.1.2009 o 09:10 UTC

Zemetrasenie dňa 15.1.2009 o 09:10 UTC bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS – CRVS, KOLS, STHS a KECS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 1.2$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na východnom Slovensku v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti. Podrobné informácie o parametroch zemetrasenia sú uvedené v kapitole 2.2.4.14.1.

Zemetrasenie považujeme za pocítené na základe telefonického hlásenia. Rozposlané makroseizmické dotazníky sa však na GFÚ SAV nevrátili, preto nie je možné vyhodnotiť makroseizmické prejavy tohto zemetrasenia.

2.2.4.15.3 Zemetrasenie dňa 18.1.2009 o 01:56 UTC

Zemetrasenie dňa 18.1.2009 o 01:56 UTC bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS – KOLS, CRVS a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 1.1$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na východnom Slovensku v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti. Podrobné informácie o parametroch zemetrasenia sú uvedené v kapitole 2.2.4.14.1.

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska. Makroseizmické pozorovania sú uvedené v Tab. 2.2.22. Epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Baškovce	48,78	22,20	1	3

Tab. 2.2.22. Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 18.1.2009 o 01:56 UTC.

2.2.4.15.4 Zemetrasenie dňa 7.5.2009 o 21:27 UTC

Zemetrasenie dňa 7.5.2009 o 21:27 UTC bolo zaznamenané piatimi seizmickými stanicami NSSS – ZST, SMOL, VYHS, CRVS a KOLS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 4.1$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Rakúska. Podrobné informácie o parametroch zemetrasenia sú uvedené v kapitole 2.2.4.15.7.

Zemetrasenie bolo pocítené v 7 lokalitách na území Slovenska. Makroseizmické pozorovania sú uvedené v Tab. 2.2.23. Epicentrálna intenzita zemetrasenia nám zatiaľ nebola rakúskymi kolegami poskytnutá.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Bratislava IV			18	3
Bratislava I			9	3
Bratislava II			9	3
Bratislava V			8	3
Bratislava III			3	3
Nitra	48,31	18,09	1	3
Senec	48,22	17,40	1	3

Tab. 2.2.23. Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 7.5.2009 o 21:27 UTC.

2.2.4.15.5 Zemetrasenie dňa 5.10.2009 o 19:06 UTC

Zemetrasenie dňa 5.10.2009 o 19:06 UTC bolo zaznamenané dvomi seizmickými stanicami NSSS – KOLS a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2.4$. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na východnom Slovensku v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti. Podrobné informácie o parametroch zemetrasenia sú uvedené v kapitole 2.2.4.14.1.

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska. Makroseizmické pozorovania sú uvedené v Tab. 2.2.24. Epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Čierna nad Tisou	48,42	22,10	1	3

Tab. 2.2.24. Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 5.10.2009 o 19:06 UTC.

2.2.4.15.6 Zemetrasenie dňa 28.11.2009 o 03:34 UTC

Zemetrasenie dňa 28.11.2009 o 03:34 UTC bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS – CRVS, KOLS a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 1.8$. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na východnom Slovensku v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti. Podrobné informácie o parametroch zemetrasenia sú uvedené v kapitole 2.2.4.14.1.

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska. Makroseizmické pozorovania sú uvedené v Tab. 2.2.25. Epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Baškovce	48,78	22,20	1	3

Tab. 2.2.25. Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 28.11.2009 o 03:34 UTC.

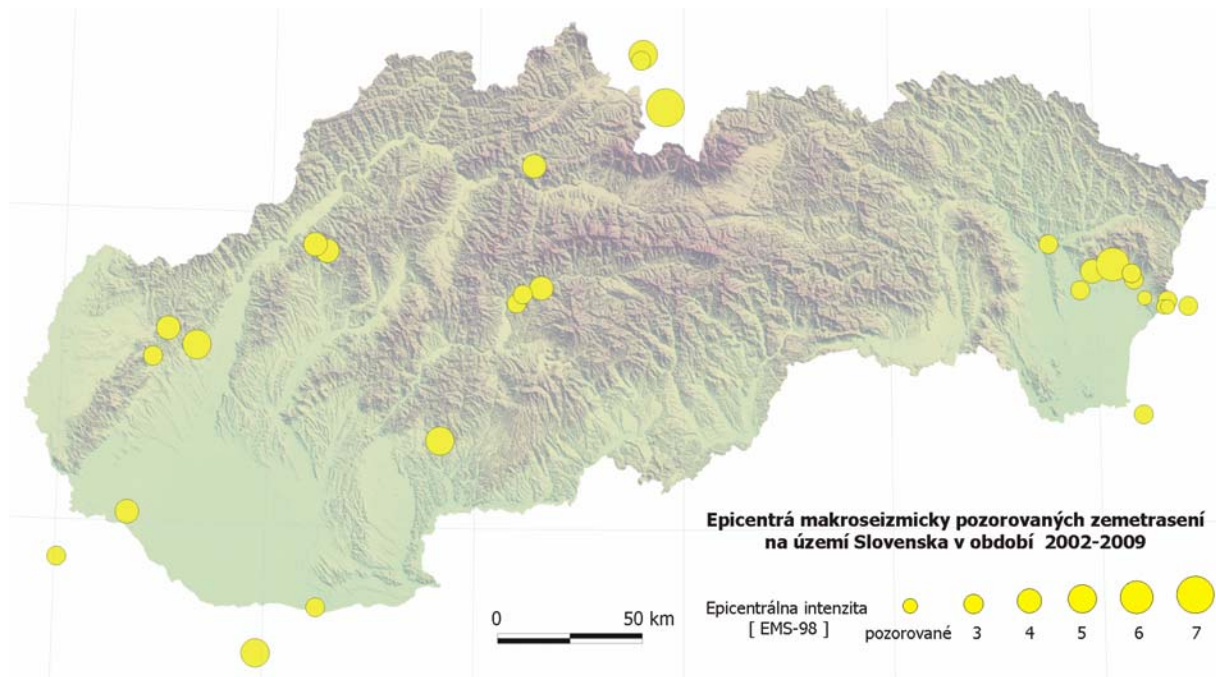
2.2.4.15.7 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky v období 2002-2009

V období 2002-2009 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 35 zemetrasení. Parametre makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska v období 2002-2009 sú uvedené v Tab. 2.2.26. Geografické polohy epicentier týchto zemetrasení sú znázornené na Obr. 2.2.18. Najsilnejšie z nich bolo zemetrasenie 30.11.2004 s epicentrom v poľskej časti Vysokých Tatier. Toto zemetrasenie bolo pozorované prakticky na celom strednom Slovensku, čiastočne na východnom Slovensku a v niekoľkých lokalitách západného Slovenska. GFÚ SAV má k dispozícii 817 hlásení zo 160 lokalít na území Slovenska. Zo zemetrasení s epicentrom priamo na území Slovenska bolo najsilnejšie zemetrasenie 20.5.2003. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na východnom Slovensku v oblasti Vihorlatu. Zemetrasenie bolo pozorované v 86 lokalitách (484 hlásení) prevažne na území východného Slovenska.

DÁTUM			ČAS [UTC]			HYPOCENTRUM			M_L	I_0	LOKALITA
rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2002	01	22	08	07	-	48,81	21,98	-	-	4	Vihorlat
2002	03	05	12	10	-	48,75	21,92	-	-	3	Vihorlat
2002	12	14	00	27	58,8	49,16	19,27	15	2,4	4	severné Slovensko
2002	12	30	21	22	44,2	48,03	17,34	17	3,0	4	Šamorín- Komárno-Štúrovo
2003	02	03	19	32	44,8	47,88	17,01	11	3,5	3	rak.-maďarská hraničná oblasť
2003	05	20	20	13	39,8	48,83	22,08	5	3,4	6-7	Vihorlat
2003	06	01	09	03	-	48,78	22,18	-	-	3	Vihorlat
2003	09	09	01	15	-	48,80	22,17	-	-	3	Vihorlat
2003	09	19	08	44	00,5	48,62	17,51	13	2,6	4	Dobrá Voda
2004	01	07	17	50	-	48,80	22,17	-	-	3	Vihorlat
2004	01	10	07	43	17,1	48,77	19,31	15	2,2	4	oblasť Banskej Bystrice
2004	01	13	12	41	-	48,80	22,17	-	-	3	Vihorlat
2004	05	25	07	30	14,5	47,50	17,13	19	4,4	5-6	Maďarsko
2004	06	12	09	59	19,9	48,72	19,19	25	2,2	3	oblasť Banskej Bystrice

2004	08	18	09	01	23,1	47,59	17,97	19	3,1	5	Maďarsko
2004	09	23	05	32	12,5	48,28	18,83	15	3,6	5	Štiavnické vrchy
2004	11	30	17	18	36,0	49,35	19,91	8	4,4	7	poľsko-slov. hraničná oblasť
2004	12	01	17	15	-	-	-	-	-	-	poľsko-slov. hraničná oblasť
2004	12	02	18	25	37,0	49,52	19,80	3	3,2	5	poľsko-slov. hraničná oblasť
2004	12	09	01	09	03,5	49,50	19,79	3	2,9	3-4	poľsko-slov. hraničná oblasť
2005	02	24	00	13	06,1	47,74	18,25	9	1,6	3	Komárno
2006	03	09	20	14	34,6	48,88	18,27	0	2,3	4	Považský Inovec
2006	03	09	21	58	52,2	48,90	18,21	2	1,6	4	Považský Inovec
2006	03	13	08	28	39,1	48,57	17,65	10	3,2	5	Dobrá Voda
2006	08	05	09	00	09,7	48,53	17,44	0	1,6	3	Dobrá Voda
2006	11	23	07	15	20,4	48,20	22,75	21	4,3	6-7	Ukrajina
2008	03	17	00	46	00,2	48,72	22,23	3	1,1	felt	Vihorlat
2008	05	02	03	50	31,4	48,75	19,22	4	0,9	3	oblasť Banskej Bystrice
2008	10	20	18	17	15,7	48,90	21,77	7	1,9	3	Vihorlat
2009	1	12	00	46	13,5	48,69	22,32	-	1,3	felt	Vihorlat
2009	1	15	09	10	41,0	48,69	22,34	-	1,2	felt	Vihorlat
2009	1	18	01	56	24,6	48,71	22,34	-	1,1	3	Vihorlat
2009	5	7	21	27	13,8	47,53	15,73	11	4,1	-	Rakúsko
2009	10	5	19	06	04,9	48,35	22,21	14	2,4	3	ukrajinsko-slov. hraničná oblasť
2009	11	28	03	34	23,5	48,69	22,44	-	1,8	3	Vihorlat

Tab. 2.2.26. Parametre makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska v období 2002-2009.



Obr. 2.2.18. Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska v období 2002-2009. Na obrázku nie sú znázornené zemetrasenia, ktorých epicentrá boli už viac vzdialené od Slovenska – zemetrasenie v Maďarsku 25.5.2004 (47,50°N, 17,13°E), zemetrasenie na Ukrajine 23.11.2006 (48,20°N, 22,75°E) a zemetrasenie v Rakúsku 7.5.2009 (47,53°N, 15,73°E).

2.2.4.16 Závěry

Národná sieť seizmických staníc GFÚ SAV na Slovensku v období od 1.1.2009 do 31.12.2009 zaznamenala 4990 zemetrasení a priemyselných explózií. Seizmometricky lokalizovaných bolo 87 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Makroseizmicky bolo v roku 2009 na území Slovenska pozorovaných 6 zemetrasení – z nich 5 s epicentrom v oblasti východného Slovenska (ukrajinsko-slovenská hraničná oblasť) a jedno s epicentrom na území Rakúska. Najsilnejšie z nich bolo zemetrasenie s epicentrom na území Rakúska, pre ktoré máme k dispozícii 49 makroseizmických hlásení zo 7 lokalít na území Slovenska. Celkovo bolo na záznamoch staníc NSSS identifikovaných 23111 seizmických fáz.

V roku 2009 bolo v prevádzke 8 staníc NSSS. Seizmické stanice MODS, SRO, SRO1 a SRO2 boli kvôli pretrvávajúcim technickým/stavebno-technickým problémom mimo prevádzky. Kvôli vysokému technogénnemu šumu sa záznamy zo stanice LIKS interpretovali len vo výnimočných prípadoch a bolo rozhodnuté premiestniť stanicu na inú lokalitu. Vybraná bola lokalita v obci Liptovská Anna, kde boli v roku 2009 vykonané stavebné a prípravné inštalačné práce. Premiestnenie seizmickej stanice LIKS na novú lokalitu do Liptovskej Anny a spustenie registrácie je naplánované na jar roku 2010. Na seizmickej stanici KECS sa opakovane vyskytli technické problémy súvisiace s opotrebovanosťou staničného počítača. Staničné počítače (obvykle bežné PC so špeciálnym operačným systémom) sú v nepretržitej prevádzke v terénnych podmienkach už vyše 5 rokov a preto sa podobné problémy môžu postupne prejavovať aj na ďalších staniciach NSSS. Koncom roku 2009 bolo treba riešiť aj otázku prenosu údajov z dôvodu zmeny prenosových špecifikácií na strane firmy poskytovateľa. Najkritickejšia situácia vznikla na seizmickej stanici VYHS. Zmenou pozície komunikačného satelitu sme so stanicu stratili spojenie a bolo treba hľadať alternatívne možnosti prenosu zaznamenaných údajov. Viaceré technické problémy súvisiace s prenosom zaznamenaných údajov (zastaraný telemetrický systém) sa vyskytli aj na stanici ZST. Na obidvoch spomenutých staniciach sa v roku 2010 uvažuje o prechode na prenos zaznamenaných údajov pomocou GPRS služieb mobilných operátorov.

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 dôležité sú informácie pri odlišovaní tektonických zemetrasení od priemyselných explózií na území západného a stredného Slovenska.

Od roku 2007 pokračuje spolupráca s Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava, ktorá prevádzkuje lokálnu seizmickú sieť na východnom Slovensku. Údaje lokálnej siete výrazne zvyšujú kvalitu seizmického monitoringu v tejto oblasti. Ako príklad môžeme spomenúť sériu zemetrasení na východnom Slovensku v januári 2009. V priebehu cca 3 týždňov bolo seizmometricky lokalizovaných viac ako 30 slabých zemetrasení (3 z nich aj s makroseizmickými pozorovaniami) s epicentrom v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti. Bez údajov zo staníc LSSVS by mnohé z nich nebolo možné seizmometricky lokalizovať. Januárová séria slabých zemetrasení na východnom Slovensku ukázala dôležitosť a opodstatnenosť úzkej spolupráce národnej a lokálnych sietí seizmických staníc. Pri zvýšenej citlivosti seizmickej siete je nevyhnutná spolupráca s banskými úradmi, ktorá je veľmi nápomocná pri rozlišovaní medzi slabými lokálnymi zemetraseniami a priemyselnými explóziami v dobývacích priestoroch v prípadoch sporných seizmických javov.

V období 2002-2009 bolo seizmickými stanicami NSSS zaznamenaných 35172 zemetrasení a priemyselných explózií. Na seizmických záznamoch bolo identifikovaných 186218 seizmických fáz. Seizmometricky lokalizovaných bolo 399 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Makroseizmicky bolo na území Slovenska v období 2002-2009 pozorovaných 35 zemetrasení. Najsilnejšie z nich bolo zemetrasenie 30.11.2004 s epicentrom v poľskej časti Vysokých Tatier. Toto zemetrasenie bolo pozorované prakticky na celom strednom Slovenku, čiastočne na východnom Slovensku a v niekoľkých lokalitách západného Slovenska. GFÚ SAV má k dispozícii 817 hlásení zo 160 lokalít na území Slovenska. Zo zemetrasení s epicentrom priamo na území Slovenska bolo najsilnejšie zemetrasenie 20.5.2003. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na východnom Slovensku v oblasti Vihorlatu. Zemetrasenie bolo pozorované v 86 lokalitách (484 hlásení) prevažne na území východného Slovenska. Podrobnejšie informácie je možné nájsť v príslušných ročných správach.

Výrazným medzníkom v kvalite monitorovania zemetrasení na Slovensku bol projekt Modernizácie a doplnenia NSSS. Národná sieť seizmických staníc do roku 2001 mala tri základné nedostatky:

1. vôbec nepokrývala územie severného a stredného Slovenska,
2. neumožňovala včasnú (len dve seizmické stanice, ZST a MODS v on-line režime prenosu zaznamenaných údajov) lokalizáciu zemetrasení s epicentrami na území Slovenska a to dokonca bez ohľadu na ich veľkosť,
3. neumožňovala dostatočne presne priestorovo vyčleniť aktívne ohniskové oblasti a ich časový režim.

V rámci riešenia projektu modernizácie a doplnenia:

- bolo vybudovaných 7 nových seizmických staníc,
- 4 existujúce seizmické stanice boli zmodernizované,
- bolo zriadené kontinuálne spojenie so všetkými stanicami umožňujúce prenos údajov v reálnom čase,
- bola zriadená Virtuálne sieť seizmických staníc GFÚ SAV,
- bola vybudovaná zberná centrála, ktorá zbiera údaje, vykonáva prvotné lokalizácie, určuje magnitúdu a generuje správy o zemetraseniach,
- bol zriadený systém automatického zasielania e-mailových správ o zemetraseniach,
- bola zriadená web stránka www.seismology.sk, na ktorej sú dostupné živé a archívne seizmogramy.

Realizáciou projektu sa podstatne zvýšila úroveň kvality monitorovania seizmických javov na území Slovenskej republiky, vytvorili sa predpoklady pre dobrú a včasnú súčinnosť s orgánmi štátnej správy (napr. Civilnou ochranou) v prípade výskytu silného zemetrasenia na území Slovenska a bolo umožnené včasne a dostatočne (t.j. na štandardnej európskej úrovni) informovať verejnosť o zemetraseniach na Slovensku.

Zlepšenie pokrytia územia Slovenskej republiky seizmickými stanicami a zvýšenie citlivosti seizmického monitoringu sa výrazne prejavilo aj na výsledkoch monitorovania zemetrasení. Od roku 2005 bolo možné všetky zemetrasenia makroseizmicky pozorované na území Slovenska aj seizmometricky lokalizovať. Toto bol jeden z hlavných cieľov pri modernizácii a rozširovaní NSSS. Okrem toho sa výrazne zvýšil počet seizmometricky lokalizovaných zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky, rovnako ako celkový počet zaznamenaných seizmických javov stanicami NSSS a identifikovaných fáz na seizmických záznamoch.

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 mikrosezmickej aktivity jednotlivých zdrojových zón alebo skupín zdrojových zón. Zvýšenie kvality monitorovania seizmických javov zároveň znamená zvýšené finančné nároky na prevádzkovanie a náročnejšie spracovanie zaznamenaných údajov. Tento aspekt by mal byť zohľadnený pri pridelovaní finančných prostriedkov na ďalšie obdobia.