

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 02

Tektonická a seizmická aktivita územia

Správa za rok 2020

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

Číslo geologickej úlohy: **207**

Zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy: **RNDr. Peter Ondrus**

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

Spoluriešitelia: **Ing. Juraj Papčo, PhD., RNDr. Andrej Cipciar, Mgr. Kristián Csicsay, PhD., Mgr. Marián Stercz, Mgr. Daniel Grega, Ing. Martin Eged, Ing. Martin Bednarik, PhD., Mgr. Miloš Briestenský, PhD., doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.**

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

Štatutárny zástupca zhotoviteľa geologických prác: **RNDr. Igor Slaninka, PhD.**
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

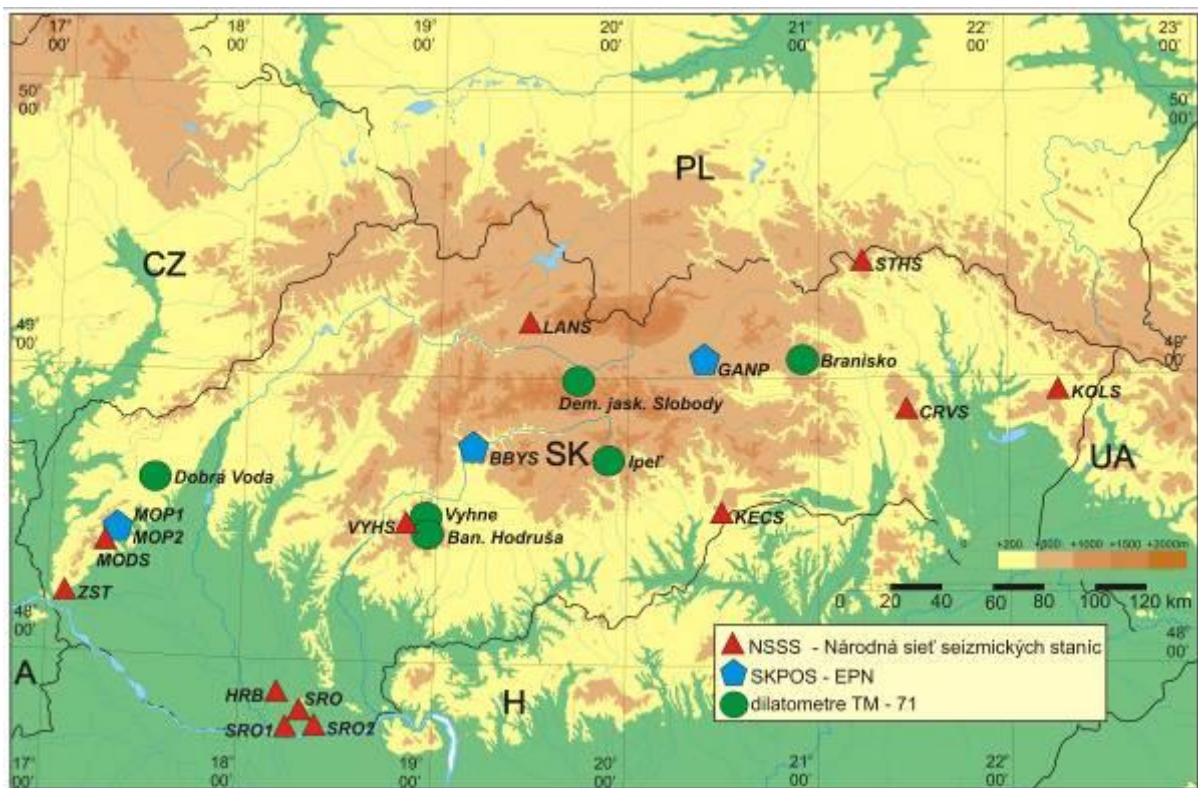
Bratislava október 2021

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Pohyby povrchu územia	1
2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN...5	
3. Pohyby pozdĺž zlomov	21
3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete	21
3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	25
3.3 Výsledky monitorovania	25
3.4 Diskusia.....	34
4. Monitorovanie seizmických javov	34
4.1 Dátové a spracovateľské centrum	35
4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky.....	37
4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	37
5. Literatúra	50

1. Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (obr. 1) boli v roku 2020 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 vybraných lokalitách pomocou dilatometrov typu *TM-71* (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Košice). Seizmickú aktivitu územia Slovenska zhodnotil Geofyzikálny odbor Ústavu vied o Zemi Slovenskej akadémie vied (ÚVZ SAV) na základe meraní za rok 2020.



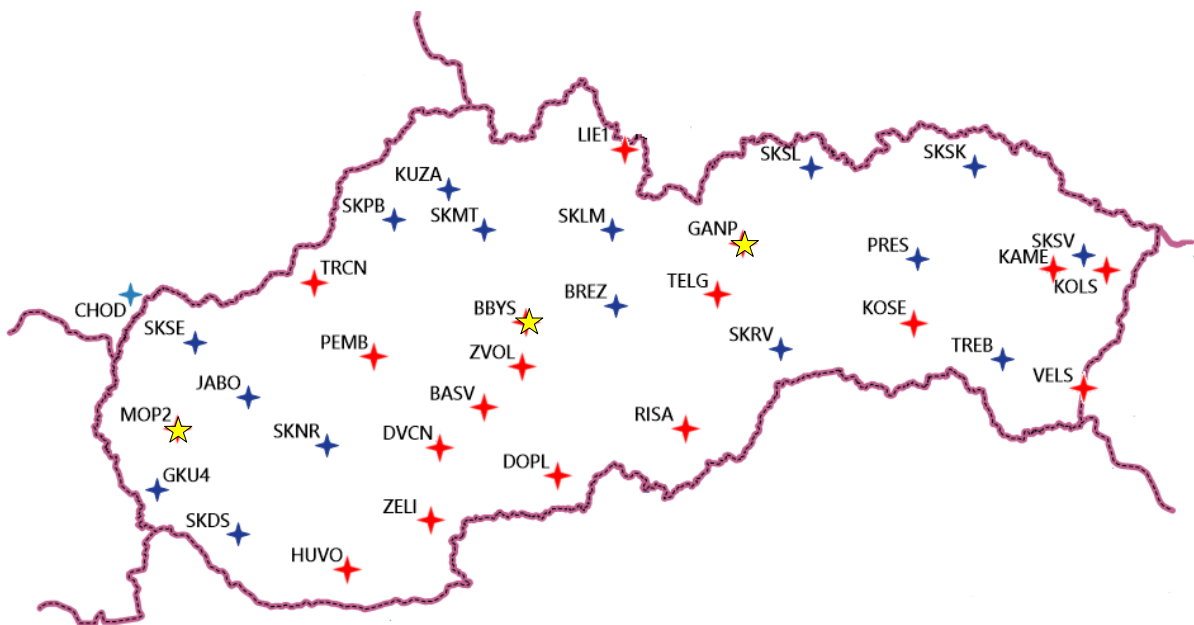
Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystém 02 Tektonická a seizmická aktivita územia

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 2020 využívali údaje z systémov NAVSTAR GPS a GLONASS a do spracovania bol zahrnutý aj systém GALILEO. SKPOS v súčasnosti tvorí sieť 34 geodetických bodov, referenčných staníc GNSS, realizujúcich geodetický referenčný systém ETRS89 na Slovensku. ETRS89 – 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 (EU-REF) pri Medzinárodnej federácii geodetov (FIG) Európskou úniou a direktívach INSPIRE. STU a GKÚ (SKPOS) poskytuje 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 (žltá farba) a SKPOS na území Slovenska (GKÚ 2020)

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).

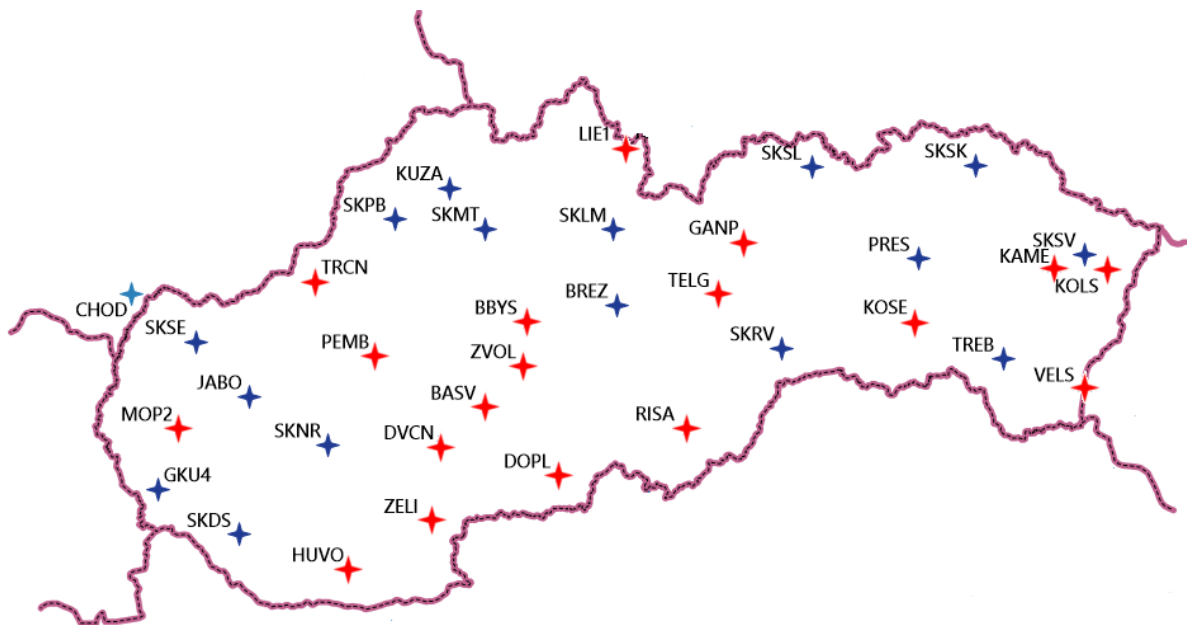
Prvoradou úlohou SKPOS je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému *ETRS89* pre subjekty využívajúce technológiu *GNSS*. Merané údaje *GNSS* z bodov špeciálne stabilizovaných je možné využiť aj na geodynamický monitoring.

Rozmiestnenie a vybudovanie bodov bolo realizované najmä na dosiahnutie požadovanej presnosti pri geodetických meraniach na mapovacie a katastrálne geodetické činnosti. 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 2020 už 18 bodov (obr. 3) stabilizovaných spôsobom umožňujúcim merané údaje využiť aj pre výskum (monitoring) prejavov geodynamiky na povrchu Zeme. Do siete je zaradených 13 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 2020 boli realizované prípravné práce na vybudovanie ďalšieho špecializovaného geodetického bodu s hĺbkovou pilierovou stabilizáciou v lokalite Vranov nad Topľou, ktorý bude pravdepodobne zaradený do operačnej činnosti v roku 2021. V roku 2020 sa pokračovalo v budovaní ďalších kolokačných staníc integrujúcich technológiu *GNSS* spolu s inovatívnou družicovou radarovou interferometriou pomocou pasívneho kútového odražača alebo aktívneho radarového transpondera <https://gku.geodesy.space/>. Tieto boli vybudované v lokalitách Zvolen a Devičany (Obr. 4a) a aktívne radarové transpondery boli detailne testované na lokalite Jaslovské Bohunice.

Najstarším bodom – stanicou *GNSS* na území Slovenska je *MOPI* (obr. 4b), v 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 v lokalite Gánovce pri Poprade, je spravovaný GKÚ a permanentné observácie sú vykonávané od 16.11.2003 (1245. týždeň GPS). Bod *BBYS* v lokalite Banská Bystrica, ktorý je v správe Topografického ústavu Armády SR pracuje od 4.02.2007 (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 (červená farba) na území Slovenska (GKÚ 2020)



Obr. 4a Kolokačná stanica GNSS a InSAR, ZVOL – vľavo, DVCN - vpravo



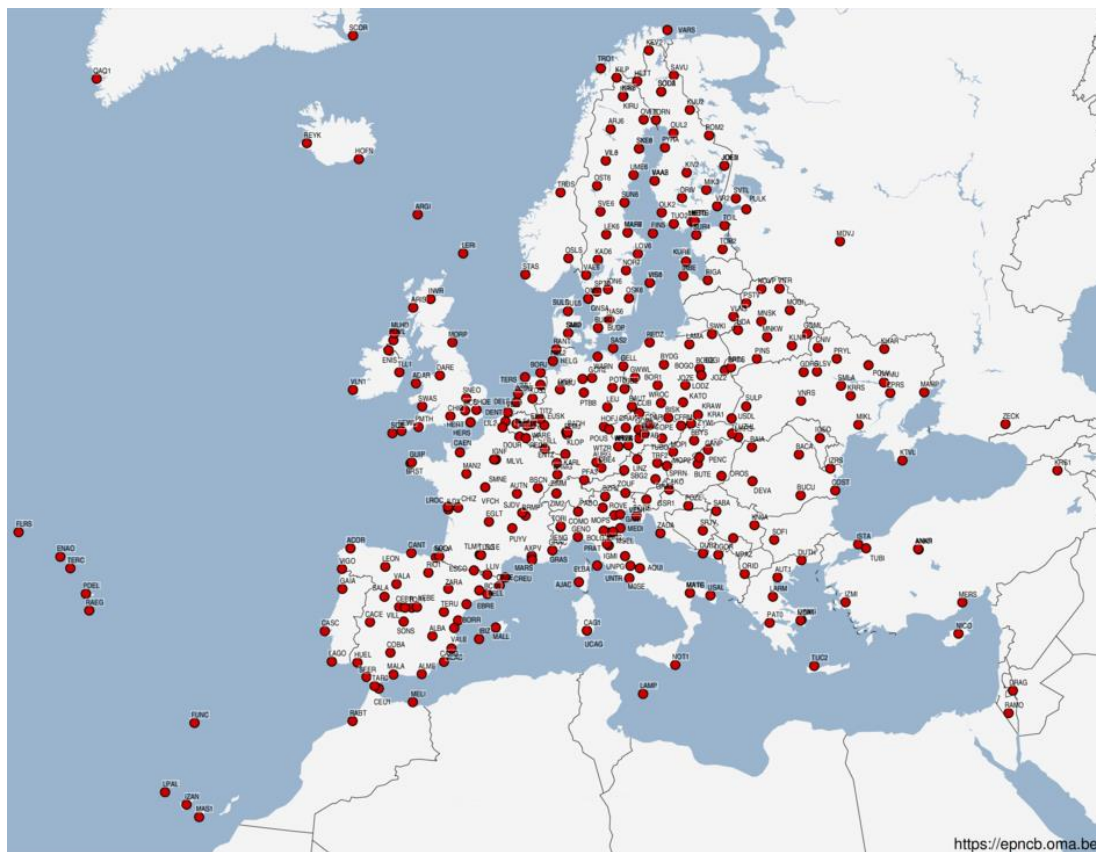
Obr. 4b Body MOPI, MOP2, GANP a BBYS

2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN

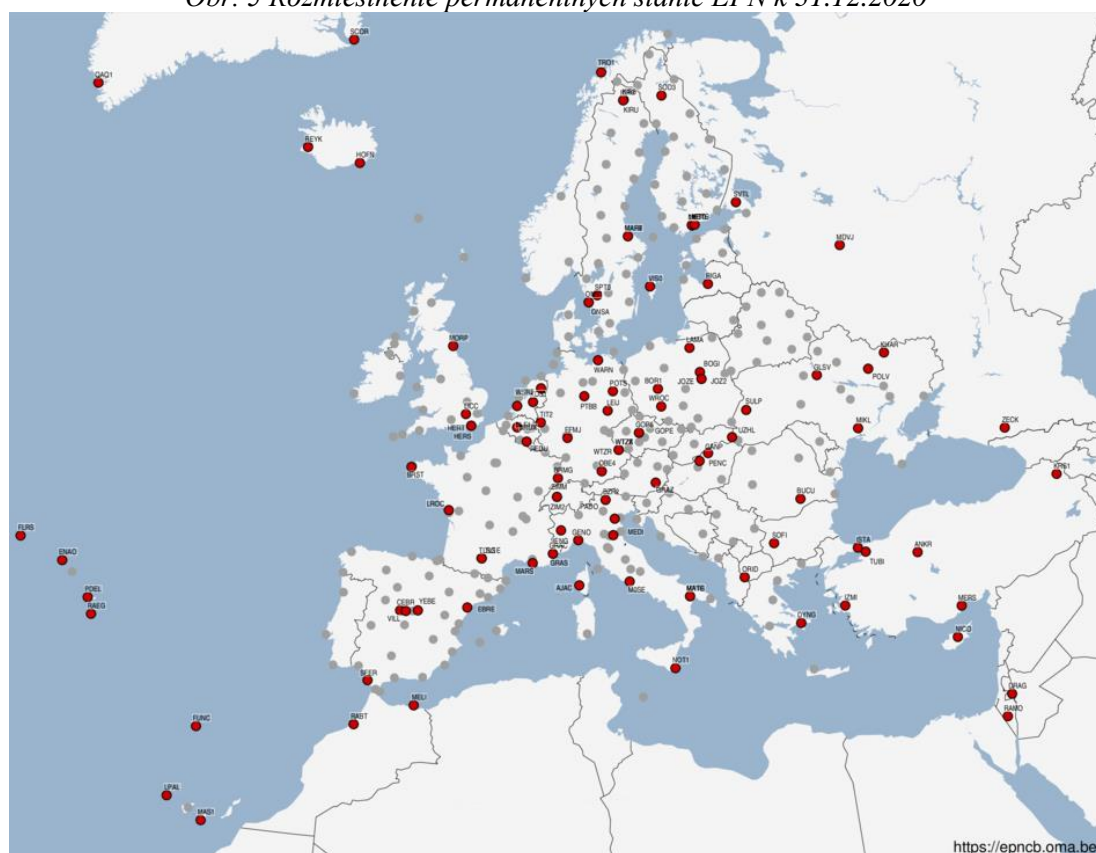
Európska sieť permanentných staníc *GNSS* dnes spracováva údaje z cca 280 staníc *GNSS*. Na obr. 5 je schéma rozmiestnenia staníc *EPN* z európskej časti, z ktorých viaceré sú zaradené i do svetovej siete (http://www.epncb.oma.be/_networkdata/stationmaps.php) permanentných staníc *IGS* (obr. 6).

Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body *EPN* vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec – *ITRF2014 (IGS14)*, Európsky terestrický referenčný 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 až 10, resp. detailne pre rok 2020 na obr. 11 až 14. Na obr. 15 až 18 sú grafy pohybu bodov v globálnom priestorovom systéme *ITRS*, realizácia *ITRF2014 (IGS14)*. Na obr. 19 až 22 sú grafy pohybu bodov v Európskom terestrickom referenčnom systéme *ETRS89*, realizácia *ETRF2014*, resp. na obr. 23 až 26 sú znázornené detaily pre rok 2020 (http://www.epncb.oma.be/_productservices/coordinates/index.php).

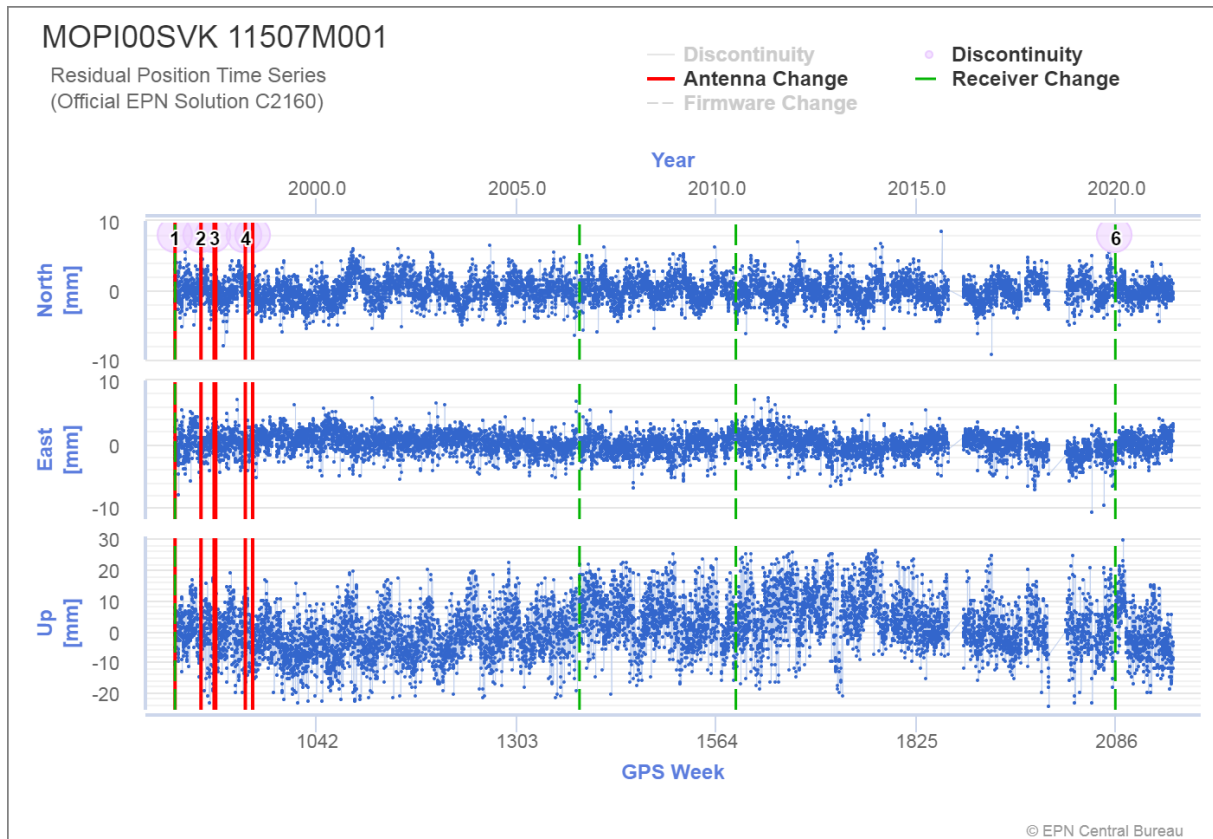
Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené vo forme grafu zmeny polohy bodu – stanice uvedenej v mm, a to v smere sever – juh (North), východ– západ (East) a vo výške (Up). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v týždňoch *GPS*, zvislá os predstavuje v optimalizovanej mierke zmenu bodu v mm. Zobrazované 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).



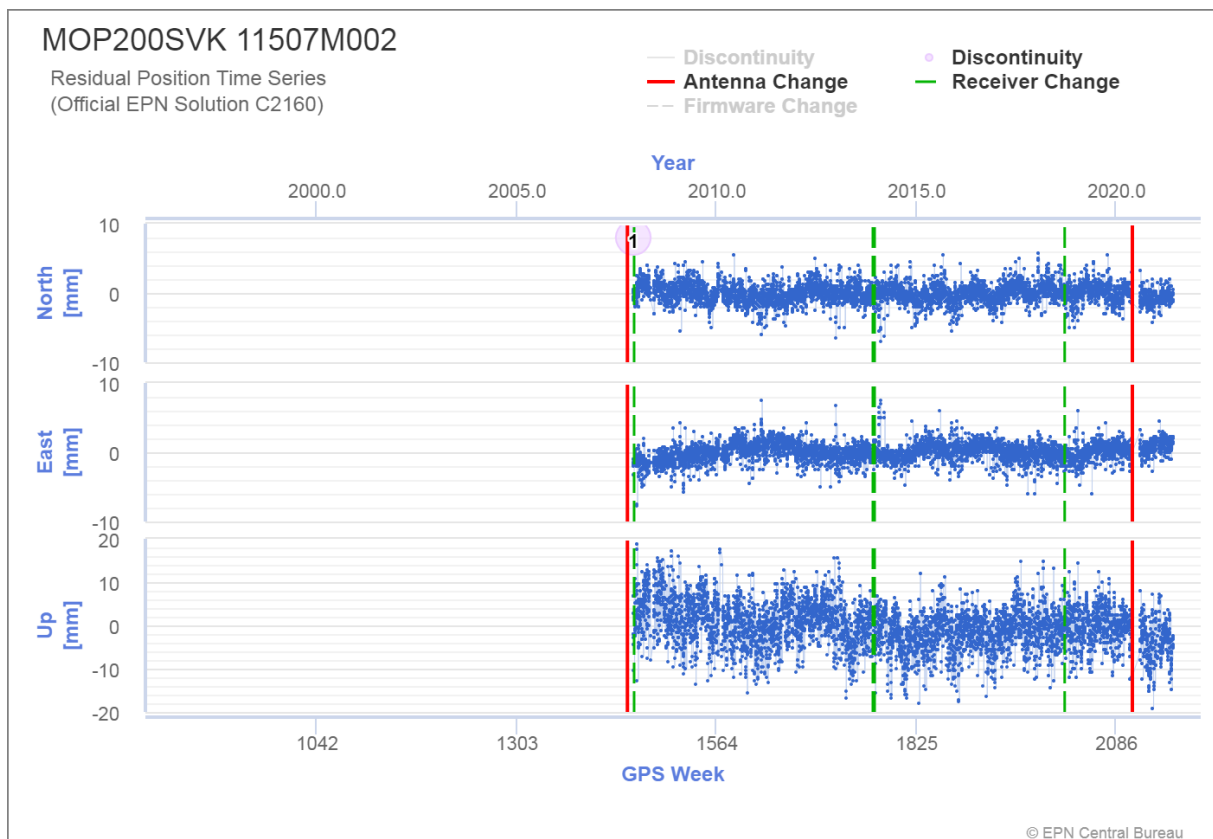
Obr. 5 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2020



Obr. 6 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2020 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS.



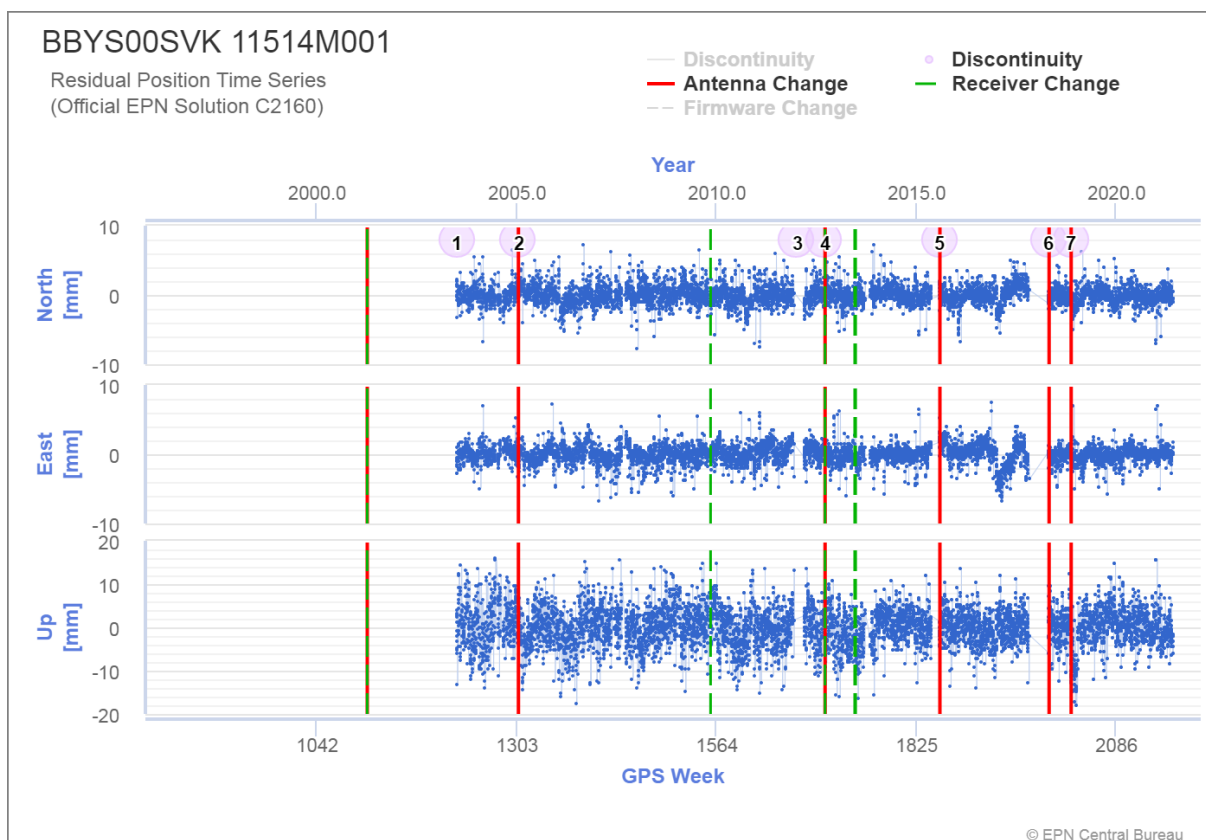
Obr. 7 Znáznornenie pohybu bodu MOPI



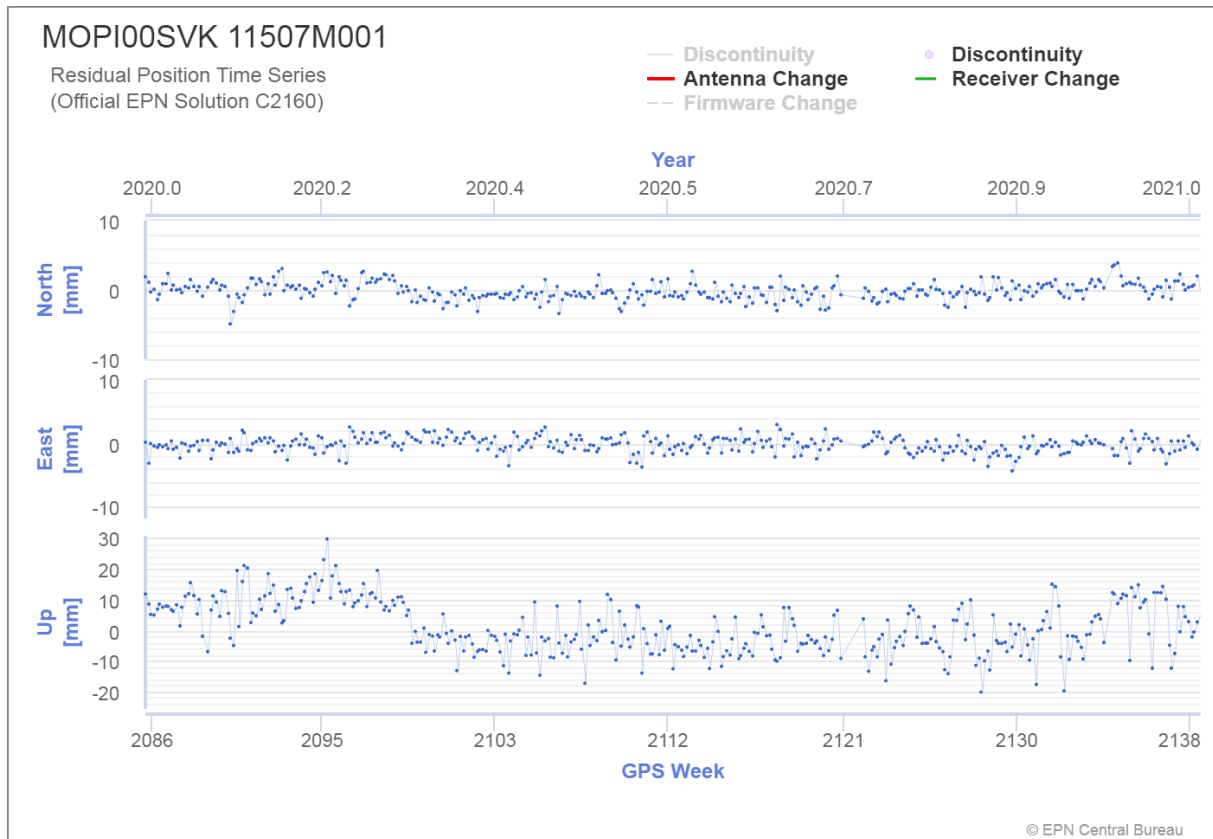
Obr. 8 Znáznornenie pohybu bodu MOP2



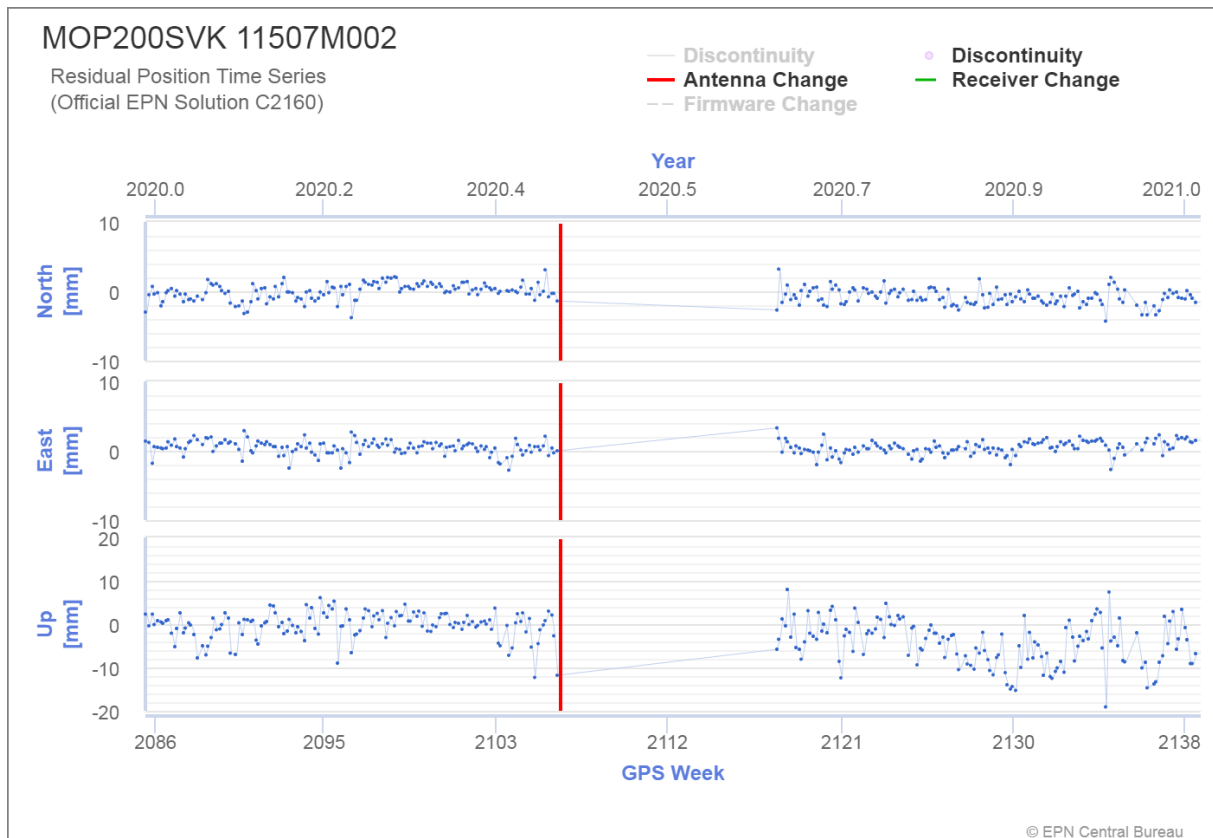
Obr. 9 Znáznornenie pohybu bodu GANP



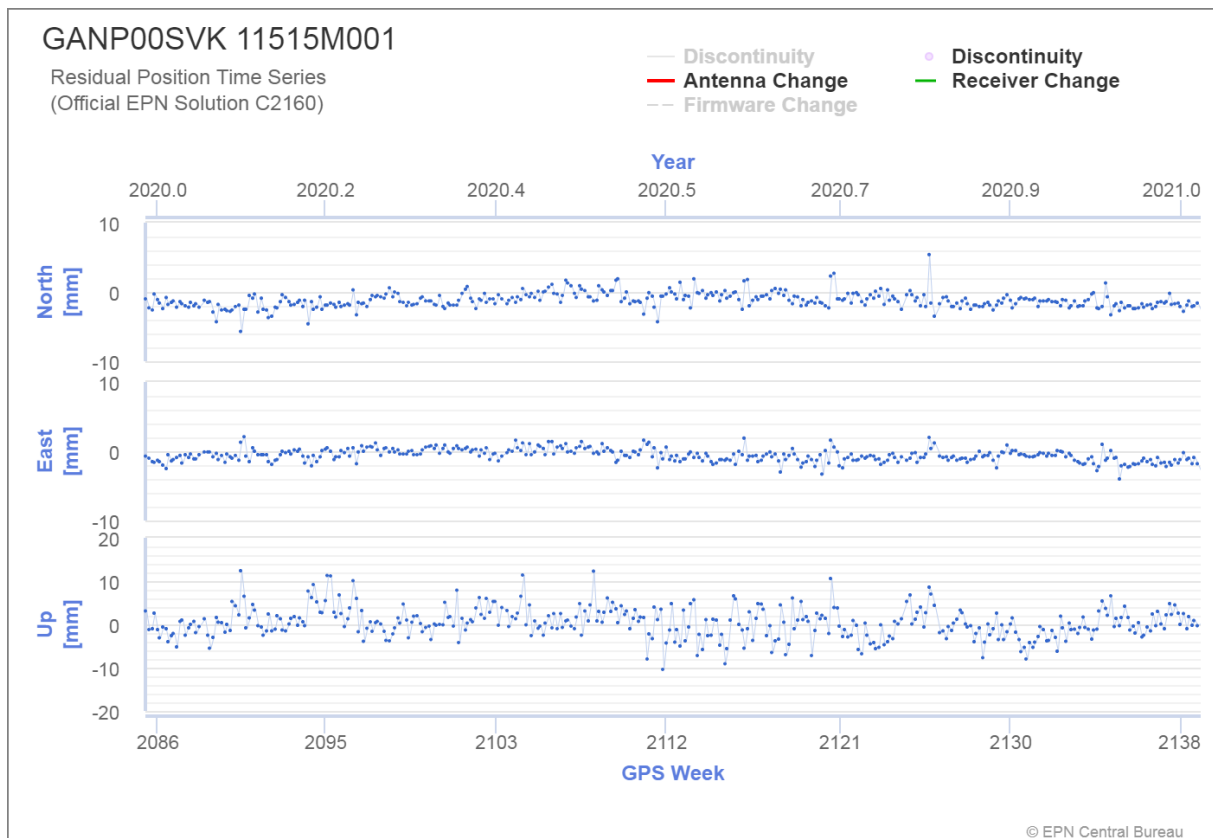
Obr. 10 Znáznornenie pohybu bodu BBYS



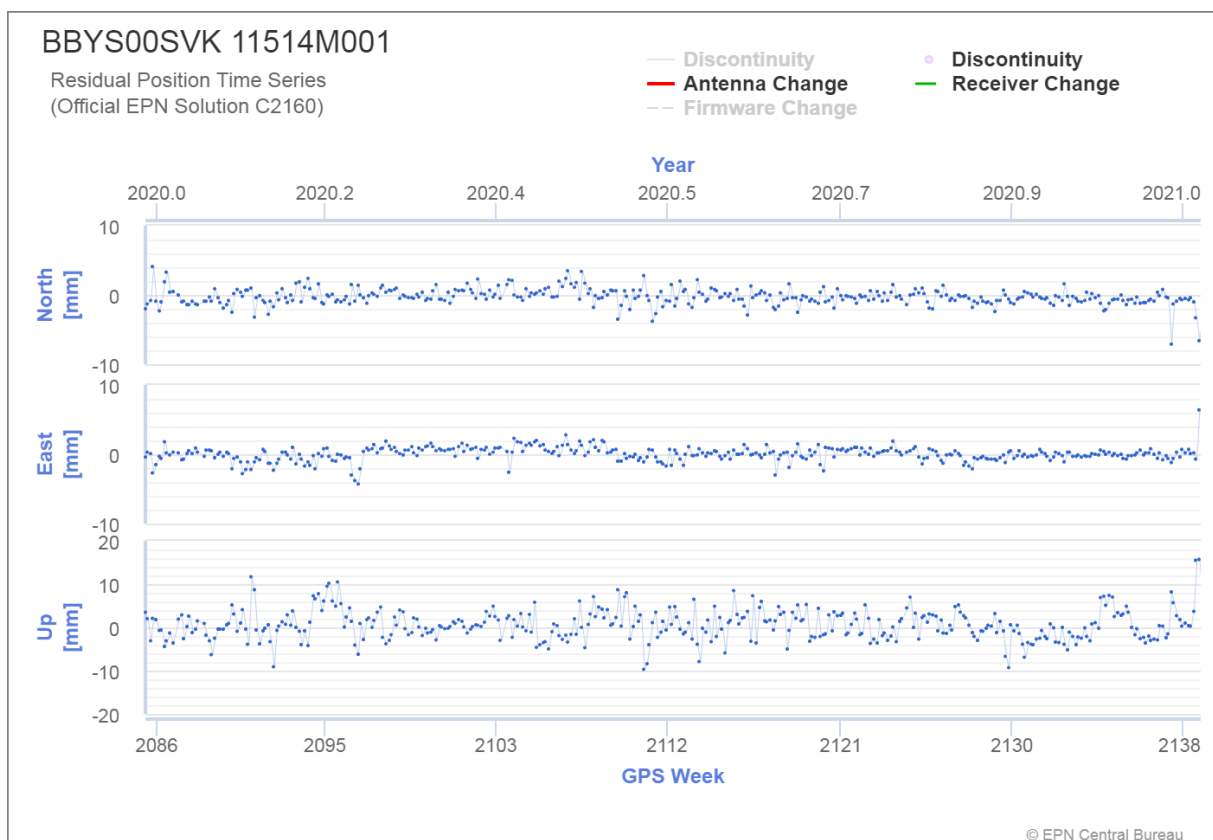
Obr.11 Znáozornenie pohybu bodu MOPI, detail pre rok 2020



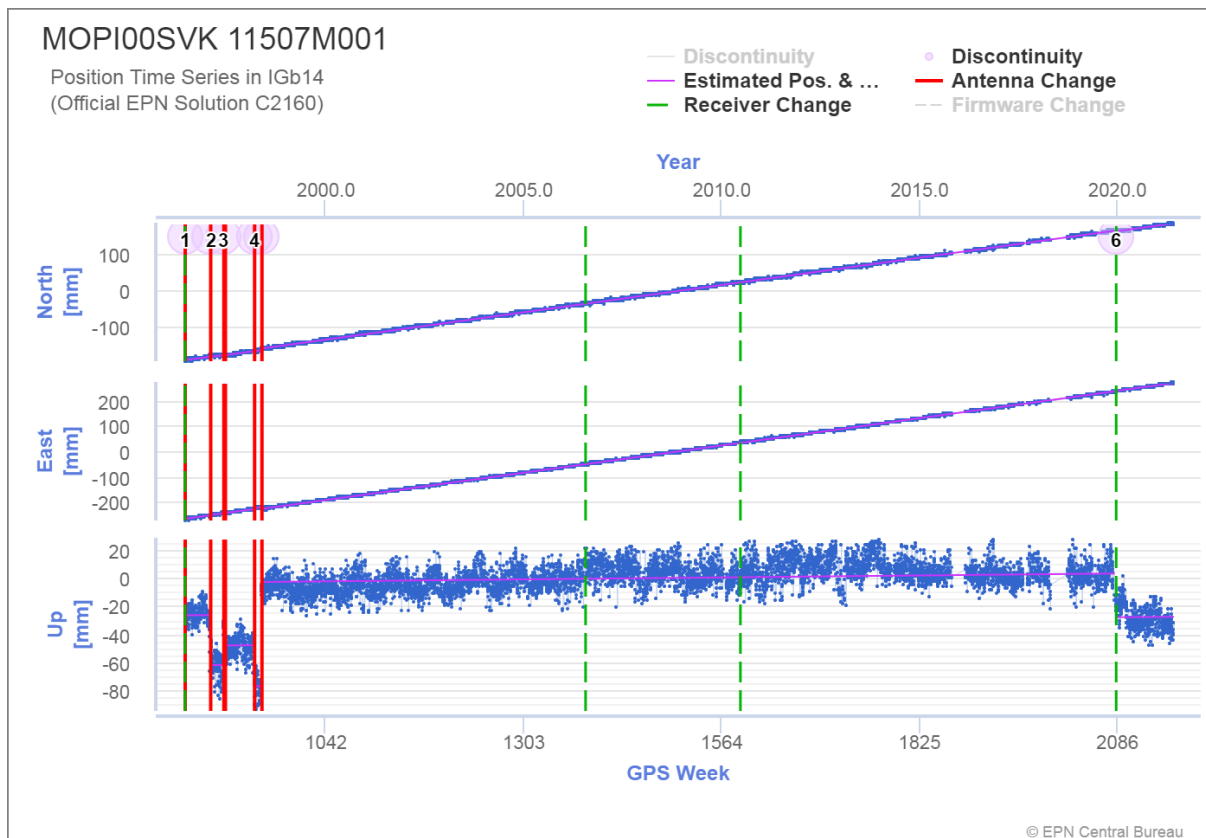
Obr.12 Znáozornenie pohybu bodu MOP2, detail pre rok 2020



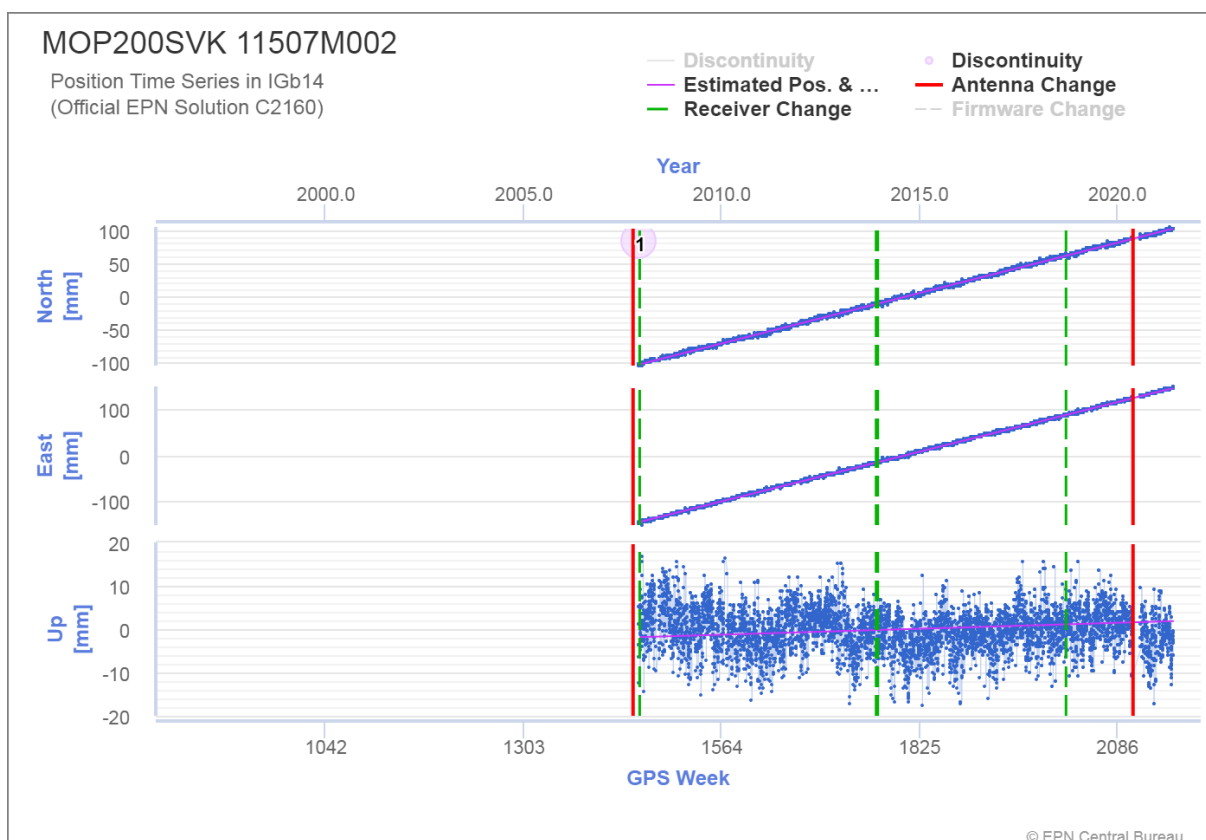
Obr. 13 Znáznornenie pohybu bodu GANP, detail pre rok 2020



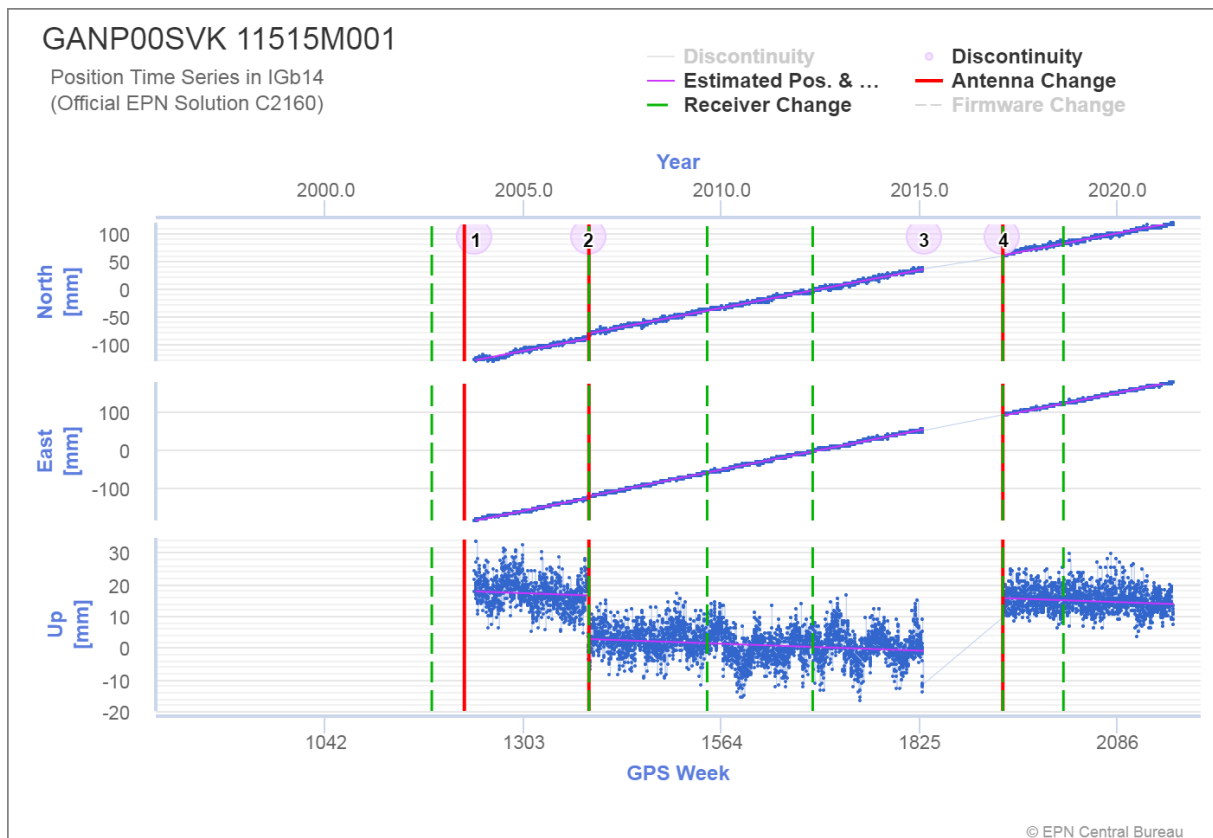
Obr. 14 Znáznornenie pohybu bodu BBYS, detail pre rok 2020



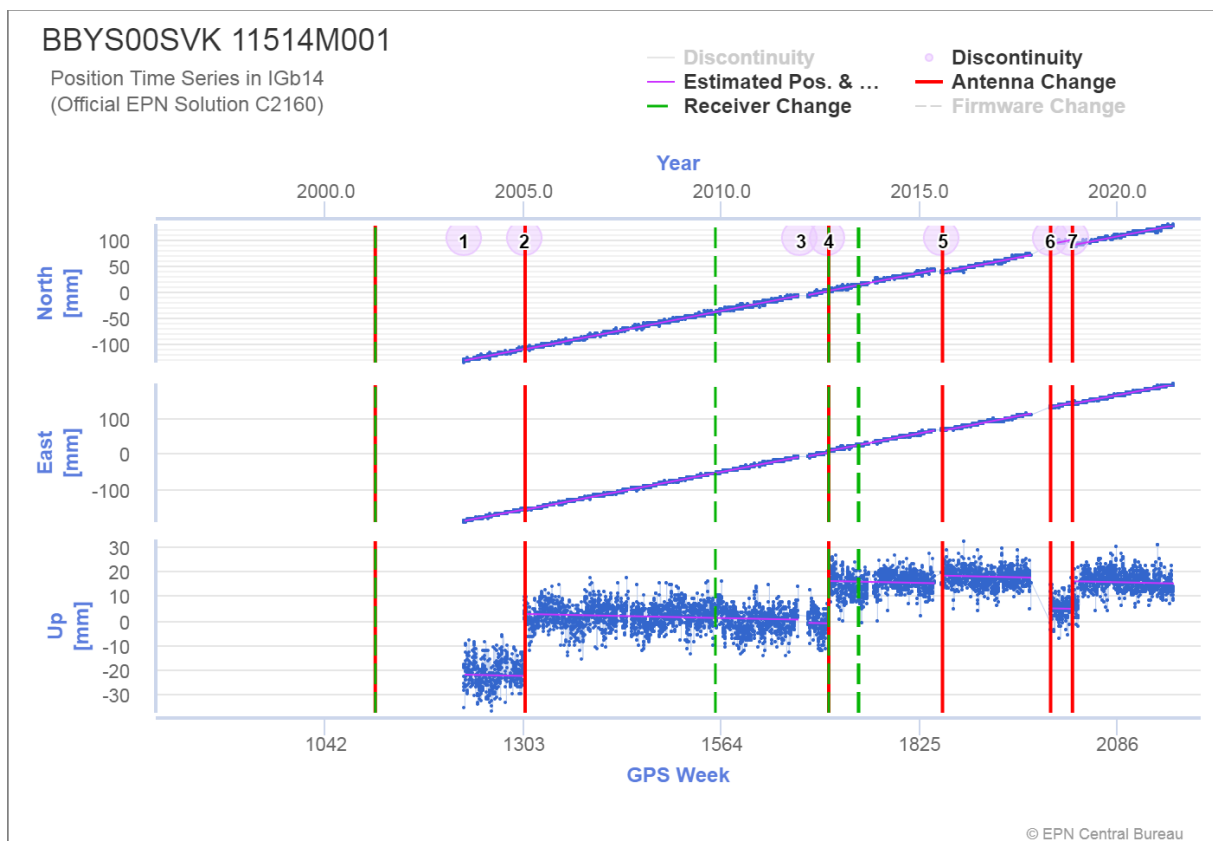
Obr. 15 Znáozornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



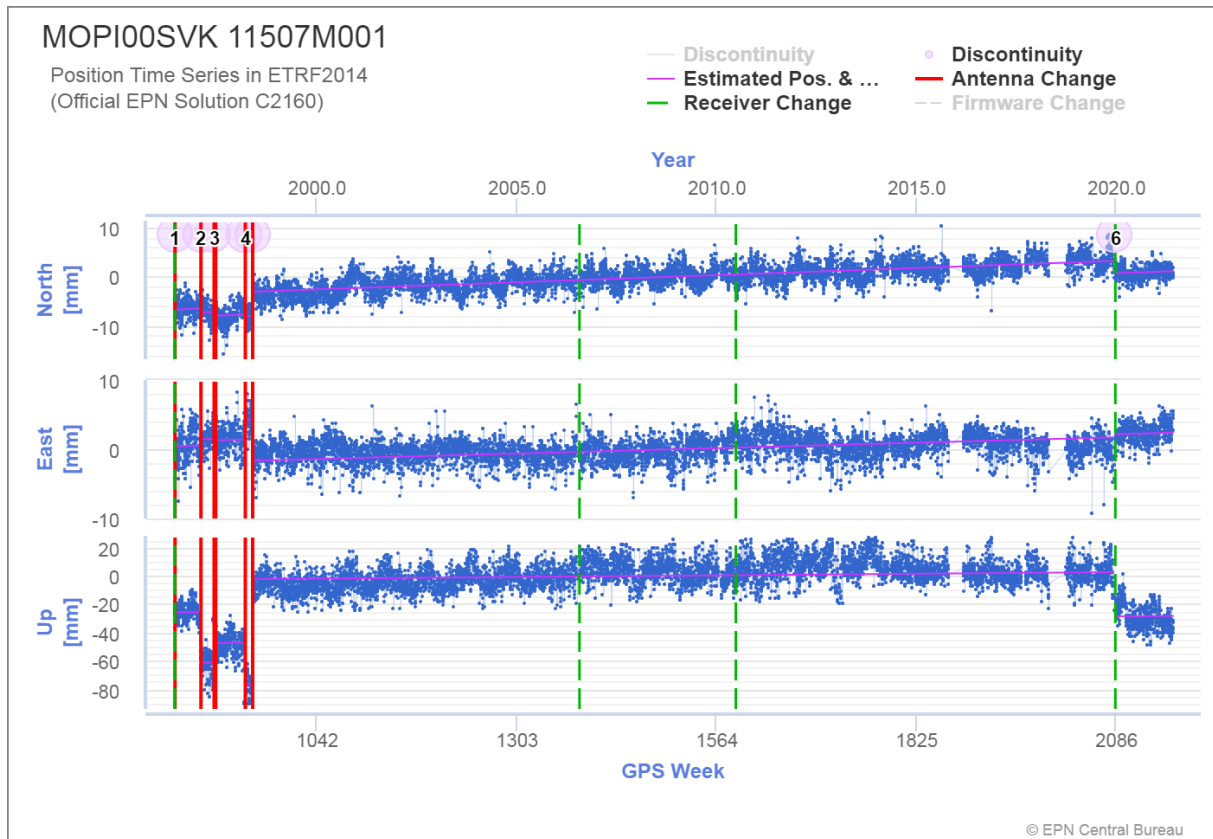
Obr. 16 Znáozornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



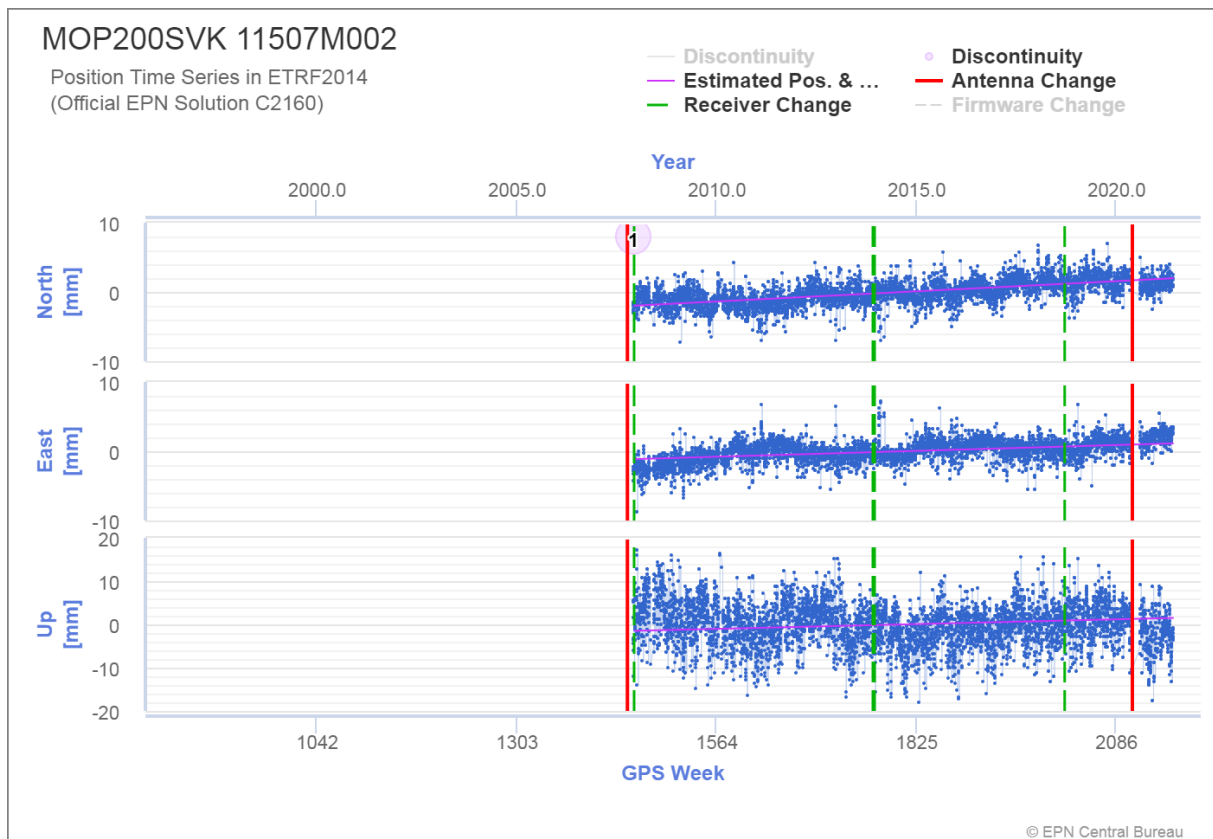
Obr. 17 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ITRS



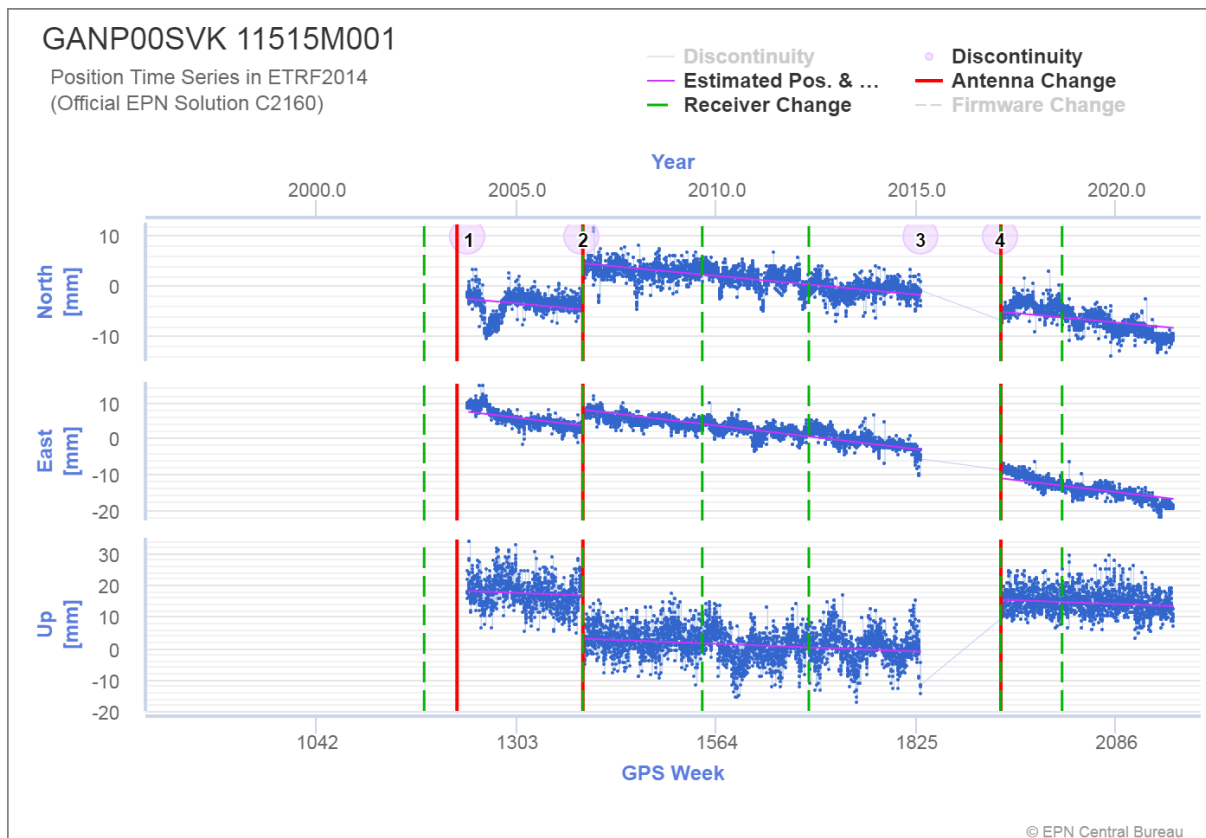
Obr. 18 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ITRS



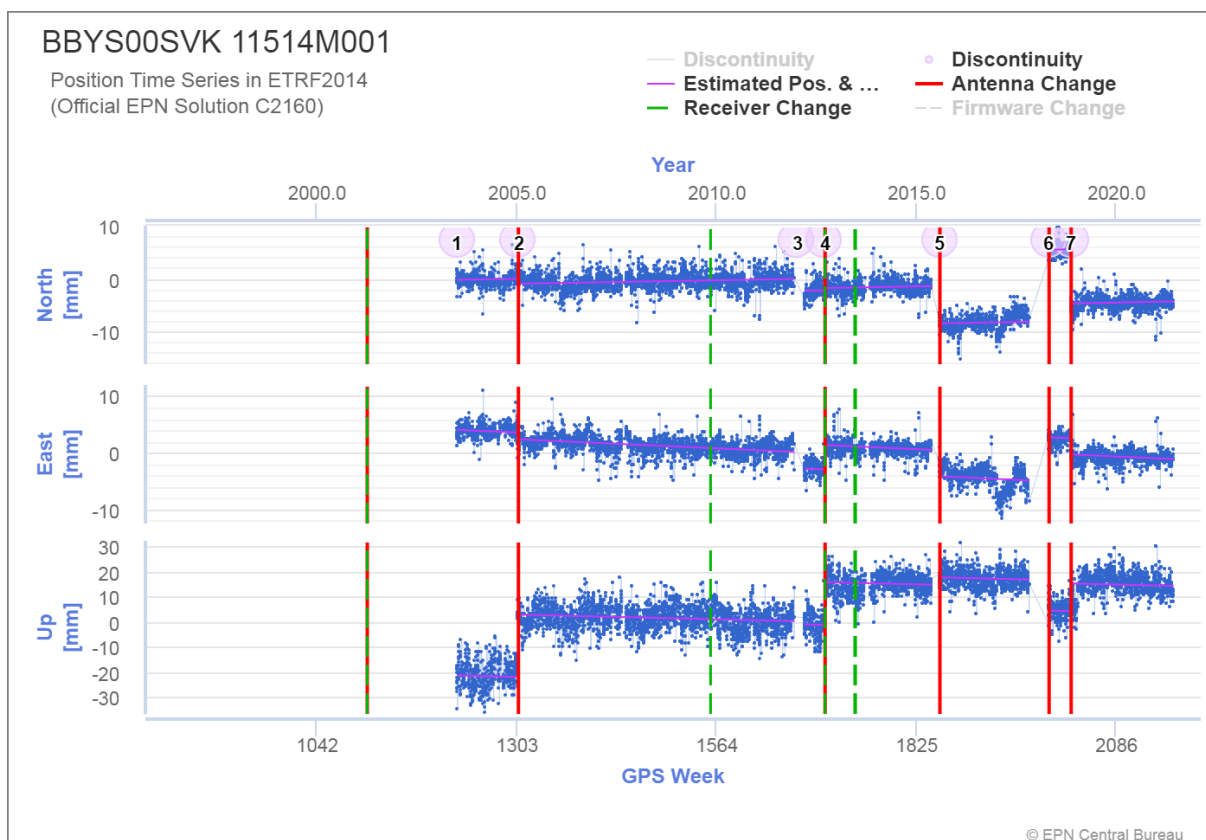
Obr. 19 Znáozornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89



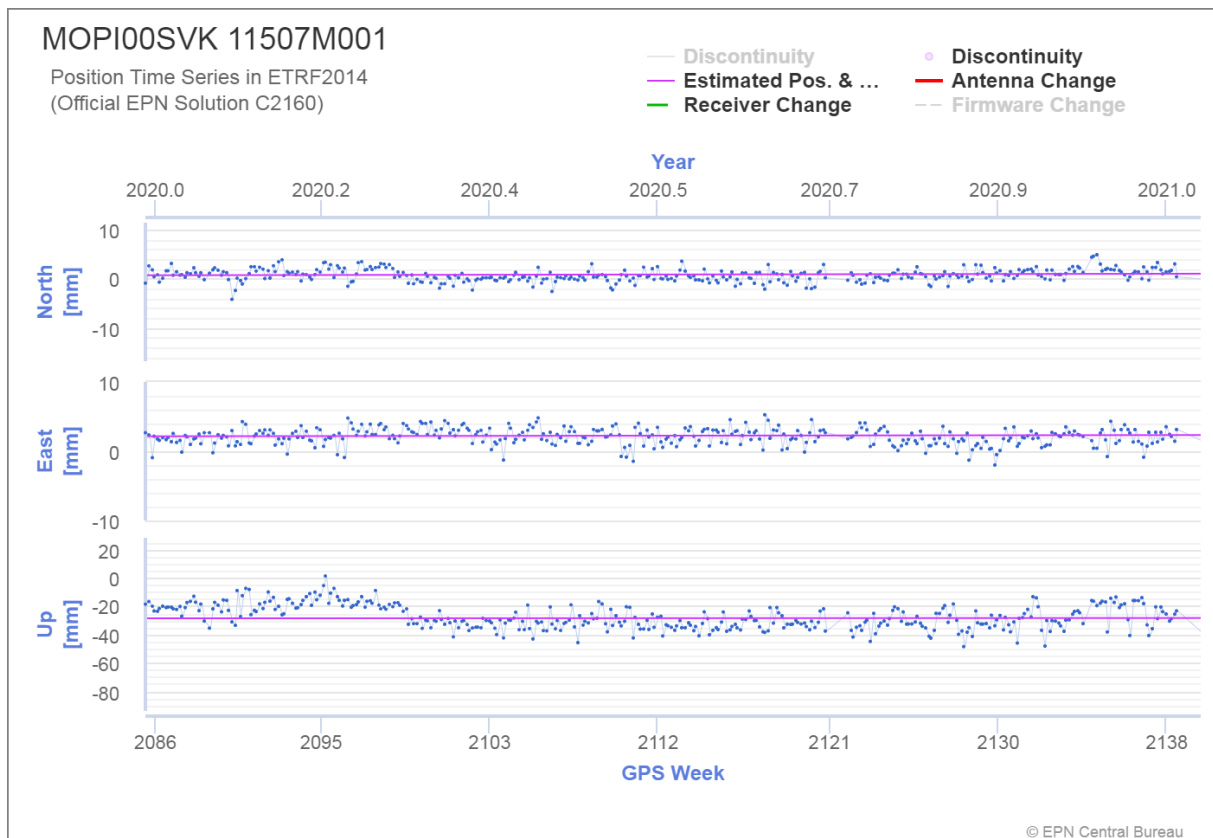
Obr. 20 Znáozornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89



Obr.21 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ETRS89



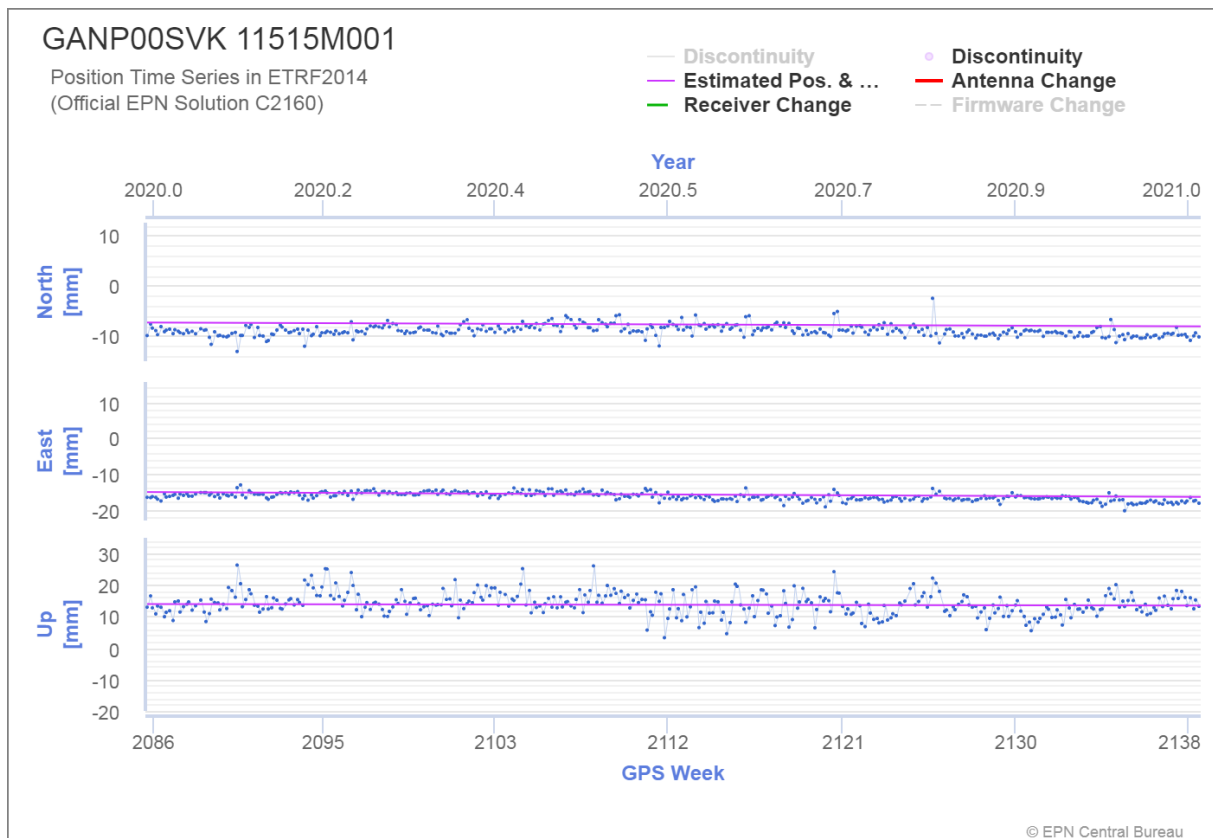
Obr. 22 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89



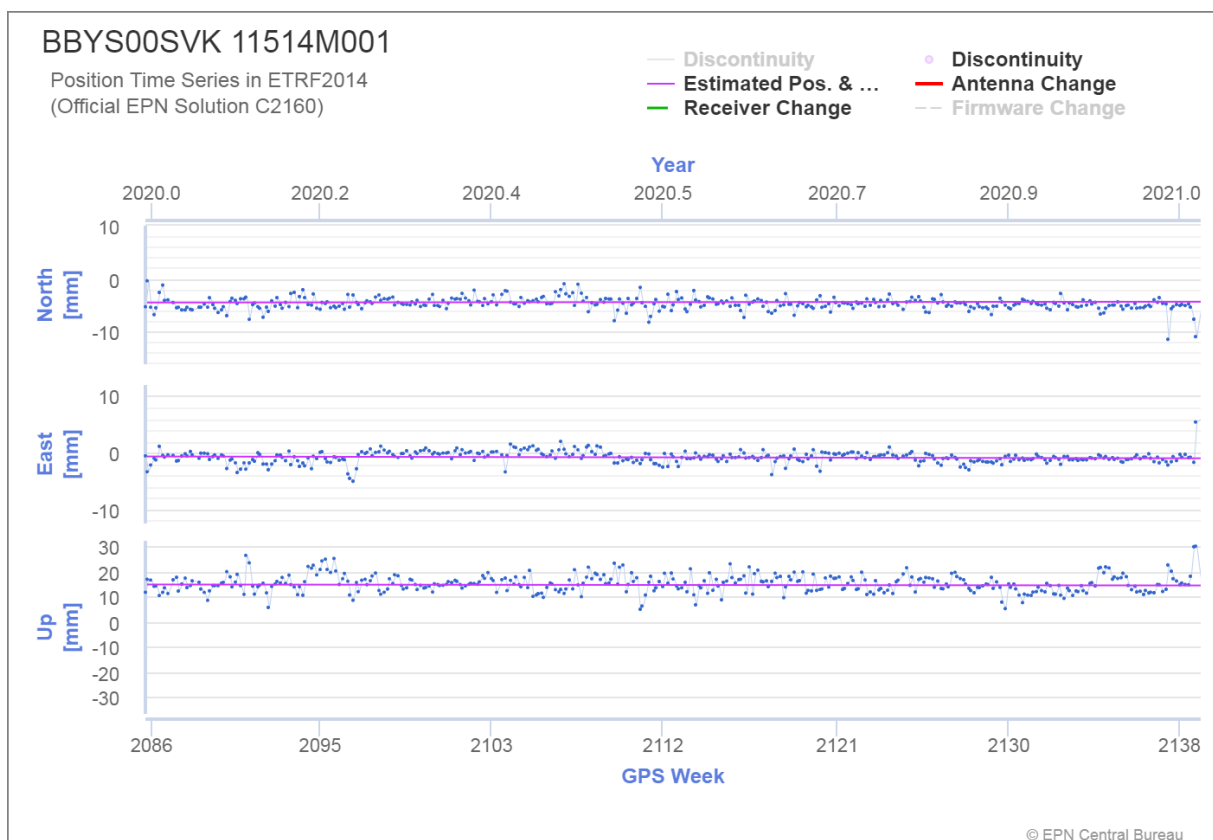
Obr. 23 Znážornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89, detail pre rok 2020



Obr. 24 Znážornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89, detail pre rok 2020



Obr. 25 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ETRS89, detail pre rok 2020



Obr. 26 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89, detail pre rok 2020

Grafy znázornenia pohybov bodov (*MOPI, MOP2, GANP, BBYS*) v medzinárodnom terestrickom referenčnom systéme (*ITRS*) majú zhodný severovýchodný trend na našom území podobne 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 *ETRS89*, 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“.

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 Eurázijskej platne.

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

MOPI00SVK - 11507M001 - trieda „B“

ETRF2014	epocha <i>t0</i>	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
355/2019 - 051/2021	283/2018	4053738.135 ± 0.001	1260571.326 ± 0.001	4744940.684 ± 0.001	NA	NA	NA
142/1998 - 341/2019	342/2007	4053738.153 ± 0.001	1260571.330 ± 0.001	4744940.704 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 - 140/1998	141/1999	4053738.109 ± 0.001	1260571.321 ± 0.001	4744940.642 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 - 071/1998	328/1998	4053738.128 ± 0.001	1260571.324 ± 0.001	4744940.664 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 - 152/1997	140/1998	4053738.118 ± 0.001	1260571.321 ± 0.001	4744940.654 ± 0.001	NA	NA	NA
163/1996 - 032/1997	324/1997	4053738.141 ± 0.001	1260571.327 ± 0.001	4744940.681 ± 0.001	NA	NA	NA
IGS14	epocha <i>t0</i>	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z

355/2019 - 051/2021	283/2018	4053737.631 ± 0.001	1260571.835 ± 0.001	4744940.979 ± 0.001	NA	NA	NA
142/1998 - 341/2019	342/2007	4053737.832 ± 0.001	1260571.654 ± 0.001	4744940.892 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 - 140/1998	141/1999	4053737.933 ± 0.001	1260571.499 ± 0.001	4744940.745 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 - 071/1998	328/1998	4053737.960 ± 0.001	1260571.493 ± 0.001	4744940.762 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 - 152/1997	140/1998	4053737.960 ± 0.001	1260571.482 ± 0.001	4744940.747 ± 0.001	NA	NA	NA
163/1996 - 032/1997	324/1997	4053737.990 ± 0.001	1260571.479 ± 0.001	4744940.769 ± 0.001	NA	NA	NA

MOP200SVK - 11507M002 - trieda „A“

ETRF2014	epo- cha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
340/2007 - 156/2021	001/2010	4053742.916 ± 0.001	1260569.389 ± 0.001	4744939.996 ± 0.001	-0.0001 ± 0.0001	0.0001 ± 0.0001	0.0004 ± 0.0001
IGS14	epo- cha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
340/2007 - 156/2021	001/2010	4053742.561 ± 0.001	1260569.748 ± 0.001	4744940.204 ± 0.001	-0.0170 ± 0.0001	0.0172 ± 0.0001	0.0103 ± 0.0001

GANP00SVK - 11515M001 - trieda „A“

ETRF2014	epo- cha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
055/2017 - 156/2021	001/2010	3929181.818 ± 0.001	1455236.461 ± 0.001	4793653.757 ± 0.001	0.0007 ± 0.0001	- ± 0.0001	-0.0009 ± 0.0001
239/2006 - 040/2015	001/2010	3929181.804 ± 0.001	1455236.462 ± 0.001	4793653.745 ± 0.001	0.0007 ± 0.0001	- ± 0.0001	-0.0009 ± 0.0001

286/2003 - 231/2006	001/2010	3929181.820 ± 0.001	1455236.463 ± 0.001	4793653.750 ± 0.001	0.0007 ± 0.0001	- 0.0012 ± 0.0001	-0.0009 ± 0.0001
IGS14	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
055/2017 - 156/2021	001/2010	3929181.444 ± 0.001	1455236.811 ± 0.001	4793653.957 ± 0.001	- 0.0171 ± 0.0001	0.0155 ± 0.0001	0.0087 ± 0.0001
239/2006 - 040/2015	001/2010	3929181.431 ± 0.001	1455236.811 ± 0.001	4793653.945 ± 0.001	- 0.0171 ± 0.0001	0.0155 ± 0.0001	0.0087 ± 0.0001
286/2003 - 231/2006	001/2010	3929181.447 ± 0.001	1455236.813 ± 0.001	4793653.949 ± 0.001	- 0.0171 ± 0.0001	0.0155 ± 0.0001	0.0087 ± 0.0001

BBYS00SVK - 11514M001 - trieda „A“

ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
17/2018 - 156/2021	001/2010	3980359.095 ± 0.001	1382291.824 ± 0.001	4772771.804 ± 0.001	- 0.0002 ± 0.0001	- 0.0004 ± 0.0001	- 0.0002 ± 0.0001
115/2018 - 315/2018	001/2010	3980359.080 ± 0.001	1382291.822 ± 0.001	4772771.803 ± 0.001	- 0.0002 ± 0.0001	- 0.0004 ± 0.0001	- 0.0002 ± 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	- 0.0002 ± 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	- 0.0002 ± 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	- 0.0002 ± 0.0001

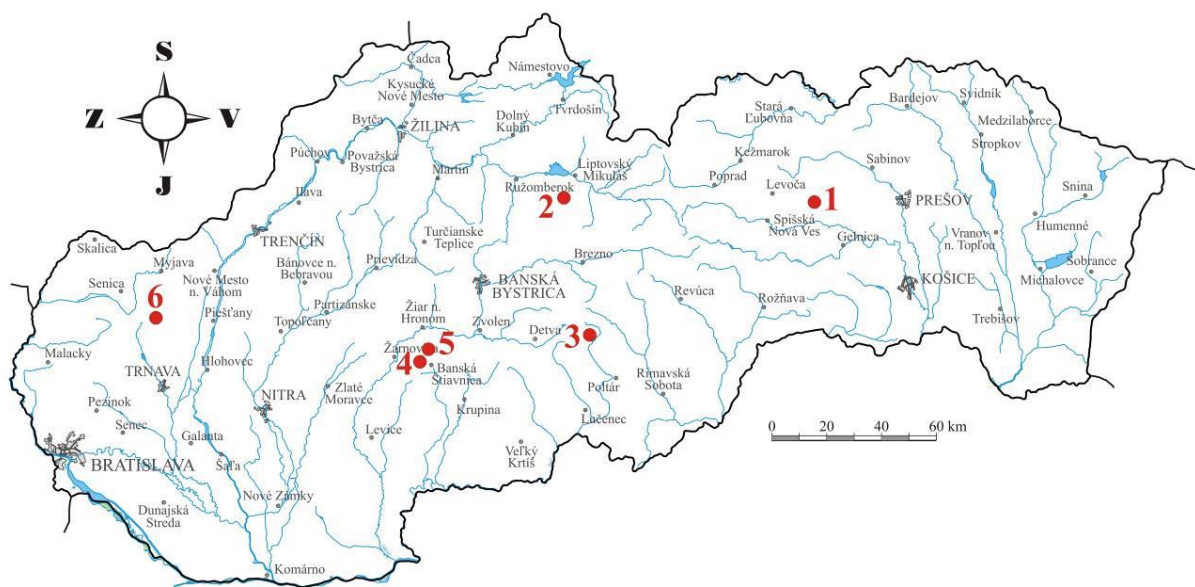
012/2005 - 343/2011	001/2010	3980359.080 ± 0.001	1382291.818 ± 0.001	4772771.795 ± 0.001	- 0.0002 ± 0.0001	- 0.0004 ± 0.0001	- 0.0002 ± 0.0001
185/2003 - 010/2005	001/2010	3980359.064 ± 0.001	1382291.813 ± 0.001	4772771.777 ± 0.001	- 0.0002 ± 0.0001	- 0.0004 ± 0.0001	- 0.0002 ± 0.0001
IGS14	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
317/2018 - 156/2021	001/2010	3980358.728 ± 0.001	1382292.178 ± 0.001	4772772.008 ± 0.001	- 0.0177 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
115/2018 - 315/2018	001/2010	3980358.713 ± 0.001	1382292.176 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	- 0.0177 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
214/2015 - 300/2017	001/2010	3980358.733 ± 0.001	1382292.174 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	- 0.0177 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
260/2012 - 139/2015	001/2010	3980358.725 ± 0.001	1382292.176 ± 0.001	4772772.009 ± 0.001	- 0.0177 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
072/2012 - 252/2012	001/2010	3980358.716 ± 0.001	1382292.169 ± 0.001	4772771.995 ± 0.001	- 0.0177 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
012/2005 - 343/2011	001/2010	3980358.714 ± 0.001	1382292.171 ± 0.001	4772771.998 ± 0.001	- 0.0177 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
185/2003 - 010/2005	001/2010	3980358.697 ± 0.001	1382292.166 ± 0.001	4772771.980 ± 0.001	- 0.0177 ± 0.0001	0.0164 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001

3. Pohyby pozdĺž zlomov

Mechanicko-optický dilatometer *TM-71* (Kostak, 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 35-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 2020 sledované pomocou dilatometrov typu *TM-71* osadených v nasledovných lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipeľ, Banská Hodruša, Vyhne a Dobrá Voda (obr. 27).



Obr. 27 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2020 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.

Branisko

Lokalitu reprezentuje úniková štôlna 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).



Na tomto styku bol koncom roka 2000 inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 28).

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

Demänovská jaskyňa Slobody

Jaskyňa je súčasťou vyše 41 km dlhého (Bella, 2016), 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 – tatrikom, fatrikom a hronikom (Biely et al., 1992). Tatrikum ako subautochtónna jednotka zahŕňa kryštalickej základne 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.

Na zbere údajov sa podieľali aj pracovníci Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši.

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

Ipeľ

Lokalitu reprezentuje dolina horného toku Ipeľ nad obcou Ipeľský Potok, ktorá geomorfologicky patrí do Stolických vrchov. Dolinou rieky prechádza jeden z najvýznamnejších zlomových systémov Západných Karpát – muránsko-maľcovský 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 Ipeľ je budovaná staropaleozoickými metamorfovanými (pararuly, ortoruly a migmatity) a magmatickými (granity, granodiority, tonality a aplity) horninami kryštálického 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).

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 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 a horninových dajok v banskoštiavnickom stratovulkáne odráža zmeny v smeroch paleonapätí počas neogénu (Nemčok et al., 2000). Väčšina zlomov má orientáciu SSV-JJZ.



Obr. 30 Inštalácia dilatometra *TM-71* v prieskumnej štôlni Izabela na lokalite Ipeľ

Obr. 31 Inštalácia dilatometra *TM-71* v štôlni Vsechsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša - Hámre

Vyhne

Lokalita sa nachádza asi 9 km na SZ od Banskej Štiavnice a je súčasťou banskoštiavnickeho stratovulkánu. Dilatometer *TM-71* bol inštalovaný v roku 2005 na S-J zlomovej poruche vo vnútri opustenej štôlne sv. Anton

Paduánsky (obr. 32). Štôlna bola vyrazená v tektonicky porušených porfyrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená žula).



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

Výhodou tejto lokality okrem vhodných mikroklimatických podmienok (stabilná teplota a vlhkosť) je prítomnosť seizmometra (GÚ 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.

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, $M_L =$

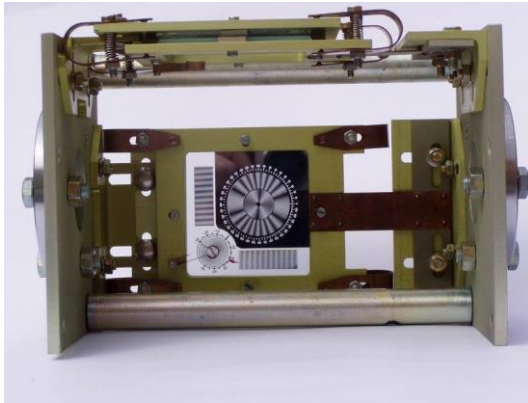


5,7). V máji roku 2004 bol Ústavom štruktúry a mechaniky hornin Akadémie Vied ČR, v. v. i. Praha (ÚSMH AV ČR) na zlome inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 33).

Obr. 33 Inštalácia dilatometra *TM-71* na tektonickej poruche v 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 2020 používali mechanicko-optické dilatometre 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 V3.1 (Stercz, 2021) programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows.

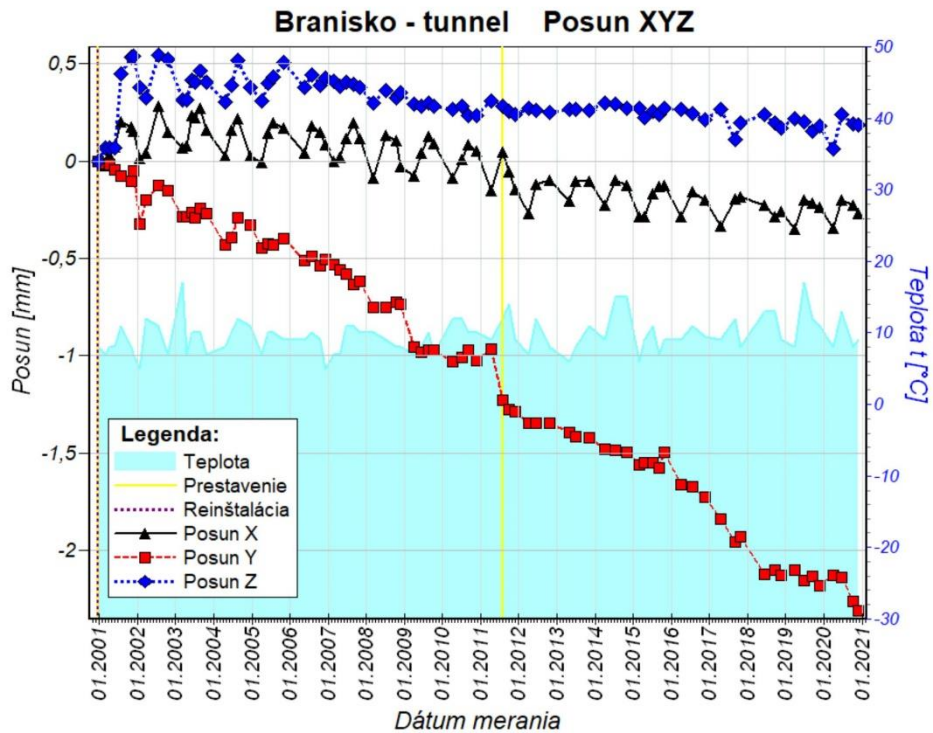
Obr. 34 Mechanicko-optický dilatometer typu *TM-71*

Dilatometrami typu *TM-71* sa v roku 2020 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 4x – Branisko, Banská Hodruša-Hámre, Ipeľ a Demänovská jaskyňa Slobody, 6x – Vyhne a Dobrá Voda. Odčítanie údajov na lokalite Dobrá Voda vykonali aj v roku 2020 českí kolegovia 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 je potrebné plánovať v budúcnosti na všetkých lokalitách najmenej 4 merania ročne.

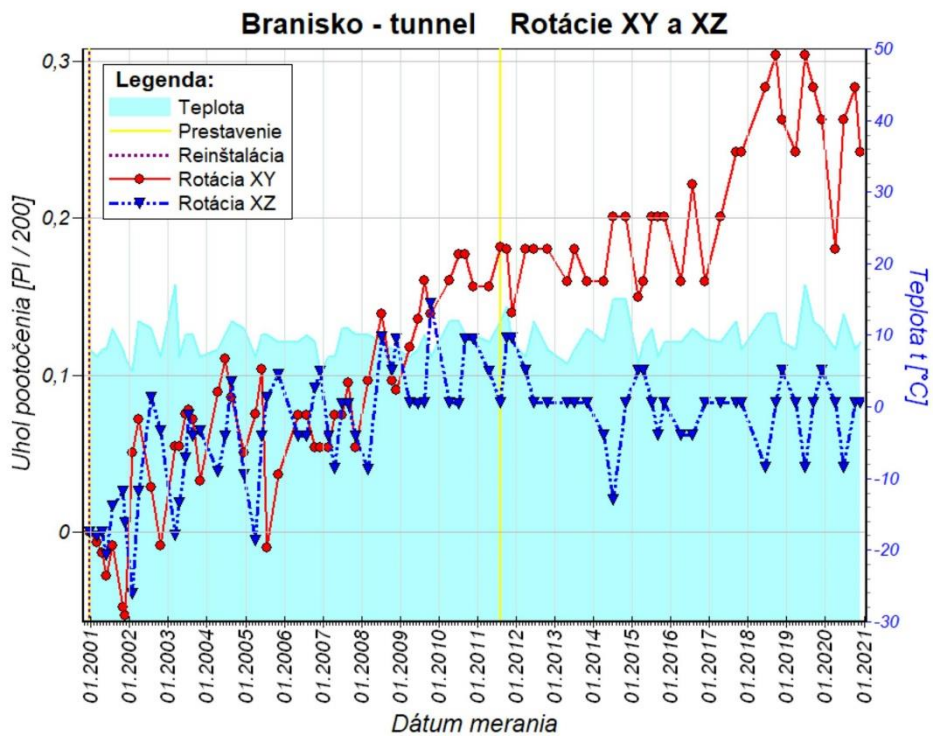
3.3 Výsledky monitorovania

Branisko

Výsledky meraní potvrdili pretrvávajúci a zreteľný trend narastania šmykového pohybu pozdĺž šindliarskeho zlomu (v smere osi *Y*) aj v rokoch 2019 a 2020. Berúc do úvahy vzájomnú priestorovú orientáciu dilatometra a monitorovaného zlomu je tento pohyb interpretovaný ako pravostranný. Jeho celková hodnota dosiahla koncom novembra hodnotu 2,312 mm (obr. 35). Kým v roku 2019 narástol posun o 0,057 mm, v roku 2020 0,128 mm. Pohyb je progresívny a jeho priemerná rýchlosť za obdobie 20 rokov je $0,116 \text{ mm.rok}^{-1}$. 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 zrejmy. Priemerná rýchlosť otvárania trhliny je $0,031 \text{ mm.rok}^{-1}$. Od roku 2017 tento pohyb stagnuje na úrovni cca 0,280 – 0,270 mm. Celkové otvorenie trhliny dosahuje hodnotu 0,271 mm.



Obr. 35 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 za obdobie rokov 2000 – 2020.



Obr. 36 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2020.

Trend dlhodobého poklesu (os Z) východného bloku (hanging wall) je veľmi pomalý, ale je zreteľný. Priemerná rýchlosť poklesávania je $0,009 \text{ mm.rok}^{-1}$. Za posledné dva roky došlo k poklesu iba o 0,019 mm (0,012 mm v roku 2019 a 0,007 mm v roku 2020). Celkový pokles za 20 rokov meraní dosiahol 0,271 mm. Zrejmý trend rotačného pohybu v rovine XY sa koncom roka 2017 zmenil na stagnáciu, v rovine XZ pohyb stagnuje od roku 2007 (*obr. 36*). V oboch prípadoch ide o zanedbateľné hodnoty (do 0,31 gr). Rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, t. j. na JJZ.

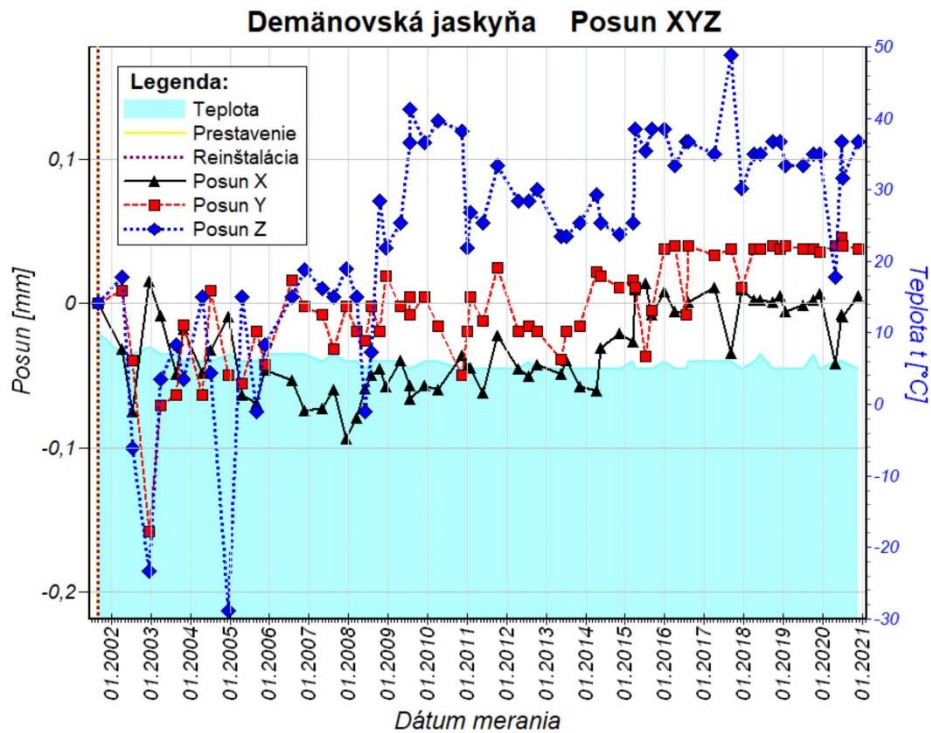
Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. Národná diaľničná spoločnosť (NDS), ako prevádzkovateľ tunela, bude o doterajšom vývoji pohybov na zlome písomne informovaná formou krátkej správy. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity v nasledujúcom období bude NDS okamžite poskytnutá príslušná informácia.

Demänovská jaskyňa Slobody

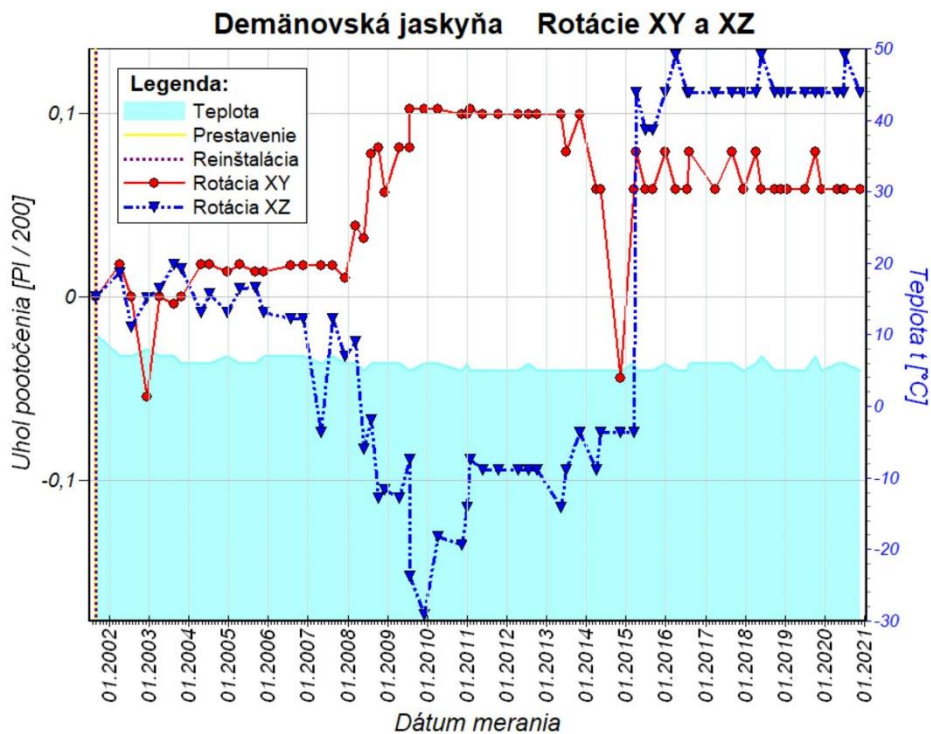
Od inštalácie dilatometra (august 2001) na zlome SZ-JV smeru do roku 2015 bola zistená mierna pohybová aktivita pozdĺž všetkých troch osí X, Y a Z (*obr. 37*). Slabý, ale najvýznamnejší pohyb, bol zistený v smere osi Z (vertikálny pohyb pozdĺž zlomovej poruchy – os Z), ktorý je interpretovaný ako pokles východného bloku (hanging wall). V priebehu týchto rokov sa trikrát trend zmenil na opačný. Pokles od roku 2015 stagnuje na úrovni cca 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska ide o typické oscilácie v pohybovej aktivite (roky 2008, 2011 a 2020). Otváranie trhliny (posun v smere osi X) aj šmykový pohyb pozdĺž zlomovej poruchy (os Y) od roku 2015 tiež stagnujú, pričom celkové pohyby nepresiahli 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska je však trend nárastu pohybu pozdĺž oboch osí napriek malým hodnotám zrejmý. 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.

Ipeľ

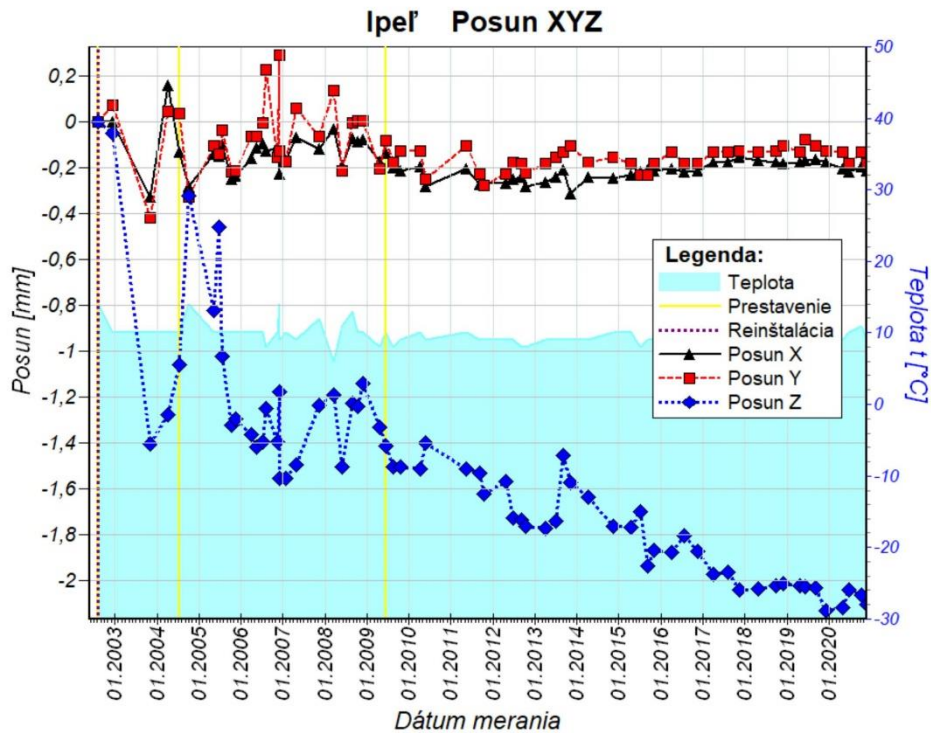
Trend dlhodobého (18 rokov) pomalého poklesávania JV bloku je zreteľný. V roku 2019 pokles narástol o 0,116 mm, v roku 2020 stagnoval a ustálil sa na celkovej hodnote 2,107 mm (*obr. 39*). V rokoch 2019 a 2020 stagnoval aj šmykový pohyb pozdĺž zlomu (os Y) a otváranie trhliny (os X), pričom celkové doterajšie pohyby dosiahli 0,183 a 0,215 mm. Rotácie blokov v rovinách XY a XZ sú zanedbateľné (*obr. 40*).



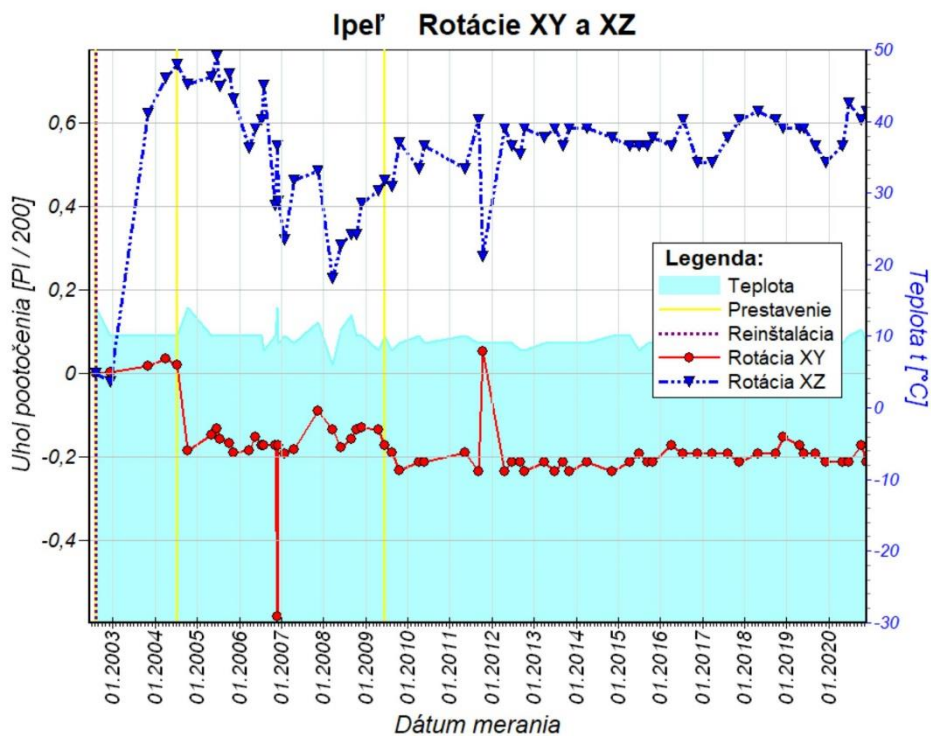
Obr. 37 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi X, Y a Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody za obdobie rokov 2001 – 2019.



Obr. 38 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2019.



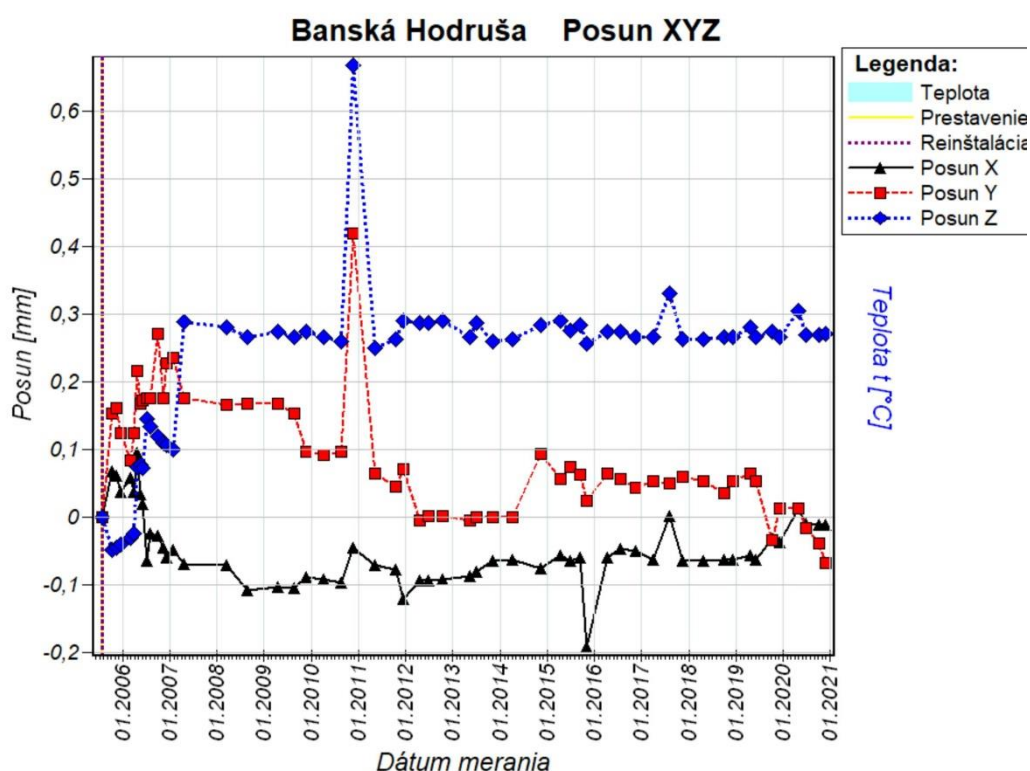
Obr. 39 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štólňi Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2020.



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 – 2020.

Banská Hodruša – Hámre

Merania mikroposunov na danej lokalite nepreukázali v posledných dvoch rokoch žiadny slabší pohyb blokov pozdĺž osí *Y* (šmykový posun pozdĺž zlomu) a *X* (otváranie trhliny) (obr. 41). Šmykový posun narástol v roku 2019 o 0,040 mm, v roku 2020 o 0,055 mm a dosiahol celkovo 0,068 mm. Otváranie trhliny sa v roku 2019 zvýšilo o 0,026 mm a v roku 2020 o 0,025 mm. Dlhodobá stagnácia v smere osi *Z* (pokles jedného z blokov), ktorá začala v roku 2007 pretrvávala aj v rokoch 2019 a 2020 na úrovni cca 0,270 mm. Rotácie blokov v horizontálnej (*XY*) i vertikálnej (*XZ*) rovine sú zanedbateľné (obr. 42).

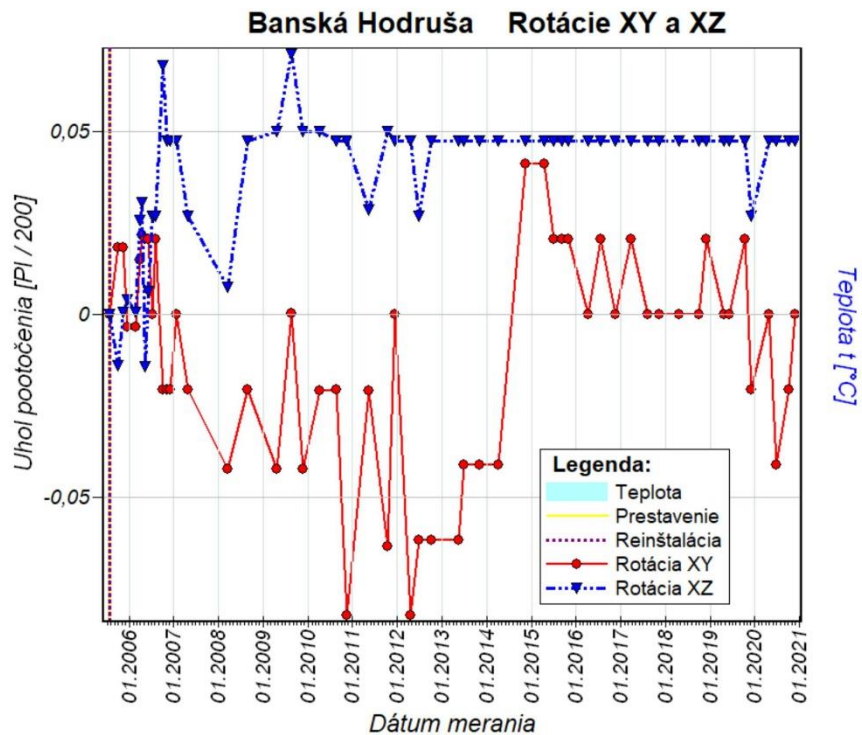


Obr. 41 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi *X*, *Y*, *Z*) zistený dilatometrom TM-71 v štôlni Všetechsvätých (stará) lokalite Banská Hodruša – Hámre za obdobie rokov 2005 – 2020.

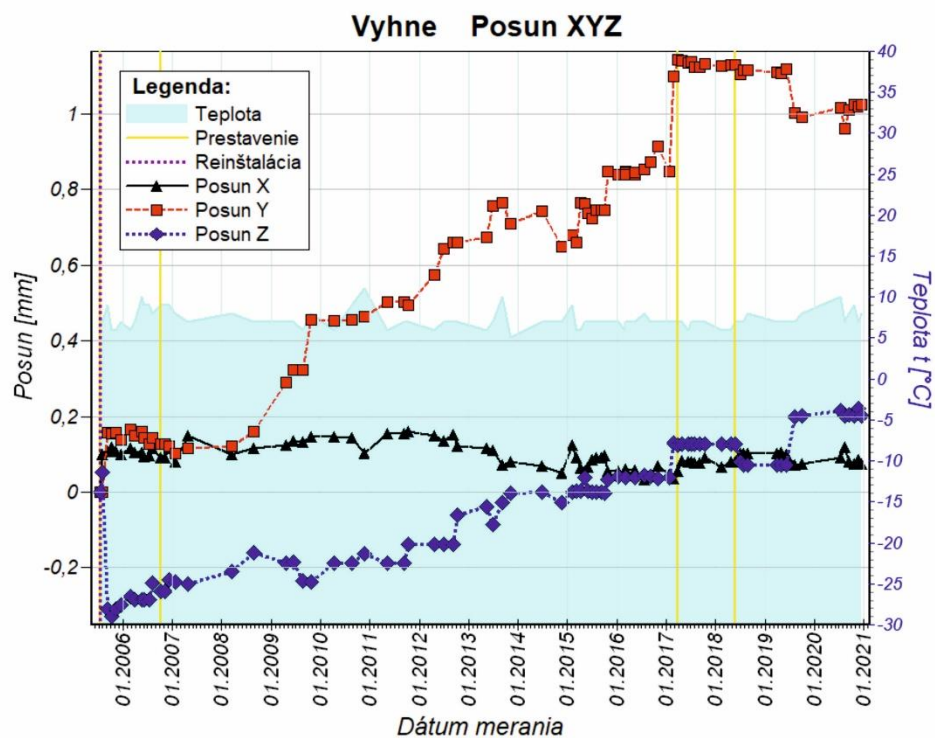
Vyhne

Najvýraznejší posun bol zaznamenaný v smere osi *Y* (pohyb pozdĺž zlomu). Kým v roku 2019 došlo k určitému reverznému pohybu, v roku 2020 tento narástol o 0,033 mm. Za 15 rokov meraní je celková hodnota šmykového posunu 1,025 mm (obr. 43). Otváranie trhliny (os *X*) stagnuje približne od roku 2015 na úrovni 0,7 – 0,8 mm. Koncom roku 2020 dosahoval celkový posun 0,075 mm. Pokles jedného z blokov (os *Z*) stagnoval od polovice roku 2017 do polovice roku 2019 pri hodnotách 0,073 – 0,130 mm. V druhej polovici 2019 sa pokles zvýšil na hodnotu 0,201 mm. V roku 2020 tento pohyb stagnoval. Celkový pokles od konca roku 2005

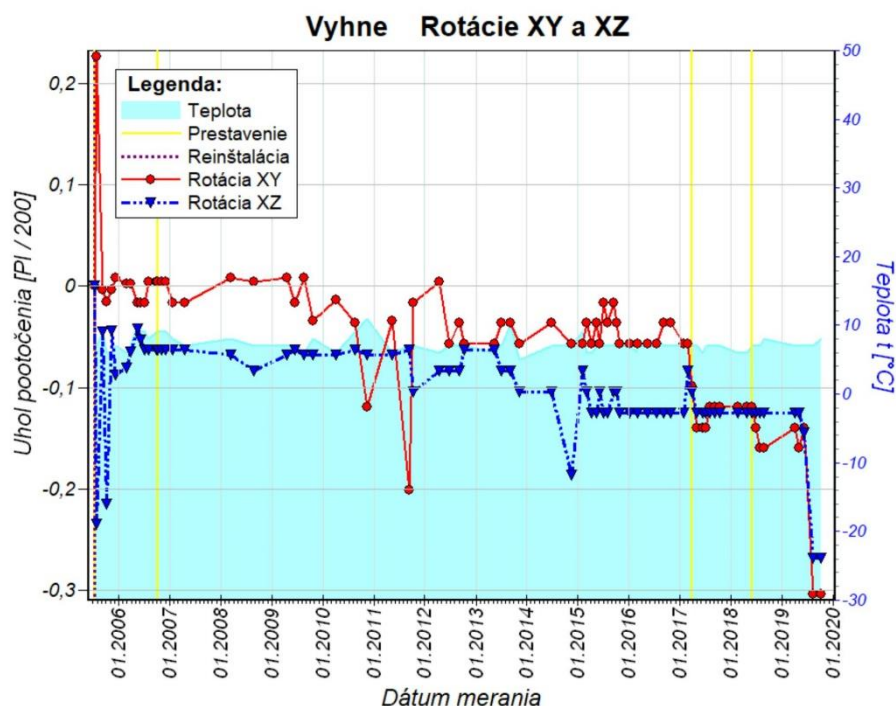
narastá a jeho absolútna hodnota je 0,529 mm. Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách (XY a XZ) sú bezvýznamné (obr. 44).



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 – 2020.



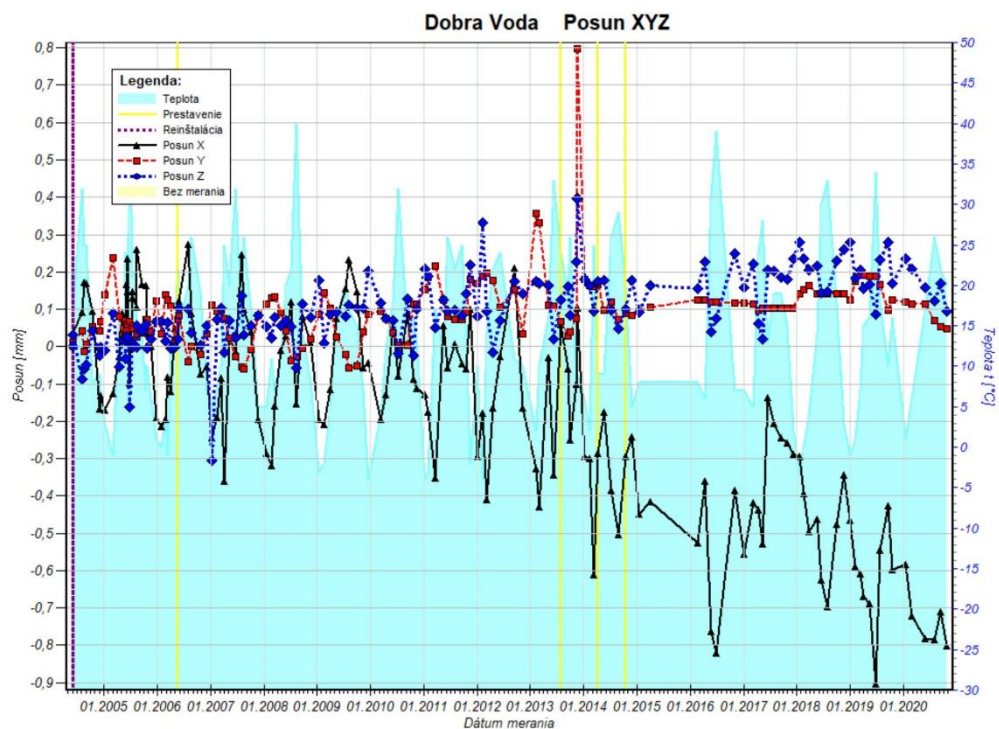
Obr. 43 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2020.



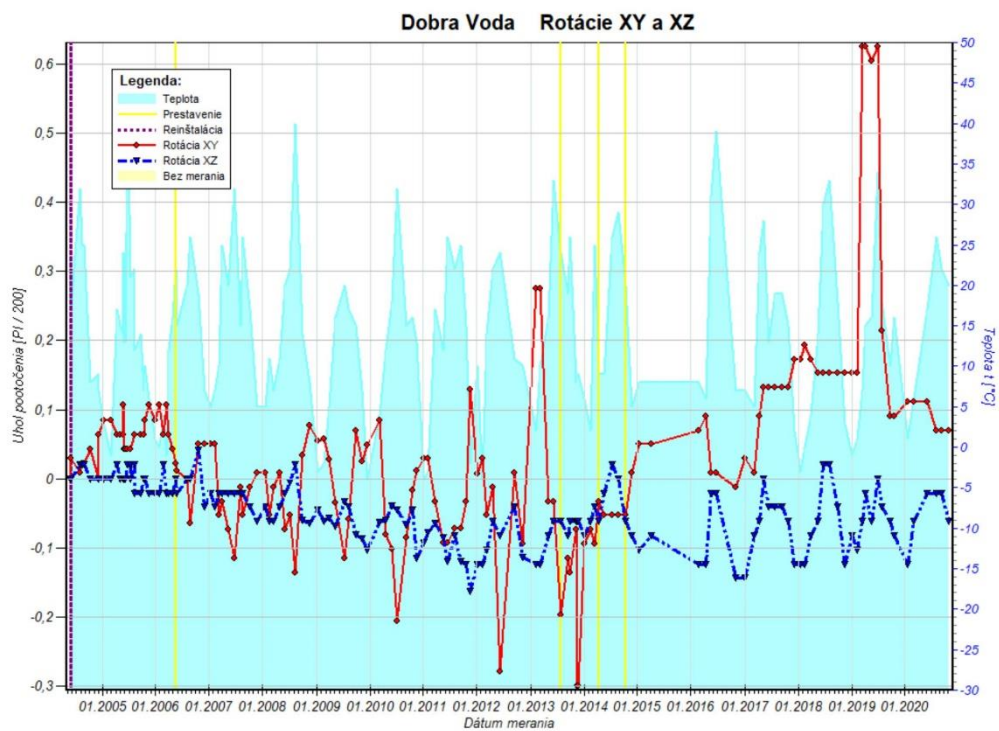
Obr. 44 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2020.

Dobrá Voda

Aj v roku 2020 pokračovala na tejto lokalite spolupráca s Ústavom štruktúry a mechaniky hornin Akadémie Vied ČR v Prahe. Českí kolegovia uskutočnili 6 odčítaní hodnôt nameraných dilatometrom TM-71. Pre lokalitu je typická značná osciláciu hodnôt posunu pozdĺž jednotlivých osí spôsobená výkyvmi teploty v priebehu jednotlivých rokov. Z interpretácie poskytnutých údajov je zrejmé, že najvýraznejším pohybom je otváranie zlomovej poruchy. Od roku 2004 do roku 2014 bolo otváranie veľmi pomalé a narástlo o cca 0,2 mm. Od polovice roku 2014 sa tento pohyb zrýchlil a do konca roku 2020 narástol o cca 0,3 mm na celkových 0,869 mm. Otvorenie poruchy v roku 2019 narástlo o 0,035 mm a v roku 2020 o 0,113 mm. Priemerná rýchlosť pohybu za 14 rokov je $0,053 \text{ mm.rok}^{-1}$ (obr. 45). Od roku 2015 sa dlhodobý trend slabého poklesu jedného z monitorovaných blokov (os Z) zmenil na stagnáciu pri hodnote cca 0,1 mm. Dlhodobý trend veľmi pomalého narastania šmykového posunu pozdĺž zlomu (os Y) začal stagnovať v roku 2014 a pokračoval až do polovice roku 2020 kedy došlo dokonca k slabému reverznému pohybu. Celkový šmykový posun stagnuje približne na úrovni 0,1 mm. Z grafu rotácií (obr. 46) je evidentný pokračujúci trend otáčania v oboch navzájom kolmých rovinách (XY a XZ), ktorý však dosahuje iba minimálne hodnoty. Zaujímavý je fakt, že v oboch



Obr. 45 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2020.



Obr. 46 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2020.

rovinách došlo z k zmene trendu otáčania. V rovine XY to bolo v roku 2013, v rovine XZ v roku 2016. Výkyv rotácie 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).

3.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, resp. v roku 2020 dilatometrami typu *TM-71* možno zhrnúť takto:

1. Na väčšine lokalít sa v roku 2020 boli preukázané iba minimálne recentné tektonické pohyby, resp. pohyby stagnovali. Na lokalite Branisko sa opäť preukázal dlhodobý trend pohybu pozdĺž šindliarskeho zlomu, ktorý má charakter pravostranného posunu. Posun narástol o 0,128 mm a celkovo dosahuje 2,312 mm. V Dobrej Vode sa zlomová trhlina rozšírila o 0,113 mm a celkovo dosahuje 0,869 mm. Na ostatných lokalitách posuny v smere žiadnej z monitorovaných osí nepresiahli 0,1 mm, resp. posuny stagnovali (Vyhne).
2. Výsledky monitoringu majú veľký praktický význam z hľadiska stability najmä v 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).

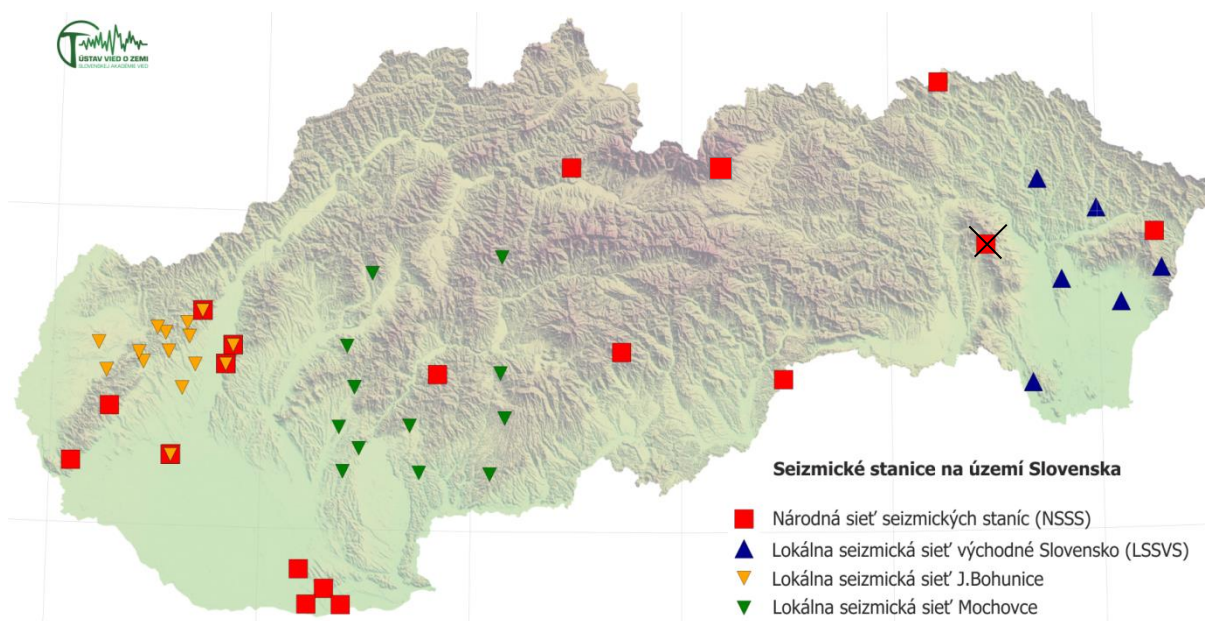
Vzhľadom na uvedenú dôležitosť lokalít navrhujeme s pokračovaním monitorovacích prác aj v roku 2021 a s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

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 (ÚVZ SAV) v Bratislave. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 14 seizmickými stanicami (*tab. 2, obr. 47*):

Tab. 2 Národná sieť seizmických staníc na území SR (stav v roku 2020)

Bratislava – Železná studnička (ZST)	Kolonické sedlo (KOLS)
Červenica (CRVS) – dočasne prerušená prevádzka	Liptovská Anna (LANS)
Vyhne (VYHS)	Izabela (IZAB)
Modra (MODS)	Moča (SRO2)
Hurbanovo (HRB)	Stebnícka Huta (STHS)
Iža (SRO1)	Šrobárová (SRO)
Kečovo (KECS)	Skalnaté Pleso (SPC) – v prevádzke od 21.7.2020



Obr. 47 Seizmické stanice na území Slovenska – stav v roku 2020.

Na seizmických staniciach sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu pôdy. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. Na staniciach ZST, VYHS, KOLS, MODS a SPC 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 Progeis v Trnave. Na východnom Slovensku je 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 je znázornené v Tab. 3. Z dôvodu zmeny majetkovo-právnych vzťahov v dobývacom priestore opálových baní bola prevádzka seizmickej stanice CRVS v roku 2018 ukončená. Po nájdení náhradnej vhodnej lokality bude seizmická stanica premiestnená a opätovne uvedená do prevádzky. V spolupráci s Geofyzikálnym Ústavom AV ČR, v.v.i. bola v priebehu roku 2020 uvedená do plnohodnotnej prevádzky seizmická stanica na Skalnatom plese (SPC).

4.1 Dátové a spracovateľské centrum

Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc sa nachádza v ÚVZ SAV v Bratislave. Centrum v reálnom čase zhromažďuje zaznamenané údaje zo staníc Národ-

nej siete seizmických staníc a z vybraných seizmických staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase k dispozícii údaje z cca 55 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť ÚVZ SAV.

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2020)

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 SKD	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48,902	21,464	476	STS-2	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Vyhne	VYHS	48,493	18,836	450	STS-2	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Modra-Piesok	MODS	48,373	17,277	520	STS-2	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Hurbanovo	HRB	47,873	18,192	115	2x Mainka	Analog	-	začadený pa- pier.	-
Izabela	IZAB	48,569	19,713	450	3x SM3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Iža	SRO1	47,762	18,233	111	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kečovo	KECS	48,483	20,486	345	LE3D	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48,933	22,273	460	Guralp- 6T-30s	Wave32	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	Guralp- 40T-1s	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49,417	21,244	534	LE3D	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Šrobárová	SRO	47,813	18,313	150	3x SKM-3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Skalnaté Pleso	SPC	49,189	20,234	1751	Guralp- 40T-30s	SeisComp EarthData	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED

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 2020 bolo zo záznamov seizmických staníc národnej siete interpretovaných 11229 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 35000 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 2020 bolo zo záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 96 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 na ÚVZ SAV.

Zoznam lokalizovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky v roku 2020 a mapa polohy epicentier týchto zemetrasení sú v *tab. 4* a na *obr. 48*.

4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2020 boli na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 6 zemetrasení.

Tab. 4 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR v roku 2020

Deň	Čas (UTC) hh:mn:sec	Geograf. súradnice dĺžka	šírka	Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / Oblasť
Január							
2	09:14:37,44	48,84 N	18,13 E	0	-		Strážovské vrchy
2	22:53:02,92	48,39 N	17,16 E	3	0,9		Malé Karpaty
13	01:31:23,89	49,04 N	19,01 E	1	0,5		Veľká Fatra
20	11:22:11,27	48,58 N	17,35 E	0	-		Malé Karpaty
25	09:20:20,57	49,11 N	19,39 E	0	1,0		Liptov
Február							
1	19:28:46,60	48,51 N	17,15 E	1	0,6		Záhorie

1	20:33:01,05	48,51 N	17,20 E	2	0,8		Záhorie
1	21:32:00,18	48,52 N	17,17 E	0	0,4		Záhorie
2	19:44:16,51	48,52 N	17,18 E	0	0,1		Záhorie
4	16:06:10,02	48,47 N	17,34 E	1	0,4		Malé Karpaty
8	20:42:26,23	48,51 N	17,19 E	0	1,7	3	Záhorie
9	00:14:43,79	48,51 N	17,20 E	1	-		Záhorie
9	05:57:54,69	48,51 N	17,19 E	2	-		Záhorie
9	15:03:55,19	48,51 N	17,20 E	2	0,1		Záhorie
9	17:18:29,31	48,52 N	17,21 E	2	0,3		Záhorie
9	17:19:31,69	48,51 N	17,22 E	0	-		Záhorie
11	17:21:23,78	49,08 N	19,93 E	0	0,6		Vysoké Tatry
13	07:27:31,24	48,51 N	17,21 E	3	0,2		Záhorie
13	08:30:02,23	48,51 N	17,20 E	0	0,4		Záhorie
13	16:28:14,40	48,52 N	17,20 E	2	1,0		Záhorie
14	00:57:11,23	48,49 N	17,40 E	1	-		Malé Karpaty
14	01:24:47,21	48,52 N	17,20 E	2	0,2		Záhorie
24	13:22:01,38	48,57 N	17,53 E	0	0,5		Malé Karpaty

Marec

1	00:44:37,09	48,52 N	17,19 E	1	-		Záhorie
1	01:12:11,97	48,52 N	17,19 E	1	0,2		Záhorie
1	02:45:57,25	48,49 N	17,46 E	2	0,4		Malé Karpaty
1	10:57:54,91	48,35 N	17,11 E	0	1,0		Malé Karpaty
1	23:07:12,21	48,52 N	17,21 E	1	-		Záhorie
5	11:20:24,23	48,86 N	20,69 E	0	-		Volovské vrchy
11	15:35:06,19	48,52 N	17,22 E	4	0,2		Záhorie
15	21:33:08,78	48,51 N	17,19 E	0	-		Záhorie
27	12:45:04,72	48,87 N	20,55 E	0	-		Volovské vrchy
30	02:39:03,87	48,58 N	17,43 E	1	0,5		Malé Karpaty

Apríl

11	01:06:23,97	48,74 N	18,32 E	0	0,8		Strážovské vrchy
15	14:26:46,75	48,66 N	21,71 E	10	-		Východoslovenská rovina
17	15:54:08,47	48,91 N	21,60 E	1	1,0		Slanské vrchy
23	23:18:27,21	48,77 N	22,02 E	16	3,3	5-6	Vihorlat
24	05:44:56,53	48,51 N	17,71 E	0	-		Trnavská pahorkatina
24	06:17:05,02	48,54 N	17,65 E	0	-		Trnavská pahorkatina
26	17:30:37,94	49,33 N	20,53 E	4	0,8		Pieniny
29	00:16:04,60	48,04 N	18,13 E	0	0,5		Podunajská nížina
30	03:59:05,65	48,81 N	21,85 E	8	2,3	4	Vihorlat

Máj

6	21:29:56,43	48,49 N	17,33 E	1	0,2	Malé Karpaty
15	05:46:53,44	48,79 N	19,27 E	0	-	Banská Bystrica
16	15:12:24,16	48,54 N	17,58 E	4	-	Malé Karpaty
16	19:27:31,84	48,70 N	19,09 E	0	0,5	Banská Bystrica
23	03:13:55,83	48,55 N	17,61 E	3	0,5	Malé Karpaty
23	03:14:49,38	48,57 N	17,62 E	2	-	Malé Karpaty
29	17:04:17,75	48,81 N	17,73 E	0	0,7	Biele Karpaty

Jún

9	15:54:11,84	48,41 N	18,05 E	0	0,7	Nitrianska pahorkatina
11	22:19:58,39	48,18 N	19,05 E	0	1,0	Krupinská planina
20	04:50:35,61	49,08 N	18,61 E	1	0,9	Rajecká dolina
22	06:43:37,04	48,87 N	22,20 E	0	1,2	Vihorlat

Júl

3	08:39:44,43	48,98 N	21,56 E	0	-	Slanské vrchy
16	17:45:46,03	48,59 N	17,59 E	3	1,3	Malé Karpaty
18	02:21:55,18	48,53 N	19,21 E	0	-	Javorie
19	19:38:42,24	49,22 N	20,54 E	0	-	Levočské vrchy
22	10:57:28,47	49,32 N	20,62 E	0	1,3	Pieniny
22	23:39:15,01	48,54 N	17,68 E	1	-	Trnavská pahorkatina
24	02:41:11,19	48,79 N	18,08 E	3	0,8	Považský Inovec
24	03:14:59,22	48,77 N	18,05 E	6	-	Považský Inovec
24	09:15:07,46	48,49 N	17,09 E	0	0,3	Záhorie
29	02:10:44,63	48,53 N	19,21 E	0	0,6	Javorie
31	06:01:26,05	47,74 N	18,48 E	1	0,8	Šamorín-Komárno-Štúrovo

August

2	08:56:53,06	48,60 N	17,23 E	2	0,2	Záhorie
6	00:48:01,15	48,59 N	19,32 E	0	0,8	Poľana
8	10:10:09,82	48,70 N	19,15 E	0	-	Banská Bystrica
12	18:07:08,09	48,90 N	22,28 E	6	1,9	Vihorlat
15	06:22:37,76	47,81 N	18,17 E	0	1,4	Šamorín-Komárno-Štúrovo
20	03:53:22,61	48,53 N	17,52 E	2	1,2	Malé Karpaty
31	07:50:25,86	48,75 N	19,61 E	0	1,6	3 Veporské vrchy

September

1	03:59:12,83	48,75 N	19,62 E	0	1,2	Veporské vrchy
8	01:36:26,62	48,78 N	19,23 E	0	0,6	Banská Bystrica

10	22:35:33,00	48,78 N	22,03 E	9	0,2	Vihorlat
10	23:11:14,78	48,59 N	17,60 E	3	0,1	Malé Karpaty
11	00:26:59,17	48,60 N	17,60 E	3	-	Malé Karpaty
12	02:46:38,19	48,59 N	17,61 E	3	0,3	Malé Karpaty
13	00:03:52,72	48,59 N	17,61 E	3	1,1	Malé Karpaty
13	00:10:47,02	48,59 N	17,61 E	3	0,2	Malé Karpaty
15	05:04:32,82	48,58 N	17,60 E	3	0,3	Malé Karpaty
15	08:58:39,66	49,13 N	20,90 E	10	1,6	Levočské vrchy
15	23:32:49,70	48,58 N	17,61 E	3	0,3	Malé Karpaty
16	04:58:39,09	48,59 N	17,60 E	3	0,3	Malé Karpaty
20	07:37:25,65	47,90 N	17,85 E	12	1,3	Šamorín-Komárno-Štúrovo
21	10:17:06,78	49,25 N	19,66 E	0	1,1	Západné Tatry
25	19:21:08,48	48,60 N	17,61 E	3	1,4	Malé Karpaty

Október

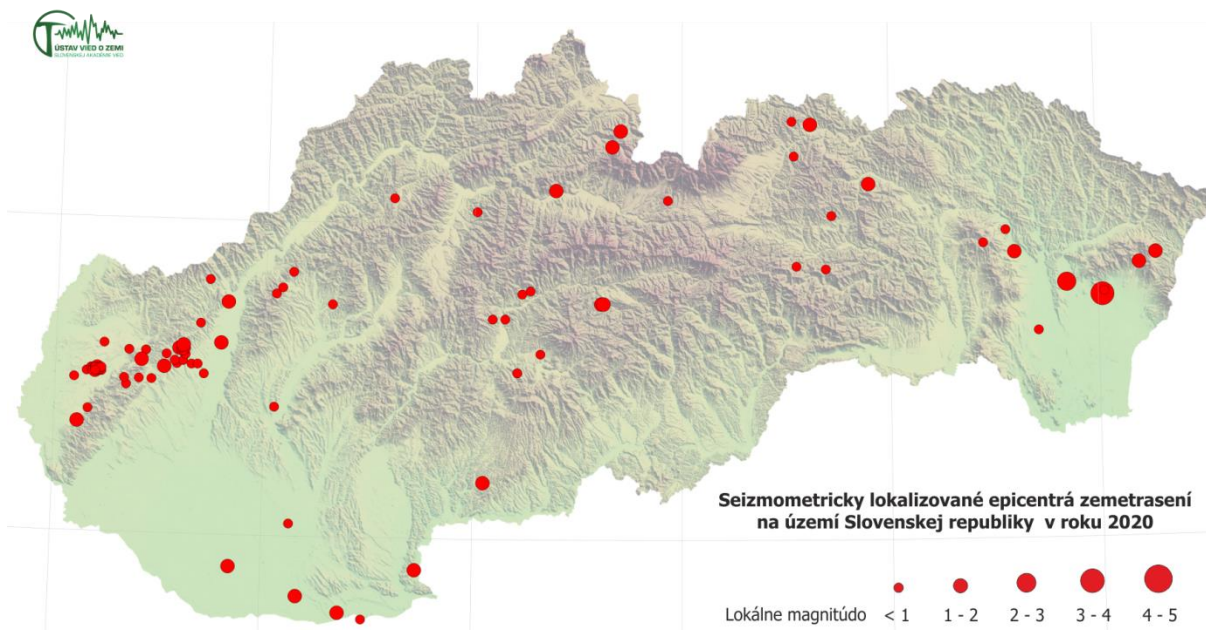
9	10:24:17,22	49,30 N	19,70 E	0	1,4	Západné Tatry
29	09:39:48,38	48,61 N	17,79 E	0	1,2	Trnavská pahorkatina

November

2	14:18:59,68	48,55 N	17,57 E	3	0,9	Malé Karpaty
6	14:21:15,49	49,03 N	20,72 E	2	-	Levočské vrchy
14	00:16:33,21	48,94 N	21,45 E	2	0,9	Slanské vrchy
30	08:42:33,49	47,90 N	18,73 E	5	1,4	Šamorín-Komárno-Štúrovo
30	19:18:39,25	47,76 N	18,37 E	7	1,3	Šamorín-Komárno-Štúrovo

December

4	21:42:44,24	48,67 N	17,69 E	5	0,7	Malé Karpaty
24	15:34:02,40	48,74 N	17,82 E	5	1,6	Malé Karpaty
25	08:43:36,08	48,55 N	17,41 E	0	1,3	Malé Karpaty



Obr. 48 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2020.

Zemetrasenie dňa 8.2.2020 o 20:42 UTC bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS - MODS, SRO a ZST. Na základe záznamov zo seizmických stanic bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,7$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na Záhorí. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 8.2.2020
čas vzniku [UTC]	..... 20:42:26,23
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,51° N
zemepisná dĺžka	..... 17,19° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,7

Zemetrasenie bolo pocítené v 2 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 5 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickéj stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 08.2.2020 o 20:42 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Plavecký Mikuláš	48,519	17,306	4	3
Plavecký Peter	48,536	17,327	1	3

Zemetrasenie dňa 22.3.2020 o 05:24 UTC bolo zaznamenané piatimi seizmickými stanicami NSSS - MODS, SRO, KECS, LANS a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=5,2$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Chorvátska. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 22.3.2020
čas vzniku [UTC]	..... 05:24:02,80
epicentrum: zemepisná šírka	..... 45,87° N
zemepisná dĺžka	..... 16,02° E
hĺbka ohniska	..... 10 km
lokálne magnitúdo	..... 5,2

Zemetrasenie bolo pocítené v 6 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 24 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Najvyššia makroseizmická intenzita zemetrasenia dosiahnutá na území SR je 3° EMS-98.

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 22.03.2020 o 05:24 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Nové Zámky	47,993	18,170	12	3
Bratislava	48,163	17,126	7	3
Sereď	48,289	17,729	2	3
Komárno	47,766	18,118	1	3
Nové Mesto nad Váhom	48,758	17,829	1	3
Pezinok	48,298	17,270	1	3

Zemetrasenie dňa 23.4.2020 o 23:18 UTC bolo zaznamenané piatimi seizmickými stanicami NSSS - STHS, KECS, LANS, MODS a SRO. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=3,3$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Vihorlatských vrchov. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 23.4.2020
čas vzniku [UTC]	..... 23:18:27,21
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,77° N
zemepisná dĺžka	..... 22,02° E
hĺbka ohniska	..... 16,2 km
lokálne magnitúdo	..... 3,3

Zemetrasenie bolo pocítené v 56 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 544 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 5-6° EMS-98.

Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 23.4.2020 o 23:18 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Michalovce	48,753	21,915	379	5-6
Zalužice	48,757	21,991	29	5-6
Petrovce nad Laborcom	48,794	21,868	7	5-6
Vinné	48,814	21,977	14	5
Hažín	48,752	22,021	10	5
Kaluža	48,806	22,006	5	5?
Betlenovce	48,729	21,903	2	5?
Močarany	48,739	21,872	2	5?
Šamudovce	48,708	21,888	2	5
Hatalov	48,659	21,889	1	5
Sobrance	48,756	22,189	1	5
Vrbnica	48,685	21,885	1	5?
Trnava pri Laborci	48,820	21,933	6	4-5
Veľké Zalužice	48,757	21,978	6	4-5
Nacina Ves	48,823	21,842	5	4-5
Krásnovce	48,722	21,901	3	4-5
Lastomír	48,706	21,929	3	4-5
Čečehov	48,723	21,994	2	4-5
Lúčky	48,767	22,045	2	4-5
Sliepkovce	48,668	21,942	2	4-5

Međov	48,737	21,936	1	4-5
Milovaná	48,763	21,866	2	4?
Velké Revištia	48,750	22,109	2	4
Pichne	49,039	22,123	1	4
Suché	48,765	21,837	1	4
Rakovec nad Ondavou	48,771	21,786	3	3-4
Pozdišovce	48,728	21,857	8	3
Humenné	48,933	21,909	5	3
Strážske	48,874	21,833	4	3
Moravany	48,729	21,790	3	3
Trebišov	48,626	21,716	2	3
Beša	48,536	21,952	1	3
Brekov	48,902	21,838	1	3
Komárovce	48,654	21,650	1	3
Martin	49,087	18,915	1	3
Lučkovce	48,720	21,785	1	3
Poša	48,839	21,756	1	3
Vranov nad Topľou	48,882	21,689	2	3
Vyšný Žipov	48,987	21,590	1	3
Závadka	48,928	21,842	1	3
Žbince	48,671	21,887	1	3
Zemplínska Šírava	----	----	3	pozorované
Klokočov	48,813	22,032	2	pozorované
Topoľany	48,785	21,867	2	pozorované
Babin Potok	49,117	21,223	1	pozorované
Bajany	48,603	22,111	1	pozorované
Budkovce	48,629	21,944	1	pozorované
Čerhov	48,461	21,644	1	pozorované
Dlhé Klčovo	48,812	21,739	1	pozorované
Jasenov	48,797	22,173	1	pozorované
Lesné	48,799	21,817	1	pozorované
Nižný Hrušov	48,810	21,776	1	pozorované
Porúbka	49,200	21,430	1	pozorované
Senné	48,665	22,030	1	pozorované
Vybúchanec	48,821	21,816	1	pozorované

Zbudza	48,816	21,895	1	pozorované
--------	--------	--------	---	------------

Zemetrasenie dňa 30.4.2020 o 03:59 UTC bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS - STHS, KECS, LANS a MODS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=2,3$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Vihorlatských vrchov. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 30.4.2020
čas vzniku [UTC]	..... 03:59:05,65
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,81° N
zemepisná dĺžka	..... 21,85° E
hĺbka ohniska	..... 8,1 km
lokálne magnitúdo	..... 2,3

Zemetrasenie bolo pocítené v 18 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 70 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickkej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4° EMS-98.

Tab. 8 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 30.4.2020 o 03:59 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Pusté Čemerné	48,843	21,819	7	4
Oreské	48,824	19,604	3	4
Trnava pri Laborci	48,820	21,933	5	3-4
Michalovce	48,753	21,915	9	3
Petrovce nad Laborcom	48,794	21,868	9	3
Vinné	48,814	21,977	9	3
Nacina Ves	48,823	21,842	4	3
Staré	48,412	21,903	4	3
Nižný Hrušov	48,810	21,776	3	3
Poša	48,839	21,756	3	3
Strážske	48,874	21,833	3	3
Zbudza	48,816	21,895	2	3

Zemplínska Šírava	48,787	22,012	1	3
Dlhé Klčovo	48,812	21,739	2	pozorované
Lesné	48,799	21,817	2	pozorované
Nižný Hrabovec	48,853	21,754	2	pozorované
Voľa	48,840	21,851	1	pozorované
Vybúchanec	48,821	21,816	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 31.8.2020 o 07:50 UTC bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS - KECS, LANS a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,6$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo vo Veporských vrchoch, pri obci Brezno. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 31.8.2020
čas vzniku [UTC]	..... 07:50:25,86
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,75° N
zemepisná dĺžka	..... 19,61° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,6

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 1 makroseizmické pozorovanie. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

Tab. 9 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 31.8.2020 o 07:50 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Brezno	48,813	19,660	1	3

Zemetrasenie dňa 29.12.2020 o 11:19 UTC bolo zaznamenané šiestimi seizmickými stanicami NSSS - ZST, SRO, VYHS, LANS, KECS a KOLS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=6,2$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Chorvátska. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 29.12.2020
čas vzniku [UTC]	..... 11:19:54,60
epicentrum: zemepisná šírka	..... 45,46° N
zemepisná dĺžka	..... 16,31° E
hĺbka ohniska	..... 10 km
lokálne magnitúdo	..... 6,2

Zemetrasenie bolo pocítené v 85 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 682 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Najvyššia makroseizmická intenzita zemetrasenia dosiahnutá na území Slovenska je 4° EMS-98.

Tab. 10 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 29.12.2020 o 11:19UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Lehnice	48,048	17,458	1	4
Bratislava 5	48,068	17,119	184	3
Bratislava 2	48,139	17,192	119	3
Bratislava 4	48,204	17,028	68	3
Bratislava 1	48,147	17,102	55	3
Nitra	48,314	18,092	34	3
Bratislava 3	48,207	17,147	20	3
Trnava	48,378	17,587	18	3
Nové Zámky	47,993	18,170	15	3
Sereď	48,289	17,729	15	3
Komárno	47,766	18,118	11	3
Levice	48,217	18,610	9	3
Pezinok	48,298	17,270	9	3
Šaľa	48,151	17,888	8	3
Banská Bystrica	48,733	19,143	7	3
Senec	48,243	17,380	6	3
Nové Mesto nad Váhom	48,758	17,829	5	3
Trenčín	48,890	18,043	5	3
Dunajská Streda	47,996	17,617	4	3
Bernolákovo	48,200	17,300	3	3

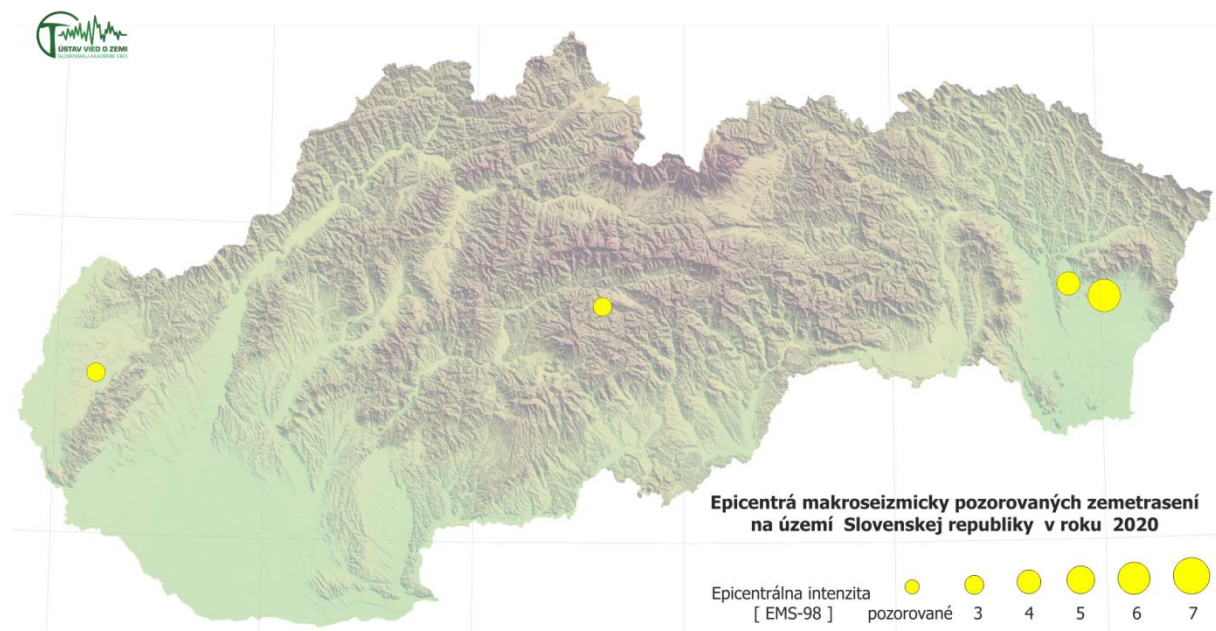
Galanta	48,198	17,734	3	3
Hlohovec	48,431	17,798	3	3
Martin	49,087	18,915	3	3
Michalovce	48,753	21,915	3	3
Stupava	48,269	17,023	3	3
Topoľčany	48,561	18,174	3	3
Dunajská Lužná	48,083	17,265	2	3
Lučenec	48,332	19,664	2	3
Modra	48,347	17,313	2	3
Partizánske	48,641	18,589	2	3
Piešťany	48,594	17,824	2	3
Rovinka	48,098	17,237	2	3
Slovenský Grob	48,256	17,279	2	3
Šamorín	48,025	17,339	2	3
Balog nad Ipľom	48,078	19,133	1	3
Bobrovec	49,122	19,616	1	3
Bohdanovce nad Trnavou	48,424	17,541	1	3
Borský Mikuláš	48,622	17,205	1	3
Báb	48,307	17,880	1	3
Čachtice	48,713	17,789	1	3
Dlhá nad Váhom	48,171	17,863	1	3
Dudince	48,169	18,885	1	3
Holíč	48,810	17,161	1	3
Horné Saliby	48,111	17,761	1	3
Horné Trhovište	48,468	17,869	1	3
Hronovce	48,003	18,645	1	3
Ivančiná	48,911	18,814	1	3
Kmeťovce	48,262	18,708	1	3
Kovarce	48,498	18,157	1	3
Košice	48,711	21,254	1	3
Kúty	48,659	17,021	1	3
Láb	48,364	16,974	1	3
Malacky	48,436	17,024	1	3
Matúškovo	48,168	17,733	1	3
Miloslavov	48,096	17,307	1	3

Mojzesovo	48,134	18,239	1	3
Most pri Bratislave	48,136	17,285	1	3
Močenok	48,226	17,931	1	3
Nová Dedinka	48,185	17,356	1	3
Nána	47,815	18,695	1	3
Opoj	48,303	17,643	1	3
Osuské	48,623	17,451	1	3
Pribeta	47,924	18,303	1	3
Prievidza	48,772	18,626	1	3
Strekov	47,895	18,394	1	3
Špačince	48,441	17,612	1	3
Tehla	48,186	18,389	1	3
Topoľčianky	48,423	18,412	1	3
Tvrdošovce	48,093	18,037	1	3
Valaliky	48,641	21,301	1	3
Velčice	48,415	18,305	1	3
Veľké Lovce	48,061	18,338	1	3
Veľké Úľany	48,143	17,582	1	3
Veľký Krtíš	48,214	19,350	1	3
Zvolen	48,572	19,140	1	3
Žiar nad Hronom	48,582	18,853	1	3
Žihárec	48,073	17,882	1	3
Štúrovo	47,804	18,698	2	pozorované
Medveďov	47,800	17,663	1	pozorované
Nováky	48,725	18,544	1	pozorované
Nový Gúg	47,969	18,108	1	pozorované
Okoč	47,912	17,825	1	pozorované
Púchov	49,124	18,326	1	pozorované
Studienka	48,527	17,137	1	pozorované
Šaštín-Stráže	48,643	17,147	1	pozorované

Do katalógu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky vstupujú pre rok 2020 nasledujúce parametre:

DÁTUM			ČAS [UTC]			HYPOCENTRUM			M_L	I_0	LOKALITA
rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2020	02	08	20	42	26,2	48,51	17,19	0	1,7	3	Záhorie
2020	03	22	05	24	02,8	45,87	16,02	10	5,2	3*	Chorvátsko
2020	04	23	23	18	27,2	48,77	22,02	16	3,3	5-6	Vihorlat
2020	04	30	03	59	05,7	48,81	21,85	8	2,3	4	Vihorlat
2020	08	31	07	50	25,9	48,75	19,61	0	1,6	3	Veporské vrchy
2020	12	29	11	19	54,6	45,46	16,31	10	6,2	4*	Chorvátsko

* ... najvyššia makroseizmická intenzita zemetrasenia dosiahnutá na území Slovenska



Obr. 49 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2020. Na mape sú zobrazené len tie zemetrasenia, ktoré mali epicentrum na území Slovenska.

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 Nizkých 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, 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.*, 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. & Knejřlová, 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, L. & 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, L., 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., Cacoń, 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., 2021: MSDilat V3.1 – aplikácia na vyhodnocovanie 3D meraní dilatometrom TM-71 programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows.

- Vlcko, 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.
- Vlcko, J., 2004: Extremely slow slope movements influencing the stability of Spis Castle, UNESCO site. *Landslides*, 1-1, 67–71.
- Vlčko, J., Petro, L., 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, L., 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_Finrenze_Brockmann.pdf

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2019)

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 SKD	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48,902	21,461	476	STS-2	Wave24	100		mSEED
Vyhne	VYHS	48,493	18,836	450	STS-2	Wave24	100		mSEED
Modra-Piesok	MODS	48,373	17,277	520	STS-2	Wave32	100		mSEED
Hurbanovo	HRB	47,873	18,192	115	2x Mainka	Analog	-	začadený papier, off-line	-
Izabela	IZAB	48,569	19,713	450	3x SM3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Iža	SRO1	47,762	18,328	111	LE3D	PCM	20		mSEED
Kečovo	KECS	48,483	20,486	345	LE3D	Wave24	100		mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48,933	22,273	460	Guralp-6T-30s	Wave32	100		mSEED
Liptovská Anna	LANS	49,151	19,468	710	LE3D	SEMS	100		mSEED
Moča	SRO2	47,763	18,394	109	Guralp-40T-1s	Wave24	100		mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49,417	21,244	534	LE3D	Wave24	100		mSEED
Šrobárová	SRO	47,813	18,313	150	3x SKM-3	Wave24	100		kontinuálna, v reálnom čase	mSEED