

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
Sekcia geológie a prírodných zdrojov

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
Regionálne centrum Košice



Podsystem 02 Tektonická a seizmická aktivita územia

Správa za rok 2017

Názov geologickej úlohy: **Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory**

Číslo geologickej úlohy: **207**

Zodpovedný riešiteľ
geologickej úlohy: **RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

Zodpovedný riešiteľ podsystemu: **Ing. Ľubomír Petro, CSc.**

Spoluriešitelia: **Ing. J. Papčo, PhD., RNDr. A. Cipciar, Mgr. K. Csicsay, PhD., Mgr. M. Kristeková, PhD., Mgr. M. Stercz, Ing. K. Pačajová, Ing. M. Bednárík, PhD., Mgr. M. Briestenský, PhD., doc. RNDr. P. Bella, PhD.**

Zástupca zhotoviteľa: **RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

Štatutárny zástupca: **Ing. Branislav Žec, CSc.**
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

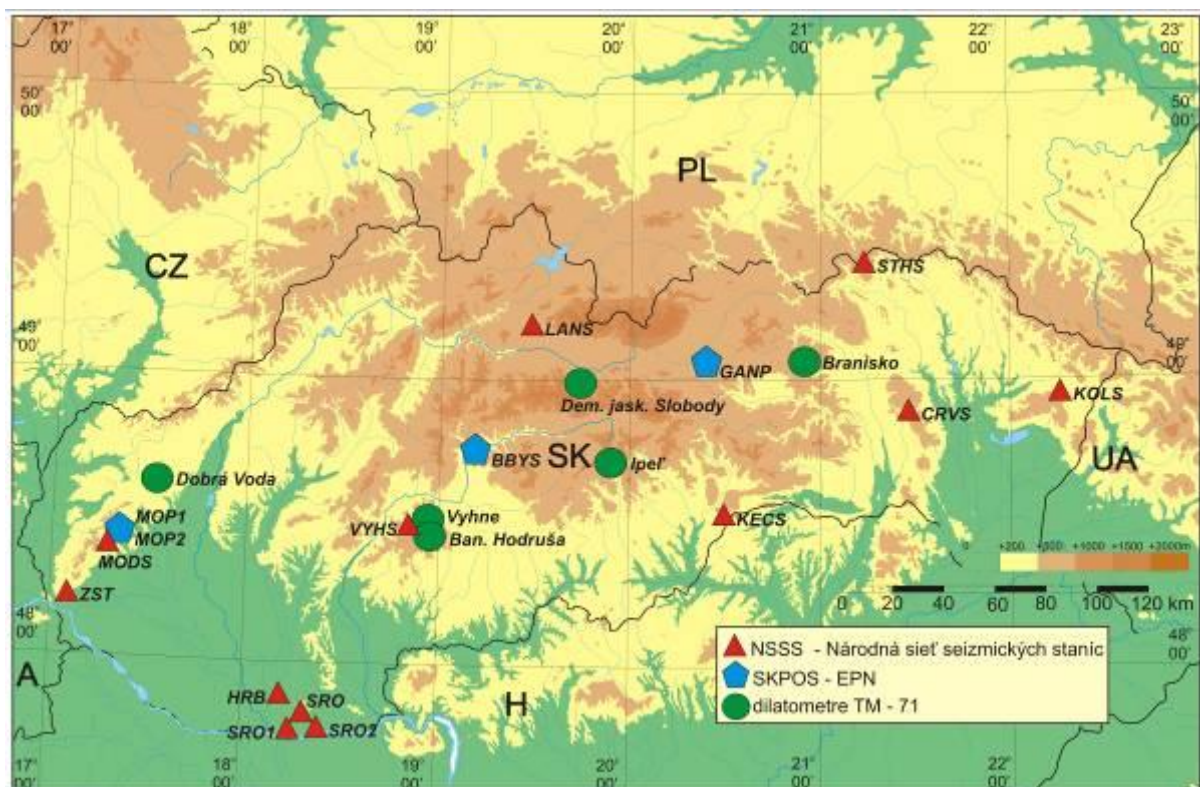
Bratislava november 2018

OBSAH

1. Úvod	2
2. Pohyby povrchu územia	2
2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN... ..	5
3. Pohyby pozdĺž zlomov	19
3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete	19
3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia.....	23
3.3 Výsledky monitorovania	24
3.4 Diskusia.....	31
4. Monitorovanie seizmických javov	32
4.1 Dátové a spracovateľské centrum	33
4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky.....	34
4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	36
5. Literatúra	40

1. Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (obr. 1) boli v roku 2017 monitorované pohyby povrchu aj s využitím globálnych navigačných družicových systémov (GNSS) pre určenie globálnej priestorovej polohy na vybraných hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch (Slovenská technická univerzita v Bratislave – STU a Geodetický a kartografický ústav Bratislava – GKÚ). Pohyby pozdĺž zlomov boli monitorované na vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu *TM-71* (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Košice). Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená Geofyzikálnym odborom Ústavu vied o Zemi Slovenskej akadémie vied (ÚVZ SAV) na základe meraní za rok 2017.



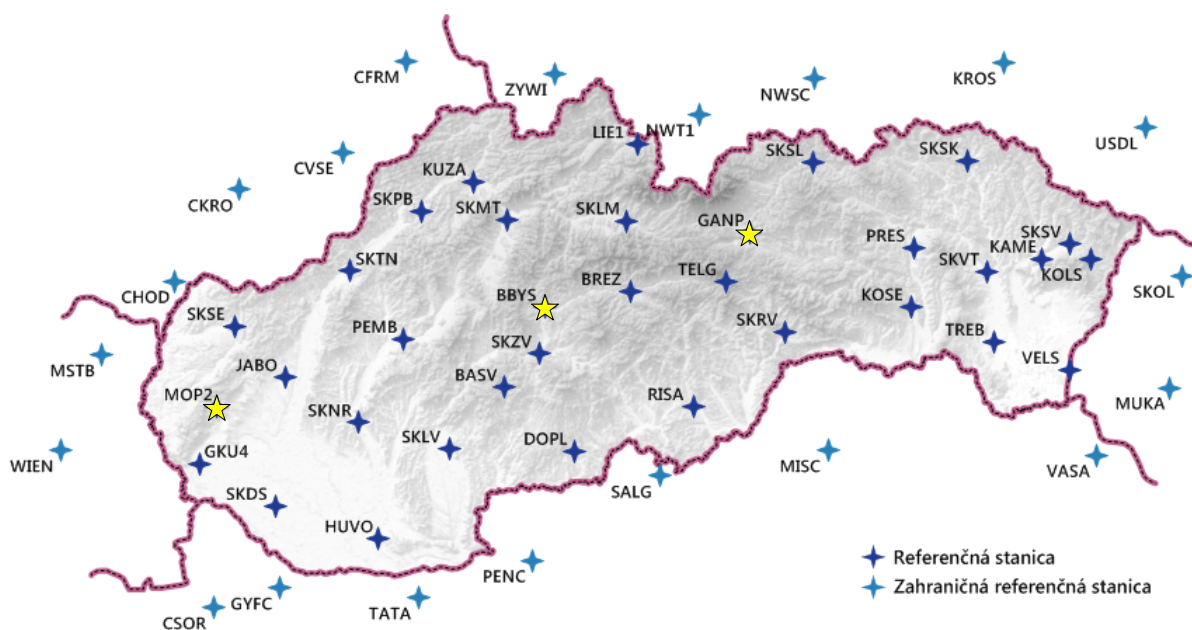
Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystém 02 Tektonická a seizmická aktivita územia

2. Pohyby povrchu územia

Monitorovanie geodynamických prejavov vrchnej vrstvy zemskej kôry geodetickými metódami umožnili vysoko presné geodetické prístroje vybavené kvalitnou elektronikou, zvyčajne plne automatizované s objektívnym záznamom údajov vylučujúcim z procesu merania

merača s jeho osobnou chybou. Na presné určenie lokalizačných parametrov (súradníc) 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. Technológia GNSS je efektívna metóda na relatívne určovanie polohy bodov s uvádzanou horizontálnou neistotou (x, y) 2 – 3 mm a s neistotou vo výške (z) asi 4 – 9 mm pri dodatočnom spracovaní.

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, ruského systému GLONASS, ale už aj európskeho systému GALILEO, resp. čínskeho systému BeiDou. Na presnú lokalizáciu, výpočet súradníc, sa v roku 2017 zatiaľ využívali iba údaje z systémov NAVSTAR GPS a GLONASS. SKPOS v súčasnosti tvorí sieť 34 geodetických bodov, referenčných staníc GNSS, realizujúcich geodetický referenčný systém ETRS-89 na Slovensku. ETRS-89 – Európsky terestrický referenčný systém 1989 – je systém priestorových súradníc označovaný karteziánskymi súradnicami X, Y, Z alebo parametrami φ, λ, h . Bol zavedený na návrh Európskej subkomisie pre referenčné rámce (EUREF) pri Medzinárodnej federácii geodetov (FIG) Európskou úniou a direktívami INSPIRE. STU a GKÚ (SKPOS) poskytujú do spracovania Európskej permanentnej siete (EPN) v reálnom čase údaje zo 4 bodov (obr. 2) a z ďalších bodov aj do projektu zoskupenia EUPOS.



Obr. 2 Rozmiestnenie bodov EPN a SKPOS na území Slovenska (GKÚ, 2018)

Spracovanie vybratej množiny špeciálne stabilizovaných bodov (pevne spojených s zemským povrchom) prebieha aj na Katedre geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave, kde je realizovaný projekt Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska (Mojzeš et al., 2015).

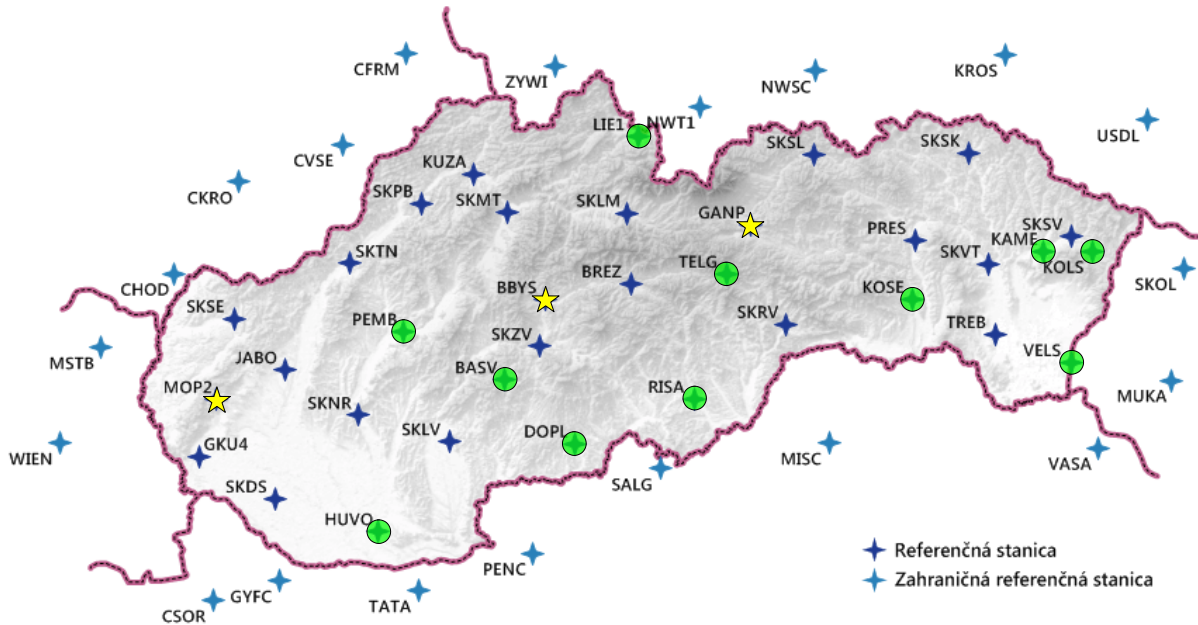
Prvoradou úlohou SKPOS je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému *ETRS-89* pre subjekty využívajúce technológiu *GNSS*. Merané údaje *GNSS* z bodov špeciálne stabilizovaných je možné využiť aj na geodynamický monitoring.

Rozmiestnenie a vybudovanie bodov bolo realizované najmä na dosiahnutie požadovanej presnosti pri geodetických meraniach na mapovacie a katastrálne geodetické činnosti. Výsledky z dlhodobých meraní, ktoré sú prezentované v nasledujúcich grafoch a tabuľkách nám potvrdzujú, že vybrané lokality na stabilizáciu bodov preukazujú vysokú stabilitu a zmeny majú zvyčajne sezónny charakter.

Z 34 geodetických bodov zaradených do SKPOS bolo v roku 2017 už 14 bodov (obr. 3) stabilizovaných spôsobom umožňujúcim merané údaje využiť aj pre výskum (monitoring) prejavov geodynamiky na povrchu Zeme. Do siete je zaradených 9 špecializovaných geodetických bodov, ktoré sú realizované ako hĺbkové pilierové stabilizácie ukotvené do hĺbky od 3 až do 10 m so stabilizovanou geodetickou značkou. Ďalších 5 geodetických bodov realizovaných hĺbkovou tyčovou stabilizáciou podľa vzoru UNAVCO ukotvených do hĺbky 5 m. V roku 2017 boli rozbehnuté prípravné práce na vybudovanie ďalších dvoch špecializovaných geodetických bodov s hĺbkovou pilierovou stabilizáciou. Ide o body na lokalite Trenčín – Zlatovce a Veľký Krtíš, ktoré budú zaradené do operačnej činnosti v roku 2018. Je predpoklad, že po viacročnom permanentnom meraní na týchto bodoch by sa dali získať spoľahlivé údaje o rýchlostnej charakteristike týchto bodov (lokality).

Najstarším bodom – stanicou *GNSS* na území Slovenska je *MOPI* (obr. 4), na lokalite Modra – Piesok, stabilizovaný na skalnom hrebeni Tisových skál, a to od 17. 11. 1996 (880. týždeň GPS). *Týždeň GPS (GPS WEEK)* je oficiálne zaužívané datovanie času/týždňov od spustenia systému NAVSTAR GPS, používané na ukladanie údajov a riešenia. Od 24. 8. 2008 (1494. týždeň GPS) je permanentne meraný bod *MOP2*, stabilizovaný vedľa pôvodného bodu na skale pilierom. Tieto body spravuje Katedra geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Bod *GANP* sa nachádza na lokalite Gánovce pri Poprade, je spravovaný GKÚ a permanentné observácie sú vykonávané od 16. 11. 2003 (1245. týždeň GPS). Bod *BBYS* na lokalite Banská Bystrica, ktorý je v správe Topografického ústavu Armády SR pracuje od 4. 2. 2007 (1413. týždeň GPS). Údaje z týchto bodov sú v reálnom čase zasielané aj do Európskej permanentnej siete (*EPN – Euref Permanent Network*), ktorú riadi Európska

komisia pre referenčné rámce (*EUREF*) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (*IAG*). Pre body *MOPI*, *MOPI2*, *GANP* a *BBYS* sú monitoring a určenie rýchlostí spracovávané v rámci *EPN*.



Obr. 3 Rozmiestnenie špeciálnych stabilizácií na území Slovenska (GKÚ, 2018)



Obr. 4 Body *MOPI*, *MOP2*, *GANP* a *BBYS*

2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v *EPN*

Európska sieť permanentných staníc *GNSS* dnes spracováva údaje z cca 280 staníc *GNSS*. Na obr. 5 je schéma rozmiestnenia staníc *EPN* z európskej časti, z ktorých viaceré sú zaradené i do svetovej siete (<http://www.epncb.oma.be/networkdata/stationmaps.php>) permanentných staníc *IGS* (obr. 6).

Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body *EPN* vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec *ITRF2014*, Európsky terestrický referenčný

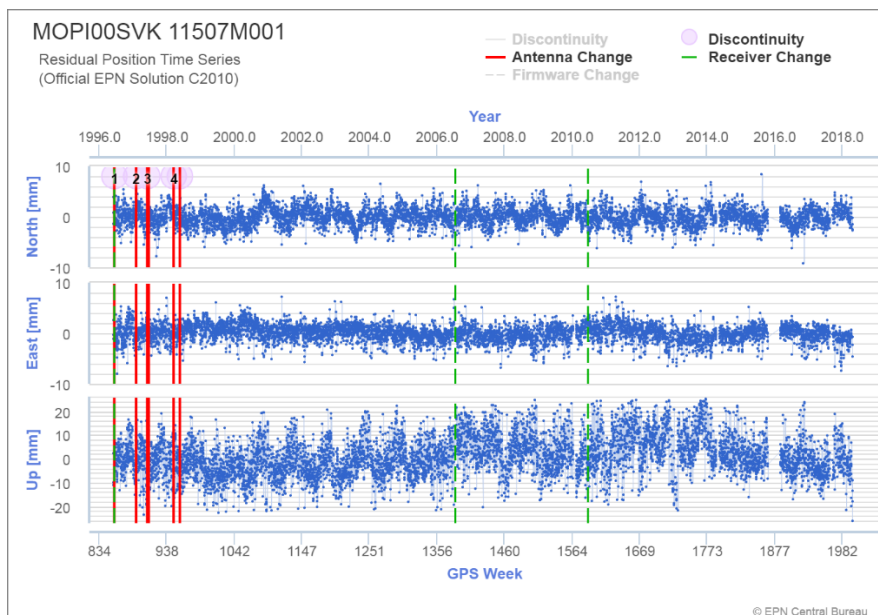


Obr. 5 Rozmiestnenie permanentných staníc *EPN* k 31. 12. 2017

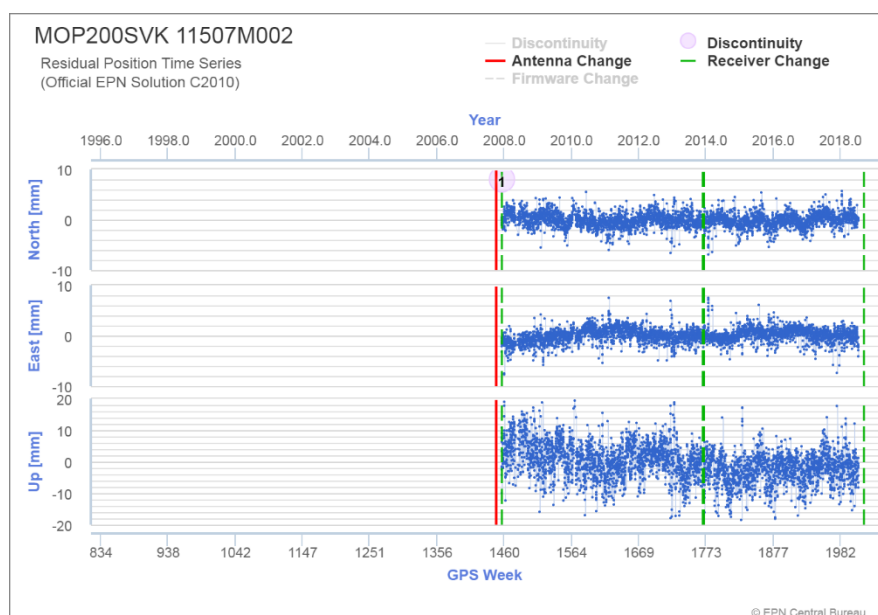


Obr. 6 Rozmiestnenie permanentných staníc *EPN* k 31. 12. 2017 a výber staníc *EPN* zaradených do svetovej siete *IGS*.

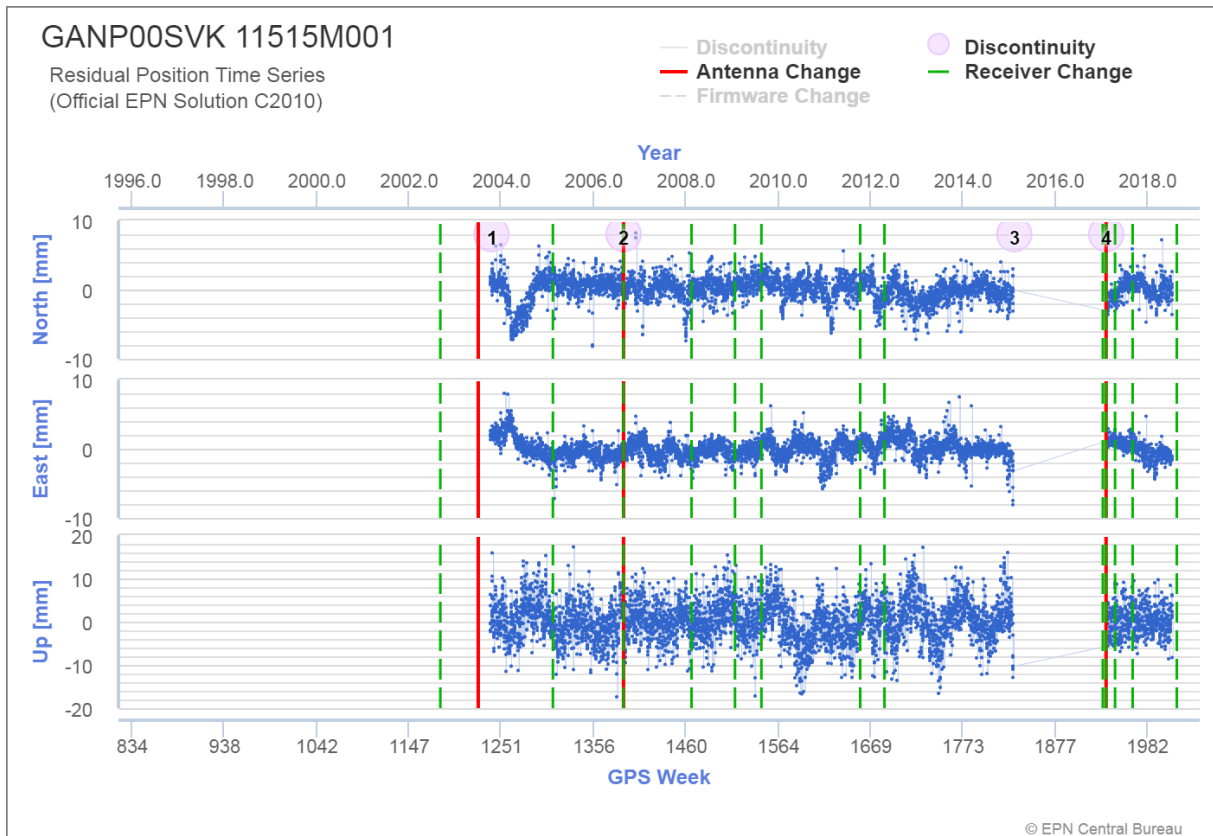
rámec – *ETRF2000* a *ETRF2014*. Časové rady polohových zmien upravených o skoky zo slovenských staníc v Modre – Piesku (*MOPI, MOP2*), v Gánovciach pri Poprade (*GANP*) a Banskej Bystrici (*BBYS*) sú prezentované v grafoch na obr. 7-10, resp. detailne pre rok 2017 na obr. 11-14. Na obr. 15-18 sú grafy pohybu bodov v globálnom priestorovom systéme *ITRS*, realizácia *ITRF2014 (IGS14)*. Na obr. 19-22 sú grafy pohybu bodov v Európskom terestrickom referenčnom systéme *ETRS-89*, realizácia *ETRF2014*. Na obr. 23-26 sú znázornené detaily pre rok 2017 (http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/index.php).



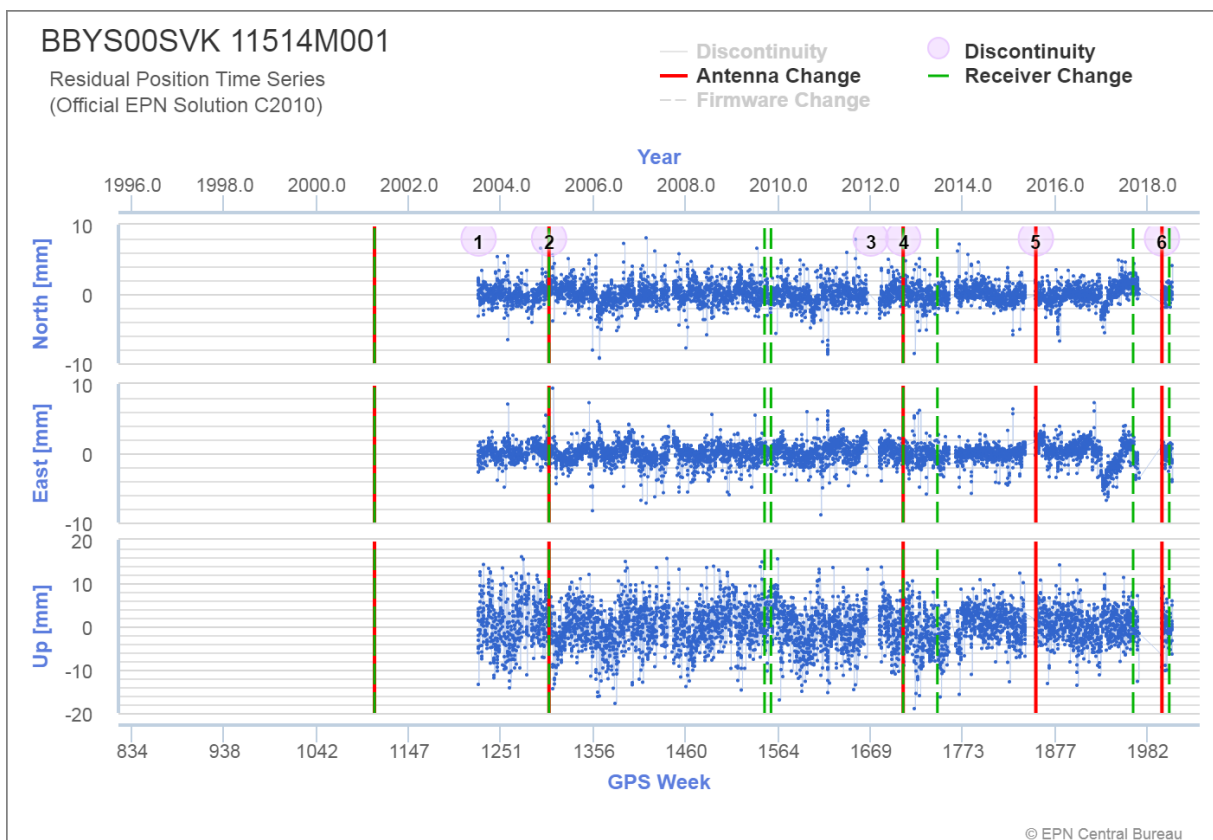
Obr. 7 Znáznornenie pohybu bodu MOPI



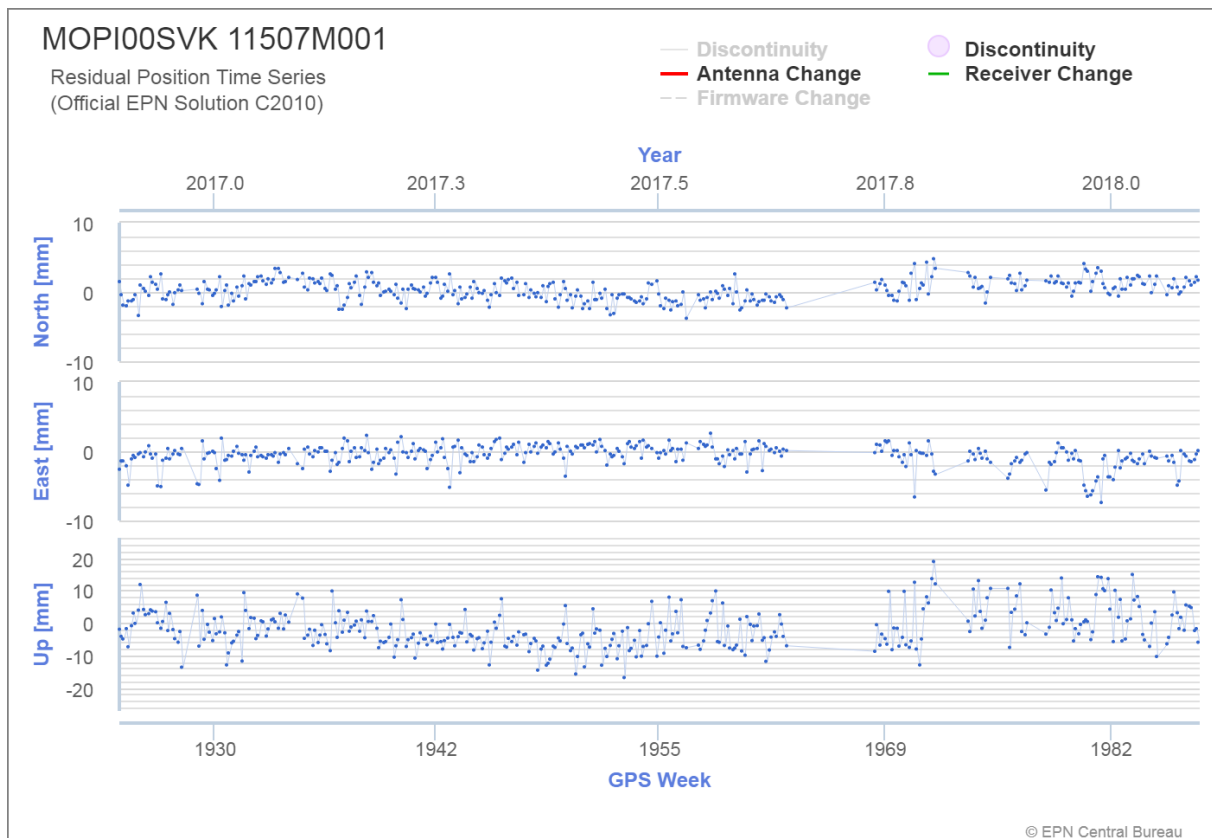
Obr. 8 Znáznornenie pohybu bodu MOP2



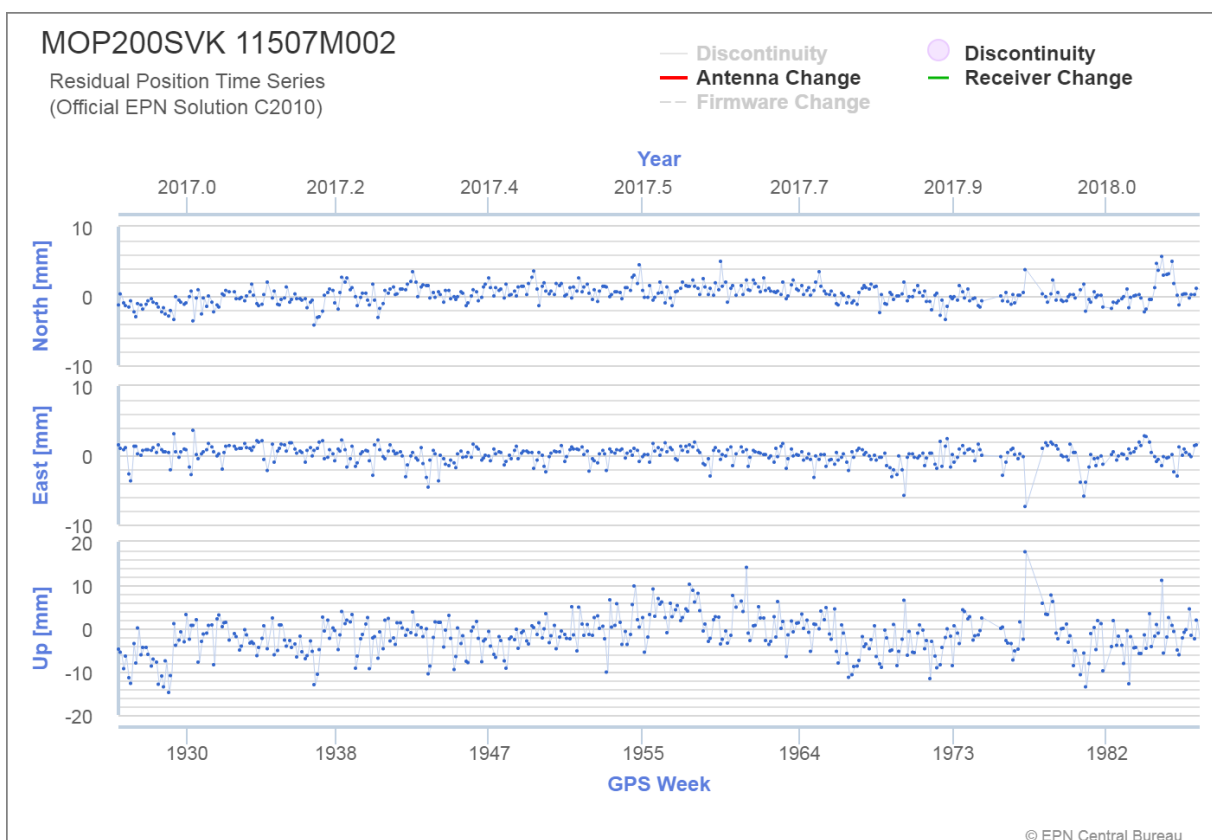
Obr. 9 Znáznornenie pohybu bodu GANP



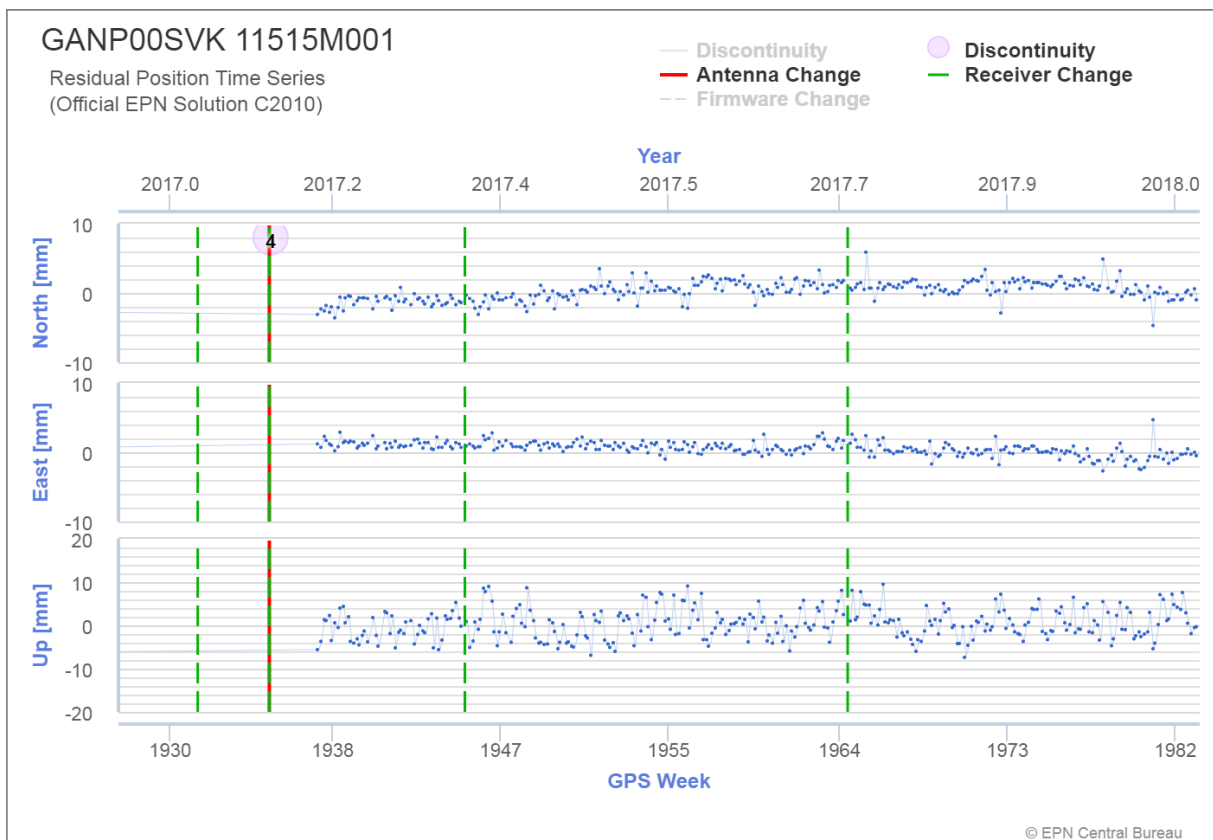
Obr. 10 Znáznornenie pohybu bodu BBYS



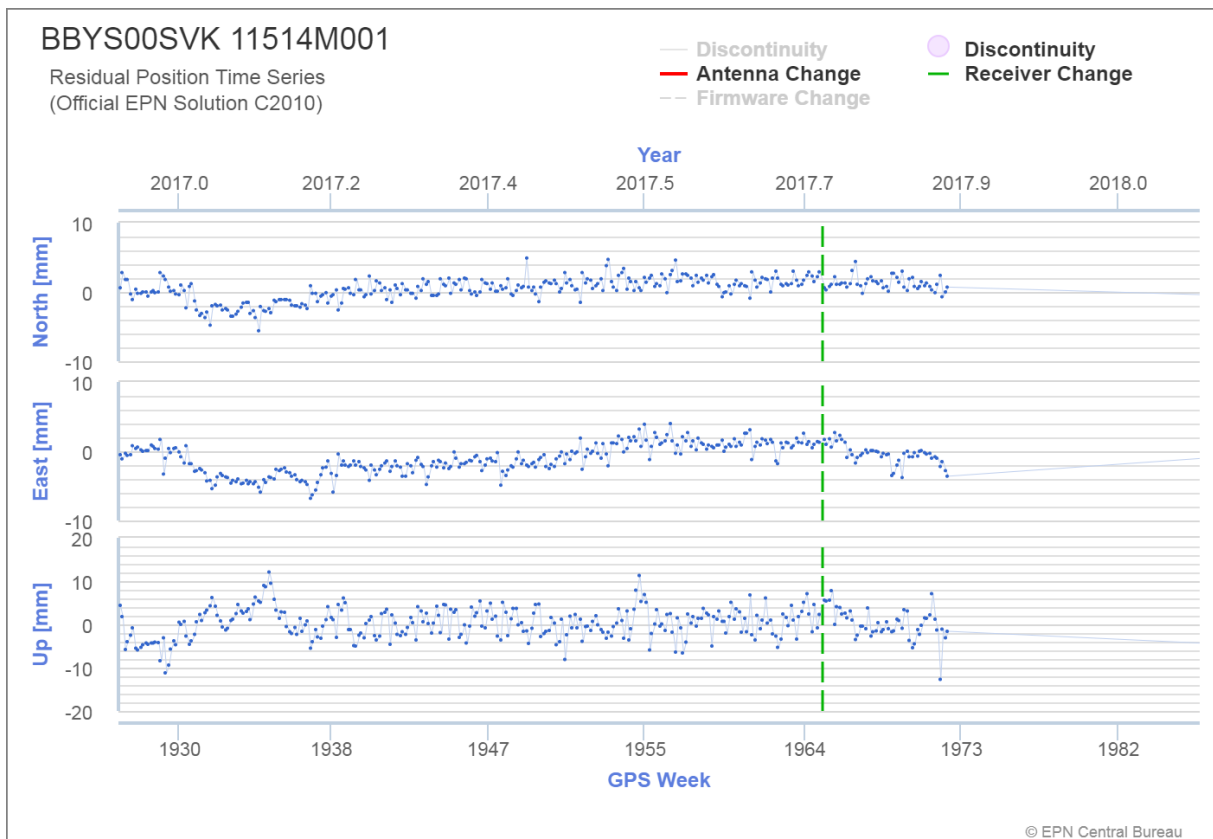
Obr. 11 Znáznornenie pohybu bodu MOPI, detail pre rok 2017



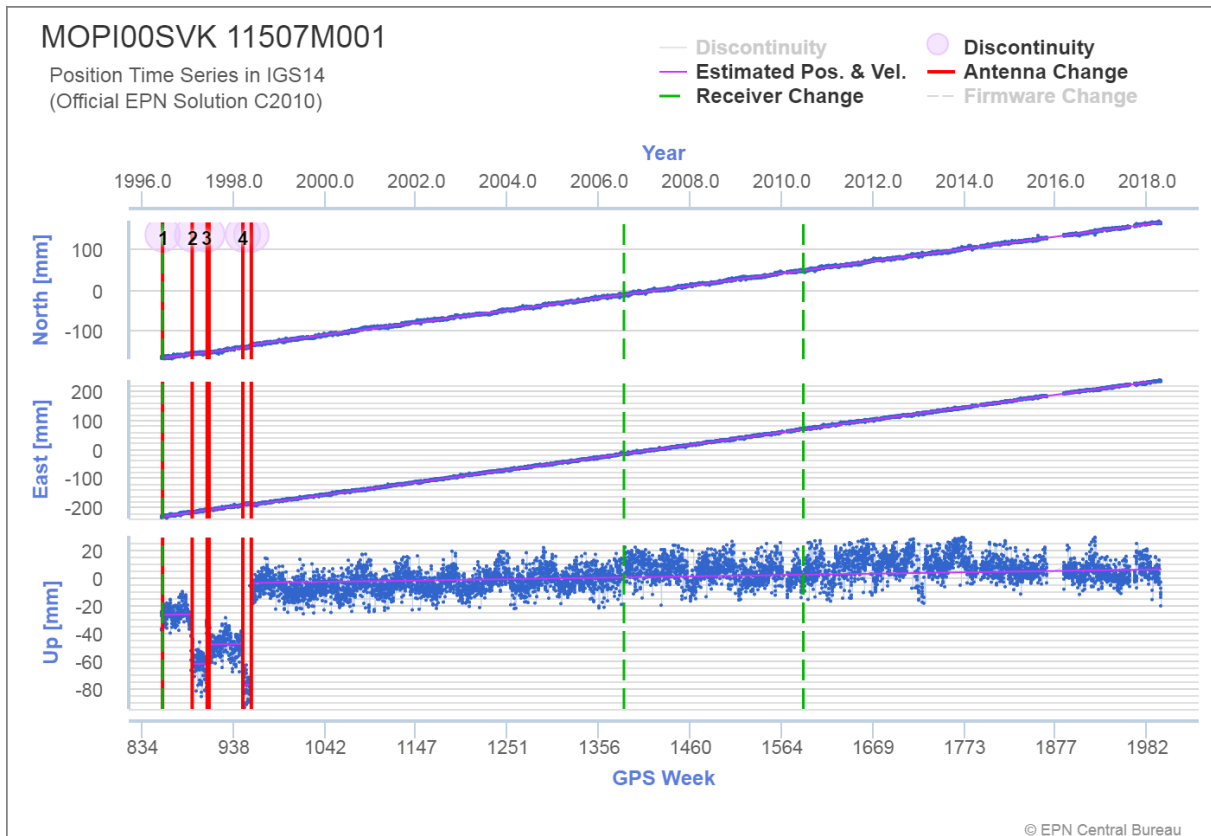
Obr. 12 Znáznornenie pohybu bodu MOP2, detail pre rok 2017



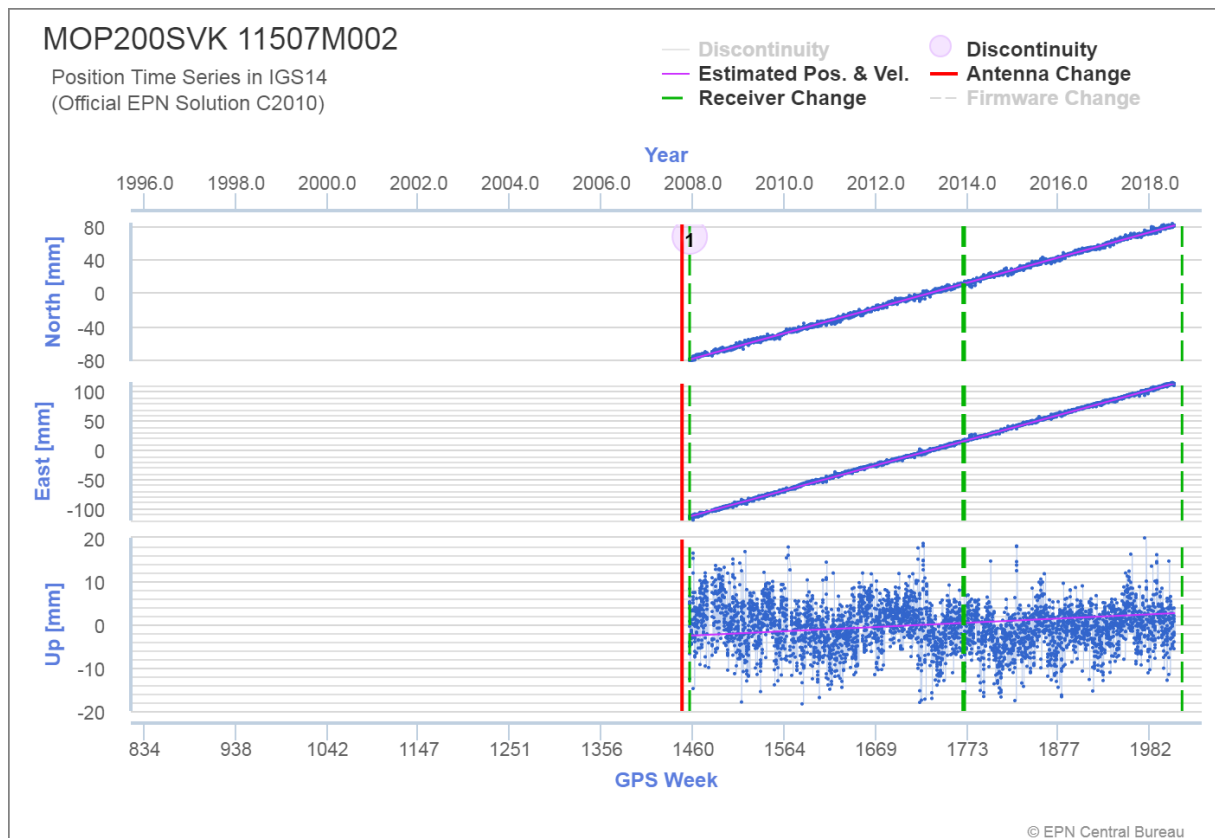
Obr. 13 Znážornenie pohybu bodu GANP, detail pre rok 2017



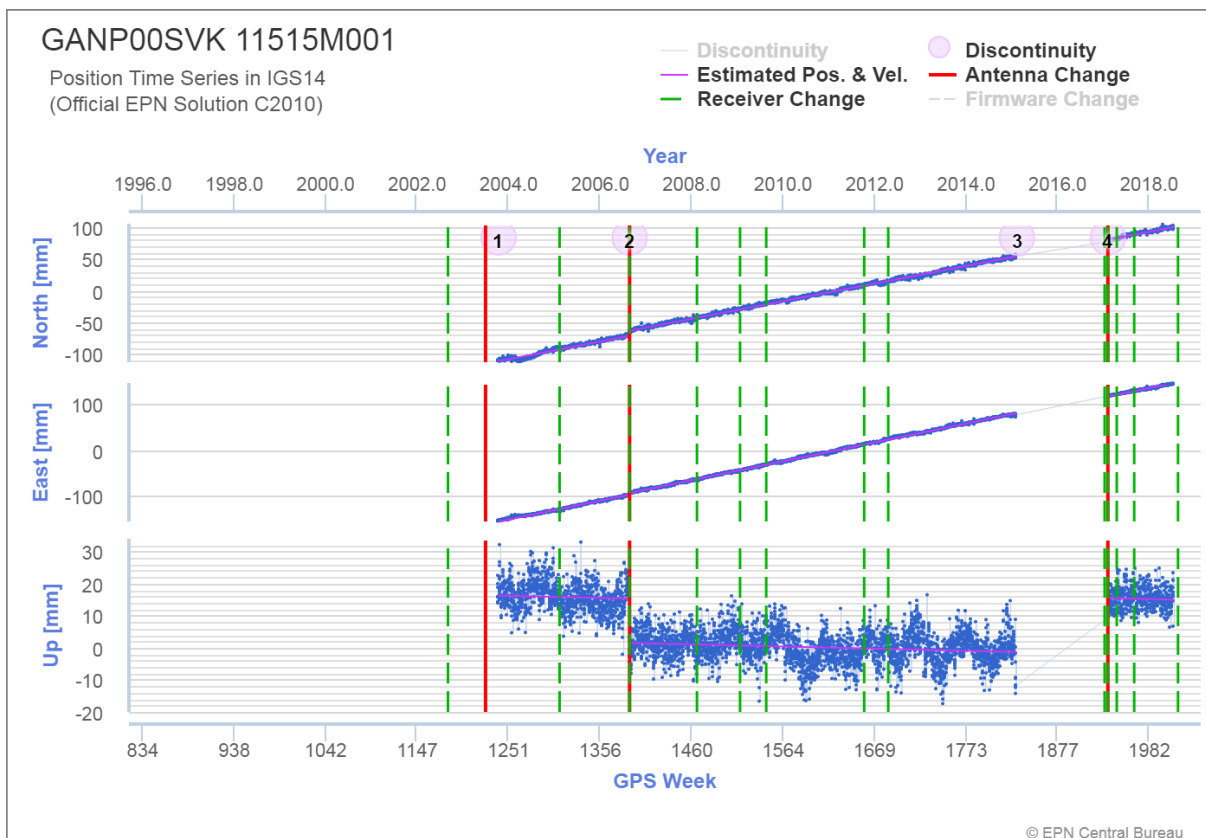
Obr. 14 Znážornenie pohybu bodu BBYS, detail pre rok 2017



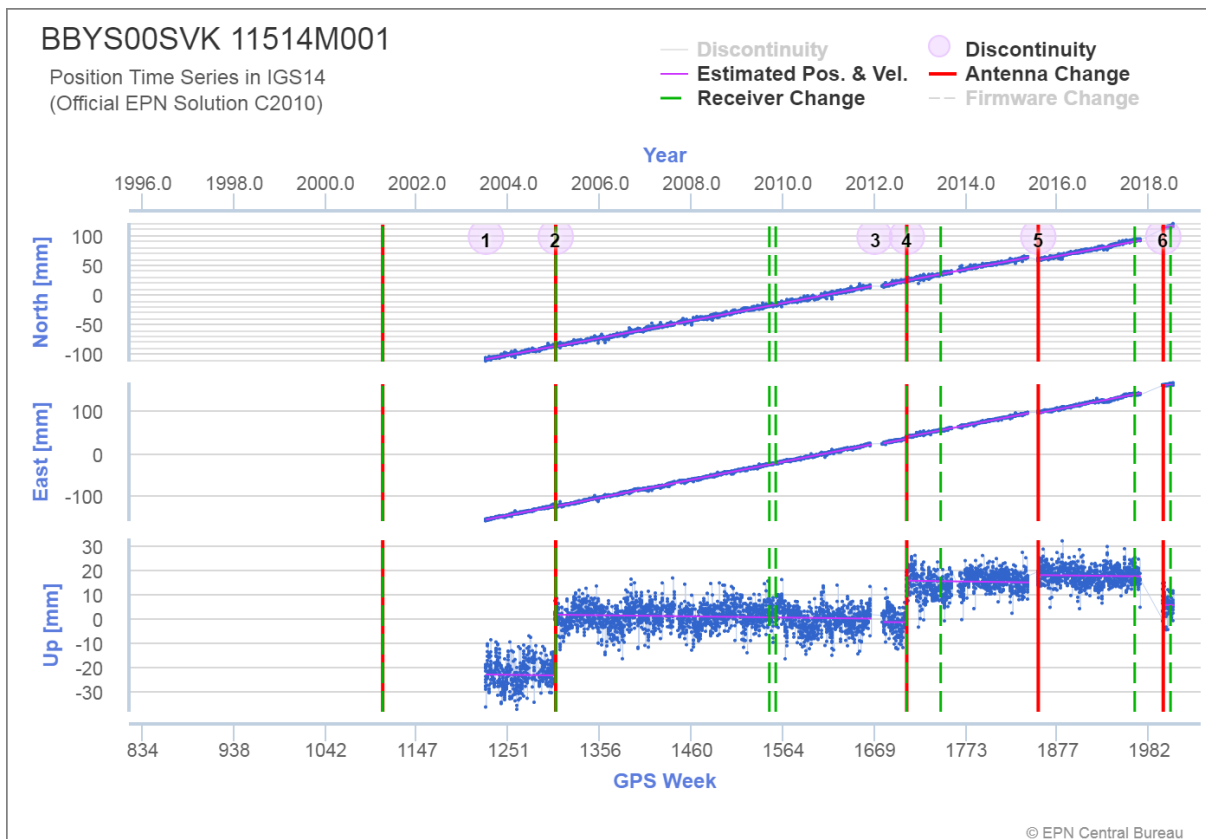
Obr. 15 Znáornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



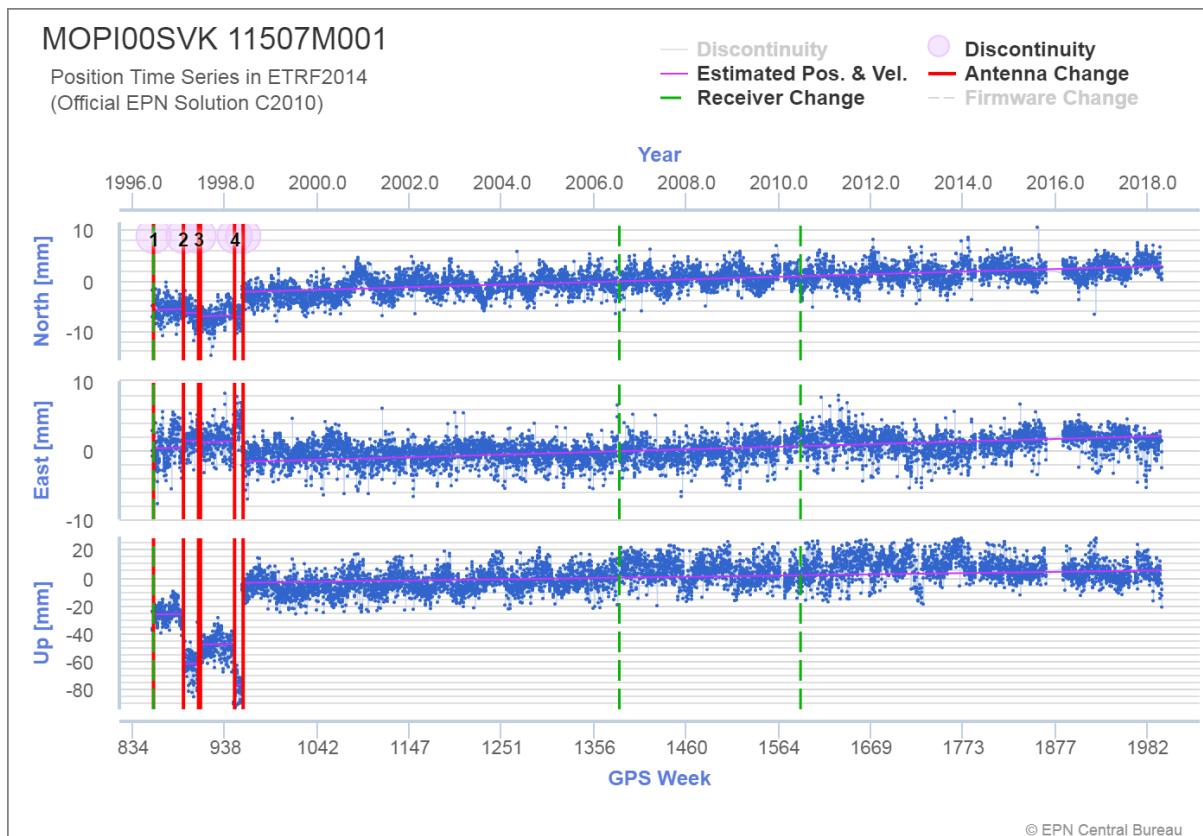
Obr. 16 Znáornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



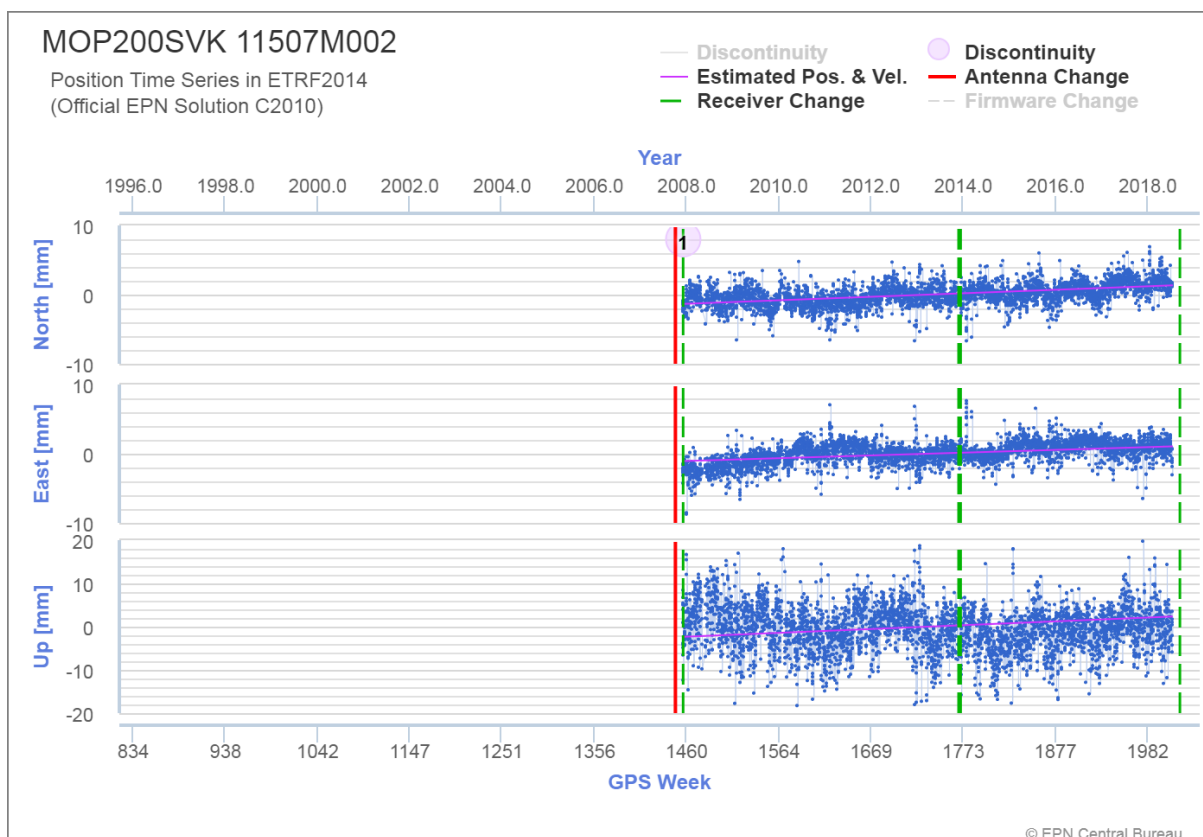
Obr. 17 Znáornenie pohybu bodu GANP v ITRS



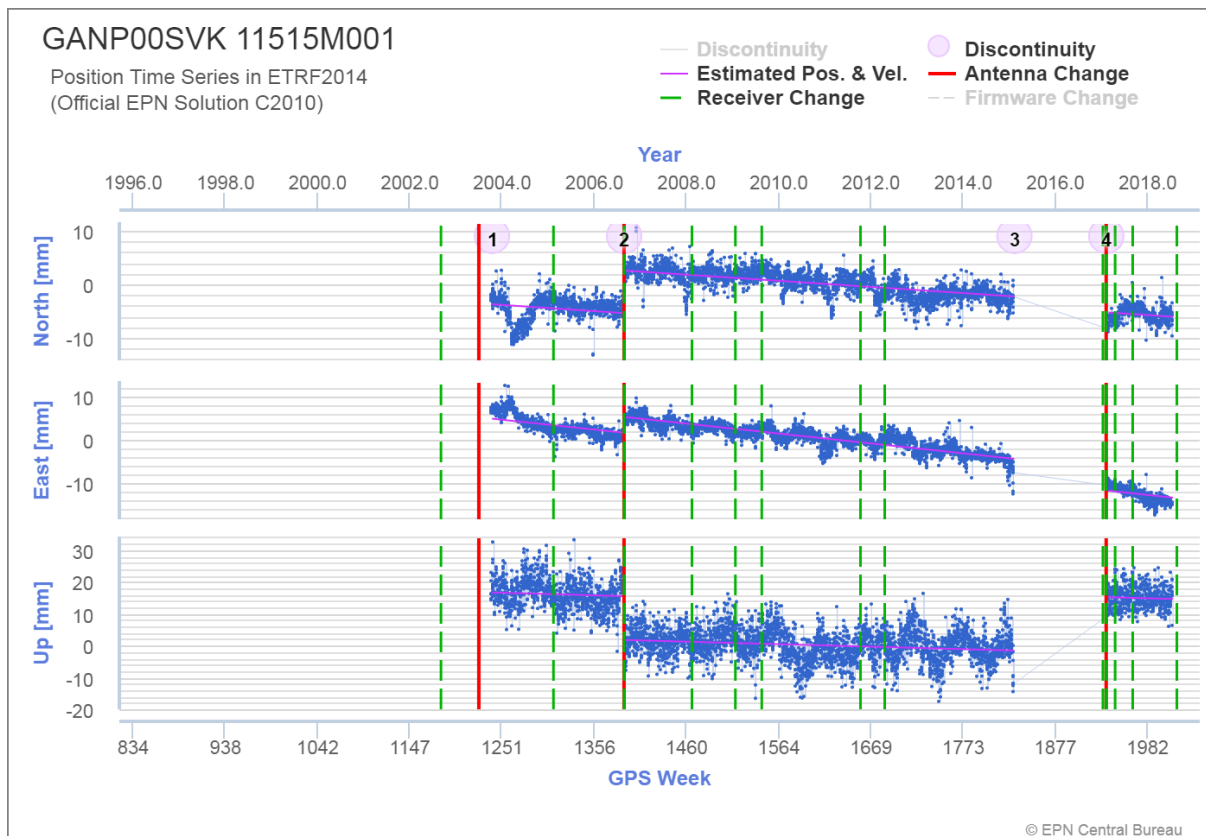
Obr. 18 Znáornenie pohybu bodu BBYS v ITRS



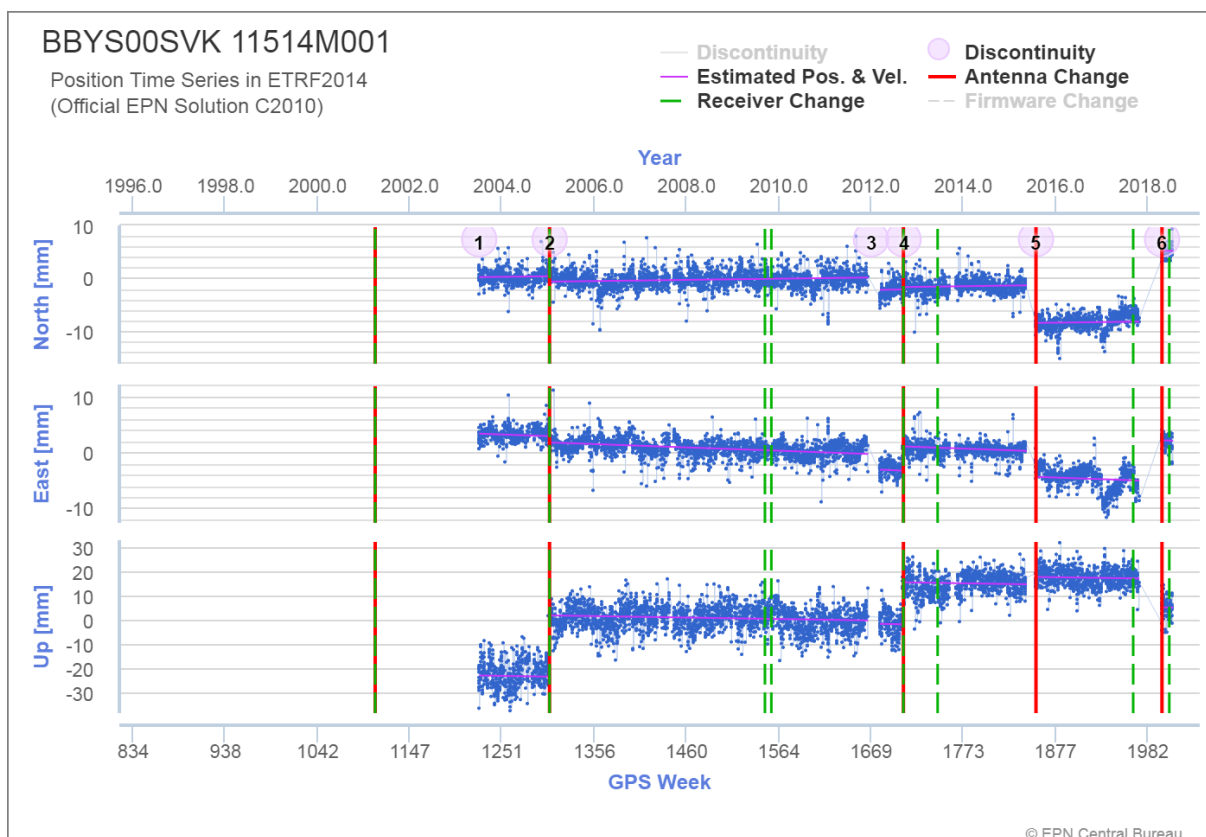
Obr. 19 Znáornenie pohybu bodu MOPI v ETRS-89



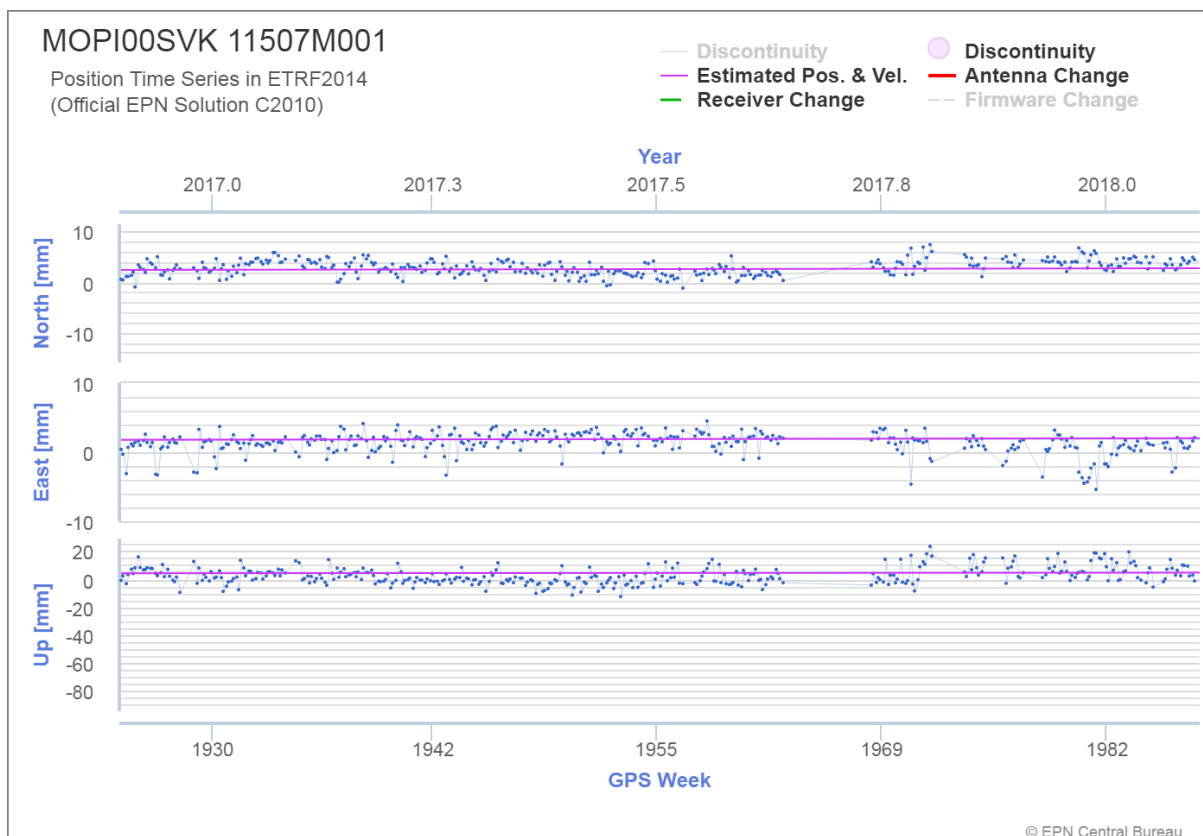
Obr. 20 Znáornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS-89



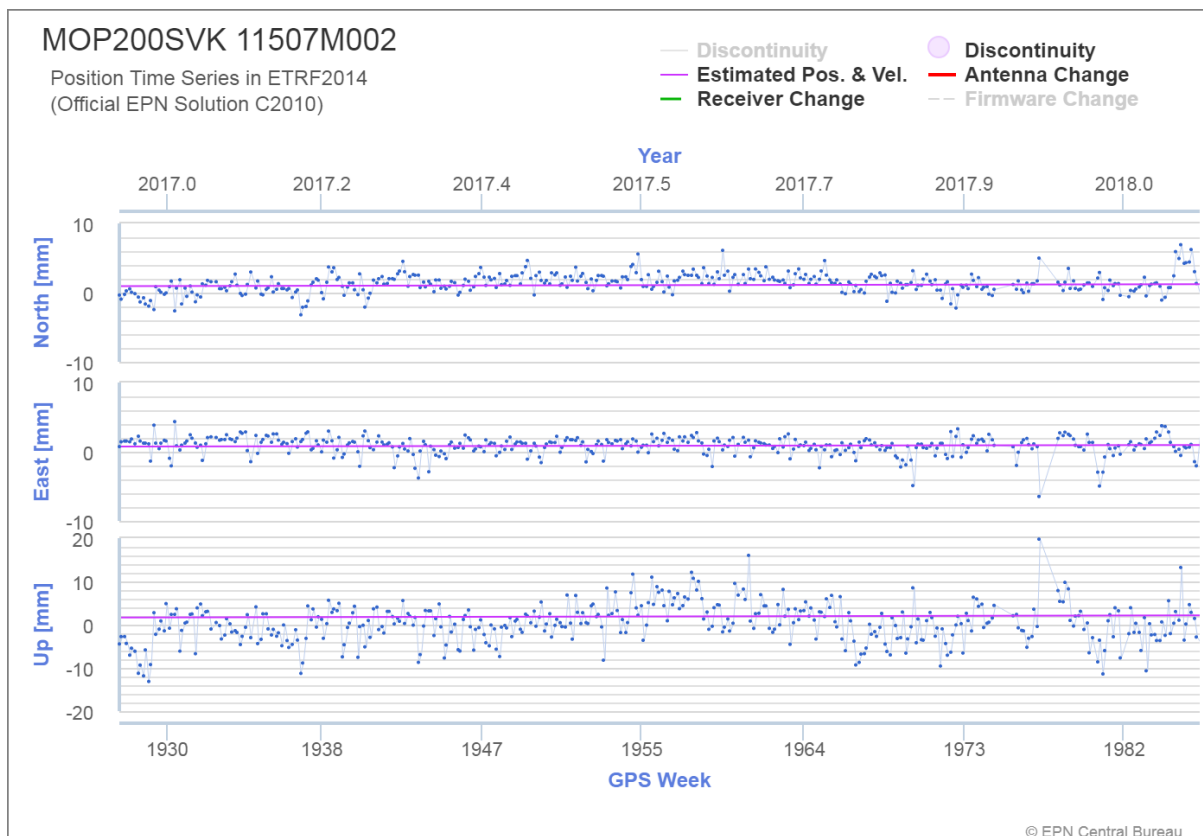
Obr. 21 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ETRS-89



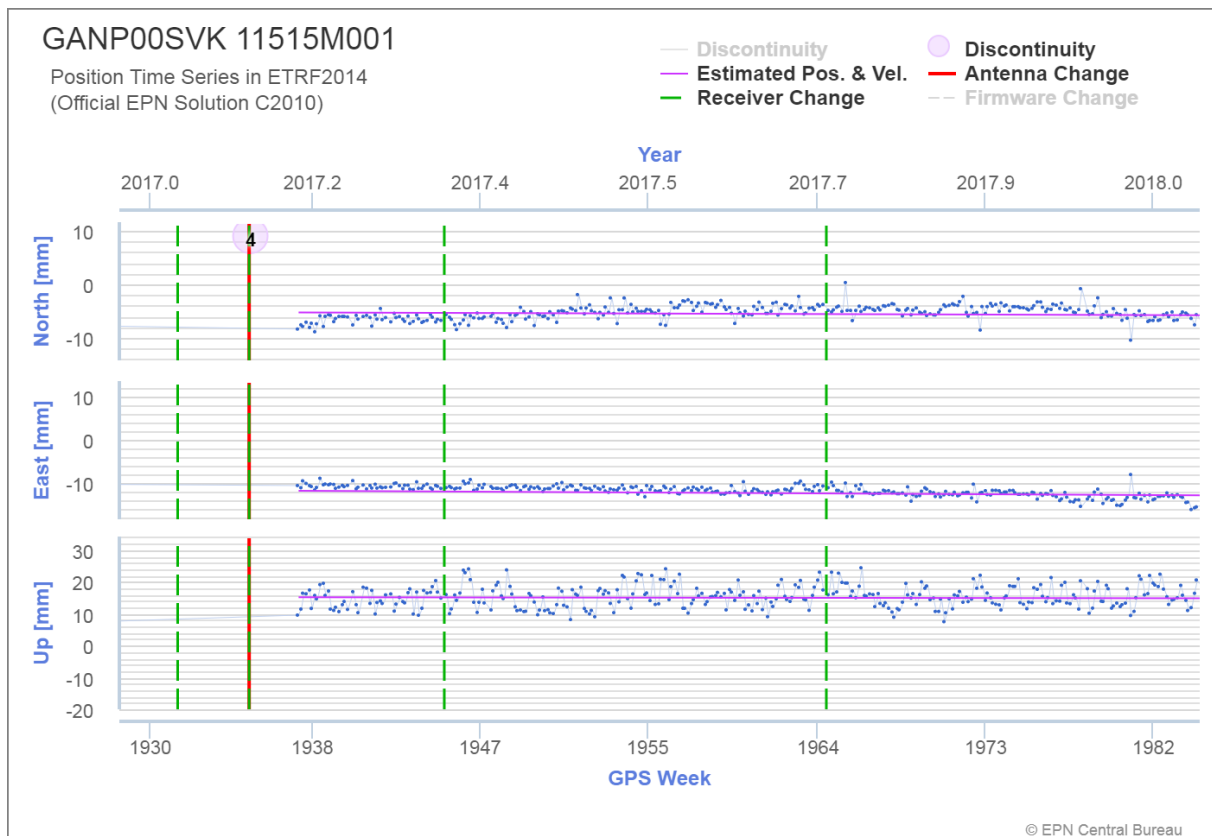
Obr. 22 Znáznornenie pohybu bodu BBYS



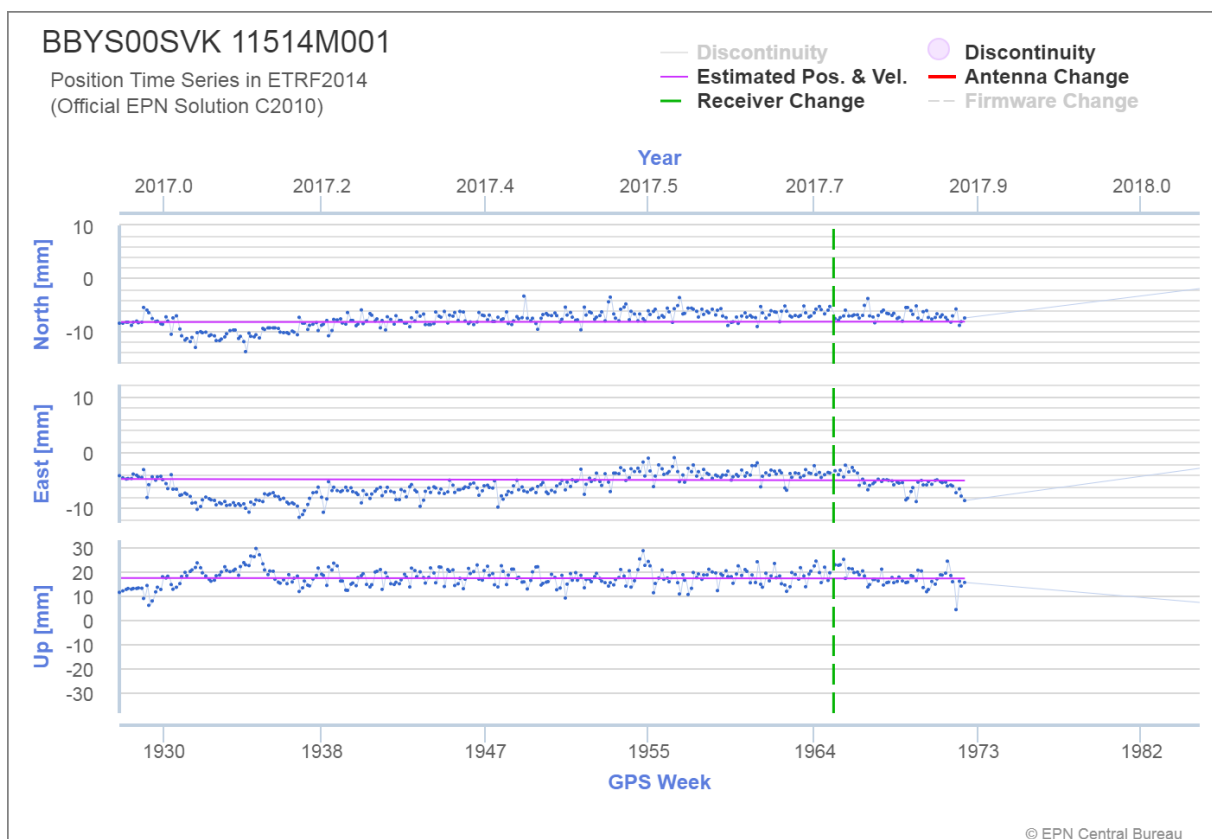
Obr. 23 Znáornenie pohybu bodu MOPI v ETRS-89, detail pre rok 2017



Obr. 24 Znáornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS-89, detail pre rok 2017



Obr. 25 Znáornenie pohybu bodu GANP v ETRS-89, detail pre rok 2017



Obr. 26 Znáornenie pohybu bodu BBYS v ETRS-89, detail pre rok 2017

Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené vo forme grafu zmeny polohy bodu – stanice uvedenej v mm, a to v smere sever – juh (North), východ– západ (East) a vo výške (Up). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v týždňoch GPS, zvislá os predstavuje v optimalizovanej mierke zmenu bodu v mm. Zobrazované hodnoty v grafoch sú vždy z týždenných riešení. Zvislé priamky v tabuľkách určujú dôvody skokov v časovom rade: zmenu referenčného rámca, zmenu antény alebo prijímača, resp. zmenu jeho riadiaceho softvéru (firmware).

Grafy znázornenia pohybov bodov (*MOPI, MOP2, GANP, BBYS*) v medzinárodnom terrestrickom referenčnom systéme (*ITRS*) majú zhodný severovýchodný trend na našom území ako na väčšine staníc EPN. Za obdobie posledných 10 rokov sme v tomto SV smere zaznamenali pohyb približne 25 cm. Tento trend majú aj ostatné permanentné stanice SKPOS. Výšková zložka má väčšie variácie v rámci roka, ale celkový trend je relatívne vyrovnaný. To je i dôvod na používanie ETRS pri monitoringu v rámci Európy.

Z jednotlivých upravených týždenných riešení sú odhadnuté priestorové súradnice *X, Y, Z* a ich časové zmeny (ročné rýchlosti pohybu) v príslušnom globálnom súradnicovom systéme (systém *ETRS-89*, realizácia *ETRF2014* a systém *ITRS*, realizácia *ITRF2014/IGS14*). Tieto údaje sa vzťahujú k dohodnutej strednej epoche spracovávaného obdobia. Spracovanie je vykonané pre dve kategórie bodov „A – spoľahlivý bod“ a „B – bod s výskytom väčšieho šumu“. Bod *GANP* bol vzhľadom na jeho problematické správanie v období 2015/GPS deň 41 až 2017/GPS deň 55 v dôsledku chyby antény GNSS preradený do kategórie B, a teda neboli mu v poslednej realizácii riešenia EPN v systéme *ITRS*, resp. *ETRS-89*, určené ročné rýchlosti pohybu.

Na základe súčasných výsledkov môžeme vidieť, že pozorované body sú stabilné v rámci euroázijskej platne (tab. 1) a ich vnútroplatňová rýchlosť nepresahuje 1 mm/rok v rámci euroázijskej platne.

Tab. 1 Referenčné súradnice a rýchlosti na staniciach EPN z územia Slovenska

MOPI00SVK – 11507M001 – trieda „B“

ETRF2014	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
142/1998 – 115/2018	079/2007	4053738.153 ± 0.001	1260571.330 ± 0.001	4744940.704 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 – 140/1998	034/1999	4053738.108 ± 0.001	1260571.320 ± 0.001	4744940.642 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 – 071/1998	232/1998	4053738.127 ± 0.001	1260571.323 ± 0.001	4744940.664 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 – 152/1997	051/1998	4053738.117 ± 0.001	1260571.320 ± 0.001	4744940.654 ± 0.001	NA	NA	NA

163/1996 – 032/1997	230/1997	4053738.140 ± 0.001	1260571.326 ± 0.001	4744940.681 ± 0.001	NA	NA	NA
<u>IGS14</u>	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
142/1998 – 115/2018	079/2007	4053737.844 ± 0.001	1260571.641 ± 0.001	4744940.884 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 – 140/1998	034/1999	4053737.937 ± 0.001	1260571.493 ± 0.001	4744940.742 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 – 071/1998	232/1998	4053737.964 ± 0.001	1260571.488 ± 0.001	4744940.759 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 – 152/1997	051/1998	4053737.963 ± 0.001	1260571.477 ± 0.001	4744940.744 ± 0.001	NA	NA	NA
163/1996 – 032/1997	230/1997	4053737.994 ± 0.001	1260571.474 ± 0.001	4744940.766 ± 0.001	NA	NA	NA

MOP200SVK – 11507M002 – trieda „A“

<u>ETRF2014</u>	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
340/2007 – 200/2018	001/2010	4053742.916 ± 0.001	1260569.389 ± 0.001	4744939.996 ± 0.001	0.0000 ± 0.0001	0.0002 ± 0.0001	0.0005 ± 0.0001
<u>IGS14</u>	epocha to	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
340/2007 – 200/2018	001/2010	4053742.561 ± 0.001	1260569.748 ± 0.001	4744940.204 ± 0.001	-0.0169 ± 0.0001	0.0173 ± 0.0001	0.0104 ± 0.0001

GANP00SVK – 11515M001 – trieda „A“

<u>ETRF2014</u>	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
055/2017 – 202/2018	291/2017	3929181.822 ± 0.001	1455236.454 ± 0.001	4793653.752 ± 0.001	NA	NA	NA
239/2006 – 040/2015	348/2010	3929181.804 ± 0.001	1455236.461 ± 0.001	4793653.744 ± 0.001	NA	NA	NA
286/2003 – 231/2006	094/2005	3929181.817 ± 0.001	1455236.468 ± 0.001	4793653.753 ± 0.001	NA	NA	NA
<u>IGS14</u>	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
055/2017 – 202/2018	291/2017	3929181.310 ± 0.001	1455236.933 ± 0.001	4793654.026 ± 0.001	NA	NA	NA
239/2006 – 040/2015	348/2010	3929181.414 ± 0.001	1455236.826 ± 0.001	4793653.953 ± 0.001	NA	NA	NA
286/2003 – 231/2006	094/2005	3929181.528 ± 0.001	1455236.739 ± 0.001	4793653.908 ± 0.001	NA	NA	NA

BBYS00SVK – 11514M001 – trieda „A“

<u>ETRF2014</u>	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
115/2018 – 202/2018	001/2010	3980359.080 ± 0.001	1382291.822 ± 0.001	4772771.803 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001

214/2015 – 300/2017	001/2010	3980359.099 ± 0.001	1382291.821 ± 0.001	4772771.803 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
260/2012 – 139/2015	001/2010	3980359.091 ± 0.001	1382291.823 ± 0.001	4772771.805 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
072/2012 – 252/2012	001/2010	3980359.082 ± 0.001	1382291.815 ± 0.001	4772771.792 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
012/2005 – 343/2011	001/2010	3980359.080 ± 0.001	1382291.817 ± 0.001	4772771.795 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
185/2003 – 010/2005	001/2010	3980359.064 ± 0.001	1382291.813 ± 0.001	4772771.777 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
<u>IGS14</u>	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
115/2018 – 202/2018	001/2010	3980358.714 ± 0.001	1382292.175 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
214/2015 – 300/2017	001/2010	3980358.733 ± 0.001	1382292.174 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
260/2012 – 139/2015	001/2010	3980358.724 ± 0.001	1382292.176 ± 0.001	4772772.008 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
072/2012 – 252/2012	001/2010	3980358.715 ± 0.001	1382292.168 ± 0.001	4772771.995 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
012/2005 – 343/2011	001/2010	3980358.714 ± 0.001	1382292.171 ± 0.001	4772771.998 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
185/2003 – 010/2005	001/2010	3980358.697 ± 0.001	1382292.166 ± 0.001	4772771.980 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001

3. Pohyby pozdĺž zlomov

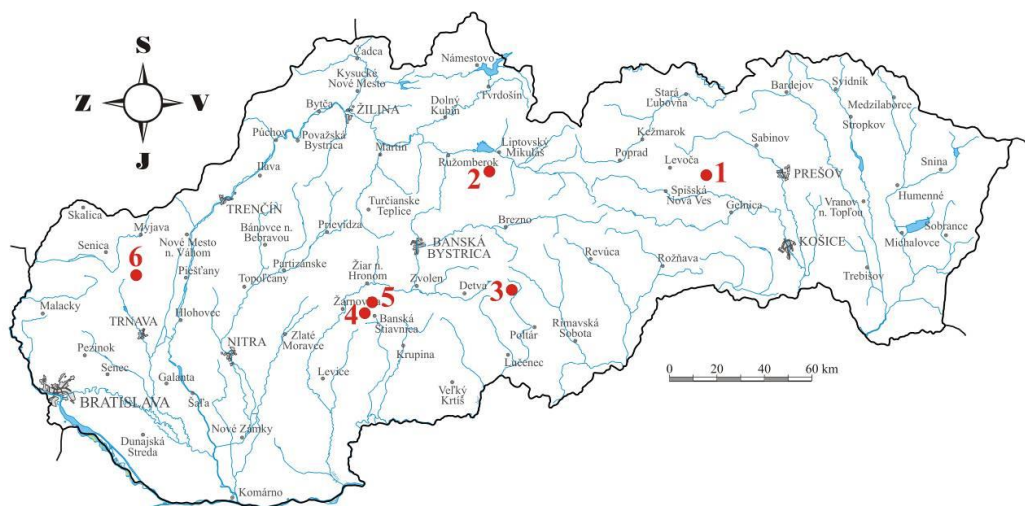
Mechanicko-optický dilatometer *TM-71* (Košťák, 1969) je prístroj schopný zaznamenávať 3D mikroposuny v prípade svahových porúch typu plazenia a zosúvania (napr. Košťák & Rybář, 1978; Kostak & Cruden, 1990; Petro et al., 1999), ale aj historických objektov (napr. Vlčko, 2002; Vlčko & Petro, 2002; Vlčko, 2004; Vlčko et al., 2009). Použitie dilatometrov na sledovanie mikroposunov na aktívnych tektonických poruchách začalo pred viac než 30-timi rokmi v Bulharsku (Avramova-Tacheva et al., 1984) a pokračovalo v Českej republike (napr. Košťák, 1998; Štepančíková et al., 2008), Slovenskej republike (napr. Petro et al., 2004; Briestenský & Stemberk, 2008, Briestenský et al., 2007, 2010, 2011, 2014, 2018), 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 (Stemberk et al., 2015).

3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Pohyby pozdĺž zlomov boli v roku 2017 sledované pomocou dilatometrov typu *TM-71* osadených na nasledovných lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipel', Banská Hodruša, Vyhne a Dobrá Voda (obr. 27).

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. 28).



Obr. 27 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2017 monitorované neotektonické poruchy na území SR dilatometrami *TM-71*. 1 – Branisko, 2 – Demänovská jaskyňa Slobody, 3 – Ipeľ, 4 – Banská Hodruša- Hámre, 5 – Vyhne, 6 – Dobrá Voda

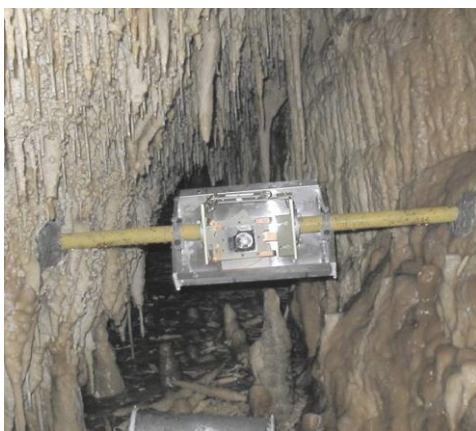


Obr. 28 Inštalácia dilatometra *TM-71* v únikovej štôľni tunela Branisko

Demänovská jaskyňa Slobody

Jaskyňa je súčasťou 40,8 km dlhého (Bella, 2016), niekoľkourovňového 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 – tatrikom,

fatrikom a hronikom (Biely et al., 1992). Tatrikum ako subautochtónna jednotka zahŕňa kryštalický fundament a obalové mezozoické jednotky. Ďalšie dve príkrovové štruktúry sú v príkrovovej pozícii a sú tvorené väčšinou vápencami a dolomitmi. Paleogénne sedimenty v širšom okolí jaskyne sú súčasťou post-tektonickej výplne Liptovskej kotliny. Jaskyňa vznikla v stredotriasových 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-parallelný s hlavným jaloveckým zlomom (Hók et al., 2000) prechádzajúcim dnom údolia. Dilatometer *TM-71* bol inštalovaný v tzv. Čarovnej chodbe (obr. 29), ktorá má približne smer SZ-JV.



Obr. 29 Inštalácia dilatometra TM-71 v Čarovnej chodbe (Demänovská jaskyňa Slobody)

Ipeľ

Lokalitu reprezentuje dolina horného toku Ipľa 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 parallelných SV-JZ zlomov (Pospíšil et al., 1989). Dolina Ipľa je budovaná staropaleozoickými metamorfovanými (pararuly, ortoruly a migmatity) a magmatickými (granity, granodiority, tonality a aplity) horninami kryštalického jadra veporika (Bezák et al., 1999). Horniny vo vnútri zlomového pásma širokého viac než 600 m sú silno tektonicky porušené a mylonitizované (Ondrášik et al., 1987). Na jednom zlome systému, v bývalej prieskumnej štôlni Izabela, bol v roku 2002 inštalovaný dilatometer *TM-71* (obr. 30).



Obr. 30 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. 31) bolo vybraté miesto križovania dvoch zlomov (SV-JZ a



Obr. 31 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štólne Vŕsechsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša (Hámre)

SZ-JV) vo vnútri štólne Vŕsechsvätých (stará). Štôlna je vyrazená v kremenno-dioritových porfýroch reprezentujúcich strednú stratovulkanickú štruktúru (Konečný et al., 1998). Orientácia zlomov a horninových dajok v banskoštiavnickom stratovulkáne odráža zmeny v smeroch paleonapätí počas neogénu (Nemčok et al., 2000). Väčšina zlomov má orientáciu SSV-JJZ.

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 štólne sv. Anton Paduánsky (obr. 32). 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 / od 1. 7. 2015 Geofyzikálny odbor ÚVZ SAV), čo umožňuje koreláciu výsledkov monitoringu so seizmickými udalosťami v regióne a jeho širšom okolí. Zber údajov bol realizovaný v spolupráci s Geofyzikálnym odborom ÚVZ SAV.



prítomnosť seizmometra (Geofyzikálny ústav SAV / od 1. 7. 2015 Geofyzikálny odbor ÚVZ SAV), čo umožňuje koreláciu výsledkov monitoringu so seizmickými udalosťami v regióne a jeho širšom okolí. Zber údajov bol realizovaný v spolupráci s Geofyzikálnym odborom ÚVZ SAV.

Obr. 32 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štólne sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne

Dobrá Voda

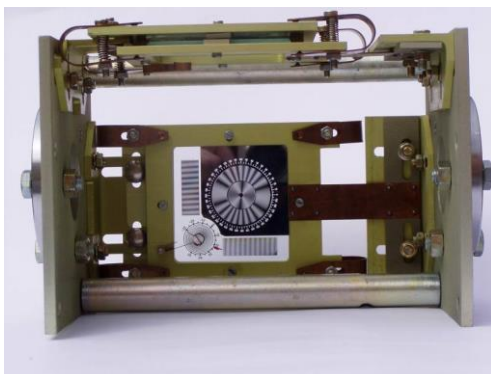
Lokalita sa nachádza v severnej časti Malých Karpát južne od Brezovej pod Bradlom. Morfológicky ide o dobrovodskú depresiu, ktorou prechádza zlom smeru SV-JZ. Podľa Maglay et al. (1999) bol zlom aktívny od stredného pleistocénu do holocénu. Oblasť Dobrej Vody je známa ako seizmicky aktívna. V minulosti 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 máji roku 2004 bol Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR, v. v. i. Praha (ÚSMH AV ČR) na zlome inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 33).



Obr. 33 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 2017 používali mechanicko-optické dilatometry typu *TM-71* (obr. 34). Prístroj je možné merať veľmi pomalé posuny, t. j. $\leq 0,01$ mm a rotácie 0,01 gr. Merania sa reali-



zujú v dvoch 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.

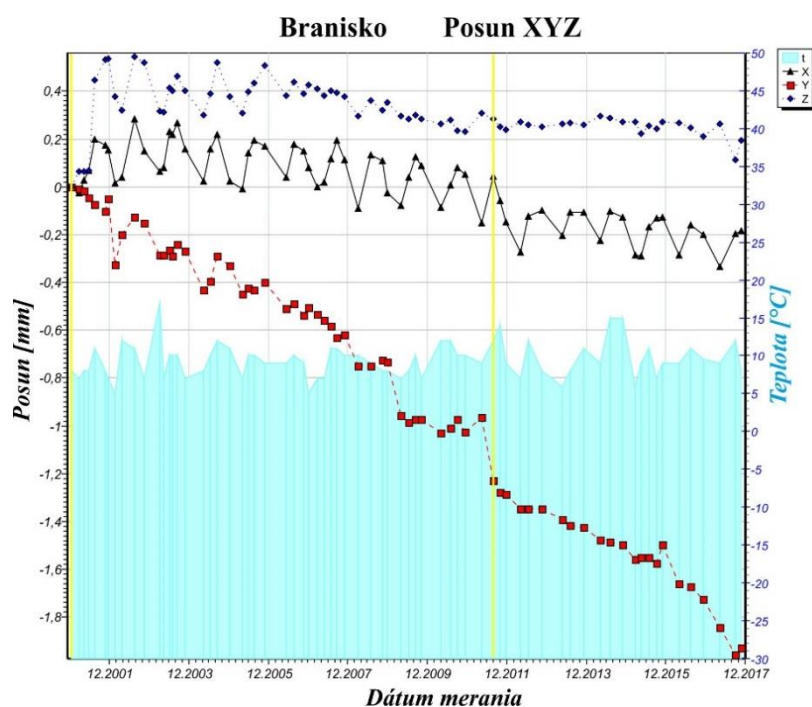
Obr. 34 Mechanicko-optický dilatometer typu TM-71

Dilatometrami typu *TM-71* sa v roku 2017 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 9x – Vyhne, 3x – Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Banská Hodruša-Hámre a Ipeľ a 9x – Dobrá Voda. Odčítanie údajov na lokalite Dobrá Voda bolo aj v roku 2017 zabezpečované českými kolegami z ÚSMH AV ČR. Treba uviesť, že 4 merania ročne sa pre daný typ prístroja považujú za minimálne kvôli dostatočne presnej interpretácii výsledkov vzhľadom na sezónnu dilatáciu masívu a koreláciu výsledkov so seizmickými udalosťami. Z tohto dôvodu by bolo vhodné plánovať v budúcnosti na všetkých lokalitách najmenej 4 merania ročne.

3.3 Výsledky monitorovania

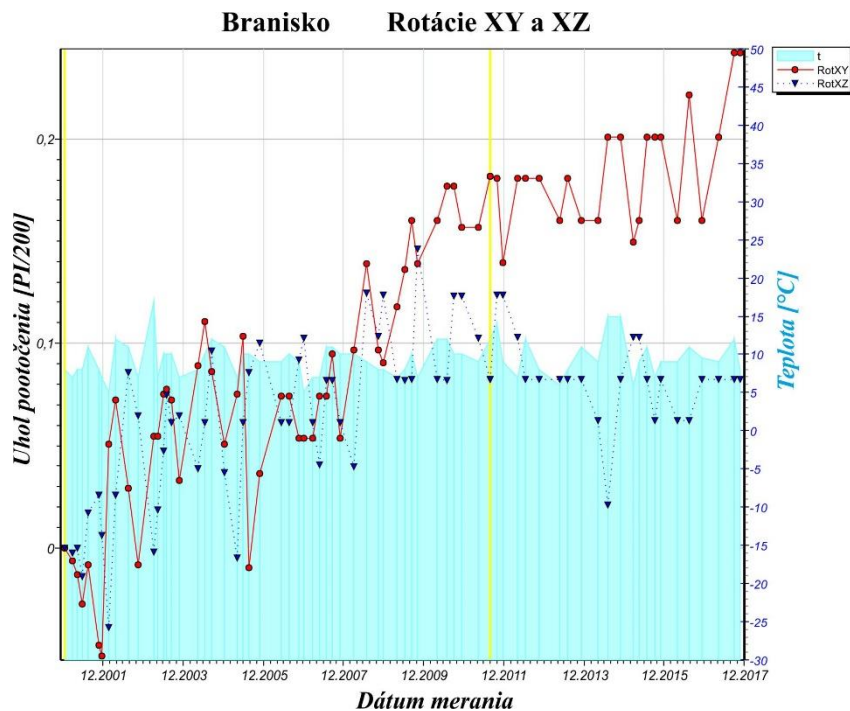
Branisko

Výsledky meraní potvrdili aj v roku 2017 pretrvávajúci a zreteľný trend narastania šmykového pohybu pozdĺž šindliarskeho zlomu (v smere osi *y*). Berúc do úvahy vzájomnú priestorovú orientáciu dilatometra a monitorovaného zlomu je tento pohyb interpretovaný ako pravostranný. Jeho celková hodnota dosiahla v novembri hodnotu 1,929 mm (obr. 35). Oproti roku 2016 narástol posun o 0,203 mm. Pohyb je progresívny a jeho priemerná rýchlosť je $0,113 \text{ mm.rok}^{-1}$. 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. Celkové otvorenie na konci roku 2017 dosiahlo 0,183 mm.



Obr. 35 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi *x*, *y*, *z*) zaznamenaný dilatometrom *TM-71* za obdobie rokov 2000 – 2017.

V porovnaní s rokom 2016 sa posun zväčšil o 0,018 mm. Pokles (os z) východného bloku (hanging wall) v roku 2017 narástol o 0,036 mm na celkových 0,195 mm. Kým trend rotačného pohybu v rovine XY je zrejмый, v rovine XZ pohyb od roku 2007 stagnuje (obr. 36). V oboch prípadoch ide o zanedbateľné hodnoty (do 0,24 gr). Rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, t. j. na JJZ.



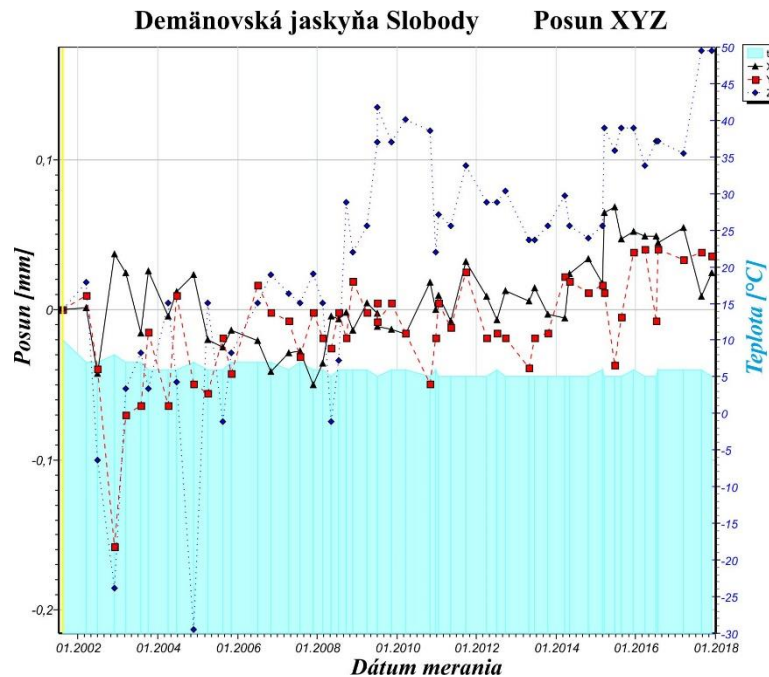
Obr. 36 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2017.

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 bude NDS okamžite poskytnutá príslušná informácia.

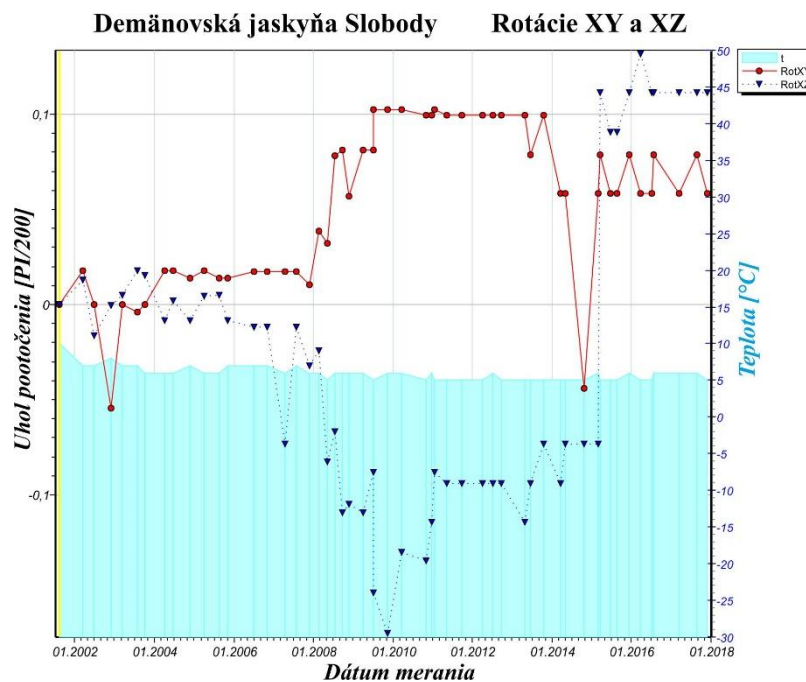
Demänovská jaskyňa Slobody

Od inštalácie dilatometra (august 2001) na zlome SZ-JV smeru je zrejмая mierna pohybová aktivita pozdĺž všetkých troch osí x , y a z (obr. 37). 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 2015 sa opäť zmenil trend pohybu oproti obdobiu 2010 – 2014. Pokles v roku 2016 stagnoval. Celkový pokles koncom roka 2017 dosiahol 0,172 mm. Z dlhodobého hľadiska ide o typické oscilácie v pohybovej aktivite (roky 2008, 2011). Otváranie trhliny (posun v smere osi x) aj šmykový pohyb pozdĺž zlomovej po-

ruchy (os y) v roku 2016 stagnovali, v roku 2017 narástli o 0,021 a 0,004 mm. Z dlhodobého hľadiska je trend nárastu pohybu pozdĺž oboch osí napriek malým hodnotám zrejмый. Šmykový pohyb sa interpretuje ako pravostranný. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné (obr. 38). V priestore indikujú rotácie pravotočivý pohyb východného bloku.



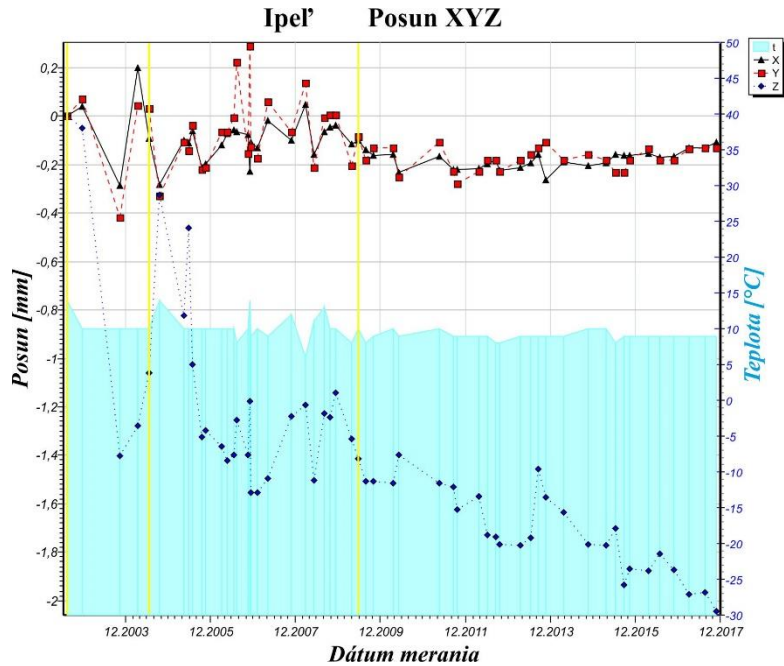
Obr. 37 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi x, y a z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody za obdobie rokov 2001 – 2017.



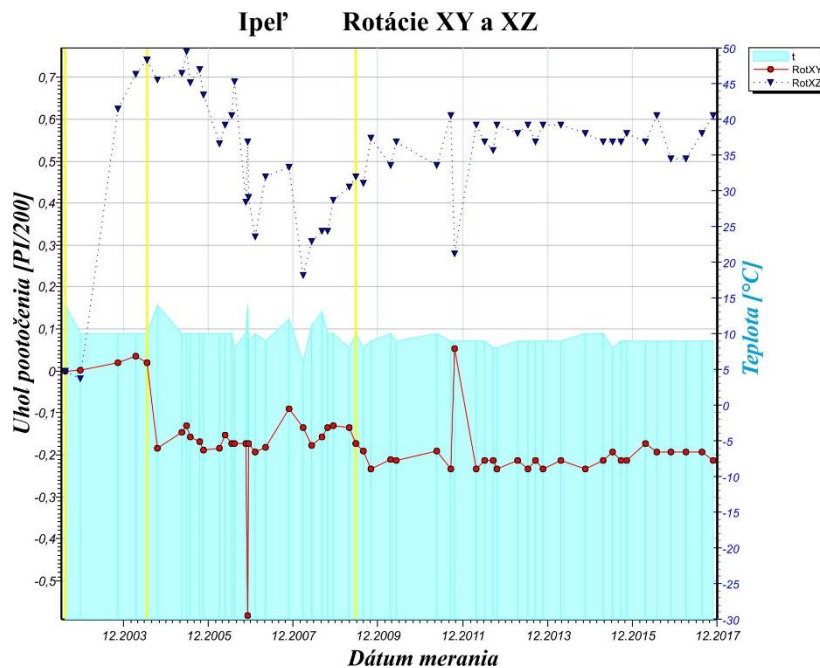
Obr. 38 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2017.

Ipeľ

Trend dlhodobého pomalého poklesávania JV bloku je zreteľný (obr. 39). V roku 2017 dosiahol celkový pokles hodnotu 2,044 mm, čo predstavuje nárast oproti roku 2016 o 0,172 mm. Pomalý šmykový pohyb pozdĺž zlomu (os y), ako aj otváranie trhliny (os x) stagnujú od konca roku 2009.



Obr. 39 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi x , y , z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štólňi Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2017.

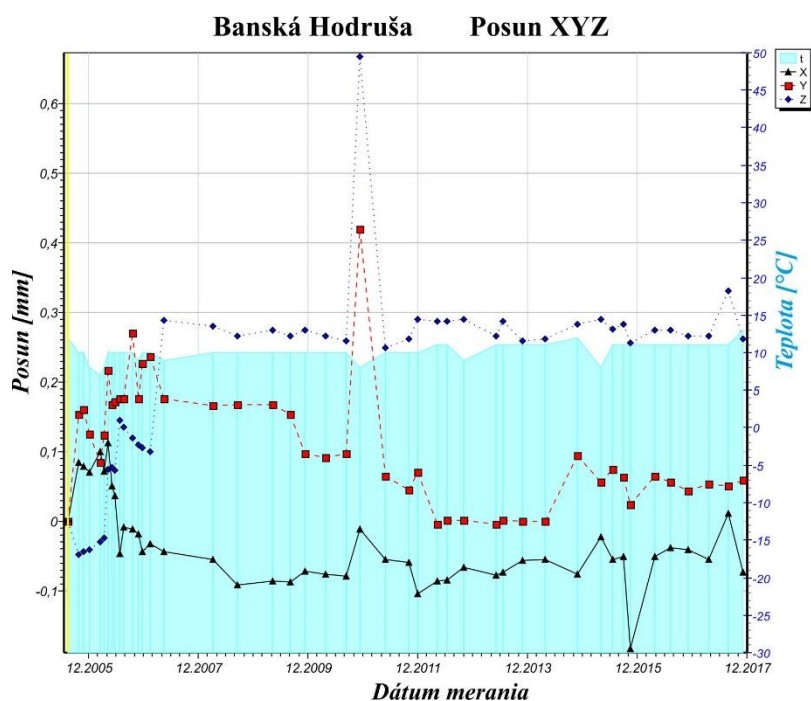


Obr. 40 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štólňi Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2017.

Celkové doterajšie posuny pozdĺž týchto osí sa pohybujú okolo 0,2 mm. Rotácie blokov v rovinách XY a XZ sú zanedbateľné (obr. 40).

Banská Hodruša – Hámre

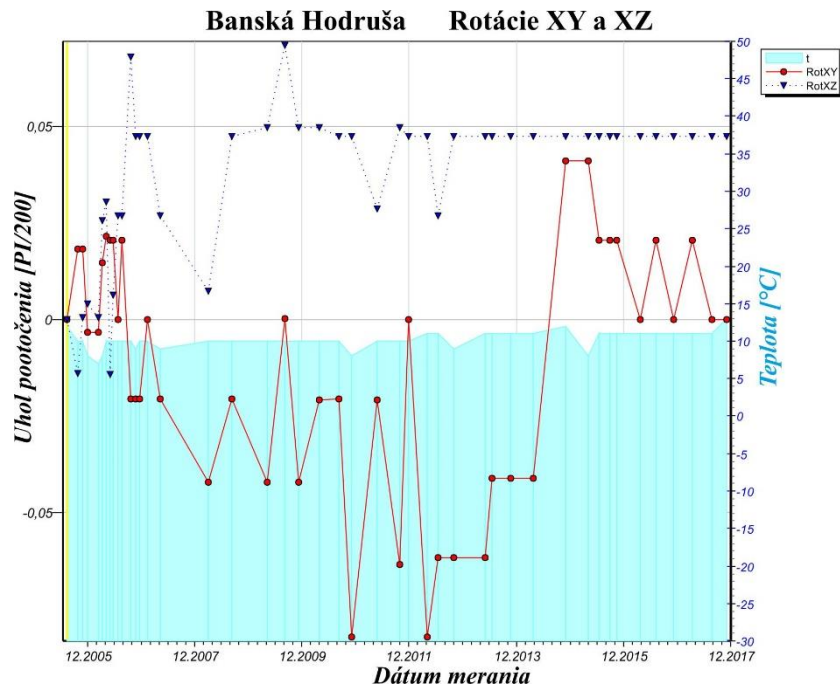
Merania mikroposunov na danej lokalite nepreukázali ani v roku 2017 žiadny významnejší pohyb blokov (obr. 41). Dlhodobá stagnácia v smere všetkých troch osí pretrváva od roku 2011. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zanedbateľné (obr. 42).



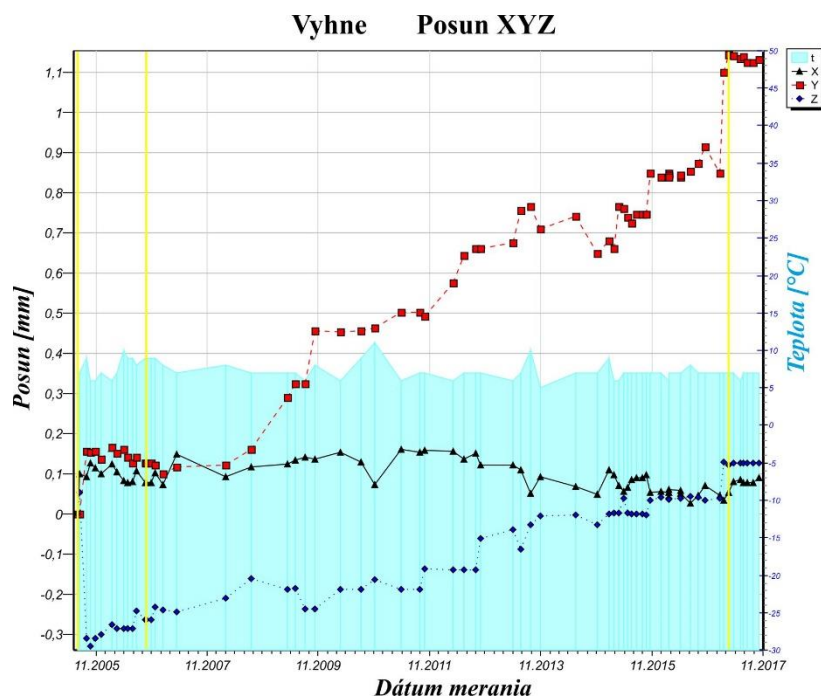
Obr. 41 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x , y , z) zistený dilatometrom TM-71 v štólňi Všetehsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša – Hámre za obdobie rokov 2005 – 2017.

Vyhne

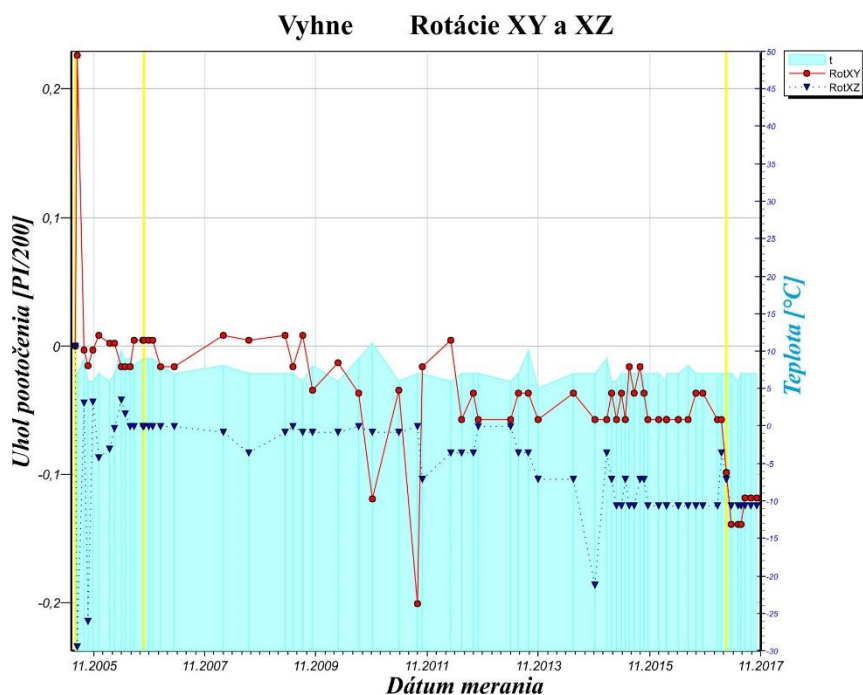
V roku 2017 sa opäť potvrdil trend narastania ľavostranného šmykového pohybu (os y), t. j. pohybu pozdĺž zlomovej poruchy a poklesu jedného z blokov (obr. 43). Celkový šmykový posun dosiahol 1,132 mm, čo predstavuje nárast oproti roku 2016 o 0,217 mm. Priemerná rýchlosť posunu za rok je 0,081 mm. Poklesávanie (os z) jedného z blokov v roku 2016 bolo minimálne (0,002 mm), v roku 2017 dosiahlo 0,091 mm. Aj v roku 2017 pokračovala stagnácia otvárania trhliny (os x). Hodnota celkového otvorenia dosiahla 0,092 mm. Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách (XY a XZ) sú bezvýznamné (obr. 44).



Obr. 42 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zistené dilatometrom TM-71 v štôlni Všetehsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša-Hámre za obdobie rokov 2005 – 2017.



Obr. 43 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 – 2017.



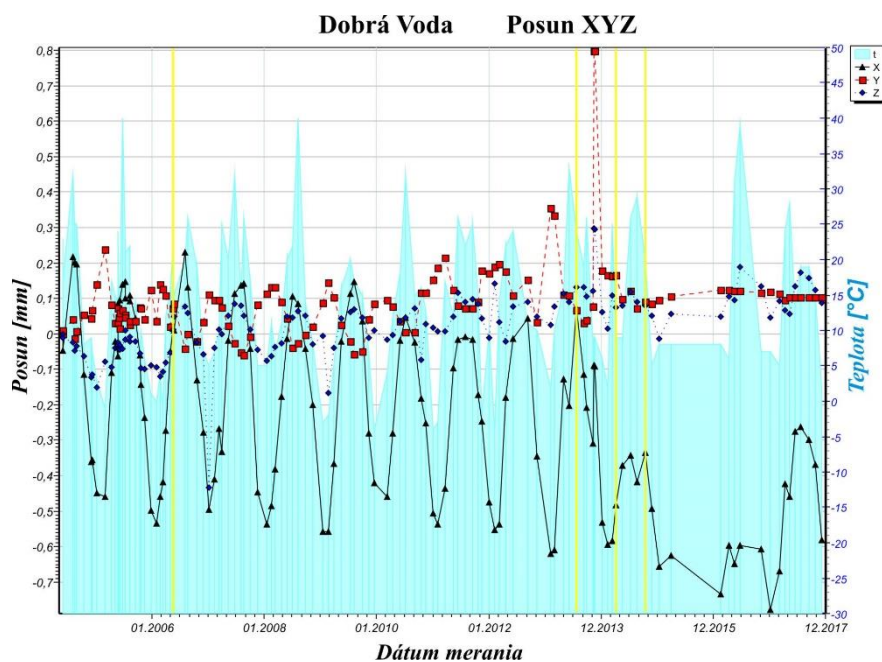
Obr. 44 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štólňi sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2017.

Dobrá Voda

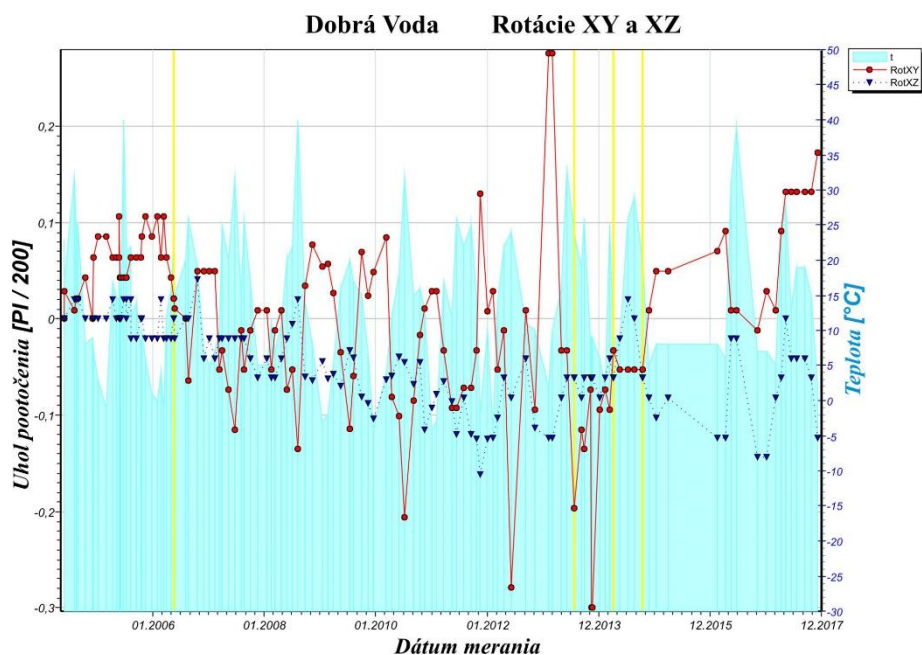
Aj v roku 2017 pokračovala na tejto lokalite spolupráca s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR v Prahe. Českí kolegovia uskutočnili 9 odčítaní hodnôt nameraných dilatometrom TM-71. Z interpretácie poskytnutých údajov je zrejmé, že po stagnácii v roku 2015 pokračoval dlhodobý trend poklesu (os z) jedného z monitorovaných blokov. Pokles sa v roku 2016 zvýšil o 0,085 mm na celkových 0,135 mm. Otváranie trhliny (os x) v roku 2016 a 2017 nabralo opačný trend v dôsledku oscilácií vyvolaných sezónnymi výkyvmi teplôt. Dlhodobý trend narastania šmykového posunu pozdĺž zlomu (os y) sa od konca roku 2014 neprejavuje, keďže namerané hodnoty stagnujú približne na celkovej hodnote 0,1 mm (obr. 45).

Z grafu rotácií (obr. 46) 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 na konci roka 2012 veľmi dobre korešponduje so slabým zemetrasením ($M = 1,6$) zaznamenaným 18. 11. 2012 pri Chtelnici. Jeho epicentrum bolo iba pár kilometrov na SZ od obce, teda v smere k Dobrej Vode.

Výsledky meraní posunov a súvislosť so seizmickou aktivitou územia do roku 2010 v celej oblasti Malých Karpát boli sumarizované v publikáciách Briestenský et al. 2007 a 2010.



Obr. 45 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x , y , z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2017.



Obr. 46 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2017.

3.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, resp. v roku 2017 dilatometrami typu TM-71 možno zhrnúť do nasledovných bodov:

1. Na väčšine lokalít sa v roku 2017 prejavili recentné tektonické pohyby, avšak rôznej inten-

zity. Najvýraznejší pohyb bol zaznamenaný na lokalitách Vyhne a Branisko. Menšie posuny boli zistené na lokalitách Ipeľ, Demänová a Dobrá Voda. Na lokalite Banská Hodruša – Hámre pretrváva od roku 2015 stagnácia pohybu vo všetkých troch osiach.

2. Výsledky monitoringu majú veľký praktický význam z hľadiska stability najmä na lokalitách Ipeľ (plánovaná výstavba prečerpávacej vodnej elektrárne s výkonom cca 700 MW), Branisko (diaľničný tunel v prevádzke) a Demänovská jaskyňa Slobody (národná prírodná pamiatka a jeden z najnavštevovanejších turistických objektov v SR).

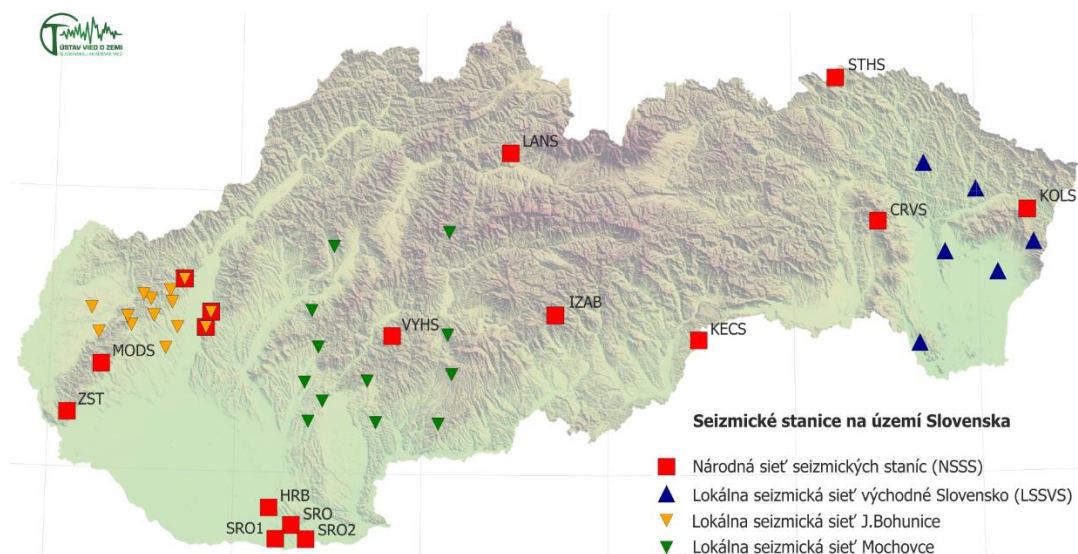
Vzhľadom na uvedenú dôležitosť lokalít navrhujeme s pokračovaním monitorovacích prác aj v roku 2018 a s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

4. Monitorovanie seizmických javov

Seizmické javy na území Slovenskej republiky sú monitorované seizmickými stanicami Národnej siete seizmických staníc (NSSS), ktorej prevádzkovateľom je Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 13 seizmickými stanicami (tab. 2, obr. 47):

Tab. 2 Národná sieť seizmických staníc na území SR (stav v roku 2017)

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



Obr. 47 Seizmické stanice na území Slovenska – stav v roku 2017.

Na seizmických stanicích sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu pôdy. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC) vo Veľkej Británii. Na stanicích 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 v tab. 3.

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2017)

Stanica	ISC kód	Zem. šírka [°N]	Zem. dĺžka [°E]	Nadm. výška [m]	Seizmometer	DAS	Vzorkovacia frekvencia [údaj/sek.]	Registrácia, prenos údajov	Dátový formát
Bratislava Žel. Stud.	ZST	48.196	17.102	250	3x SKD	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48.902	21.461	476	STS-2	Wave24	100		
Vyhne	VYHS	48.493	18.836	450	Gurapl-6T-30s	Wave24	100		
Modra - Piesok	MODS	48.373	17.277	520	STS-2	Wave32	100		
Hurbanovo	HRB	47.873	18.192	115	2x Mainka	Analog	-	začadený papier, off-line	-
Iža	SRO1	47.762	18.238	111	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kečovo	KECS	48.483	20.486	345	Gurapl-40T-1s	Wave24	100		
Kolonické sedlo	KOLS	48.933	22.273	460	STS-2	Wave32	100		
Izabela	IZAB	48.569	19.713	450	3x SM3	Wave24	100		
Liptovská Anna	LANS	49.151	19.468	710	LE3D	SEMS	100		
Moča	SRO2	47.763	18.394	109	Gurapl-40T-1s	Wave24	100		
Stebnicka Huta	STHS	49.417	21.244	534	LE3D	Wave24	100		
Šrobárová	SRO	47.813	18.313	150	3x SKM-3	Wave24	100		

4.1 Dátové a spracovateľské centrum

Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc je v ÚVZ 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 ÚVZ 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 2017 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 10719 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 42200 seizmických fáz.***

Ústav vied o Zemi 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, ÚVZ 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 makroseizmickej 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 2017 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 87 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 ÚVZ 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 ÚVZ SAV.

Výsledné parametre lokalizovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky a zobrazenie geografických polôh epicentier týchto zemetrasení sú v tab. 4 a na obr. 48.

Tab. 4 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR v roku 2017

Deň	Čas (UTC) hh:mm:sec	Geografické súradnice		Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / oblasť
		dĺžka	šírka				
Január							
2	03:00:30.92	48.63 N	17.75 E	1.2	-		Malé Karpaty
16	03:36:39.13	48.50 N	17.45 E	2.5	0.2		Malé Karpaty
21	22:16:21.06	48.36 N	17.08 E	0	1		Malé Karpaty
Február							
12	08:55:25.40	47.74 N	17.79 E	3.3	1.4		Gabčíkovo-Komárno-Štúrov

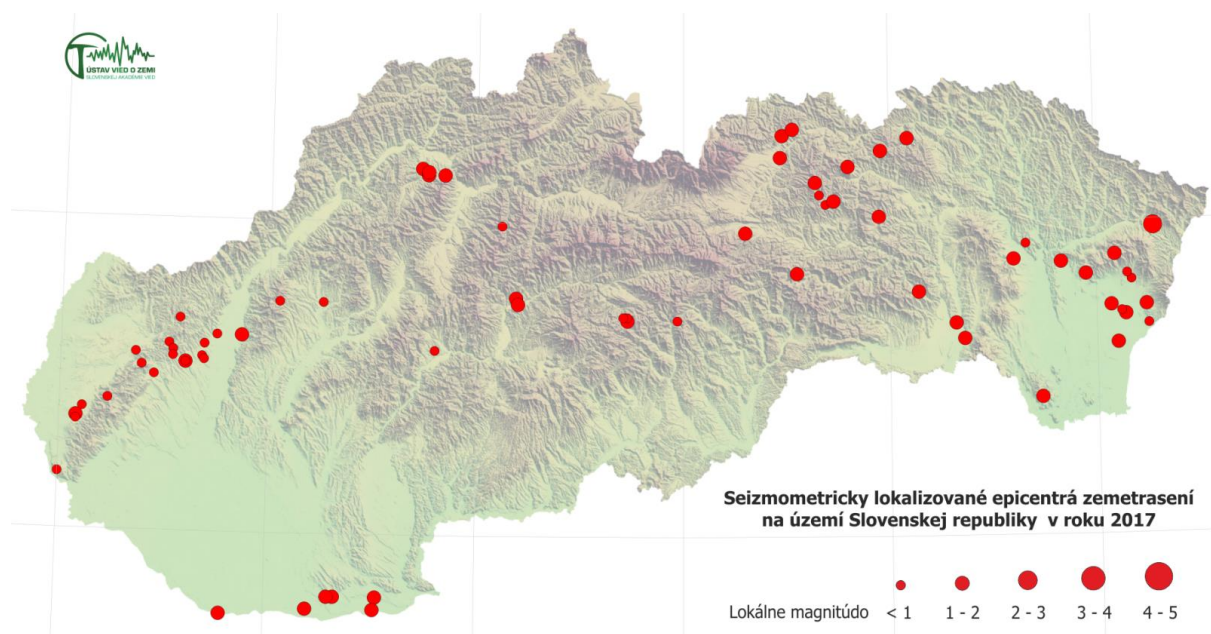
22	11:59:15.95	47.80 N	18.53 E	1.5	1		Gabčíkovo-Komárno-Štúrovo
23	01:35:37.53	49.15 N	18.84 E	0	1.3		oblasť Žiliny
Marec							
1	12:36:27.73	48.89 N	22.09 E	7.9	1.9		Vihorlatské vrchy
3	03:01:36.13	48.60 N	17.52 E	0.1	-		Malé Karpaty
10	01:54:18.61	48.35 N	17.08 E	0	0.8		Malé Karpaty
12	00:08:43.51	48.69 N	19.97 E	2	0.8		Muránska planina
16	11:29:22.88	48.84 N	20.55 E	3.1	1.4		Volovské vrchy
17	11:44:02.90	48.87 N	21.83 E	0	1.3		Vihorlatské vrchy
17	14:53:15.96	49.09 N	20.66 E	0	0.9		Levočské vrchy
25	16:43:52.92	48.54 N	17.60 E	1.4	0.9		Malé Karpaty
25	18:20:31.46	48.54 N	17.60 E	2.4	0.6		Malé Karpaty
25	19:11:39.40	48.54 N	17.60 E	2.6	1.7		Malé Karpaty
Apríl							
15	04:12:26.38	48.76 N	19.19 E	0.1	1.6	3	oblasť Banskej Bystrice
15	04:23:45.82	48.74 N	19.20 E	0	1.4	-	oblasť Banskej Bystrice
24	07:31:54.76	48.88 N	21.60 E	0.2	1		Slanské vrchy
Máj							
3	01:49:27.05	48.73 N	22.24 E	4	1.5		Vihorlatské vrchy
3	06:14:05.40	48.67 N	22.25 E	0	0.4		Vihorlatské vrchy
5	07:45:33.12	48.81 N	22.17 E	4.5	0.8		Vihorlatské vrchy
9	01:28:14.61	48.59 N	18.80 E	2.3	-		Štiavnické vrchy
14	21:50:06.53	47.76 N	18.20 E	4.9	1.4		Gabčíkovo-Komárno-Štúrov
18	10:16:48.78	48.78 N	21.14 E	0	1.3		Volovské vrchy
20	03:43:26.71	48.70 N	19.72 E	0	0.5		Veporské vrchy
26	08:35:03.48	49.13 N	20.64 E	0	1.5		Levočské vrchy
31	11:55:04.23	48.70 N	22.14 E	0	1.3		Východoslovenská rovina
Jún							
4	22:56:31.13	48.71 N	22.12 E	0	0.4		Východoslovenská rovina
5	14:32:21.41	49.23 N	20.96 E	0	1.5		Čergov
6	08:41:54.08	49.21 N	20.47 E	0	1.3		Levočské vrchy
7	10:10:28.05	49.27 N	21.09 E	0	1.6		Čergov
16	05:38:57.73	48.60 N	17.69 E	0	-		Malé Karpaty
16	13:38:20.58	48.98 N	22.28 E	10.8	2.3		Bukovské vrchy
29	15:03:14.18	49.02 N	20.95 E	10	1.6		Šariš
30	23:53:22.30	48.69 N	19.73 E	0	1.4		Veporské vrchy
Júl							
5	15:40:06.99	48.70 N	19.73 E	0	0.9		Veporské vrchy
13	03:25:02.68	48.73 N	22.07 E	7.7	1.6		Východoslovenská rovina
13	07:27:30.99	48.39 N	17.11 E	0	-		Malé Karpaty
29	09:52:45.32	48.53 N	17.39 E	0	0.4		Malé Karpaty
August							
1	08:26:19.57	49.06 N	20.69 E	0	-		Levočské vrchy
7	22:32:55.45	48.99 N	19.12 E	2.2	0.1		Veľká Fatra
21	10:37:34.91	48.63 N	21.36 E	0	1.1		Slanské vrchy
21	10:44:09.68	49.18 N	20.80 E	0	1		Levočské vrchy
September							
4	15:30:13.37	48.61 N	22.10 E	5.2	1.9		Východoslovenská rovina
12	14:58:34.96	49.28 N	20.48 E	0	1.6		Spišská Magura
Október							
6	05:33:26.34	48.56 N	17.68 E	2.2	-		Malé Karpaty
6	05:40:57.99	48.55 N	17.69 E	2.1	0.6		Malé Karpaty
9	08:14:28.58	48.83 N	21.95 E	5.9	1.1		Vihorlatské vrchy
15	04:06:42.66	49.30 N	20.53 E	0	1.2		Spišská Magura
20	00:38:46.76	48.74 N	18.26 E	0	-		Strážov
23	01:04:11.48	48.97 N	20.30 E	0	1.1		Spiš
23	14:42:22.25	48.68 N	21.32 E	0	1.1		Košická kotlina

November

2	11:49:04.77	49.07 N	20.73 E	0	1.6		Levočské vrchy
3	12:48:01.85	48.57 N	17.36 E	0	-		Malé Karpaty
5	22:08:20.58	48.58 N	17.54 E	3.3	0.2		Malé Karpaty
10	07:50:48.82	49.17 N	18.73 E	0	1	-	oblasť Žiliny
12	03:10:01.65	48.68 N	17.57 E	0	0.2		Malé Karpaty
13	23:51:03.04	48.18 N	17.00 E	0	0.8		Malé Karpaty
14	16:22:45.98	49.15 N	18.76 E	2.3	1.5	3	oblasť Žiliny
15	15:34:05.16	48.44 N	21.73 E	0	1.2		Zemplínske vrchy
18	02:37:24.50	48.74 N	18.05 E	0	0.3		Považský Inovec

December

8	10:33:14.35	47.76 N	18.52 E	8.6	1.3		Gabčíkovo-Komárno-Štúrov
10	03:32:54.23	48.70 N	19.71 E	0	0.4		Veporské vrchy
11	08:00:18.94	48.93 N	21.66 E	0.1	0.8		Ondavská vrchovina
11	13:04:56.46	49.16 N	18.76 E	0	1.5		oblasť Žiliny
12	06:53:27.88	48.63 N	17.87 E	1.1	1.4		Považský Inovec
12	13:38:24.22	48.42 N	17.23 E	0	-		Malé Karpaty
12	16:28:32.89	47.80 N	18.33 E	10	1.8	3	Gabčíkovo-Komárno-Štúrov
12	23:05:36.16	47.80 N	18.30 E	0	1.7		Gabčíkovo-Komárno-Štúrov
21	01:47:51.83	48.56 N	17.54 E	2.3	0.4		Malé Karpaty
25	16:49:43.96	48.54 N	17.60 E	2.6	0.2		Malé Karpaty
30	22:38:01.82	48.83 N	22.15 E	6.6	0.1		Vihorlatské vrchy



Obr. 48 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2017.

4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2017 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných a seizmometricky lokalizovaných 5 zemetrasení.

Dňa **15. 4. 2017** boli makroseizmicky pozorované 2 zemetrasenia s epicentrom v oblasti Banskej Bystrice.

Zemetrasenie dňa **15. 4. 2017** o **04:12 UTC** bolo zaznamenané 5 seizmickými stanicami NSSS (KECS, LANS, MODS, SRO, VYHS). Na základe záznamov zo seizmických staníc

bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,6$. Toto zemetrasenie bolo pocítené na 2 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 5 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v tab. 5. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 3^\circ$ EMS-98. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom Seismic-Handler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Banskej Bystrice. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 15. 4. 2017
čas vzniku [UTC]	..... 04:12:26,38
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,76° N
zemepisná dĺžka	..... 19,19° E
hĺbka ohniska	..... 0,1 km
lokálne magnitúdo	..... 1,6

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie z 15. 4. 2017 o 04:12 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Banská Bystrica	48,733	19,143	4	3
Selce	48,764	19,207	1	pozorované

Zemetrasenie dňa **15. 4. 2017 o 04:23 UTC** bolo zaznamenané 5 seizmickými stanicami NSSS (KECS, LANS, MODS, SRO, VYHS). Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,4$. Toto zemetrasenie bolo pocítené na 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 1 makroseizmické pozorovanie. Súradnice sú uvedené v tab. 6. Pre nedostatok makroseizmických údajov nebolo možné určiť epicentrálnu intenzitu zemetrasenia I_0 . Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Banskej Bystrice. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 15. 4. 2017
čas vzniku [UTC]	..... 04:23:45,82
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,74° N
zemepisná dĺžka	..... 19,20° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,4

Tab. 6 Makroseizmické pozorovanie pre zemetrasenie z 15. 4. 2017 o 04:23 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Banská Bystrica	48,733	19,143	1	pozorované

Zemetrasenie dňa **10. 11. 2017** o **07:50 UTC** bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS (KECS, LANS, VYHS). Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,0$. Toto zemetrasenie bolo citelné na 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV 1 makroseizmické pozorovanie. Súradnice sú uvedené v tab. 7. Pre nedostatok makroseizmických údajov nebolo možné určiť epicentrálnu intenzitu zemetrasenia I_0 . Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Žiliny. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 10. 11. 2017
čas vzniku [UTC]	..... 07:50:48,82
epicentrum: zemepisná šírka	..... 49,17° N
zemepisná dĺžka	..... 18,73° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,0

Tab. 7 Makroseizmické pozorovanie pre zemetrasenie z 10. 11. 2017 o 07:50 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Turie	49,149	18,753	1	pozorované

Zemetrasenie dňa **14. 11. 2017** o **16:22 UTC** bolo zaznamenané 3 seizmickými stanicami NSSS (KECS, LANS, VYHS). Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,5$. Zemetrasenie bolo cítiť na 6 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 27 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v tab. 8. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 3^\circ$ EMS-98. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Žiliny. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 14. 11. 2017
čas vzniku [UTC]	..... 16:22:45,98
epicentrum: zemepisná šírka	..... 49,15° N
zemepisná dĺžka	..... 18,76° E
hĺbka ohniska	..... 2,3 km
lokálne magnitúdo	..... 1,5

Zemetrasenie dňa **12. 12. 2017** o **16:28 UTC** bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS (MODS, SRO, VYHS, ZST). Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,8$. Zemetrasenie bolo cítiť na 1 locali-

te na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 7 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v tab. 9. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 3^\circ$ EMS-98.

Tab. 8 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie z 14. 11. 2017 o 16:22 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Turie	49,149	18,753	21	3
Porúbka	49,154	18,725	2	3
Poluvsie	49,121	18,697	1	3
Bytčica	49,178	18,739	1	pozorované
Lietava	49,170	18,673	1	pozorované
Lietavská Svinná	49,152	18,675	1	pozorované

Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v zdrojovej zóne Gabčíkovo-Komárno-Štúrovo.

Seiz-mometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 12. 12. 2017
čas vzniku [UTC]	..... 16:28:32,89
epicentrum: zemepisná šírka	..... 47,80° N
zemepisná dĺžka	..... 18,33° E
hĺbka ohniska	..... 10,0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,8

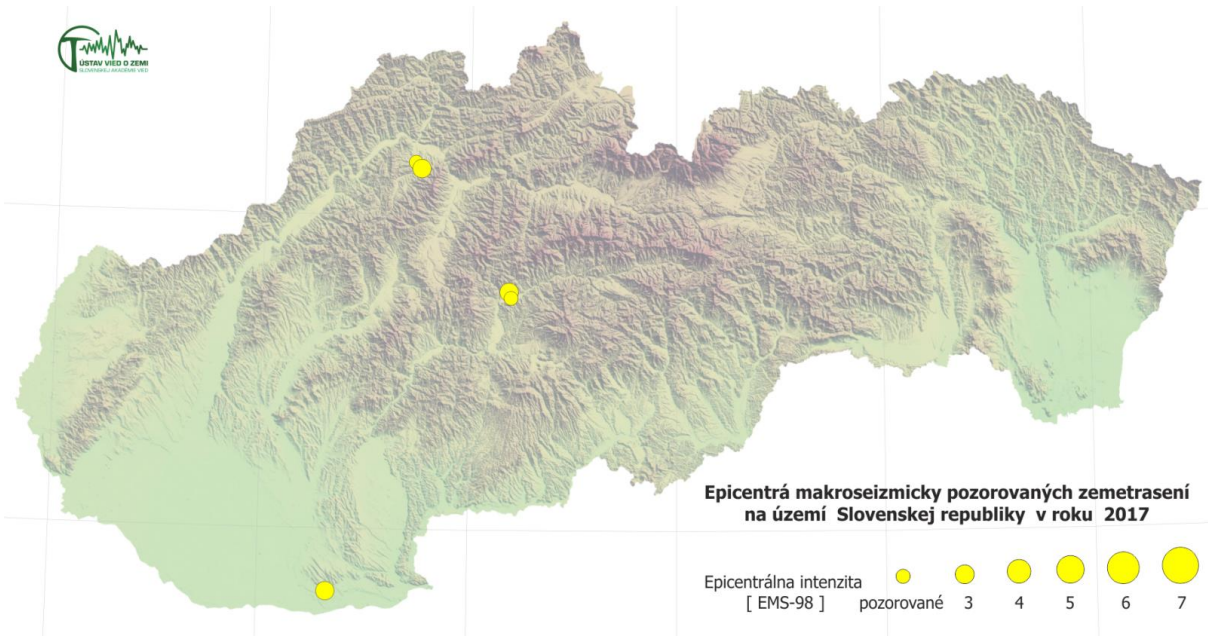
Tab. 9 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie z 12. 12. 2017 o 16:28 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Marcelová	47.792	18.283	7	3

Prehľad makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2017 a ich hlavné parametre sú uvedené v tab. 10, distribúcia v obr. 49.

Tab. 10 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky v roku 2017

DÁTUM			ČAS [UTC]			HYPOCENTRUM			M_L	I_0	LOKALITA
rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2017	04	15	04	12	26,4	48,76	19,19	0,1	1,6	3	Banská Bystrica
2017	04	15	04	23	45,8	48,74	19,20	0	1,4	-	Banská Bystrica
2017	11	10	07	50	48,8	49,17	18,73	0	1,0	-	Žilina
2017	11	14	16	22	45,9	49,15	18,76	2,3	1,5	3	Žilina
2017	12	12	16	28	32,9	47,80	18,33	10,0	1,8	3	Komárno



Obr. 49 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území SR v roku 2017.

5. Literatúra

- Avramova-Tacheva, E., Vrablyansky, 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).
- Bella, P., 2016: Jaskyne na Slovensku – genetické typy a morfológia. *Speleologia Slovaca*, 6, s. 15. Vyd. VERBUM – Katolícka univerzita Ružomberok.
- 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.
- Borre, K., Cacoń, S., Cello, G., Kontny, B., Kostak, 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, Ľ., 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, Ľ., 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.*, 7, 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.
- 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.*, 160(1-3), 78–82.
- Briestenský, M., Hochmuth, Z., Littva, J., Hók, J., Dobrovič, R., Stemberk, J., Petro, Ľ. & Bella, P., 2018: Present-day stress orientation and tectonic pulses registered in the caves of the Slovenský kras Mts. (south-eastern Slovakia). *Acta Geodyn. Geomater.*, 15, 2(190), 93–103.
- Drakatos, G., Petro, Ľ., Ganas, A., Melis, N., Košťák, B., Kontny, B., Cacoń, 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 horizontálnych pohybových tendencií na východnom Slovensku. *Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment*, 12, 9–22 (in Czech with English Abstract).

- Gosar, A., Šebela, S., Košťák, B. & Stemberk, J., 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, 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*.
- Kontny, B., Cacoń, 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.
- Košťák, B., 1998: Evidence of active tectonic movements in the Krušné Hory Mts. (NW Bohemia). *Journal of the Czech Geological Society*, 43, 287–297.
- Košťák, 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., Vilimek, 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., Baňacký, V., Pristaš, J., Janočko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000. *Vyd. MŽP SR a Geologická služba SR, Bratislava*.
- Mojžeš, M. et al., 2015: Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska. *Zborník príspevkov na medzinárodnom sympóziu Geodetické základy a geodynamika 2015*, Kočovce, ISBN 978-80-227-4466-9.
- Nemčok, M., Konečný, P. & Lexa, O., 2000: Calculations of tectonic, magmatic and residual stress in the Štiavnica 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, L., Košťák, B., Polaščinová, E., & Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybov v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca*, 31, 549–554 (in Slovak with English summary).
- Petro, L., 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., Janočko, 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.

- Stemberk, J., Briestenský, M., Cacoň, S., 2015: The recognition of transient compressional fault slow-slip along the northern shore of Hornsund Fjord, SW Spitsbergen, Svalbard. *Polish Polar Research*, 2, 36, 109-123.
- 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.

Internetové zdroje:

EPN – <http://www.epncb.oma.be/networkdata/stationmaps.php>.

EPN – <http://www.epncb.oma.be/productsservices/timeseries/>

EPN – <http://www.epncb.oma.be/productsservices/coordinates/>

EPN –

http://www.epncb.oma.be/productsservices/coordinates/pdf/ETRF_Monitoring_Firenze_Brockmann.pdf