

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
BRATISLAVA**



**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM
GEOLOGICKÝCH FAKTOROV ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

Tektonická a seizmická aktivita územia

Subsystém 02

Správa za obdobie: rok 2013

Zodpovedný riešiteľ:

RNDr. Pavel Liščák, CSc.

Správu vypracoval:

Ing. Lubomír Petro, CSc.

Spolupracovali:

**Ing. Dušan Ferianc, GKÚ Bratislava
RNDr. Andrej Cipciar, GFÚ SAV Bratislava
Mgr. Miriam Kristeková, PhD., GFÚ SAV Bratislava
Mgr. Miloš Briestenský, PhD., ÚSMH AV ČR, v.v.i. Praha**

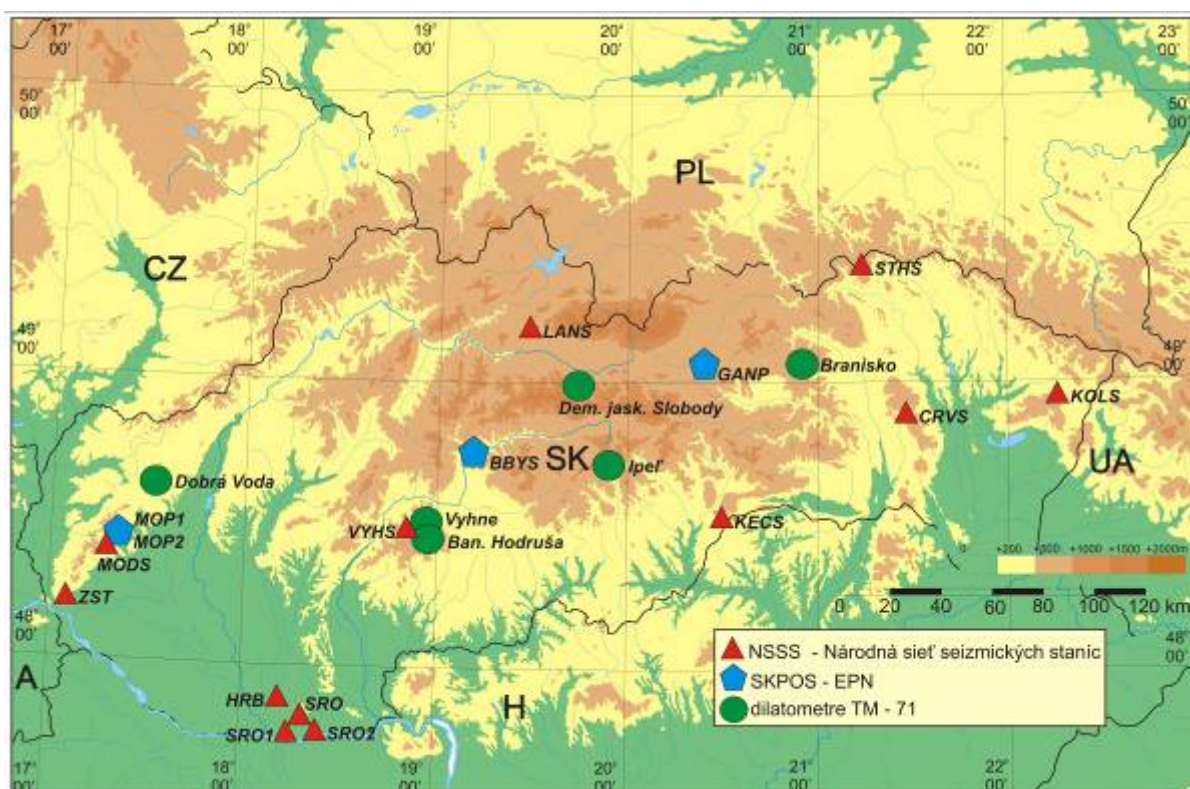
November 2014

OBSAH

1. Úvod	3
2. Pohyby povrchu územia (D. Ferianc)	3
2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch	4
2.2 Monitoring výškových zmien na geodetických bodoch cez nivelačné meranie	13
3. Pohyby pozdĺž zlomov (L. Petro, M. Briestenský)	14
3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete	15
3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	19
3.3 Výsledky monitorovania	20
3.4 Diskusia	28
4. Monitorovanie seizmických javov (A. Cipciar, M. Kristeková)	29
4.1 Dátové a spracovateľské centrum	31
4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky	31
4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	34
5. Literatúra	45

1. Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (obr. 1) boli v roku 2013 monitorované pohyby povrchu systémami globálneho určenia priestorovej polohy (GNSS) Zeme na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch a monitoring výškových zmien na geodetických bodoch cez nivelačné meranie v oblasti Dobrej Vody v severnej časti Malých Karpát (Geodetický a kartografický ústav - GKÚ, Bratislava). Pohyby pozdĺž zlomov boli monitorované na vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu TM-71 (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Košice - ŠGÚDŠ RC Košice). Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe údajov Geofyzikálneho ústavu Slovenskej akadémie vied (GFÚ SAV) za rok 2013.



Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystém 02 Tektonická a seizmická aktivita územia

2. Pohyby povrchu územia

Na presné určenie lokalizačných parametrov bodov v referenčných súradnicových systémoch sa využívajú geodetické merania, a to najmä technológia na určovanie priestorovej polohy bodom pomocou globálnych navigačných družicových systémov (GNSS), geometrická nivelácia a relatívne i absolútne určenie tiažového zrýchlenia. Dosahovaný odhad presnosti

v polohových zložkách (x,y) je v úrovni milimetrov, ale vo výškovej zložke (z) je to približne trojnásobok.

2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch

Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ) je 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 GLONASSu. SKPOS je na konci roku vybudovaná sieťou 31 geodetických bodov, referenčných staníc GNSS realizujúcej geodetický referenčný systém ETRS89 na Slovensku. ETRS89 – Európsky terestický referenčný systém, je systém priestorových súradníc označovaný parametrami B, L, h alebo karteziánskymi súradnicami x, y, z zavedený na návrh Európskej subkomisie pre referenčné rámce (EUREF) pri Medzinárodnej federácii geodetov (FIG) Európskou úniou a direktívach INSPIRE.

Prvoradou úlohou SKPOS je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému ETRS89 pre subjekty využívajúce technológiu GNSS. Merané údaje GNSS z bodov špeciálne stabilizovaných je možné využiť aj na geodynamický monitoring.

Rozmiestnenie a vybudovanie bodov bolo realizované najmä na dosiahnutie požadovanej presnosti pri geodetických meraniach na mapovacie a katastrálne geodetické činnosti. Do siete je zaradených zatiaľ 5 špecializovaných geodetických bodov, ktoré sú realizované ako hĺbkové stabilizácie ukotvené až do 10 m hĺbky so stabilizovanou geodetickou značkou. Je predpoklad, že po viacročnom permanentnom meraní na týchto bodoch by sme mali získať spoľahlivé údaje o rýchlostnej charakteristike týchto bodov.

Geodetické body s hĺbkovými stabilizáciami sú permanentne observované GNSS technológiami už skôr, ako boli začlenené do siete SKPOS (obr. 2, 3, 4).

Najstarším bodom je MOPI, v lokalite Modra – Piesok, stabilizovaný na skalnom hrebene Tisových skál, a to od 17.11.1996, čo je 880. GPS týždeň. Od 24.8.2008, t.j. 1494. GPS týždeň, je permanentne meraný bod MOP2, stabilizovaný vedľa pôvodného bodu na skale pilierom. Rezortný bod je v lokalite Gánovce pri Poprade a observácie sú monitorované od 16.11.2003, t.j. 1245. GPS týždeň. Posledným bodom zaradeným do EPN je BBYS v lokalite Banská Bystrica – S, ktorý pracuje od 4.02.2007 (1413. GPS týždeň). Pre tieto body je monitoring a určenie rýchlostí spracovávané v rámci Európskej permanentnej siete GNSS. Údaje GNSS staníc GANP, MOPI, MOP2 a BBYS sú zasielané aj do Európskej permanentnej siete (EPN -Euref Permanent Network), ktorú riadi Európska komisia pre referenčné rámce

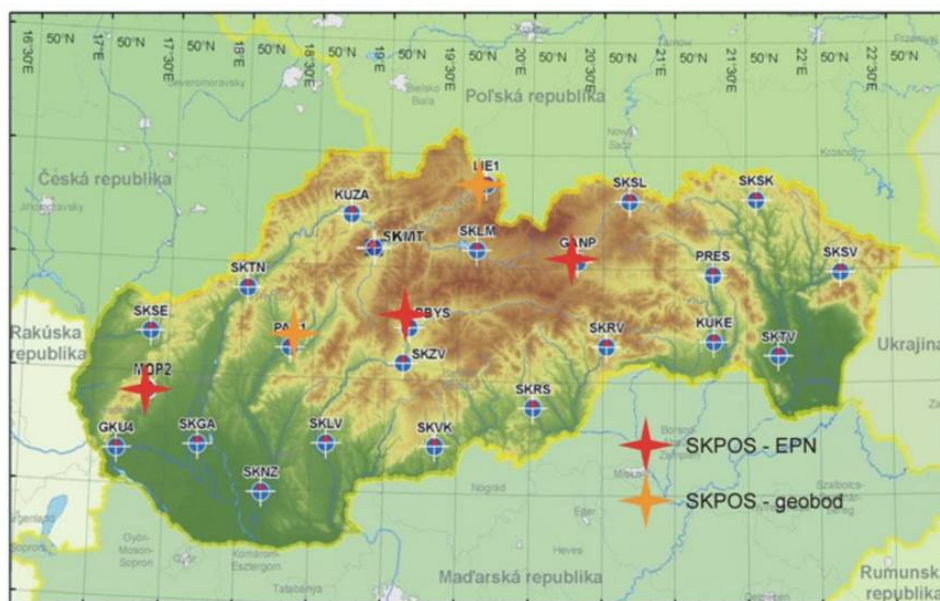
(EUREF) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (IAG). Európska sieť permanentných staníc dnes spracováva údaje -



Obr. 2 Body MOPI a susedný nový bod MOP2 - stanice SKPOS

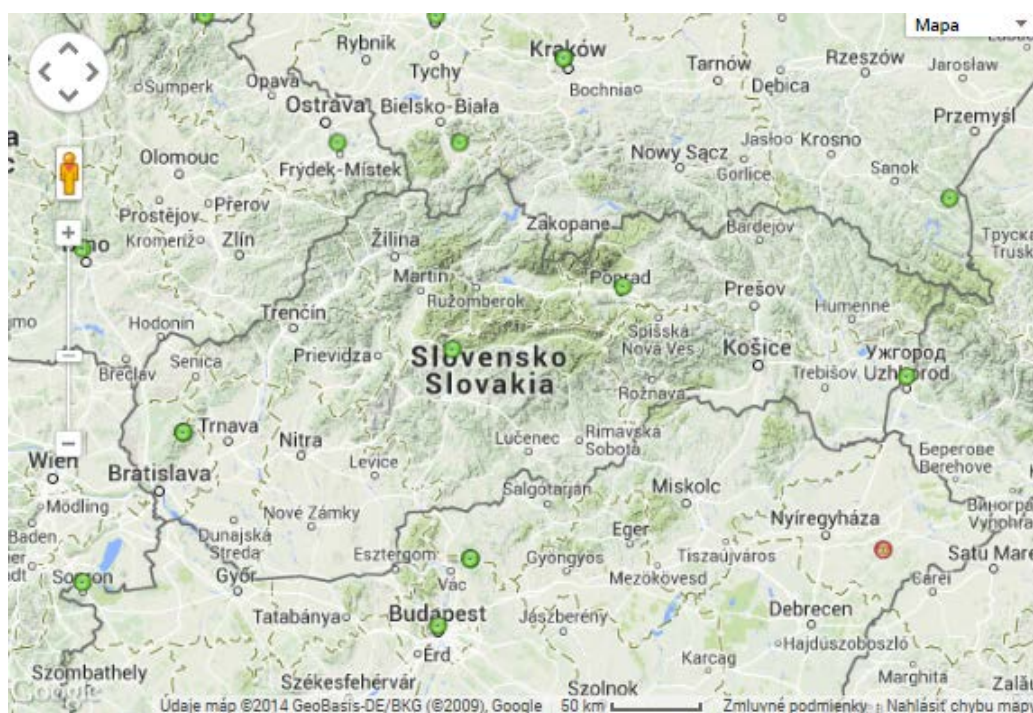


Obr. 3a,b Body GANP (a) a BBYS (b) - stanice SKPOS



Obr. 4 Rozmiestnenie bodov SKPOS – EPN a SKPOS - geobod na území Slovenska

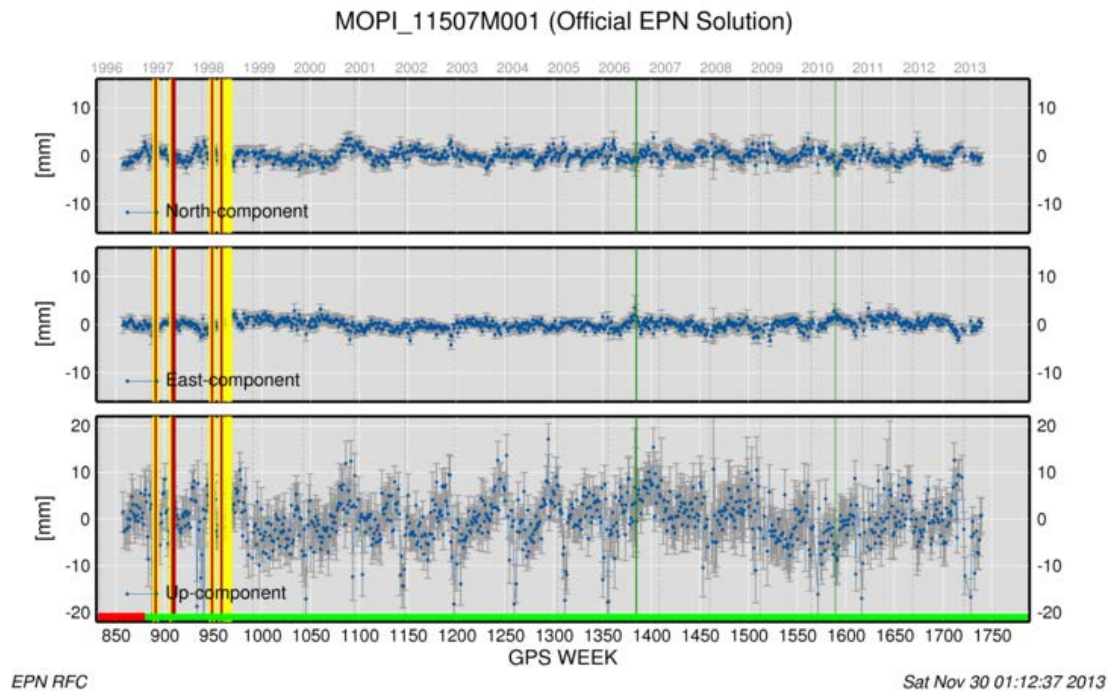
cca 250 staníc GNSS. Na [obr. 5](#) je schéma rozmiestnenia staníc z európskej časti, z ktorých viaceré sú zaradené i do nášho spracovania.



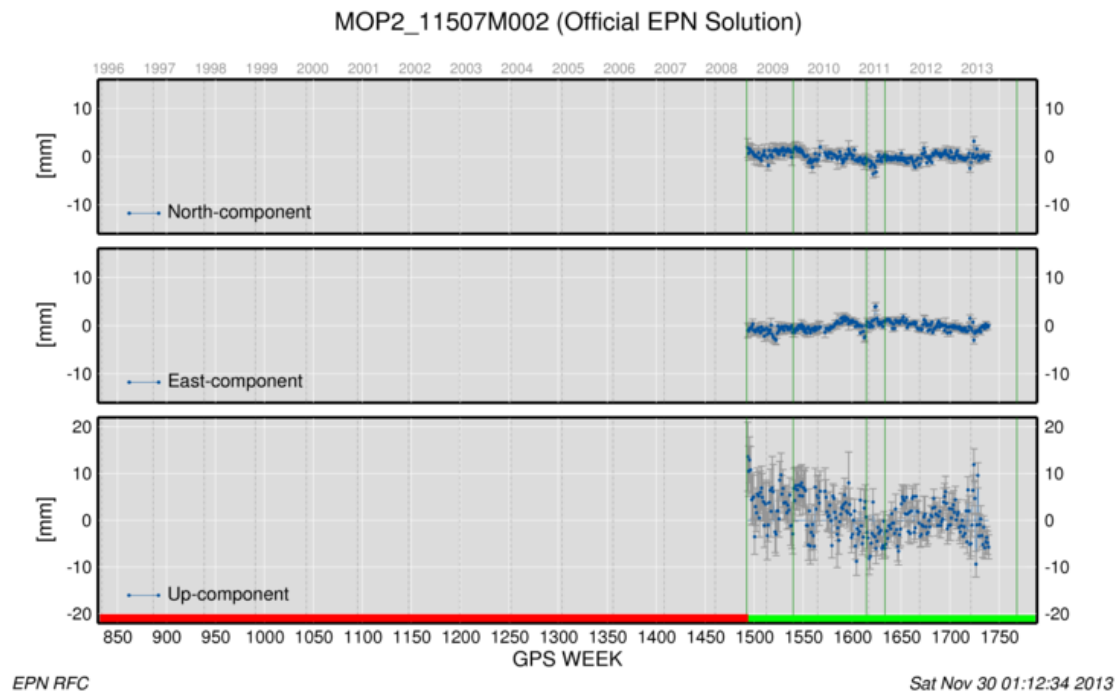
Obr. 5 Rozmiestnenie 248 permanentných staníc EPN k 30.12.2013 s detailom pre SR

Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec - ITRF2005, Európsky terestrický referenčný rámec - ETRF89, ako voľné (merané) údaje (RAW) a upravené s rýchlostným trendom (CLEAN) na

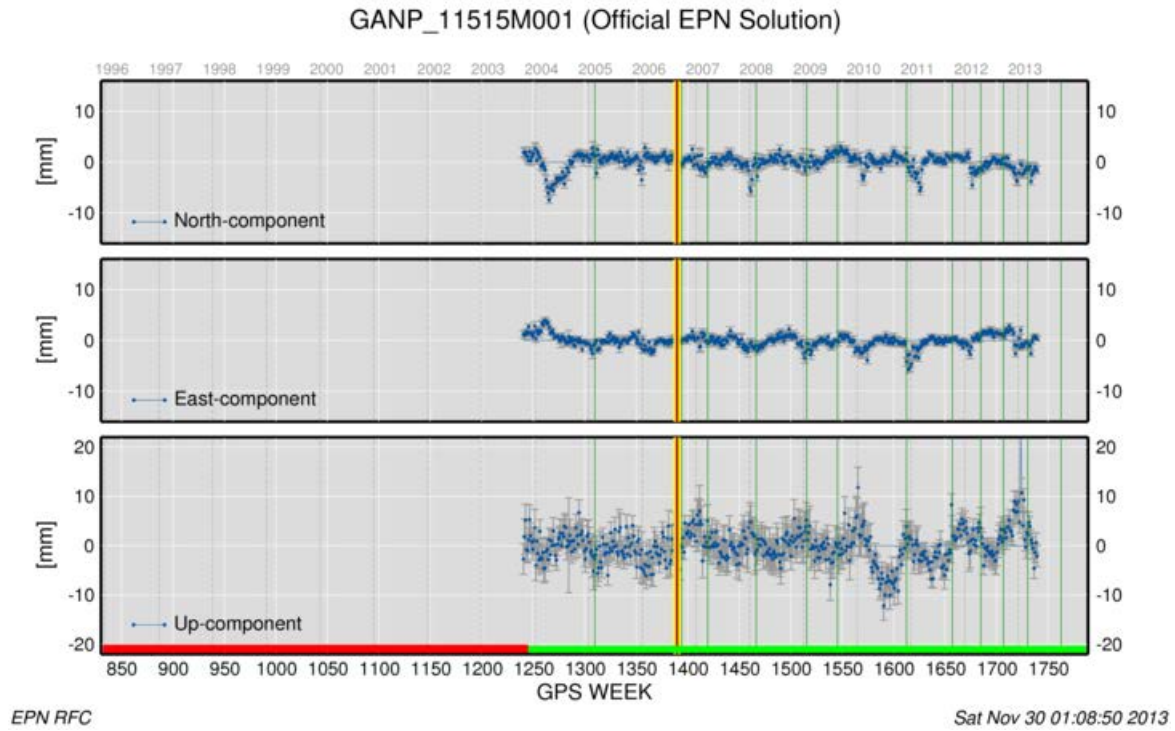
<http://epncb.oma.be/trackingnetwork/stationmaps.php>. Údaje zo slovenských staníc v Modre - Piesku (MOPI, MOP2), v Gánovciach pri Poprade (GANP) a Banskej Bystrici (BBYS) sú prezentované v grafoch a upravené o periodické chyby so znázorneným pohybom bodov v grafoch na obr. 6, 7, 8, 9, 10.



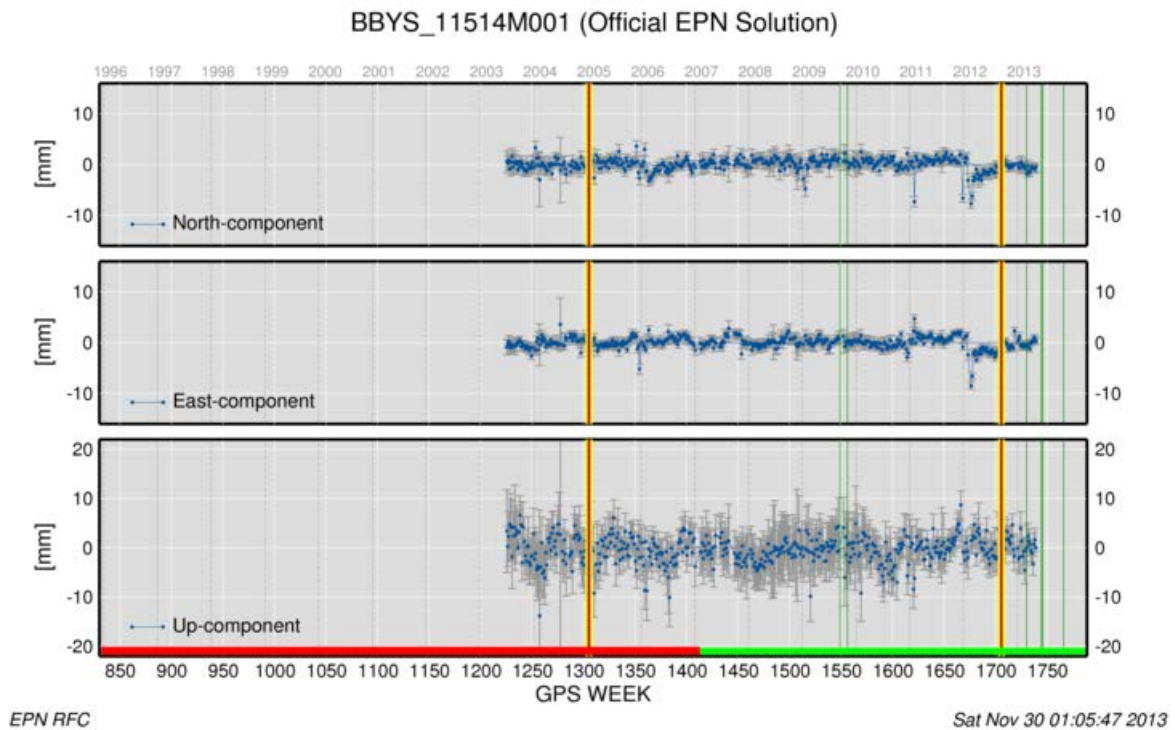
Obr. 6 Znáznornenie pohybu bodu MOPI



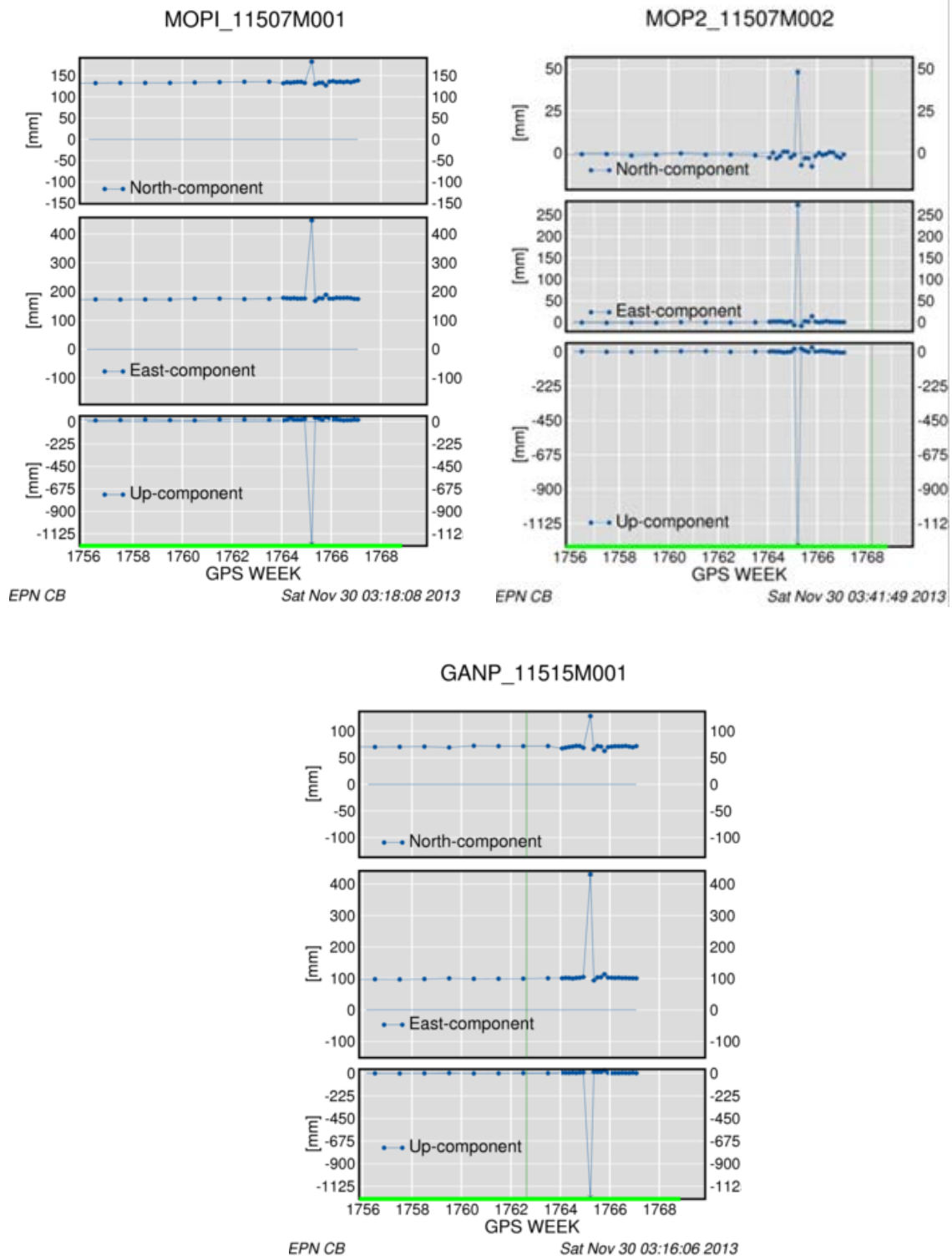
Obr. 7 Znáznornenie pohybu bodu MOP2



Obr. 8 Znázornenie pohybu bodu GANP



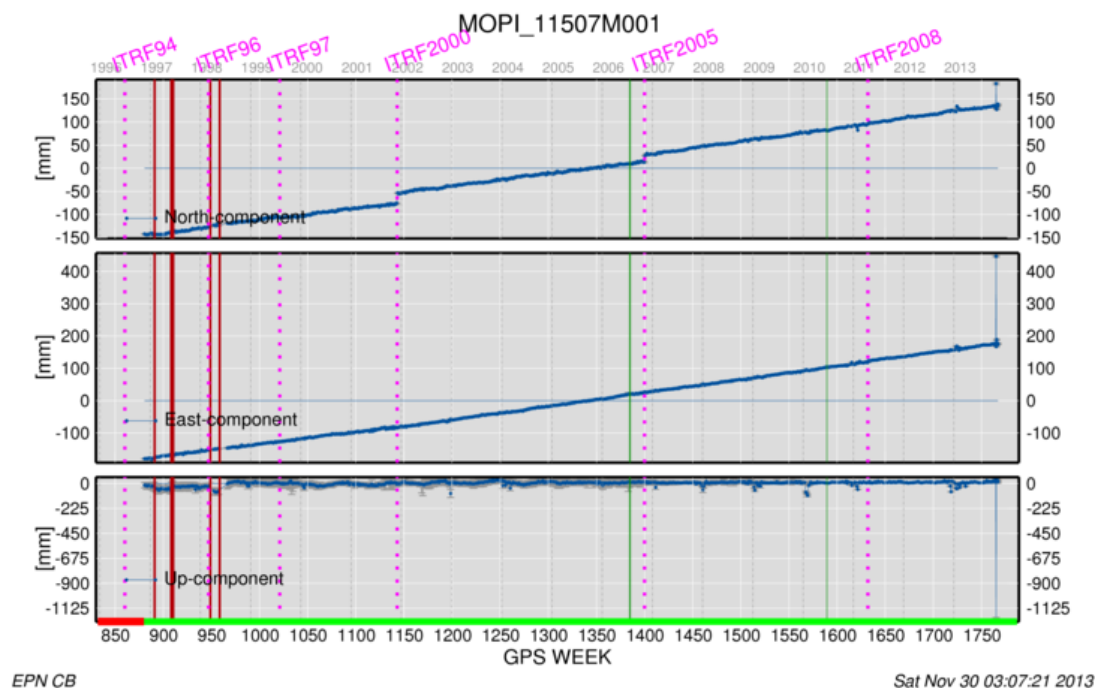
Obr. 9 Znázornenie pohybu bodu BBYS



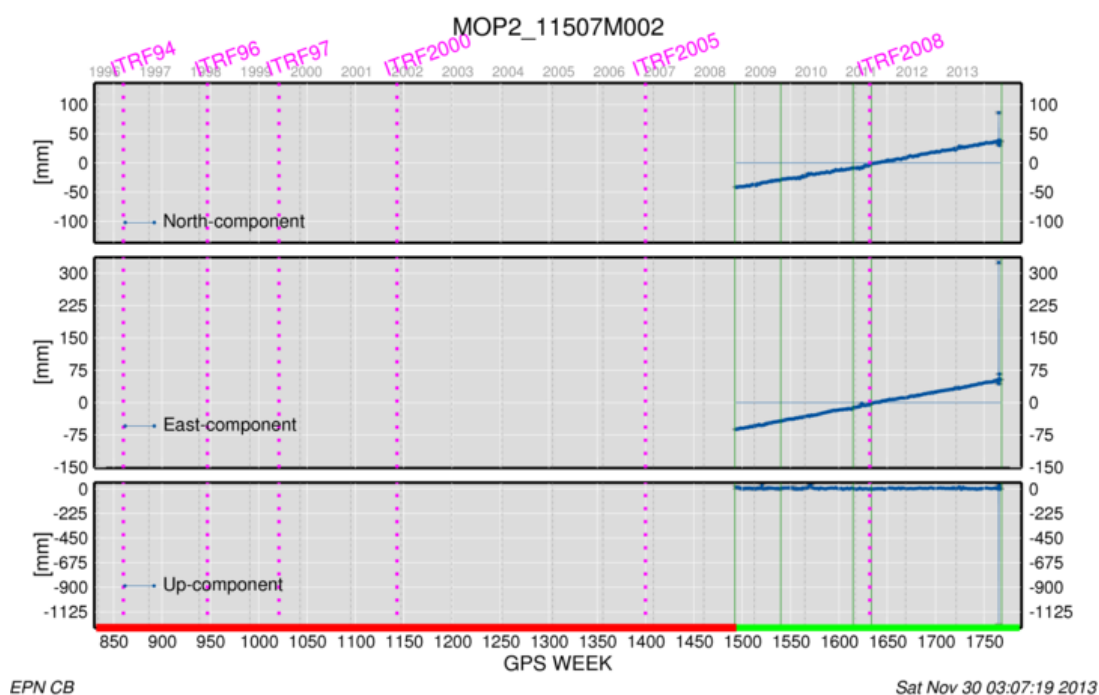
Obr. 10 Anomália v 1765. GPS týždni na bodoch MOP1, MOP2 a GANP

Na obr. 11, 12, 13 a 14 sú grafy pohybu bodov v ITRF2008. Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené v grafe zmeny polohy bodu - stanice uvedenej v mm, a to v smere zemepisných osí sever (N) – juh (S), východ (E) – západ (W) a vo výške (U). Vodorovná os predstavuje

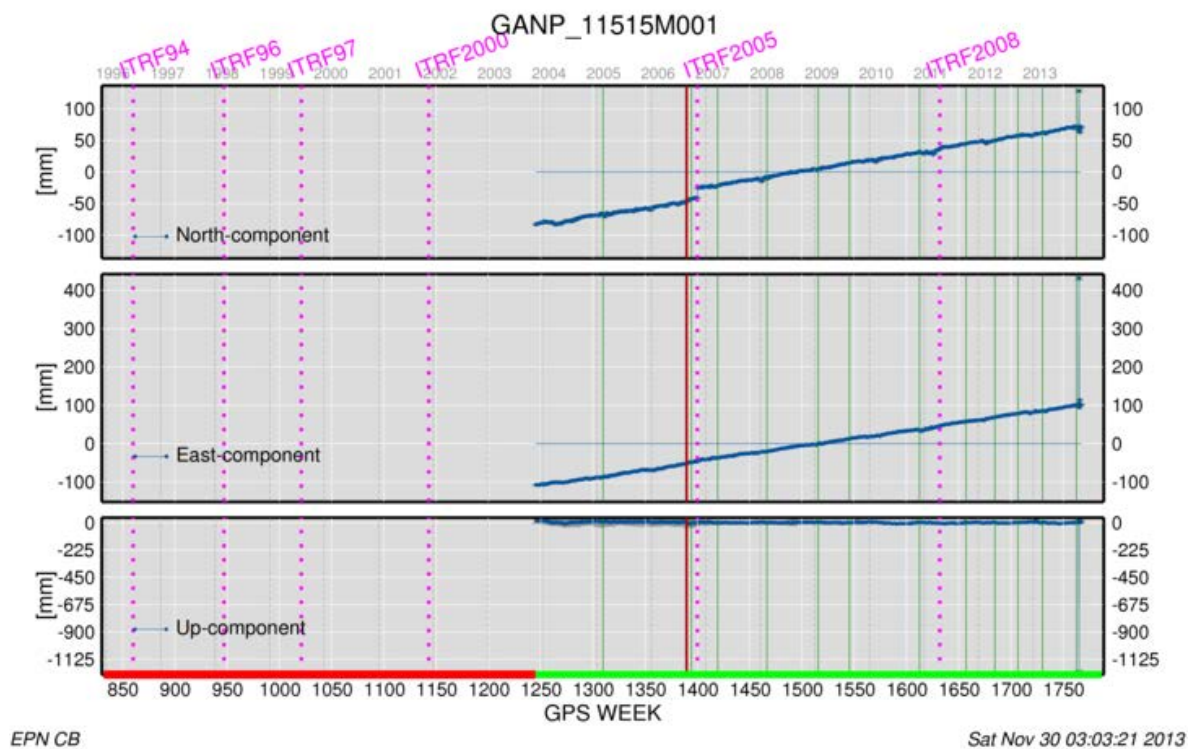
časovú os datovanú v GPS týždňoch. GPS týždeň sa datuje od vzniku systému GPS NAVSTAR; zvislá v optimalizovanej mierke zmenu bodu v mm. Zobrazované hodnoty v grafoch sú vždy z týždenných riešení. Datovanie týždňov je od spustenia GPS (GPS WEEK).



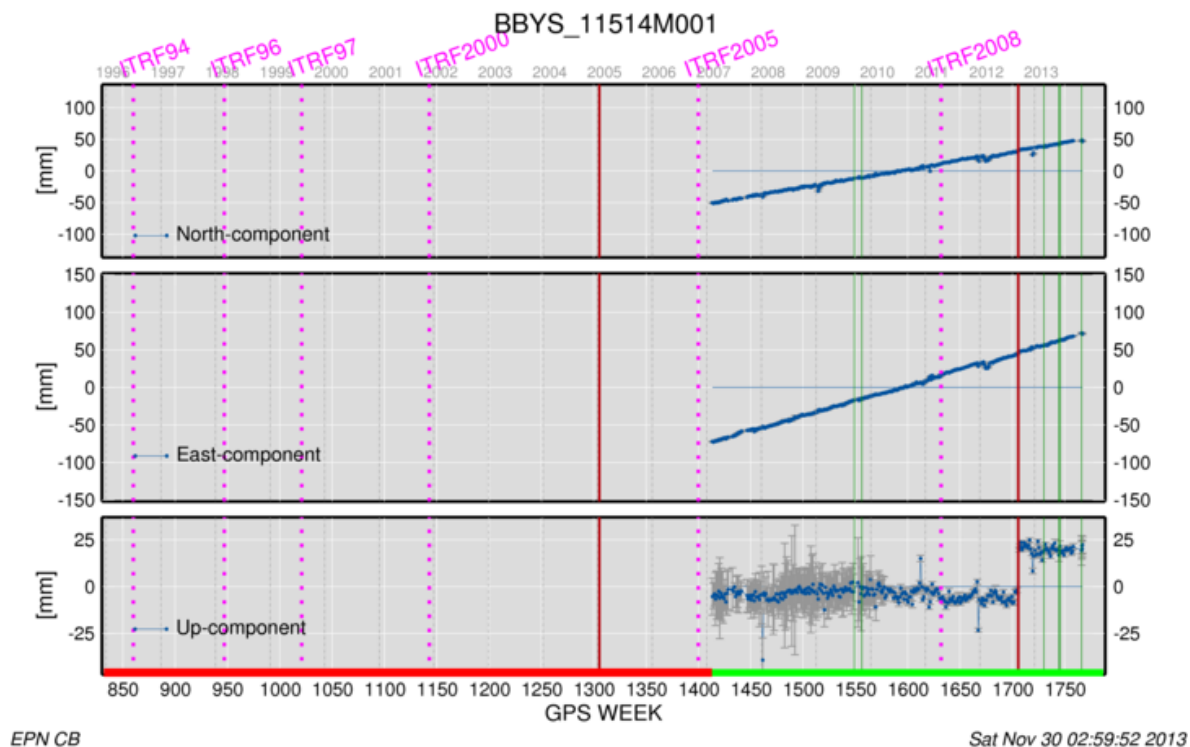
Obr. 11 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



Obr. 12 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



Obr. 13 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ITRS



Obr. 14 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ITRS

Z upravených údajov sú v EPN odhadnuté rýchlosti pohybu pre body – stanice GPS. Jednotlivým riešeniam 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).

Na základe súčasných výsledkov z monitoringu pomocou technológie GNSS si dovoľíme konštatovať, že krátka doba epochy (pod 6 rokov) dala skresľujúce výsledky – náznaky pohybu bodov. Po dlhšej epoche, môžeme konštatovať, že pozorované body sú stabilné v rámci euroázijskej platne (tab. 1).

EPN_A_ETRF2000_C1740.SSC - EPN_A_IGb08_C1740.SSC (August 8, 2013)

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
239/2006 - 131/2013	001/2005	3929181.848 ± 0.000	1455236.515 ± 0.000	4793653.704 ± 0.000	0.0002 ± 0.0000	-0.0011 ± 0.0000	-0.0013 ± 0.0001
286/2003 - 232/2006	001/2005	3929181.865 ± 0.000	1455236.517 ± 0.000	4793653.711 ± 0.000	0.0002 ± 0.0000	-0.0012 ± 0.0000	-0.0013 ± 0.0001

IGb08	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
239/2006 - 131/2013	001/2005	3929181.517 ± 0.000	1455236.734 ± 0.000	4793653.904 ± 0.000	-0.0172 ± 0.0000	0.0156 ± 0.0000	0.0089 ± 0.0001
286/2003 - 232/2006	001/2005	3929181.534 ± 0.000	1455236.736 ± 0.000	4793653.910 ± 0.000	-0.0172 ± 0.0000	0.0156 ± 0.0000	0.0089 ± 0.0001

EPN_B_ETRF2000_C1740.SSC - EPN_B_IGb08_C1740.SSC (August 8, 2013)

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
193/1998 - 131/2013	150/2005	4053738.201 ± 0.000	1260571.378 ± 0.000	4744940.659 ± 0.000	NA	NA	NA
144/1998 - 192/1998	251/2000	4053738.198 ± 0.001	1260571.377 ± 0.000	4744940.654 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 - 136/1998	118/2000	4053738.152 ± 0.001	1260571.369 ± 0.000	4744940.600 ± 0.001	NA	NA	NA
159/1997 - 073/1998	270/1999	4053738.179 ± 0.000	1260571.373 ± 0.000	4744940.631 ± 0.000	NA	NA	NA
033/1997 - 158/1997	069/1999	4053738.169 ± 0.001	1260571.371 ± 0.000	4744940.618 ± 0.001	NA	NA	NA
162/1996 - 032/1997	225/1998	4053738.188 ± 0.001	1260571.376 ± 0.000	4744940.640 ± 0.001	NA	NA	NA

IGb08	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
193/1998 - 131/2013	150/2005	4053737.876 ± 0.000	1260571.612 ± 0.000	4744940.869 ± 0.000	NA	NA	NA
144/1998 - 192/1998	251/2000	4053737.952 ± 0.001	1260571.529 ± 0.000	4744940.814 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 - 136/1998	118/2000	4053737.912 ± 0.001	1260571.515 ± 0.000	4744940.756 ± 0.001	NA	NA	NA
159/1997 - 073/1998	270/1999	4053737.949 ± 0.000	1260571.510 ± 0.000	4744940.781 ± 0.000	NA	NA	NA
033/1997 - 158/1997	069/1999	4053737.947 ± 0.001	1260571.498 ± 0.000	4744940.762 ± 0.001	NA	NA	NA
162/1996 - 032/1997	225/1998	4053737.976 ± 0.001	1260571.493 ± 0.000	4744940.778 ± 0.001	NA	NA	NA

EPN_A_ETRF2000_C1740.SSC - EPN_A_IGb08_C1740.SSC (August 8, 2013)

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
260/2012 - 131/2013	001/2005	3980359.143 ± 0.000	1382291.874 ± 0.000	4772771.770 ± 0.001	-0.0003 ± 0.0000	-0.0006 ± 0.0000	-0.0007 ± 0.0001
009/2005 - 252/2012	001/2005	3980359.128 ± 0.000	1382291.867 ± 0.000	4772771.751 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0006 ± 0.0000	-0.0007 ± 0.0001
185/2003 - 008/2005	001/2005	3980359.114 ± 0.000	1382291.863 ± 0.000	4772771.735 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0006 ± 0.0000	-0.0007 ± 0.0001

IGb08	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
260/2012 - 131/2013	001/2005	3980358.817 ± 0.000	1382292.096 ± 0.000	4772771.972 ± 0.001	-0.0173 ± 0.0000	0.0163 ± 0.0000	0.0096 ± 0.0001
009/2005 - 252/2012	001/2005	3980358.802 ± 0.000	1382292.090 ± 0.000	4772771.952 ± 0.000	-0.0173 ± 0.0000	0.0163 ± 0.0000	0.0096 ± 0.0001
185/2003 - 008/2005	001/2005	3980358.788 ± 0.000	1382292.085 ± 0.000	4772771.937 ± 0.000	-0.0173 ± 0.0000	0.0163 ± 0.0000	0.0096 ± 0.0001

EPN_A_ETRF2000_C1740.SSC - EPN_A_IGb08_C1740.SSC (August 8, 2013)

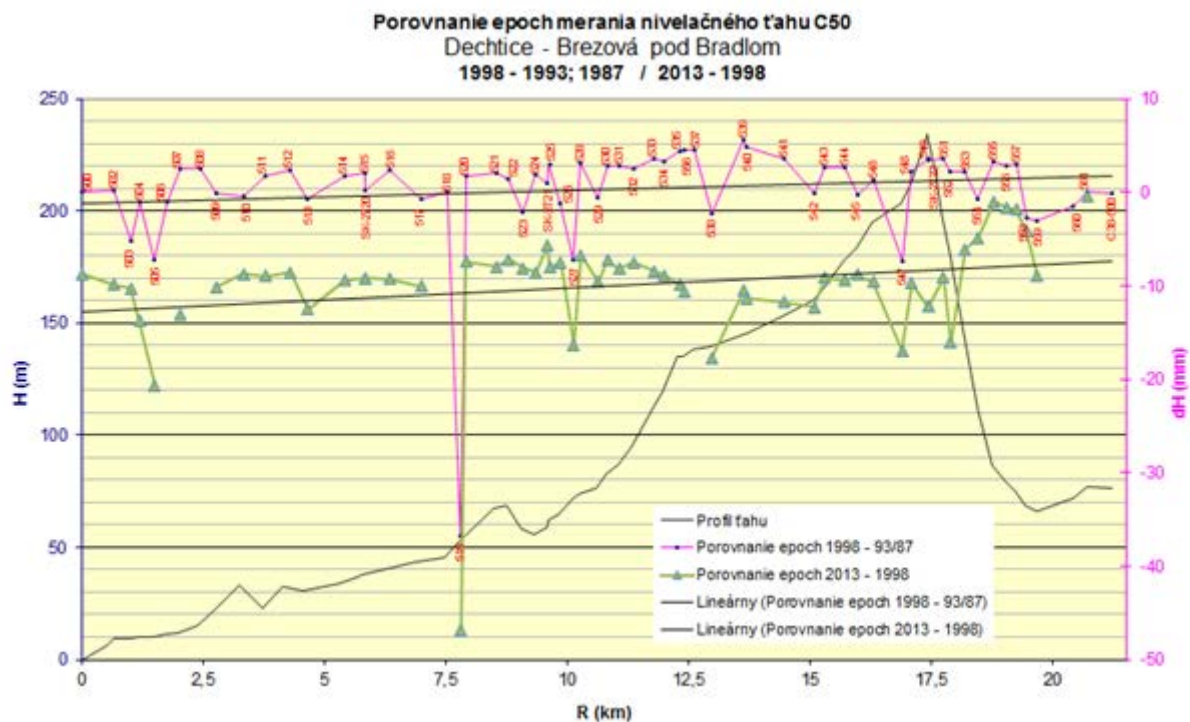
ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
230/2008 - 131/2013	001/2005	4053742.962 ± 0.000	1260569.436 ± 0.000	4744939.947 ± 0.000	0.0003 ± 0.0000	0.0002 ± 0.0000	0.0006 ± 0.0000

IGb08	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
230/2008 - 131/2013	001/2005	4053742.644 ± 0.000	1260569.663 ± 0.000	4744940.152 ± 0.000	-0.0163 ± 0.0000	0.0174 ± 0.0000	0.0112 ± 0.0000

Tab. 1 Tabuľky s referenčnými súradnicami a rýchlosťou na staniciach EPN

2.2 Monitoring výškových zmien na geodetických bodoch cez nivelačné meranie

Výškové zmeny môžeme interpretovať z opakovaných nivelačných meraní. V rokoch 1997 – 2003 bolo vykonané zmeranie nivelačnej siete 1. rádu, ktoré má nivelačné ťahy dlhé cez 3300 km a v nich určených viac ako 11 000 bodov. Od tohto roku sú vykonávané opakované merania v sieti 2. Na dosiahnutie milimetrovej presnosti určenia výšky je potrebné nivelačné ťahy viesť po spevnených komunikáciách a to limituje profily, ktoré je možné vyhodnotiť. Opakované nivelačné merania boli v minulom storočí predmetom vyhodnotenia a zostavovania máp recenzných pohybov. V roku 2013 sme vybrali profil z lokality Malých Karpát, a to na nivelačnom ťahu C50 – Dechtice cez Dobrú Vodu do Brezovej pod Bradlom. Opakované nivelačné meranie je spracované do grafu (obr. 15), z ktorého sú zrejmé geodynamické zmeny na jednotlivých geodetických bodoch rôznej kvality stabilizácie.



Obr. 15 Predbežný graf nivelačného ťahu C50

Projekt Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska

V rámci projektov Európskej únie je na Katedre geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave realizovaný projekt Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska, ktorý využíva hĺbkové stabilizácie SKPOS na permanentné aktualizovanie databázy informácií o dynamike zemskej kôry na území Slovenska so stanovením rizikových oblastí na výstavbu a monitorovanie stavebných diel. V rámci projektu

boli vo vybraných lokalitách stabilizované nové špeciálne (hlbkové) stabilizácie, na ktorých boli zriadené stanice GNSS a v roku 2014 boli začlenené aj do siete SKPOS.

Celkovo v projekte sú body – stanice SKPOS v lokalitách Partizánske, Liesek, Banská Bystrica, Gánovce, ktoré boli doplnené o nové stabilizácie v lokalitách Rimavská Sobota ([obr. 16](#)), Banská Štiavnica, Telgárt a Kamenica nad Cirochou.



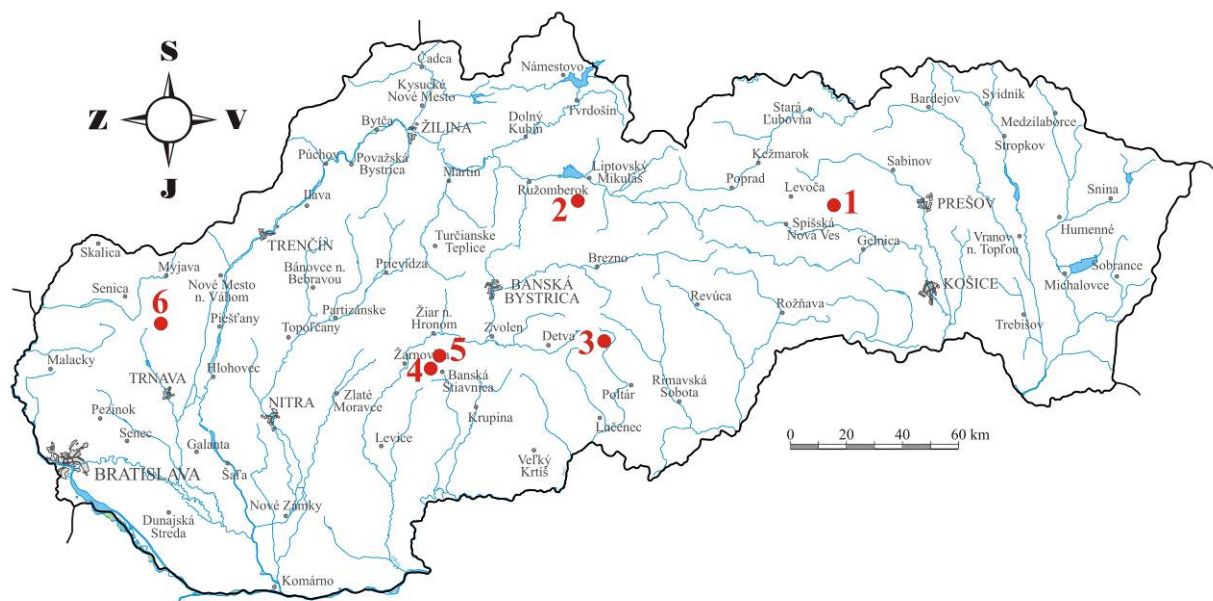
Obr. 16 Hĺbková, tyčová stabilizácia bodu - stanica GNSS v Rimavskej Sobote

3. Pohyby pozdĺž zlomov

Mechanicko-optický dilatometer *TM-71* ([Košťák, 1969](#)) je prístroj schopný zaznamenávať 3D mikroposuny v prípade svahových porúch typu plazenia a zosúvania (napr. [Košťák & Rybář, 1978](#); [Kostak & Cruden, 1990](#); [Petro et al., 1999](#)), ale aj historických objektov (napr. [Vlčko, 2002](#); [Vlčko & Petro, 2002](#); [Vlčko, 2004](#); [Vlčko et al., 2009](#)). Použitie dilatometrov na sledovanie mikroposunov na aktívnych tektonických poruchách začalo pred takmer 30-timi rokmi v Bulharsku ([Avramova-Tacheva et al., 1984](#)) a pokračovalo v Českej republike (napr. [Košťák, 1998](#); [Stepančíková et al., 2008](#)), Slovenskej republike (napr. [Petro et al., 2004](#); [Briestenský & Stemberk, 2008](#), [Briestenský et al., 2007, 2010, 2011, 2014](#)), Poľsku (napr. [Kontny et al., 2005](#)), Taliansku ([Borre et al., 2003](#)), Peru ([Košťák et al., 2002](#)), Grécku (napr. [Drakatos et al., 2005](#); [Stemberk & Košťák, 2007](#)), Slovinsku (napr. [Šebela et al., 2005](#); [Gosar et al., 2009](#)), Nemecku, Kirgizsku a na Špicbergoch.

3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Pohyby pozdĺž zlomov boli v roku 2013 sledované pomocou dilatometrov typu *TM-71* osadených v 6 lokalitách: *Branisko*, *Demänovská jaskyňa*, *Ipeľ*, *Banská Hodruša*, *Vyhne* a *Dobrá Voda* (obr. 17).



Obr. 17 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2013 monitorované neotektonické poruchy na území SR dilatometrami *TM-71-1*. 1 – Branisko, 2 – Demänovská jaskyňa Slobody, 3 – Ipeľ, 4 – Banská Hodruša- Hámre, 5 – Vyhne, 6 – Dobrá Voda

Branisko

Lokalitu reprezentuje úniková štôľňa tunela Branisko, presnejšie Šindliarsky zlom, ktorý prechádza východným okrajom pohoria Branisko. Zlom má smer SSV – JJZ a oddeľuje sedimenty centrálnokarpatského paleogénu (podtatranská skupina) od kryštalinika tatrika – severného veporika (Polák a Jacko, 1996). Na tomto styku bol koncom roka 2000 inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 18).

Demänovská jaskyňa Slobody

Jaskyňa je súčasťou takmer 40 km dlhého, niekoľkoúrovňového krasového systému nachádzajúceho sa na pravej strane doliny riečky Demänovka. Jaskynný systém je najdlhší na Slovensku. Morfológicky je okolie jaskyne súčasťou Nízkych Tatier, ktorých územie je dnes národným parkom. Pohorie je budované tromi tektonickými jednotkami v príkrovovej pozícii



Obr. 18 Inštalácia dilatometra TM-71 v únikovej štôlni tunela Branisko

– tatrikom, fatrikom a hronikom (Biely et al., 1992). Tatrikum ako subautochtónna jednotka zahŕňa kryštalický fundament a obalové mezozoické jednotky. Ďalšie dve príkrovové štruktúry sú tvorené väčšinou vápencami a dolomitmi. Paleogénne sedimenty v širšom okolí jaskyne sú súčasťou posttektonickej výplne Liptovskej kotliny.

Jaskyňa vznikla v strednotriasových vápencoch krížňanského príkrovu fatrika dlhodobým podpovrchovým pôsobením riečky Demänovka. Podzemné chodby a priestory sa viažu na dva zlomové systémy s orientáciou SZ-JV a SV-JZ (Droppa, 1957 a 1972). Prvý systém je kvázi-paralelný s hlavným jaloveckým zlomom (Hók et al., 2000) prechádzajúcim dnom údolia. Dilatometer TM-71 bol inštalovaný v tzv. Čarovnej chodbe (obr. 19), ktorá má približne smer SZ-JV.



Obr. 19 Inštalácia dilatometra TM-71 v Čarovnej chodbe (Demänovská jaskyňa Slobody)

Ipeľ

Lokalitu reprezentuje dolina horného toku Ipeľa nad obcou Ipeľ, ktorá geomorfologicky patrí do Stolických vrchov. Dolinou rieky prechádza jeden z najvýznamnejších zlomových systémov Západných Karpát – Muránsko-Malcovský systém (Pospíšil et al., 1986; Dvořák et al., 2005), resp. jeho južnejšia časť v podobe Muránsko - Divínskeho systému, ktorý pozostáva z niekoľkých paralelných SV-JZ zlomov (Pospíšil et al., 1989). Dolina Ipeľa je budovaná staropaleozoickými metamorfovanými (pararuly, ortoruly a migmatity) a magmatickými (granity, granodiority, tonality a aplity) horninami kryštallického jadra veporika (Bezák et al., 1999). Horniny vo vnútri zlomového pásma širokého viac než 600 m sú silno tektonicky porušené a mylonitizované (Ondrášek et al., 1987). Na jednom zlome systému, v bývalej prieskumnej štôlni Izabela, bol v roku 2002 inštalovaný dilatometer TM-71 (obr. 20).



Obr. 20 Inštalácia dilatometra TM-71 v prieskumnej štôlni Izabela na lokalite Ipeľ

Banská Hodruša (Hámre)

Lokalita sa nachádza v Štiavnických vrchoch, asi 9 km na Z od Banskej Štiavnice. Na inštaláciu dilatometra TM-71 (obr. 21) bolo vybrané miesto križovania dvoch zlomov (SV-JZ a SZ-JV) vo vnútri štôlni Vsechsvätých (stará). Štôlna je vyrazená v kremenno-dioritových porfýroch reprezentujúcich strednú stratovulkanickú štruktúru (Konečný et al., 1998). Orientácia zlomov, ako aj horninových dajok v banskoštiavnickom stratovulkáne odráža zmeny

v smeroch paleonapätí počas neogénu (Nemčok et al., 2000). Väčšina zlomov má orientáciu SSV-JJZ.



Obr. 21 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štôlni Všetehsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša (Hámre)

Vyhne

Lokalita sa nachádza asi 9 km na SZ od Banskej Štiavnice a je súčasťou banskoštiavnického stratovulkánu. Dilatometer TM-71 bol inštalovaný v roku 2005 na S-J zlomovej poruche vo vnútri opustenej štôlni sv. Anton Paduánsky (obr. 22). Štôlna bola vyrazená v tektonicky porušených porfyrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená žula). Výhodou tejto lokality okrem vhodných mikroklimatických podmienok (stabilná teplota a vlhkosť) je prítomnosť seizmometra (Geofyzikálny ústav SAV), čo umožňuje koreláciu výsledkov monitoringu so seizmickými udalosťami v regióne a jeho širšom okolí.



Obr. 22 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne

Dobrá Voda

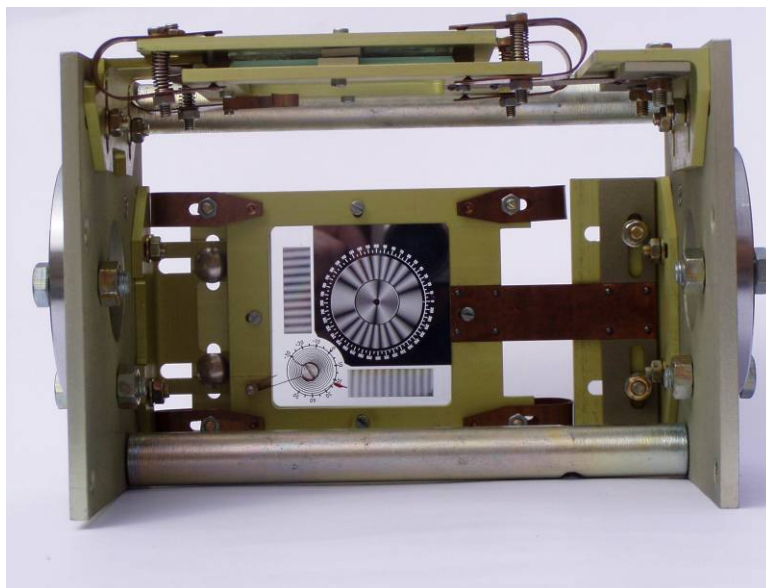
Lokalita sa nachádza v severnej časti Malých Karpát južne od Brezovej pod Bradlom. Morfológicky ide o dobrovodskú depresiu, ktorou prechádza zlom smeru SV-JZ. Podľa [Maglay et al. \(1999\)](#) bol zlom aktívny od stredného pleistocénu do holocénu. Oblasť Dobrej Vody je známa ako seizmicky aktívna. V minulosti tu bolo zaznamenané jedno z najsilnejších zemetrasení na našom území. Najsilnejšie známe zemetrasenie z 9. 1. 1906 v okolí Dobrej Vody malo epicentrálnu intenzitu $I_0 = 8,5^\circ$ MSK-64 (23 hod 07 min, $48,58^\circ$ N, $17,46^\circ$ E, $h = 10$ km, $M_L = 5,7$). V spolupráci s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR v Prahe bol v máji roku 2004 na zlome inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* ([obr. 23](#)).



Obr. 23 Inštalácia dilatometra TM-71 na tektonickej poruche na lokalite Dobrá Voda

3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Na monitorovanie posunov na vybratých neotektonických poruchách sa v rámci danej úlohy aj v roku 2013 používali mechanicko-optické dilatometre typu *TM-71* ([obr. 24](#)). Prístrojom je možné merať veľmi pomalé posuny, t. j. $\leq 0,01$ mm a rotácie 0,01 gr. Merania sa realizujú v 2 na seba kolmých rovinách, takže výpočtami možno zistiť priestorový pohyb (3D) oboch monitorovaných blokov. Na spracovanie nameraných údajov sa používa špeciálna aplikácia MSDilat ([Stercz, 2004](#)) programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows (+ MS Windows XP).



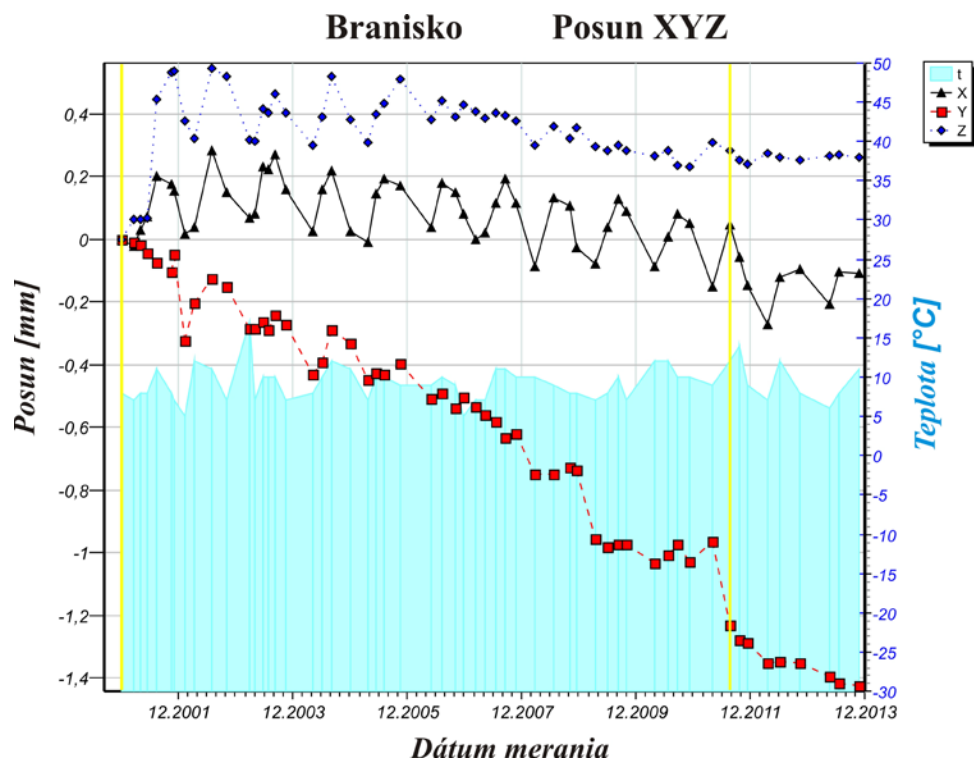
Obr. 24 Mechanicko-optický dilatometer typu TM-71

Dilatometrami typu TM-71 sa v roku 2013 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 3x (Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody a Banská Hodruša-Hámre), 4x (Vyhne a Ipel'), resp. 10x ročne (Dobrá Voda). Treba uviesť, že 4 merania ročne sa pre daný typ prístroja považujú za minimálne kvôli dostatočne presnej interpretácii výsledkov vzhľadom [k sezónnej dilatácii masívu](#) a korelácii [výsledkov](#) so seizmickými udalosťami. Z tohto dôvodu by bolo vhodné realizovať najmenej 4 [\(a viac\)](#) merania v roku 2014 i nasledujúcich rokoch na všetkých monitorovaných lokalitách.

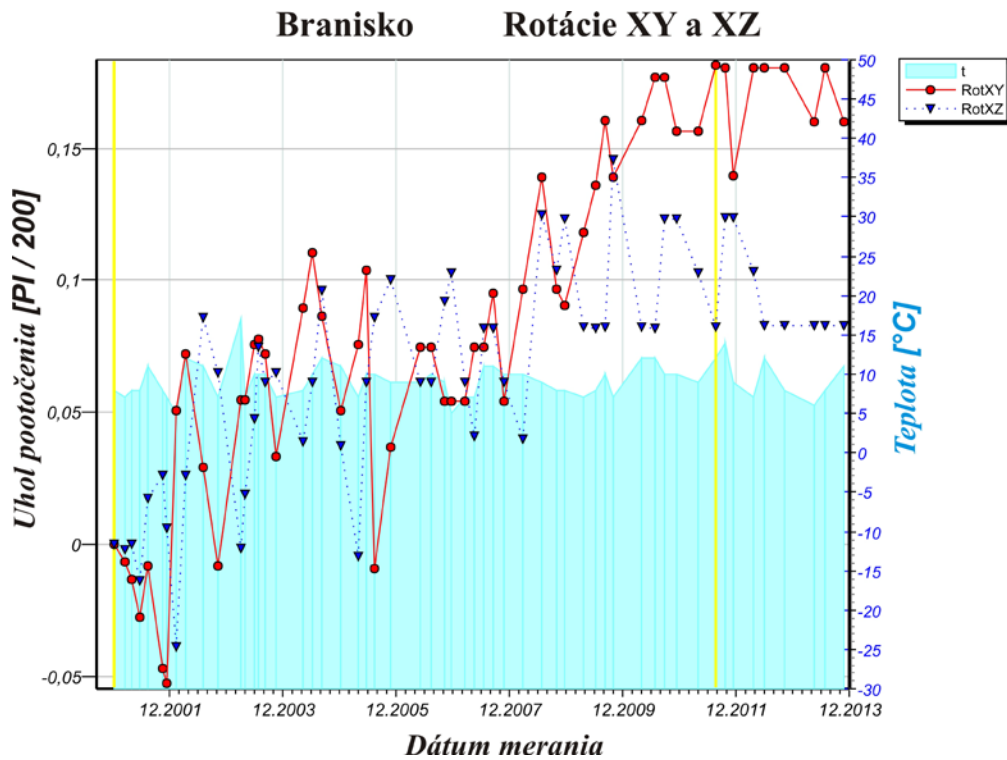
3.3 Výsledky monitorovania

Branisko

Výsledky meraní potvrdili aj v roku 2013 pretrvávajúci trend narastania šmykového pohybu pozdĺž šindliarskeho zlomu (v smere osi y). Tento pohyb je interpretovaný ako pravostranný. Jeho celková hodnota dosiahla 1,424 mm ([obr. 25](#)). Oproti roku 2012 narástol posun o 0,075 mm. Priemerná rýchlosť pohybu je $0,11 \text{ mm.rok}^{-1}$ a má progresívny charakter. Šmykový pohyb už v minulosti spôsobil vznik niekoľkých trhlín po oboch stranách zlomu v samotnej tunelovej rúre. Otváranie trhliny (pohyb v smere osi x) je veľmi pomalé, avšak jeho dlhodobý trend je zrejмый. Oproti roku 2012 sa trhlina rozšírila len minimálne (o 0,009 mm). Celkové otvorenie na konci roku 2013 dosiahlo 0,107 mm. Pokles východného bloku (hanging wall) stagnoval aj v roku 2013. Hoci trend rotačného pohybu v oboch rovinách (XY, XZ) je zrejмый ([obr. 26](#)), ide o zanedbateľné hodnoty ($< 0,182 \text{ gr}$). Rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, t. j. na JJZ.



Obr. 25 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi x , y , z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 za obdobie rokov 2000 – 2013

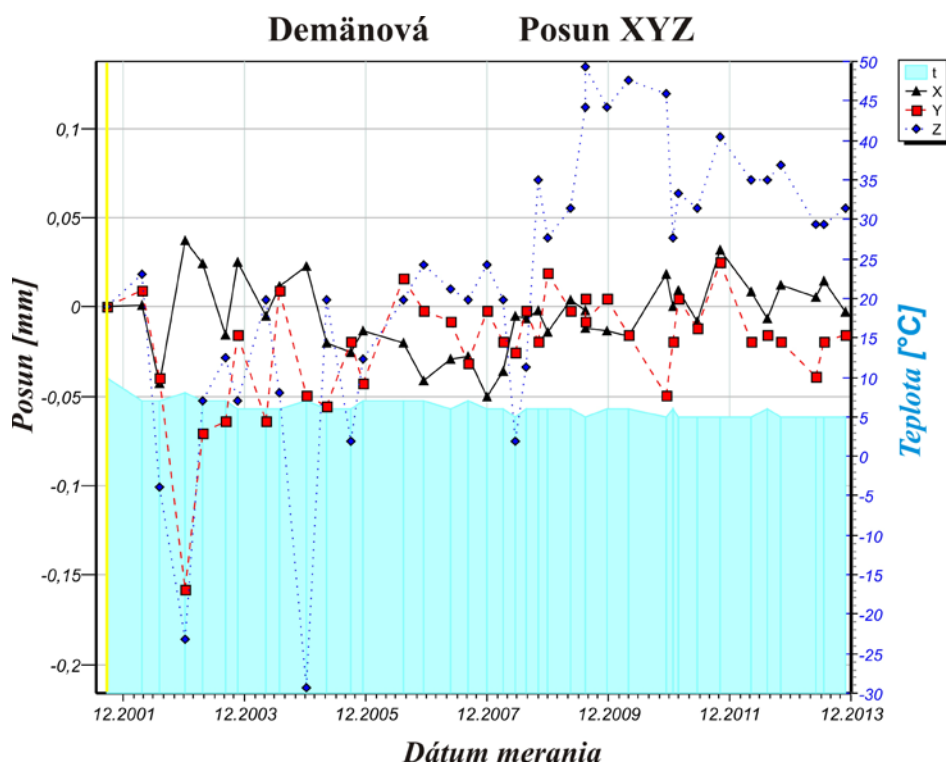


Obr. 26 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2013

Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. Národná diaľničná spoločnosť (NDS) ako prevádzkovateľ tunela je každoročne oboznamovaná formou krátkej správy o vývoji pohybov na zlome. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity v priebehu roku bude NDS podaná okamžitá informácia.

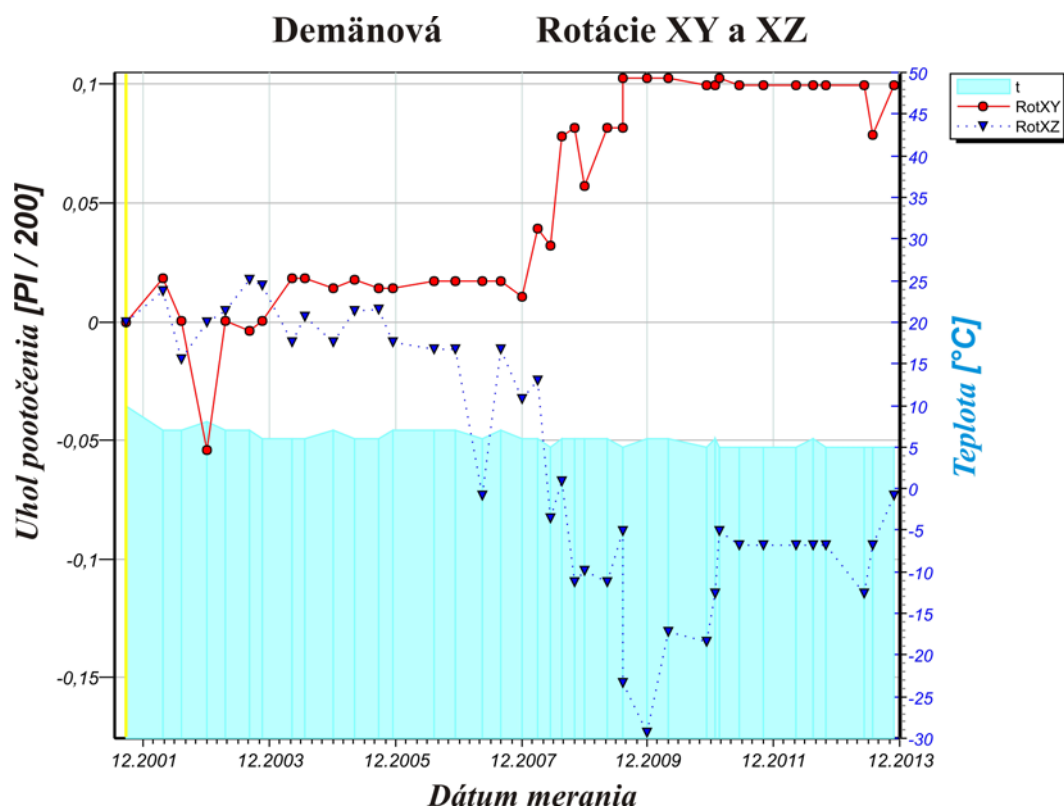
Demänovská jaskyňa Slobody

Od inštalácie dilatometra (august 2001) na zlome SZ-JV smeru je zrejmá mierna pohybová aktivita pozdĺž všetkých troch osí x , y a z (obr. 27). Slabý, ale najvýznamnejší pohyb, bol zistený v smere osi z (vertikálny pohyb pozdĺž zlomovej poruchy), ktorý je interpretovaný ako pokles východného bloku (hanging wall). V roku 2013 pokračoval obrátený trend pohybu, ktorý začal v roku 2010. Z dlhodobého hľadiska ide o typické oscilácie v pohybovej aktivite (roky 2008, 2011). Dá sa predpokladať, že v roku 2014 bude pokles bloku pokračovať. Celkový pokles koncom roka dosiahol 0,056 mm, čo oproti roku 2012 predstavuje rozdiel 0,023 mm. Otváranie trhliny (posun v smere osi x) v roku 2013 stagnovalo, podobne aj šmykový pohyb pozdĺž zlomovej poruchy (os y).



Obr. 27 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi x , y a z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody za obdobie rokov 2001 – 2013.

Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné (obr. 28). V priestore indikujú rotácie pravotočivý pohyb východného bloku.



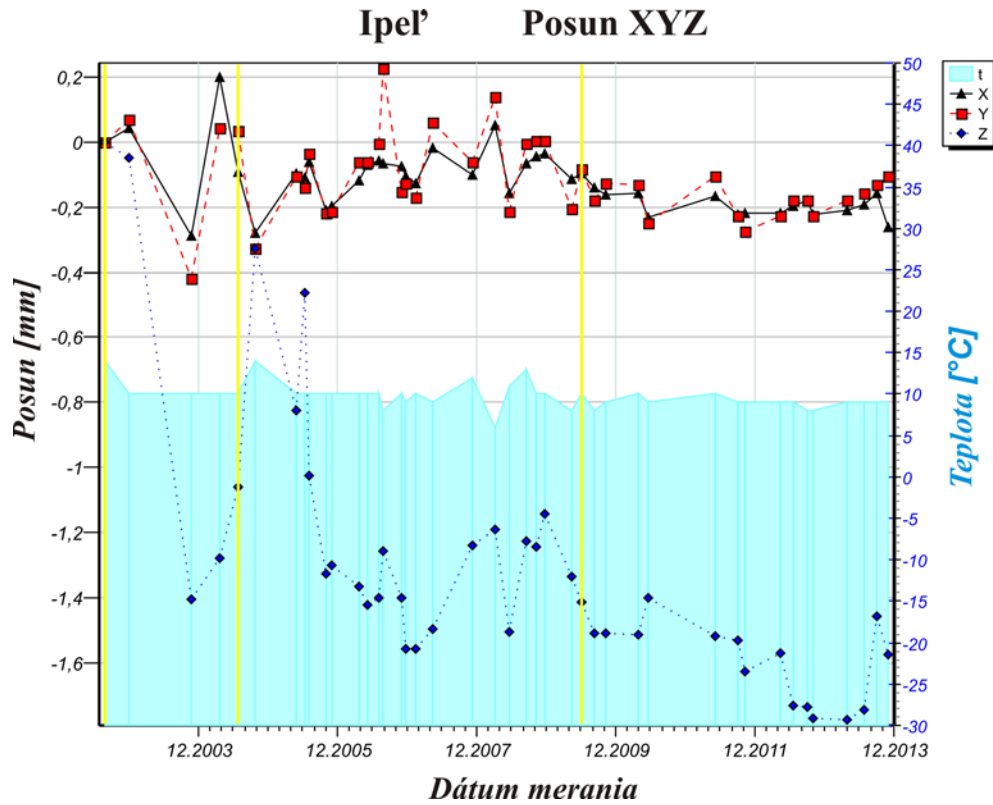
Obr. 28 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2013

Ipeľ

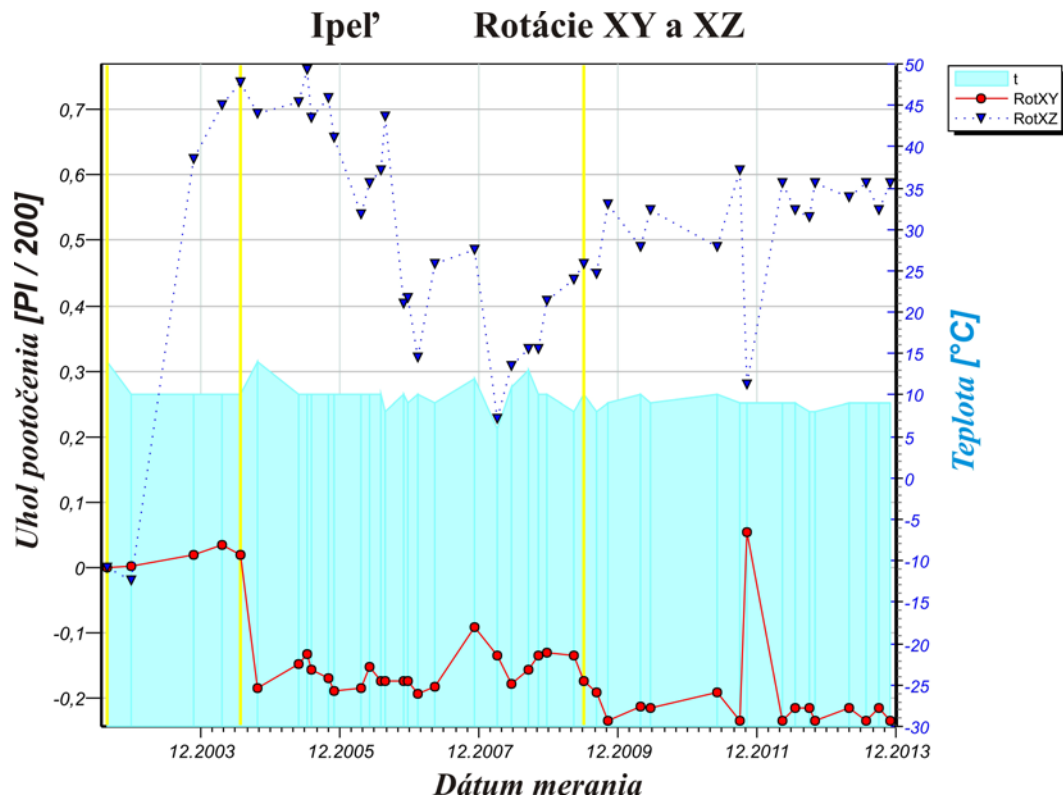
Trend doterajšieho pomalého poklesávania jv bloku sa v roku 2013 zastavil, resp. obrátil (obr. 29), podobne aj šmykový pohyb pozdĺž zlomu (os y). Naopak, otváranie trhliny (os x) pokračovalo aj v roku 2013 a oproti predošlému roku narástlo o 0,065 mm na celkových 0,263 mm. Rotácie blokov v oboch monitorovaných rovinách sú zanedbateľné (obr. 30).

Banská Hodruša – Hámre

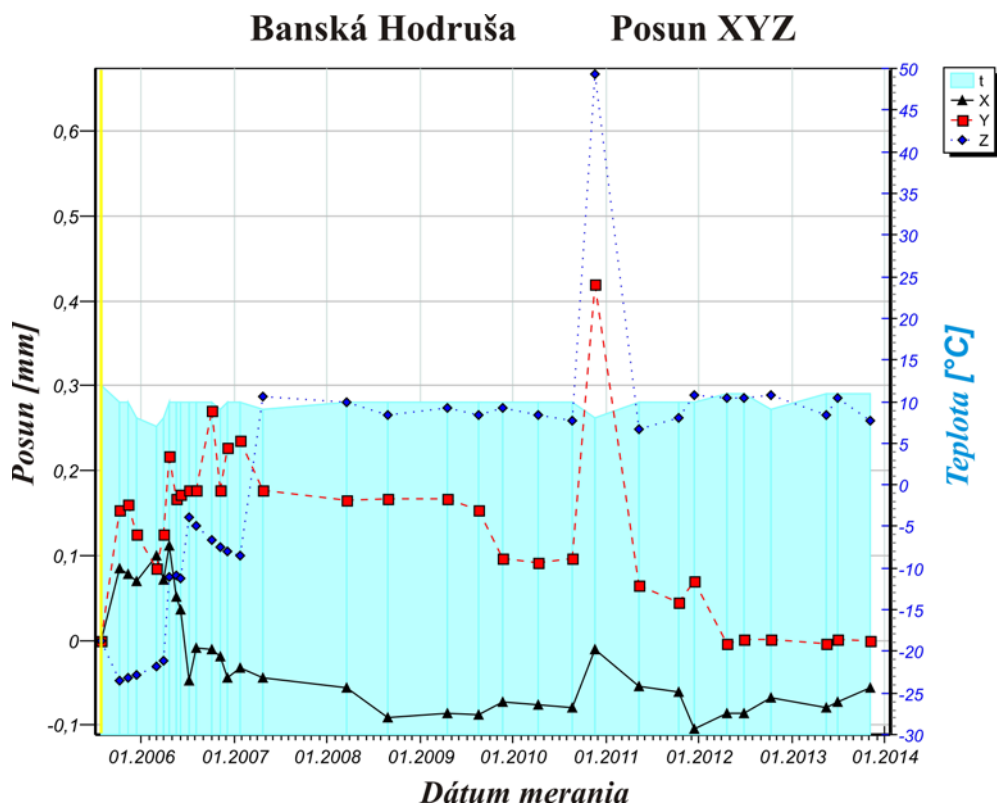
Merania mikroposunov na danej lokalite nepreukázali v roku 2013 žiadny významnejší pohyb blokov, t. j. pohyb v smere všetkých troch osí (x , y , z) stagnoval (obr. 31). Z dlhodobého hľadiska sa šmykový pohyb pozdĺž trhliny interpretuje ako ľavostranný. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zanedbateľné (obr. 32).



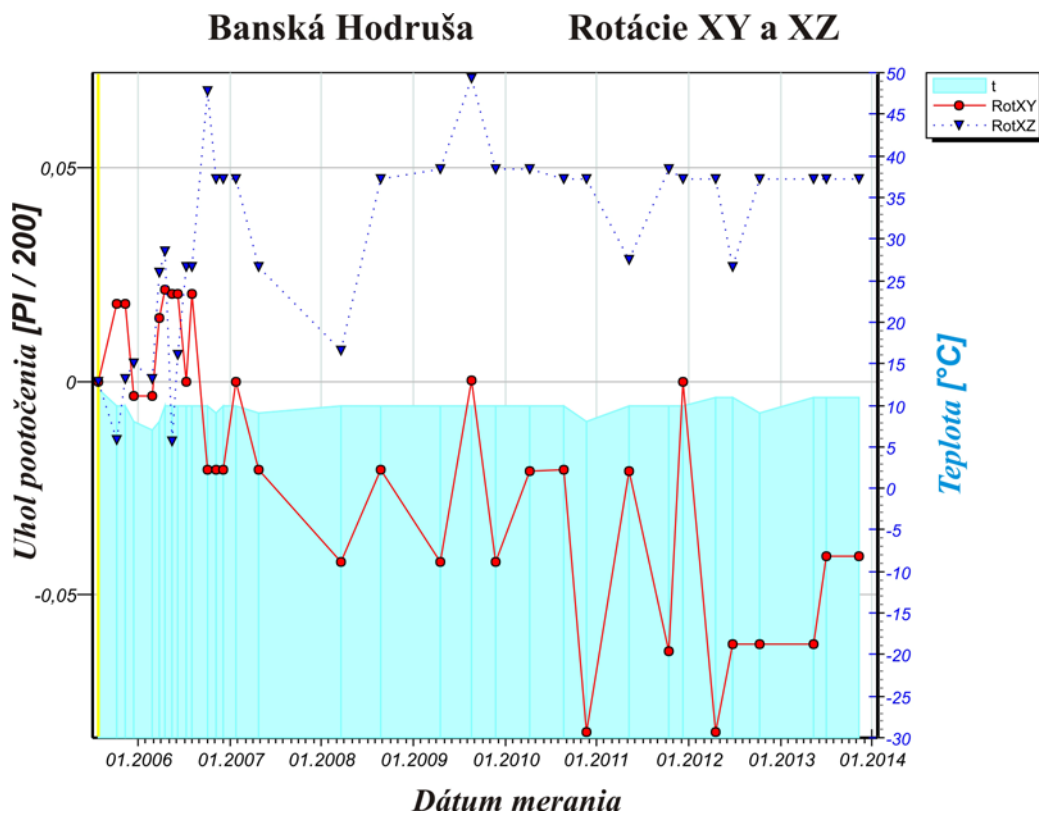
Obr. 29 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi x, y, z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štôlni Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2013



Obr. 30 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štôlni Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2013



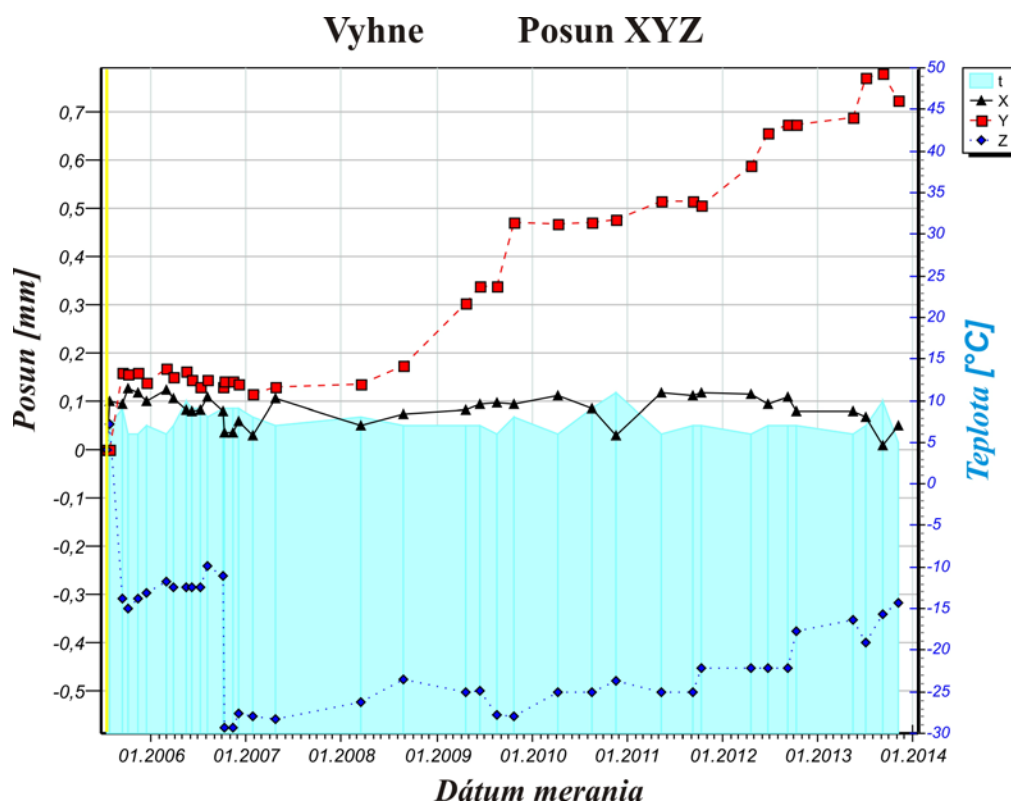
Obr. 31 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x , y , z) zistený dilatometrom TM-71 v štôlni Vŕchsvätých (stará) lokalite Banská Hodruša - Hámre za obdobie rokov 2005 – 2013



Obr. 32 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zistené dilatometrom TM-71 v štôlni Vŕchsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša-Hámre za obdobie rokov 2005- 2013

Vyhne

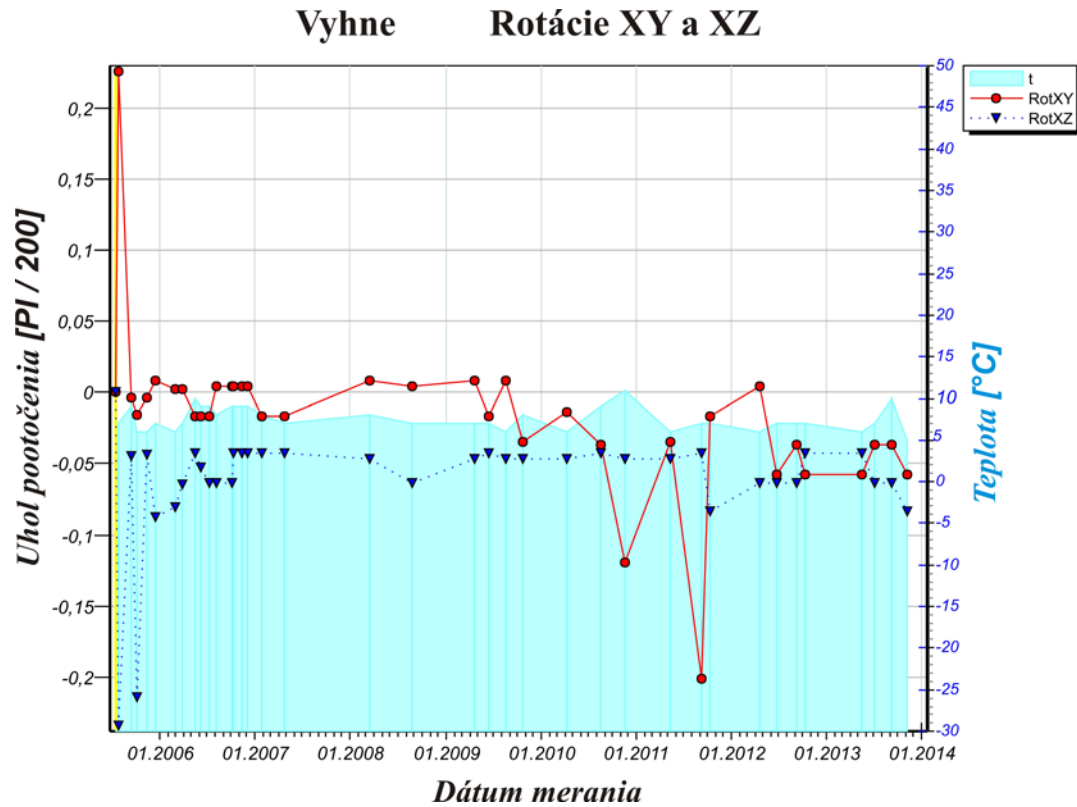
V roku 2013 sa opäť potvrdil trend narastania šmykového pohybu (os y), t. j. pohybu pozdĺž zlomovej poruchy (obr. 33). Oproti predchádzajúcemu roku tento narástol o 0,051 mm a dosiahol celkovo 0,724 mm. Kým otváranie trhliny stagnovalo, poklesávanie jedného z blokov narástlo v roku 2013 o 0,057 mm. Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách (XY a XZ) sú bezvýznamné (obr. 34).



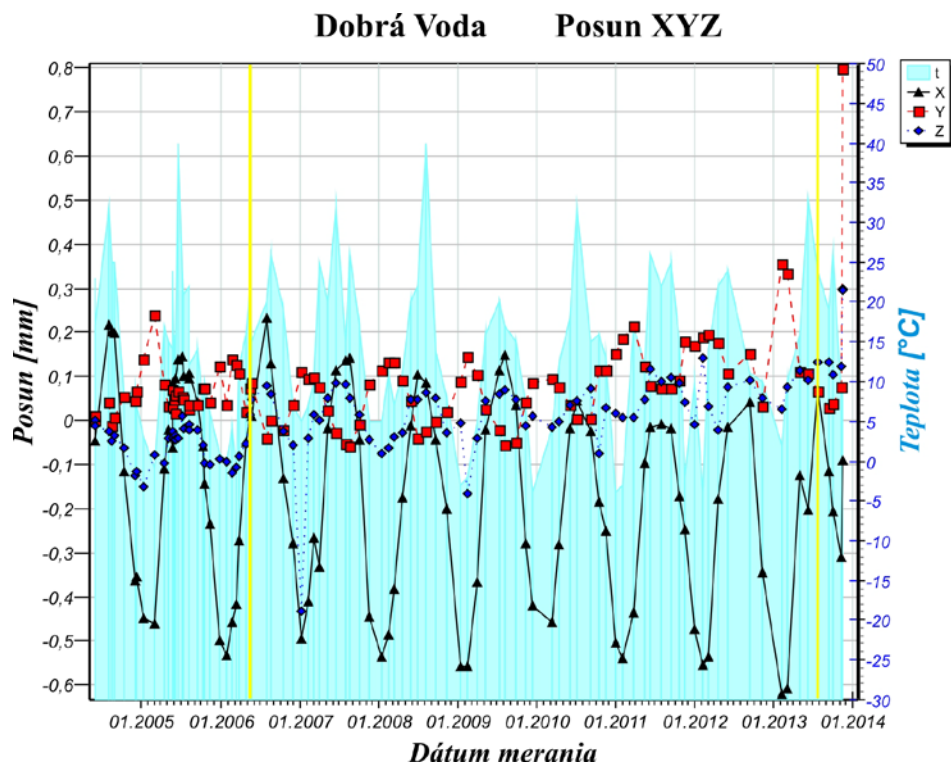
Obr. 33 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x , y , z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2013

Dobrá Voda

Aj v roku 2013 pokračovala na tejto lokalite spolupráca s pracovníkmi Ústavu štruktúry a mechaniky hornin Akadémie Vied ČR v Prahe. Českí kolegovia zabezpečili celkovo 10 meraní, realizovali ich interpretáciu a zároveň poskytli primárne údaje na vyhodnotenie nami používaným softvérom (MSDilat). Merania v roku 2013 (obr. 35) potvrdili doterajší trend pozvoľného otvárania trhliny (posun v smere osi x), veľmi pomalý, ale zreteľný šmykový (ľavostranný) posun (v smere osi y) a pomalý pokles jedného z blokov (pohyb v smere osi z). Trendy sú zrejmé aj napriek silnému kolísaniu hodnôt spôsobenému sezónnymi teplotnými výkyvmi. Priemerný ročný nárast otvárania trhliny dosahuje cca 0,15 mm.

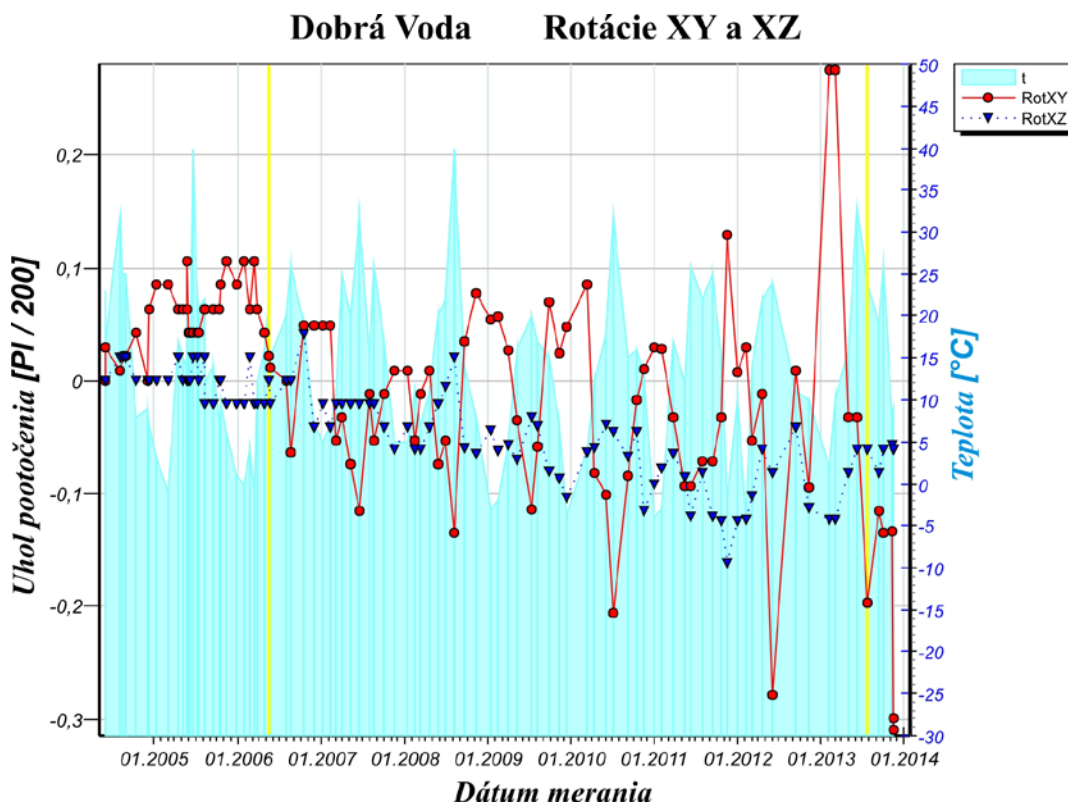


Obr. 34 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2013



Obr. 35 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x, y, z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2013

Z grafu rotácií (obr. 36) je evidentný pokračujúci trend otáčania v oboch navzájom kolmých rovinách (XY a XZ), ktorý však dosahuje iba minimálne hodnoty. Výkyv v rotácii v rovine XY pred koncom roka 2012 veľmi dobre korešponduje so slabým zemetrasením ($M = 1,6$) zaznamenaným 18. 11. 2012 pri Čhtelnici. Jeho epicentrum bolo iba pár kilometrov na SZ od obce.



Obr. 36 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2013

Výsledky meraní posunov a súvislosť so seizmicitou územia do roku 2010 v oblasti Malých Karpát bola predbežne vyhodnotená v publikáciách [Briestenský et al. 2007](#) a [2010](#).

3.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, resp. v roku 2013 dilatometrami typu TM-71 možno zhrnúť do nasledovných bodov:

1. Na väčšine lokalitách sa v roku 2013 prejavili recentné tektonické pohyby, avšak rôznej intenzity. Najvýraznejší pohyb bol zaznamenaný na lokalitách Branisko a Ipeľ.
2. Menšie posuny boli zistené na lokalitách Demänová, Vyhne a Dobrá Voda.
3. Výsledky monitoringu majú veľký praktický význam z hľadiska stability najmä na lokali-

tách Ipeľ (plánovaná výstavba prečerpávacej vodnej elektrárne s výkonom cca 700 MW), Branisko (diaľničný tunel) a Demänovská jaskyňa Slobody (národná prírodná pamiatka, jeden z najnavštevovanejších objektov cestovnom ruchu).

Vzhľadom na uvedenú dôležitosť lokalít navrhujeme s pokračovaním monitorovacích prác aj v roku 2014 a s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

4. Monitorovanie seizmických javov

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

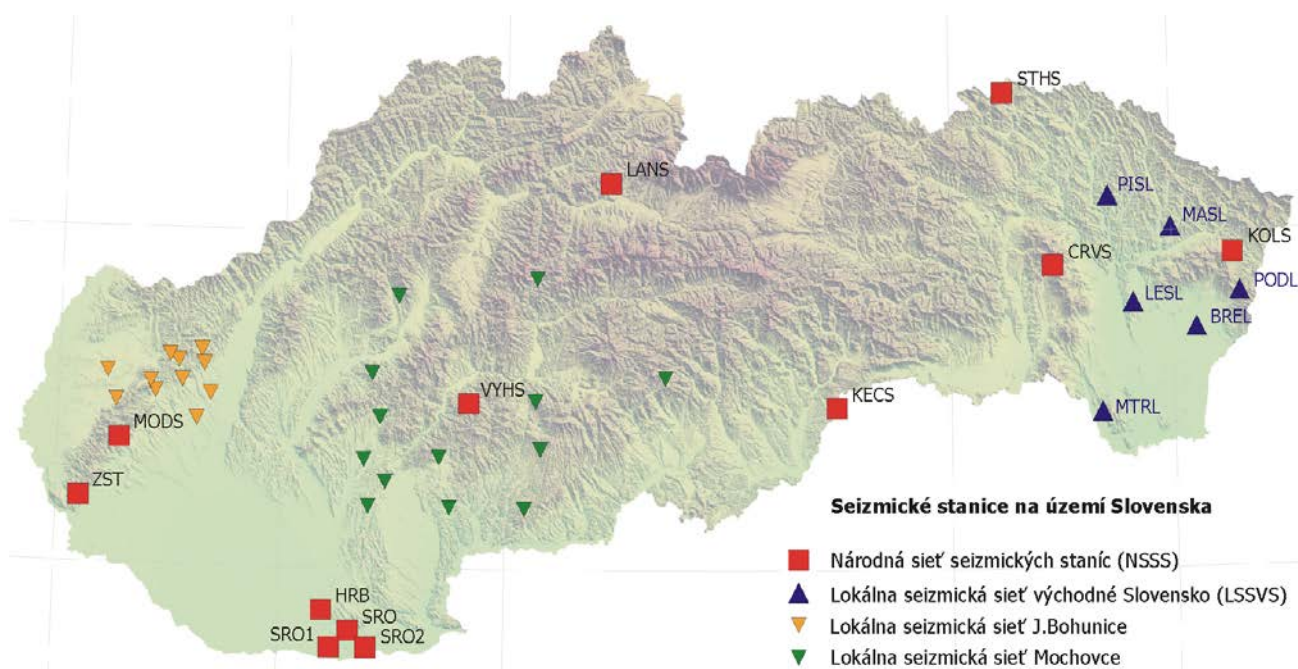
- Bratislava - Železná studnička (ZST)
- Červenica (CRVS)
- Vyhne (VYHS)
- Modra (MODS)
- Hurbanovo (HRB)
- Iža (SRO1)
- Kečovo (KECS)
- Kolonické sedlo (KOLS)
- Liptovská Anna (LANS)
- Moča (SRO2)
- Stebnícka Huta (STHS)
- Šrobárová (SRO).

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, seizmická stanica HRB strednoperiodickým seizmometrom.

Na území Slovenska sú okrem NSSS v prevádzke aj lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice, ktoré prevádzkuje spoločnosť Progseis v Trnave. Na východnom Slovensku bola vybudovaná lokálna sieť seizmických staníc, ktorú prevádzkuje FMFI UK v Bratislave.

Zemepisné súradnice jednotlivých seizmických staníc NSSS, spolu s nadmorskou výškou a technickými parametrami a pokrytie územia Slovenskej republiky seizmickými stanicami sú znázornené na [obr. 37](#).

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	-	začadený papier,	-
Iža	SRO1	47.762 2	18.232 8	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
Liptovská Anna	LANS	49.151	19.468	710	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Moča	SRO2	47.763	18.394	109	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49.417	21.244	534	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Šrobárová	SRO	47.813	18.313	150	3x SKM-3	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED



Obr. 37 Seizmické stanice na území Slovenska - stav v roku 2013.

4.1 Dátové a spracovateľské centrum

Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc je v GFÚ SAV Bratislava. Centrum v reálnom čase zhromažďuje zaznamenané údaje zo staníc Národnej siete a z vybraných staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase k dispozícii údaje z cca 55 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť GFÚ SAV.

Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. V ďalšom kroku je vykonávaná manuálna analýza, v rámci ktorej sú pre každý seizmický jav určené časy príchodov jednotlivých druhov seizmických vln (fáz) a pre vybrané zemetrasenia sú určené amplitúdy a periódy vybraných fáz, vypočítané magnitúda a vykonaná lokalizácia. V roku 2013 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 10138 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 37800 seizmických fáz.

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 vykonáva zber makroseizmických pozorovaní od občanov formou vyplnených makroseizmických dotazníkov prostredníctvom internetu, e-mailovej komunikácie alebo poštou.

Údaje obsiahnuté v makroseizmických dotazníkoch a prípadné ďalšie údaje sú vyhodnocované podľa 12 stupňovej makroseismickej stupnice EMS-98. Pre každú lokalitu, z ktorej sú dostupné makroseizmické údaje, je určená makroseizmická intenzita.

4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR

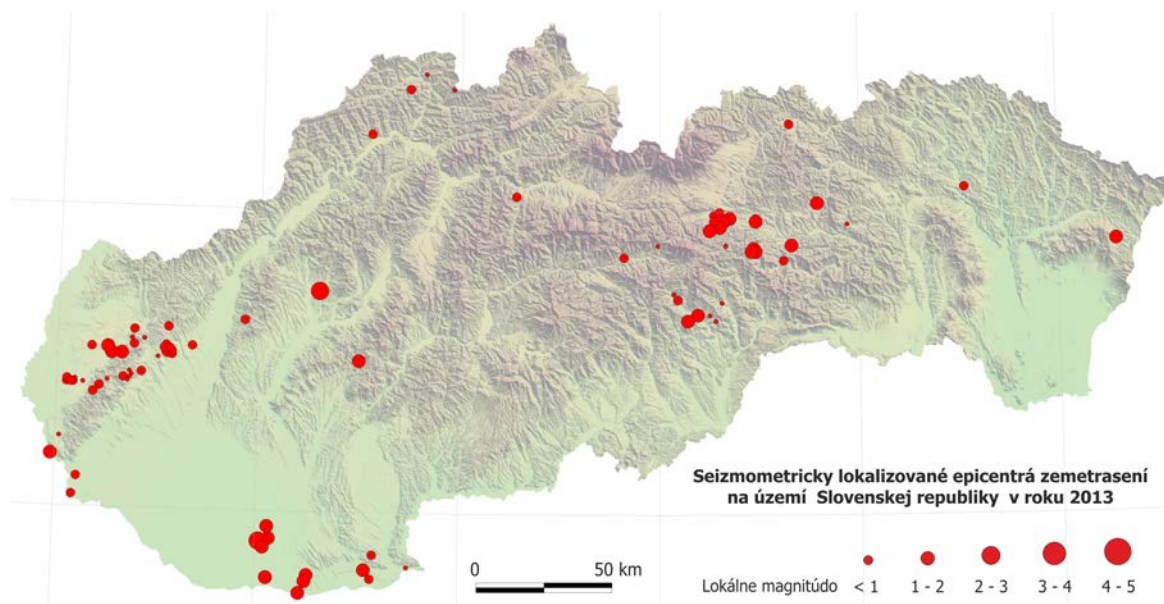
V roku 2013 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 89 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Parametre týchto zemetrasení boli určené na základe interpretácií seizmických záznamov zo staníc NSSS a ďalších staníc Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV využitím softvérového balíka SeismicHandler. Interpretácie záznamov zo seizmických staníc NSSS (určené seizmické fázy, časy príchodov a epicentrálna vzdialenosť pre danú seizmickú stanicu) sú archivované v databáze na GFÚ SAV.

Výsledné parametre lokalizovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky a zobrazenie geografických polôh epicentier týchto zemetrasení sú v [tab. 2](#) a na [obr. 38](#).

Tab. 2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR

Deň	Čas (UTC) hh:mm:sec	Geografické súradnice		Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / oblasť
dĺžka	šírka						
Január							
9	10:03:50.38	49,45 N	18,82 E	0	-		Kysuce
13	01:44:55.23	49,29 N	20,65 E	10	0,9		Pieniny
13	20:03:44.24	47,86 N	18,58 E	0	0,8		Šamorín-Komárno-Štúrovo
15	11:44:45.02	47,91 N	18,07 E	0	1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
17	10:50:40.07	47,90 N	18,02 E	0	2,9	3	Šamorín-Komárno-Štúrovo
17	19:38:45.23	47,88 N	18,04 E	7	1,7		Šamorín-Komárno-Štúrovo
26	04:47:33.55	47,95 N	18,06 E	0	1,2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
29	06:45:15.98	48,51 N	17,32 E	1	1,5		Malé Karpaty
Február							
6	14:19:15.54	47,78 N	18,57 E	0	0,7		Šamorín-Komárno-Štúrovo
12	21:04:07.12	48,63 N	17,93 E	3	0,8		Považský Inovec
17	23:10:17.97	48,43 N	17,33 E	0	0,8		Malé Karpaty
25	03:29:45.00	48,51 N	17,27 E	0	1,1		Malé Karpaty
25	03:41:07.25	48,53 N	17,25 E	0	1,1		Záhorie
Marec							
16	09:38:39.52	48,52 N	17,55 E	1	1		Malé Karpaty
Apríl							
16	01:38:21.11	48,38 N	17,18 E	1	0,8		Malé Karpaty
20	01:12:24.33	48,42 N	17,35 E	0	-		Malé Karpaty
24	10:05:14.84	48,89 N	20,33 E	0	-		oblasť Nízkych Tatier
Máj							
3	22:32:59.01	48,50 N	17,50 E	3	-		Malé Karpaty
4	19:10:35.67	48,41 N	17,08 E	0	0,2		Záhorie
4	20:31:23.24	48,41 N	17,05 E	0	0,2		Záhorie
4	21:47:09.76	48,42 N	17,05 E	0	0,2		Záhorie
4	22:07:19.25	48,41 N	17,08 E	0	-		Záhorie
4	22:40:34.61	48,41 N	17,09 E	0	-		Záhorie
4	22:50:10.65	48,23 N	17,02 E	0	-		Záhorie
4	22:50:13.23	48,42 N	17,09 E	0	-		Záhorie
4	23:37:35.56	48,41 N	17,13 E	0	-		Záhorie
4	23:57:13.37	48,41 N	17,07 E	0	0,1		Záhorie
11	23:11:02.60	48,66 N	20,25 E	1	-		Revúcka vrchovina
22	16:52:31.71	48,44 N	17,37 E	0	-		Malé Karpaty
22	22:03:42.94	48,43 N	17,36 E	1	-		Malé Karpaty
28	00:42:08.47	48,98 N	20,35 E	0	1,8		oblasť Nízkych Tatier
Jún							
1	02:48:02.10	47,78 N	18,06 E	2	1,1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
1	08:37:49.38	47,78 N	18,06 E	1	1,2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
19	06:25:49.21	47,81 N	18,54 E	3	1,9		Šamorín-Komárno-Štúrovo
20	06:51:10.10	49,40 N	18,96 E	0	-		Kysuce
21	10:03:48.52	47,82 N	18,75 E	0	-		Šamorín-Komárno-Štúrovo
Júl							
1	20:59:45.50	48,97 N	20,32 E	0	1,1		oblasť Nízkych Tatier
3	15:03:46.10	48,59 N	17,38 E	0	0,4		Malé Karpaty
20	20:13:19.24	48,73 N	18,30 E	3	2,5	3	Strážovské vrchy
22	02:43:20.32	48,99 N	20,27 E	0	0,6		oblasť Nízkych Tatier
25	19:15:11.33	47,73 N	18,22 E	0	1,2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
31	01:18:05.10	48,56 N	17,43 E	1	-		Malé Karpaty
August							
3	08:01:12.25	48,98 N	20,48 E	1	0,8		Spiš-Gemer
4	16:34:23.26	48,42 N	17,25 E	1	-		Malé Karpaty
8	11:10:57.55	48,45 N	17,36 E	1	-		Malé Karpaty
19	13:34:11.04	48,95 N	20,30 E	0	1,7		oblasť Nízkych Tatier
20	10:58:55.35	48,66 N	20,19 E	0	1,3		Revúcka vrchovina

Deň	Čas (UTC) hh:mm:sec	Geografické súradnice		Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / oblasť
20	20:13:59.61	48,71 N	20,09 E	0	0,7		Muránska planina
20	20:16:13.49	48,71 N	20,09 E	0	0,6		Muránska planina
26	20:50:18.51	48,64 N	20,28 E	8	-		Revúcka vrchovina
September							
6	16:43:28.16	48,97 N	20,27 E	0	0,7		oblasť Nízkych Tatier
27	00:15:13.15	48,54 N	17,38 E	2	0,8		Malé Karpaty
Október							
2	09:03:52.48	48,45 N	17,42 E	0	0,6		Malé Karpaty
5	11:53:47.93	48,89 N	20,66 E	1	1,1		Spiš-Gemer
10	11:01:52.06	48,64 N	20,14 E	0	1,9		Revúcka vrchovina
13	17:14:35.07	48,56 N	17,37 E	0	-		Malé Karpaty
15	08:57:24.61	48,88 N	20,47 E	0	1,1		Spiš-Gemer
16	14:46:01.83	48,17 N	16,98 E	0	1,7		slovensko-rak. hraničná oblasť
16	20:16:21.94	48,10 N	17,11 E	0	0,7		slovensko-rak. hraničná oblasť
20	13:20:58.55	48,04 N	17,09 E	0	0,8		slovensko-rak. hraničná oblasť
20	20:05:24.36	48,60 N	17,55 E	0	0,5		Malé Karpaty
24	12:04:11.76	48,96 N	20,94 E	1	-		Šariš
24	14:43:23.26	48,90 N	22,29 E	8	1,8		Vihorlatské vrchy
28	17:42:28.60	48,94 N	20,25 E	0	1		oblasť Nízkych Tatier
31	10:33:49.11	49,40 N	18,74 E	0	0,9		Kysuce
31	14:24:07.72	49,03 N	20,79 E	0	1,3		Šariš
31	21:47:39.18	48,85 N	19,82 E	0	0,9		Nízke Tatry
November							
13	10:40:51.37	48,87 N	20,48 E	0	1,4		Spiš-Gemer
14	12:49:11.84	48,70 N	20,31 E	0	-		Revúcka vrchovina
15	21:27:04.88	49,08 N	21,53 E	0	0,9		Ondavská vrchovina
17	06:55:14.14	48,40 N	17,21 E	0	0,8		Malé Karpaty
18	13:35:36.49	49,05 N	19,28 E	0	0,9		Liptov
19	11:05:19.52	48,84 N	20,62 E	0	0,9		Spiš-Gemer
26	11:07:33.27	48,87 N	20,46 E	0	1,5		Spiš-Gemer
28	10:59:54.23	49,00 N	20,30 E	0	0,5		oblasť Nízkych Tatier
30	15:22:25.34	48,53 N	17,17 E	0	0,3		Záhorie
December							
3	09:13:54.02	49,25 N	18,55 E	0	0,7		Javorníky
5	10:04:58.68	48,51 N	17,57 E	0	0,2		Malé Karpaty
5	12:44:42.43	48,73 N	20,07 E	0	-		Muránska planina
11	22:43:59.08	48,54 N	17,67 E	0	0,7		Malé Karpaty
12	09:07:50.66	48,89 N	19,99 E	0	-		Nízke Tatry
15	19:44:59.87	47,79 N	18,26 E	3	1,8	3	Šamorín-Komárno-Štúrovo
15	20:36:49.15	48,52 N	17,57 E	0	0,2		Malé Karpaty
15	23:58:21.29	48,54 N	17,54 E	2	0,6		Malé Karpaty
17	02:10:48.78	47,77 N	18,25 E	0	1,6	3	Šamorín-Komárno-Štúrovo
19	02:57:39.70	48,53 N	17,53 E	1	0,9		Malé Karpaty
19	11:27:26.45	48,97 N	20,48 E	3	1,5		Spiš-Gemer
21	20:23:02.03	48,53 N	17,56 E	1	0,4		Malé Karpaty
24	00:59:36.93	48,50 N	18,50 E	4	1,1		Tribeč



Obr. 38 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2013.

4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2013 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 11 zemetrasení. Všetky makroseizmicky pozorované zemetrasenia boli seizmometricky lokalizované.

Zemetrasenie dňa 17. 1. 2013 s epicentrom v širšej zdrojovej zóne Šamorín-Komárno-Štúrovo, pri Kolárove, bolo makroseizmicky pozorované (129 údajov) v 26 lokalitách na území Slovenska (tab. 3). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia bola $I_0 = 3^\circ$ EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj piatimi seizmickými stanicami NSSS – MODS, ZST, SRO, VYHS a LANS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2,9$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 17.1.2013
čas vzniku [UTC]	 10:50:40.1
epicentrum: zemepisná šírka	 47.90 °N
zemepisná dĺžka	 18.02 °E
hĺbka ohniska	 0 km
lokálne magnitúdo	 2.9

Zemetrasenie dňa 1. 3. 2013 s epicentrom na území Poľska bolo makroseizmicky pozorované (26 údajov) v 6 lokalitách na území Slovenska (tab. 4). Epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 nebola poľskými seizmológmi ešte určená. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 4° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj tromi seizmic-

Tab. 3 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 17. 1. 2013 o 10:50 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I ₀ [° EMS-98]
Kolárovo	47.914	17.986	26	3
Hurbanovo	47.870	18.221	18	3
Komárno	47.766	18.118	14	3
Nové Zámky	47.993	18.170	12	3
Nesvady	47.931	18.111	10	3
Veľký Meder	47.856	17.771	8	3
Bratislava	48.163	17.126	5	3
Dedina Mládeže	47.959	18.006	4	3
Imeľ	47.906	18.137	4	3
Zlatná na Ostrove	47.771	17.956	4	3
Kameničná	47.838	18.027	4	3
Okoličná na Ostrove	47.805	17.921	3	3
Nitra	48.314	18.092	2	3
Zemné	47.995	18.047	2	3
Hadovce	47.786	18.077	1	3
Komjatice	48.159	18.169	1	3
Neded	48.019	17.972	1	3
Selice	48.087	17.960	1	3
Trávník	47.777	17.803	1	3
Veľká Guta	47.924	18.036	1	3
Violín	47.842	17.966	1	3
Nová Stráž	47.764	18.044	2	pozorované
Dulovce	47.869	18.277	1	pozorované
Ton	47.805	17.839	1	pozorované
Veľký Kýr	48.184	18.156	1	pozorované
Vlčany	48.039	17.945	1	pozorované

Poznámka: Hodnota „pozorované“ znamená, že makroseizmické účinky zemetrasenia boli v uvedenej lokalite pozorované, ale na základe dostupných údajov nebolo možné presnejšie určenie intenzitného stupňa (nekonzistentné odpovede v makroseizmických dotazníkoch alebo nedostatočný počet hlásení).

kými stanicami NSSS – LANS, VYHS a MODS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2,9$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia

bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 1.3.2013
čas vzniku [UTC]	 21:23:12.7
epicentrum: zemepisná šírka	 49.47 °N
zemepisná dĺžka	 20.22 °E
hĺbka ohniska	 1 km
lokálne magnitúdo	 2.9

Tab. 4 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 1. 3. 2013 o 21:23 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I ₀ [° EMS-98]
Lysá nad Dunajcom	49.399	20.342	2	4
Spišské Hanušovce	49.330	20.346	2	3-4
Spišská Stará Ves	49.385	20.363	18	3
Červený Kláštor	49.390	20.413	2	3
Matiašovce	49.348	20.358	1	pozorované
Osturňa	49.337	20.236	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 22. 4. 2013 s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované (11 údajov) v 7 lokalitách na území Slovenska (tab. 5). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 6^\circ$ EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je $3-4^\circ$ EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj štyrmi seizmickými stanicami NSSS – LANS, VYHS, MODS a ZST. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 4,2$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 22.4.2013
čas vzniku [UTC]	 22:28:47.4
epicentrum: zemepisná šírka	 47.71 °N
zemepisná dĺžka	 20.37 °E
hĺbka ohniska	 21 km
lokálne magnitúdo	 4.2

Zemetrasenie dňa 5. 6. 2013 s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované v 55 lokalitách (124 údajov) na území Slovenska (tab. 6). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je $5-6^\circ$ EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je $3-4^\circ$ EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj deviatimi seizmickými sta-

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 22. 4. 2013 o 22:28 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I ₀ [° EMS-98]
Rožňava	48.665	20.532	1	3-4
Štúrovo	47.804	18.698	3	3
Detva	48.557	19.416	2	3
Lučenec	48.332	19.664	2	3
Košice	48.711	21.254	1	3
Moldava nad Bodvou	48.617	21.001	1	3
Rimavská Sobota	48.382	20.015	1	3

nicami NSSS – SRO, SRO2, KECS, LANS, VYHS, MODS, ZST, STHS a KOLS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 3,8$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 5.6.2013
čas vzniku [UTC]	 18:45:46.8
epicentrum: zemepisná šírka	 47.94 °N
zemepisná dĺžka	 19.24 °E
hĺbka ohniska	 9 km
lokálne magnitúdo	 3.8

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 5. 6. 2013 o 18:45 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I ₀ [° EMS-98]
Šahy	48.077	18.938	8	3-4
Detva	48.557	19.416	2	3-4
Lesenice	48.106	19.248	2	3-4
Bánov	48.050	18.180	1	3-4
Cerovo pri Krupine	48.251	19.184	1	3-4
Kalná nad Hronom	48.205	18.522	1	3-4
Kamenné Kosihy	48.138	19.192	1	3-4
Partizánske	48.641	18.589	1	3-4
Veľká Lehota	48.455	18.565	1	3-4

Levice	48.217	18.610	14	3
Veľký Krtíš	48.214	19.350	12	3
Šurany	48.086	18.174	6	3
Banská Bystrica	48.733	19.143	5	3
Štúrovo	47.804	18.698	5	3
Krupina	48.367	19.072	4	3
Dudince	48.169	18.885	3	3
Balog nad Ipľom	48.078	19.133	2	3
Bešeňov	48.046	18.263	2	3
Dolné Mladonice	48.354	19.144	2	3
Modrý Kameň	48.248	19.324	2	3
Nána	47.816	18.693	2	3
Nitra	48.314	18.092	2	3
Nové Zámky	47.993	18.170	2	3
Príbelce	48.192	19.270	2	3
Terany	48.182	18.897	2	3
Záhorce	48.102	19.336	2	3
Beluj	48.352	18.895	1	3
Dobrá Niva	48.483	19.136	1	3
Dolná Strehová	48.243	19.498	1	3
Dunajská Streda	47.996	17.617	1	3
Hontianske Tesáre	48.208	18.932	1	3
Ipeľské Úľany	48.126	19.051	1	3
Kolta	48.017	18.415	1	3
Kosihovce	48.186	19.199	1	3
Plavé Vozokany	48.071	18.467	1	3
Radava	48.094	18.301	1	3
Trebeľovce	48.281	19.722	1	3
Želiezovce	48.049	18.639	1	3
Trebušovce	48.116	19.203	1	3
Žiar nad Hronom	48.582	18.853	1	3
Opatovská Nová Ves	48.121	19.263	4	pozorované
Nenince	48.147	19.262	3	pozorované
Chrastince	48.091	19.254	2	pozorované
Veľká Čalomija	48.070	19.205	2	pozorované

Vinica	48.117	19.122	2	pozorované
Hrkovce	48.088	18.902	1	pozorované
Hrušov	48.584	20.638	1	pozorované
Ipeľské Predmostie	48.062	19.059	1	pozorované
Pavlová	47.902	18.672	1	pozorované
Salka	47.888	18.758	1	pozorované
Tupá	48.114	18.894	1	pozorované
Veľká Ves nad Ipľom	48.080	19.088	1	pozorované
Veľké Lovce	48.061	18.338	1	pozorované
Vyškovce nad Ipľom	48.072	18.864	1	pozorované
Želovce	48.130	19.371	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 25. 6. 2013 s epicentrom na území Maďarska, v zdrojovej zóne Šamorín-Komárno-Štúrovo, bolo makroseizmicky pozorované (1 údaj) v 1 lokalite na území Slovenska (tab. 7). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj piatimi seizmickými stanicami NSSS – SRO, SRO2, ZST, MODS a VYHS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia M_L = 1,0. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 25.6.2013
čas vzniku [UTC]	 19:38:38.5
epicentrum: zemepisná šírka	 47.72 °N
zemepisná dĺžka	 18.10 °E
hĺbka ohniska	 3 km
lokálne magnitúdo	 1.0

Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 25.6.2013 o 19:38 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Nová Stráž	47.764	18.044	1	3

Zemetrasenie dňa 2. 7. 2013 s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované (12 údajov) v 7 lokalitách na území Slovenska (tab. 8). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 5-6° EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj šiestimi seizmickými stanicami

NSSS – SRO2, VYHS, MODS, ZST, LANS a KOLS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 3,2$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 2.7.2013
čas vzniku [UTC]	 19:07:32.3
epicentrum: zemepisná šírka	 47.94 °N
zemepisná dĺžka	 19.22 °E
hĺbka ohniska	 9 km
lokálne magnitúdo	 3.2

Tab. 8 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 2.7.2013 o 19:07 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Veľký Krtíš	48.214	19.35	4	3
Dudince	48.169	18.885	1	3
Nenince	48.147	19.262	1	3
Záhorce	48.102	19.336	1	3
Opatovská Nová Ves	48.121	19.263	3	pozorované
Kosihovce	48.186	19.199	1	pozorované
Veľká Čalomija	48.07	19.205	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 20. 7. 2013 s epicentrom v Strážovských vrchoch pri Bánovciach nad Bebravou bolo makroseizmicky pozorované (164 údajov) v 40 lokalitách na území Slovenska (tab. 9). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 3^\circ$ EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj piatimi seizmickými stanicami NSSS – VYHS, ZST, MODS, LANS a KOLS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2,5$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 20.7.2013
čas vzniku [UTC]	 20:13:19.3
epicentrum: zemepisná šírka	 48.73 °N
zemepisná dĺžka	 18.30 °E
hĺbka ohniska	 3 km
lokálne magnitúdo	 2.5

Tab. 9 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 20. 7. 2013 o 20:13 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I ₀ [° EMS-98]
Bánovce nad Bebravou	48.722	18.259	58	3
Uhrovec	48.727	18.349	22	3
Valaská Belá	48.898	18.397	7	3
Čierna Lehota	48.723	20.254	4	3
Horné Naštice	48.737	18.301	5	3
Slatina nad Bebravou	48.839	18.265	4	3
Dolná Poruba	48.905	18.285	3	3
Dolné Naštice	48.694	18.251	3	3
Malé Chlievany	48.721	18.240	3	3
Kšinná	48.82	18.368	3	3
Dežerice	48.765	18.210	3	3
Diviacka Nová Ves	48.749	18.500	2	3
Chvojnica	48.799	17.410	2	3
Rudnianska Lehota	48.808	18.464	2	3
Ruskovce	48.784	20.841	2	3
Rybany	48.664	18.240	2	3
Bojnice	48.786	18.593	1	3
Čavoj	48.894	18.481	1	3
Dolné Vestenice	48.704	18.396	1	3
Košecké Podhradie	48.969	18.311	1	3
Kostolná Ves	48.808	18.492	1	3
Malá Čausa	48.799	18.703	1	3
Malacky	48.436	17.024	1	3
Martin	49.087	18.915	1	3
Nitrianske Rudno	48.795	18.477	1	3
Nováky	48.725	18.544	1	3
Podlužany	48.254	18.609	1	3
Prievidza	48.772	18.626	1	3
Slatinka nad Bebravou	48.844	18.242	1	3
Veľké Chlievany	48.704	18.228	1	3
Vysočany	48.68	18.32	1	3
Zemianske Kostol'any	48.69	18.521	1	3

Žitná - Radiša	48.767	18.344	7	pozorované
Dubnička	48.769	18.307	3	pozorované
Ľutov	48.777	18.282	3	pozorované
Prusy	48.753	18.262	3	pozorované
Šípkov	48.854	18.298	3	pozorované
Diviaky nad Nitricou	48.772	18.498	2	pozorované
Biskupice			1	pozorované
Krásna Ves	48.853	18.232	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 20.9.2013 s epicentrom na území Rakúska bolo makroseizmicky pozorované (28 údajov) v 8 lokalitách na území Slovenska (tab. 10). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 5-6° EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3-4° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj deviatimi seizmickými stanicami NSSS – ZST, MODS, SRO, SRO2, VYHS, LANS, KECS, STHS a KOLS. Podľa záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 4,1$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 20.9.2013
čas vzniku [UTC]	 02:06:33.1
epicentrum: zemepisná šírka	 47.81 °N
zemepisná dĺžka	 16.53 °E
hĺbka ohniska	 0 km
lokálne magnitúdo	 4.1

Tab. 10 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 20. 9. 2013 o 02:06 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Bratislava I	48.14	17.12	7	3-4
Bratislava V	48.12	17.12	4	3-4
Bratislava IV	48.16	17.05	7	3
Bratislava II	48.15	17.16	6	3
Marianka	48.249	17.063	1	3
Pezinok	48.298	17.270	1	3
Preseľany	48.450	18.101	1	3
Bratislava III	48.18	17.16	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 2.10.2013 s epicentrom na území Rakúska bolo makroseizmicky pozorované (14 údajov) v 4 lokalitách na území Slovenska (tab. 11). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 5-6° EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj deviatimi seizmickými stanicami NSSS – ZST, MODS, SRO, SRO2, VYHS, LANS, KECS, STHS a KOLS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 3,7$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 2.10.2013
čas vzniku [UTC]	 17:17:36.2
epicentrum: zemepisná šírka	 47.95 °N
zemepisná dĺžka	 16.35 °E
hĺbka ohniska	 7 km
lokálne magnitúdo	 3.7

Tab. 11 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 2. 10. 2013 o 17:17 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Bratislava V	48.12	17.12	7	3
Bratislava IV	48.16	17.05	3	3
Bratislava I	48.14	17.12	2	3
Bratislava II	48.15	17.16	2	3

Zemetrasenie dňa 15.12.2013 s epicentrom v oblasti Komárna bolo makroseizmicky pozorované (7 údajov) v 2 lokalitách na území Slovenska (tab. 12). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 3^\circ$ EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj piatimi seizmickými stanicami NSSS – SRO, MODS, ZST, VYHS a LANS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 1,8$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 15.12.2013
čas vzniku [UTC]	 19:44:59.9
epicentrum: zemepisná šírka	 47.79 °N
zemepisná dĺžka	 18.26 °E
hĺbka ohniska	 3 km
lokálne magnitúdo	 1.8

Tab. 12 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 15. 12. 2013 o 19:44 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I ₀ [° EMS-98]
Iža	47.754	18.248	6	3
Patince	47.741	18.292	1	3

Zemetrasenie dňa 17. 12. 2013 s epicentrom v oblasti Komárna bolo makroseizmicky pozorované (1 údaj) v 1 lokalite na území Slovenska (tab. 13). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I₀ je 3° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané aj štyrmi seizmickými stanicami NSSS – SRO, ZST, MODS a VYHS. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia M_L = 1,6. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú nasledovné:

dátum	 17.12.2013
čas vzniku [UTC]	 02:10:48.8
epicentrum: zemepisná šírka	 47.77 °N
zemepisná dĺžka	 18.25 °E
hĺbka ohniska	 0 km
lokálne magnitúdo	 1.6

Tab. 13 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 17. 12. 2013 o 02:10 UTC

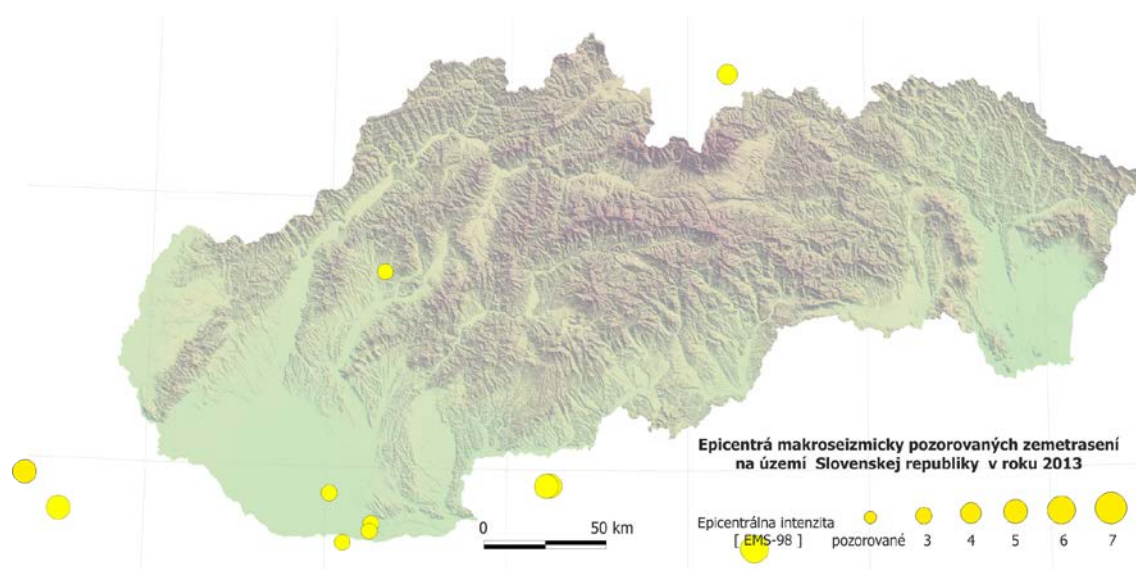
Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I ₀ [° EMS-98]
Iža	47.754	18.248	1	3

Prehľad makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2013 a ich hlavné parametre sú uvedené v tab. 14, ich distribúcia v obr. 39.

Tab. 14 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

Dátum			Čas [UTC]			Hypocentrum			M _L	I ₀	Lokalita
rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2013	1	17	10	50	40.1	47.90	18.02	0	2,9	3	Kolárovo
2013	3	1	21	23	12.7	49.47	20.22	1	2,9	-	Poľsko (Pieniny)
2013	4	22	22	28	47.4	47.71	20.37	21	4,2	6	Maďarsko
2013	6	5	18	45	46.8	47.94	19.24	9	3,8	5-6	Maďarsko

2013	6	25	19	38	38.5	47.72	18.10	3	1,0	3	Maďarsko (Komárno)
2013	7	2	19	07	32.3	47.94	19.22	9	3,2	5-6	Maďarsko
2013	7	20	20	13	19.3	48.73	18.30	3	2,5	3	Bánovce nad Bebravou
2013	9	20	02	06	33.1	47.81	16.53	0	4,1	5-6	Rakúsko
2013	10	2	17	17	36.2	47.95	16.35	7	3,7	5-6	Rakúsko
2013	12	15	19	44	59.9	47.79	18.26	3	1,8	3	Komárno
2013	12	17	02	10	48.8	47.77	18.25	0	1,6	3	Komárno



Obr. 39 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území SR v roku 2013

5 Literatúra

- Avramova-Tacheva, E., Vrablinsky, B. & Kostak, B., 1984: An attempt to detect recent movements along seismogenic faults. *Review of the Bulgarian Geological Society XLV* (3), 276–288 (in Bulgarian).
- Bezák, V. (Ed.), Dublan, L., Hraško, Ľ., Konečný, V., Kováčik, M., Madarás, J., Plašienka, D. & Pristaš, J., 1999: Geologická mapa Slovenského rudohoria – západná časť M 1:50 000. *Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.*
- Biely, A. (Ed.), Beňuška, P., Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Ivanička, J., Kohút, M., Klinec, A., Lukáčik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Putiš, M. & Vozár, J., 1992: Geologická mapa Nízkych Tatier M 1:50 000. *Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.*
- Biely, A., Bezák, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. & Vozárová, A., 1995: Geologická mapa Slovenskej republiky 1:500 000. *MŽP, GS SR, Bratislava.*

- Borre, K., Cacoň, S., Cello, G., Kontny, B., Andersen, H. Likke, Moratti, G., Piccardi, L., Stemberk, J., Tondi, E. & Vilimek, V., 2003: The COST project in Italy: analysis and monitoring of seismogenic faults in the Gargano and Norcia areas (central-southern Apennines, Italy). *Journal of Geodynamics* 36, 3–18.
- Briestenský, M., Stemberk, J. & Petro, L., 2007: Displacements registered around the 13 March 2006 Vrbové earthquake $M=3.2$ (Western Carpathians). *Geologica Carpathica* 58, 487–493.
- Briestenský, M. & Stemberk, J., 2008: Micromovements monitoring in caves of western Slovakia. *Slovenský kras* 46/25, 77–83 (in Slovak).
- Briestenský, M., Košťák, B., Stemberk, J., Petro, L., Vozár, J. & Fojtíková, L., 2010: Active tectonic fault microdisplacement analyses: A comparison of results from surface and underground monitoring in Western Slovakia. *Acta Geodyn. Geomater.*, Vol. 7, No 4 (160), 387 – 397.
- Briestenský, M., Stemberk, J., Michalík, J., Bella, P. & Rowberry, M.D., 2011: The use of a karstic cave system in a study of active tectonics: fault movements recorded at Driny Cave, Malé Karpaty Mts (Slovakia), *J. Cave Karst Stud.*, 73, 114–123, doi: 10.4311/jcks2010es0166.
- Briestenský, M., Thinová, L., Praksová, R., Stemberk, J., Rowberry, M.D. & Knejflová, Z., 2014: Radon, carbon dioxide, and fault displacements in central Europe related to the Tōhoku Earthquake, *Radiat. Prot. Dosim.*, doi:10.1093/rpd/ncu090.
- Drakatos, G., Petro, L., Ganas, A., Melis, N., Košťák, B., Kontny, B., Cacoň, S. & Stercz, M., 2005: Monitoring of strain accumulation along active faults in the Eastern Gulf of Corinth: Instruments and Network setup. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 2 (137), 37–43.
- Droppa, A., 1957: Demänovské jaskyne. Krasové zjavy Demänovskej doliny. Vyd. SAV, Bratislava, 1–289 (in Slovak with German Summary).
- Droppa, A., 1972: Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras* 10, 9–46 (in Slovak with German Summary).
- Dvořák, P., Pospíšil, L., Hotovcová, J., Mojzeš, M & Papčo, J., 2005: Geo-analýza horizontálních pohybových tendencí na východním Slovensku. *Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment* 12, 9–22 (in Czech with English Abstract).
- Gosar, A., Šebela, S., Košťák, B. & Stemberk, P., 2009: Surface versus underground measurements of active tectonic displacements detected with TM 71 extensometers in Western Slovenia. *Acta Carsologica* 38, 213–226.
- Hók, J., Bielik, M., Kováč, P. & Šujan, M., 2000: Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca, Bratislava*, 32, 459–470.
- Konečný, V. (Ed.), Lexa, J., Halouzka, R., Dublan, L., Šimon, L., Stolár, M., Nagy, A., Polák, M., Vozár, J., Havrila, M., Pristaš, J., 1998: Geologická mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca (Štiavnický stratovulkán). *Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava*.
- Kontný, B., Cacoň, S., Košťák, B. & Stemberk, J., 2005: Methodic analysis of data obtained by monitoring micro-tectonic movements with TM71 crack gauges in the Polish Sudeten. *Acta Geodynamica et Geomaterialia* 3 (139), 57–67.
- Kostak, B., 1969: A new device for in-situ movement detection and measurement. *Experimental Mechanics. SESA (American Society for Experimental Stress Analysis) Journal* 9, 374–379.
- Kostak, B., 1998: Evidence of active tectonic movements in the Krušné Hory Mts. (NW Bohemia). *Journal of the Czech Geological Society* 43, 287–297.
- Kostak, B., Rybář, J., 1978: Measurements of the activity of very slow slope movements. *Grundlagen u. Anwendung d. Felsmechanik. Trans Tech. Publ., Clausthal*, 191–205.

- Kostak, B. & Cruden, D.M., 1990: The Moire' crack gauges on the crown of the Frank Slide. *Canadian Geotechnical Journal* 27, 835–840.
- Kostak, B., Vilímek, V. & Zapata, M.L., 2002: Registration of microdisplacements at a Cordillera Blanca fault scarp. *Acta Montana, IRSM ASCR, Ser. A* 19 (123), 61–74.
- Maglay, J. (Ed.), Halouzka, R., Banacky, V., Pristas, J. and Janocko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000. Vyd. MŽP SR a Geologická služba SR, Bratislava.
- Nemčok, M., Konečný, P. & Lexa, O., 2000: Calculations of tectonic, magmatic and residual stress in the Štiavica stratovolcano, Western Carpathians: implications for mineral precipitation paths. *Geologica Carpathica* 51, 19–36.
- Ondrášik, R., Hovorka, D. & Matejček, A., 1987: Prejavy muránsko-divínskej poruchovej zóny vo veporickom kryštaliniku v štôlni PVE Ipeľ. *Mineralia Slovaca* 19, 29–44.
- Petro, Ľ., Košťák, B., Polaščinová, E., Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybů v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca* 31, 549–554 (in Slovak with English summary).
- Petro, Ľ., Vlčko, J., Ondrášik, R., Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engineering Geology* 74, 103–112.
- Polák, M., Jacko, S. (Eds.), Vozár, J., Vozárová, A., Gross, P., Harčár, J., Sasvári, T., Zacharov, M., Baláž, B., Kaličiak, M., Karoli, S., Nagy, A., Buček, S., Maglay, J., Spišák, Z., Žec, B., Filo, I., Janocko, J., 1996. Geologická mapa Braniska a Čiernej hory 1:50 000. Vyd. Geologická služba SR, Bratislava.
- Pospíšil, L., Nemčok, J., Graniczny, M. & Doktor, S., 1986: Príspevek metod dálkového průzkumu k identifikaci zlomů s horizontálním posunem v oblasti Západných Karpat. *Mineralia Slovaca* 18, 385–402.
- Pospíšil, L., Bezák, V., Nemčok, J., Feranec, J., Vass, D. & Obernauer, D., 1989: Muránsky tektonický systém – významný príklad horizontálnych posunov v Západných Karpatoch. *Mineralia Slovaca* 21, 305–322.
- Stemberk, J. & Košťák, B., 2007: 3-D trend of aseismic creep along active faults in western part of the Gulf of Corinth, Greece. *Acta Geodynamica et Geomaterialia* 4 (145), 53–65.
- Stepančíková, P., Stemberk, J., Vilímek, V. & Košťák, B., 2008: Neotectonic development of drainage network in the East Sudeten and monitoring of recent displacements on tectonic structures (Czech Republic). *Geomorphology* 102, 68–80.
- Šebela, S., Gosar, A., Košťák, B. & Stemberk, J., 2005: Active tectonic structures in the W part of Slovenia – setting of micro-deformation monitoring. *Acta Geodynamica et Geomaterialia* 2 (137), 45–57.
- Stercz, M., 2004: SMDilat – aplikácia na vyhodnocovanie meraní dilatometrom TM-71 programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows (+ MS Windows XP).
- Vlčko, J., 2002: Monitoring – an effective tool in safeguarding the historic structures. In: Sassa, K. (Ed.), Proc. of the Inter. Symp. on Landslide Risk Mitigation and Protection of Cultural and Natural Heritage, Kyoto, Japan. Publ. UNESCO/ Kyoto Univ. Press, 267–278.
- Vlčko, J., 2004: Extremely slow slope movements influencing the stability of Spis Castle, UNESCO site. *Landslides* 1-1, 67–71.
- Vlčko, J. & Petro, Ľ., 2002: Monitoring of subgrade movements beneath historic structures. In: J.L. van Roy & C.A. Jermy (Eds.) „Proc. of 9th Int. Congress IAEG”, Durban, South Africa, (CD-ROM), 1432–1437.
- Vlčko, J., Greif, V., Gróf, V., Jezný, M., Petro, Ľ. & Brček, M., 2009: Rock displacement and thermal expansion at historic heritage sites in Slovakia. *Environmental Geology* 58, 1727–1740.