

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA  
BRATISLAVA**



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

**Tektonická a seizmická aktivita územia**

**Subsystem 02**

**Správa za obdobie: rok 2010**

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

Správu vypracoval: **Doc. RNDr. Miroslav Hrašna, CSc.**

Spolupracovali: **Ing. Dušan Ferianc, ÚGK Bratislava**  
**Ing. Ľubomír Petro, CSc., ŠGÚDŠ Bratislava**

## 2.1 Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska boli v roku 2010 metódami diaľkového prieskumu zeme na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch monitorované pohyby povrchu a na vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu TM 71 pohyby pozdĺž zlomov. Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe údajov GFÚ SAV za rok 2009 a celkovo od polovice 15. storočia. Zostavená bola tiež nová mapa epicentier zemetrasení.

## 2.2 Pohyby povrchu územia

Technológia na určovanie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) sa v geodetickej praxi preukazuje ako veľmi efektívna metóda aj pri sledovaní pohybov povrchu územia. Z pohľadu monitoringu geodynamických zmien je výhodné najmä permanentné meranie na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch, ktoré vylučujú rad chýb z merania.

Prvé nasadenie technológie GNSS bolo realizované cez epochové kampane, v ktorých boli určované geodetické body zaradené do Slovenskej geodynamickej referenčnej siete (SGRN). Tieto sa prakticky v dvojročnom intervale vykonávajú od roku 1993 v nepárnych rokoch. Výsledky meraní umožnili spresňovať odhad Slovenského kinematického referenčného rámca (SKTRF).

### 2.2.1 Permanentné merania na hĺbkovo stabilizovaných bodoch

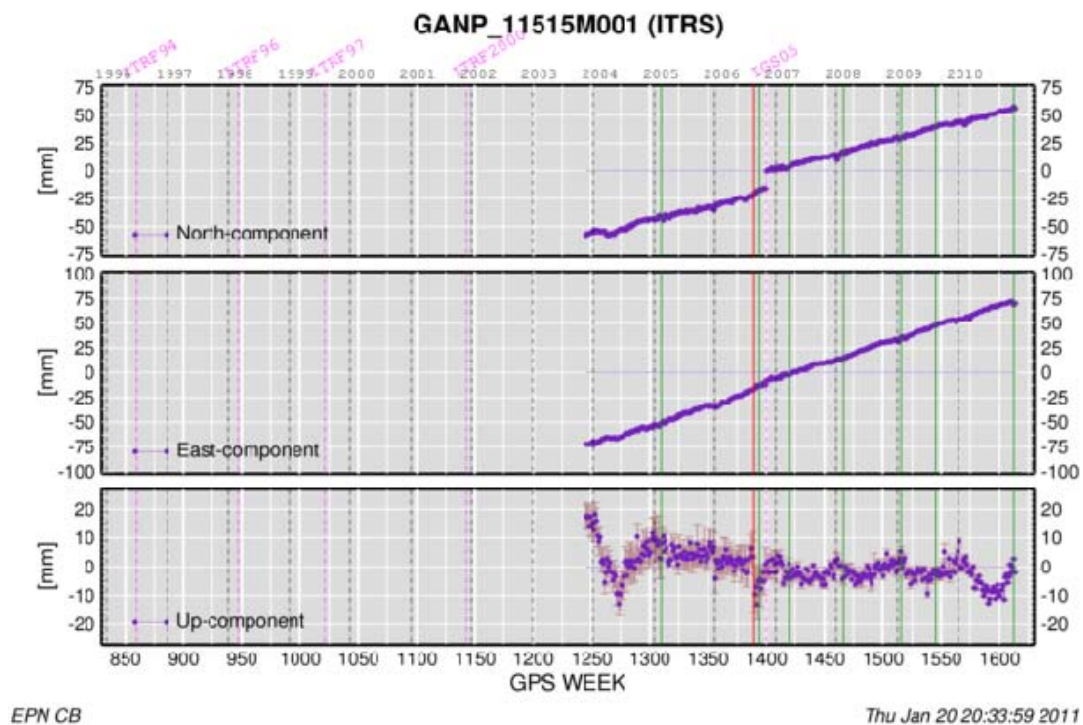
Spustenie permanentných meraní bolo zahájene na bode MOPI (lokalita Modra-Piesky), GANP (lokalita Gánovce pri Poprade), a BBYS (lokalita Sásová v Banskej Bystrici). Tieto body sa stali aj súčasťou európskej permanentnej siete (EPN - Euref Permanent Network), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (IAG).

Za reprezentatívne výsledky monitoringu môžeme považovať najmä globálne rýchlosti, určené zo spracovania EPN na bodoch GANP a MOPI, ktoré sú vybavené duálnym prístrojom GNSS (systém NAVSTAR a GLONASS). Rýchlosti predstavujú absolútne zmeny polohy bodu v jednotlivých zložkách karteziánskych súradníc (XYZ) medzinárodného terestrického referenčného systému (ITRS), ktoré obsahujú aj pohyb eurázijskej platne. Po odpočítaní rýchlostného modelu ITRF2005 definovanom rotáciami eurázijskej platne a pretransformovaní karteziánskych súradníc XYZ do topocentrického súradnicového systému dostaneme národné (lokálne) rýchlosti, ktoré predstavujú skutočný pohyb monitorovaného bodu.

Výsledky monitoringu pre jednotlivé body EPN sú spracované vzhľadom na svetový terestrický referenčný systém (ITRS), medzinárodný terestrický referenčný rámec - ITRF2005, Európsky terestrický referenčný rámec - ETRF2000, ako priamo merané údaje

(RAW) a upravené s rýchlostným trendom (CLEAN). Údaje zo stanice GANP upravené o periodické chyby so znázorneným rýchlostným trendom pohybu bodu v systéme ITRS sú znázornené v grafe na obr. 2.1. (Údaje sú preberané z <http://www.epncb.oma.be/dataproducts/timeseries>.)

Zmeny polohy bodu sú v grafe znázornené v mm, a to v smere zemepisných osí sever (N), juh (S), východ (E), západ (W) a vo výške (U). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v GPS týždňoch (GPS WEEK). Týždne sa datujú od vzniku systému GPS NAVSTAR. Z obrázku vidieť, že v systéme ITRS sa bod GANP pohybuje rýchlosťou cca 2 cm za rok na severovýchod. Obdobné rýchlosti boli zistené aj na ďalších hĺbkovo stabilizovaných bodoch. Podrobnejšie údaje budú uvedené v záverečnej správe.

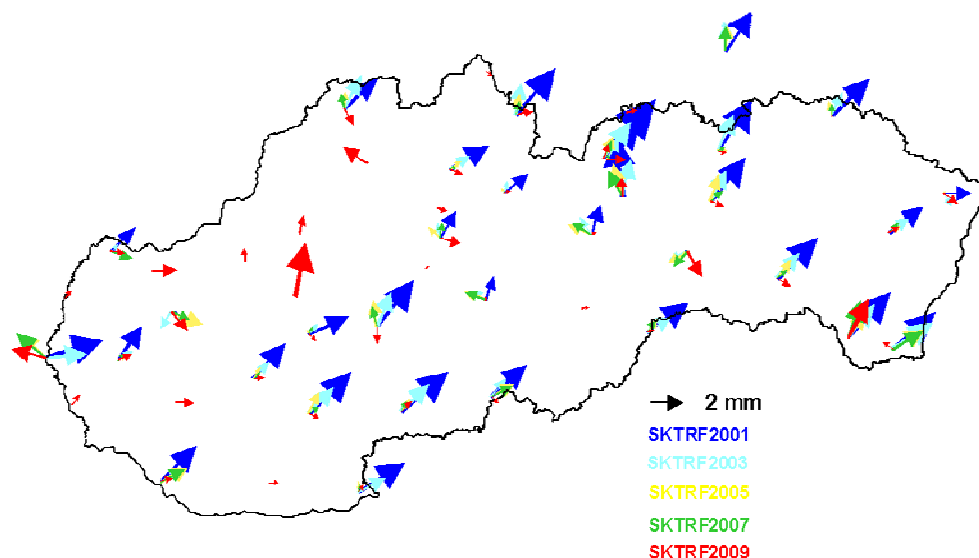


Obr. 2.1 Znáozornenie rýchlostného trendu bodu Gánovce v ITRS

### 2.2.2 Merania v sieti SGRN

Od roku 1993, kedy sa zrealizovala sieť prvých stabilizovaných geodetických bodov za účelom sledovania geodynamických zmien označená ako SGRN, bol dodržaný dvojiročný interval meraní, počas ktorých sa realizovali opakované meračské kampane GNSS. Body siete SGRN sa dostali aj do širšie koncipovanej siete SKPOS (obr. 2.2), využívanej na geodetické účely (kataster, úpravy pozemkov a p.). Do siete nie je zahrnutý bod BBYS nakoľko je na ňom zatiaľ umiestnená aparátúra umožňujúca iba príjem signálu GPS NAVSTAR (chýba príjem signálu GLONAS).



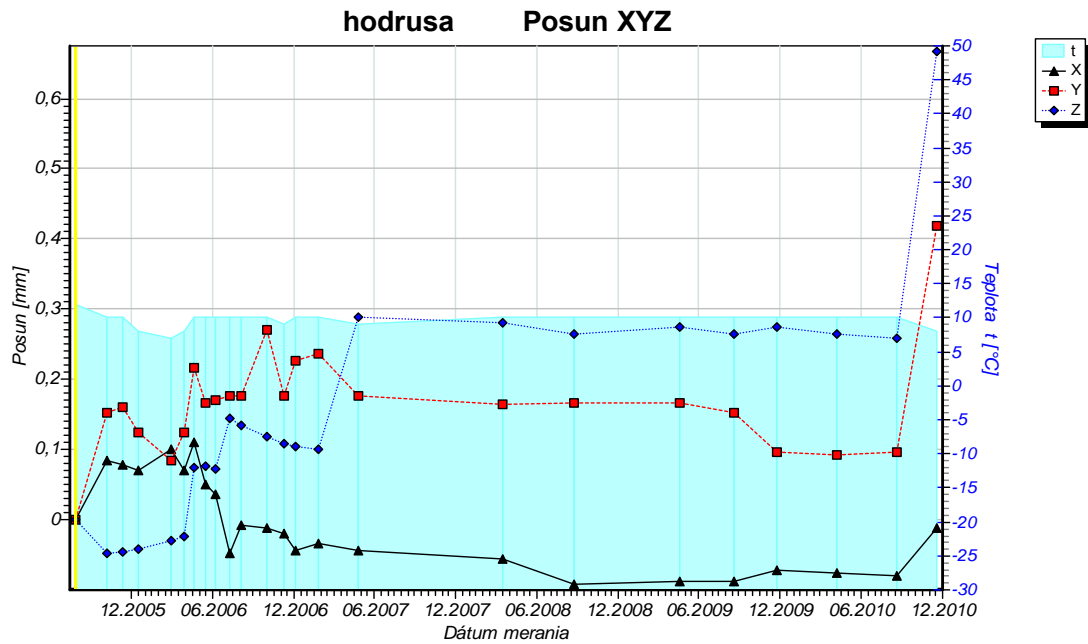


*Obr. 2.3 Grafické znázornenie vektorov rýchlostí na vybraných bodoch SGRN v jednotlivých SKTRF*

Priemerná rýchlosť z opakovaných kampaní vychádza pod 1,5 mm za rok. V jednotlivých bodoch je ale rôzna, a mení sa i smer pohybu. Tieto zmeny, okrem skutočných pohybov možno sčasti pripísať aj technickým podmienkam pri meraní (napríklad že v jednotlivých kampaniach boli menené typy antén GNSS). Podrobnejšie zhodnotenie pohybov bude uvedené v záverečnej správe.

### **2.3 Pohyby pozdĺž zlomov**

Inštrumentálne merania pohybov pozdĺž zlomov pomocou dilatometrov typu TM 71 na vybratých lokalitách (Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipeľ, Vyhne, Banská Hodruša, Jaskyňa pod Spišskou) pokračovali i v roku 2010. Pokračovala i spolupráca s Ústavom štruktúry a mechaniky hornin Akadémie Vied ČR v Prahe, ktorý inštaloval v oblasti Malých Karpát, v okolí Dobrej Vody, viacero dilatometrov za účelom sledovania tektonickej a seizmickej aktivity oblasti. V štôlni Izabela na Ipeľi došlo k závalu, v dôsledku čoho sú z tejto lokality len dve merania. Celkovo boli na meraných lokalitách zistené iba nepatrné pohyby, resp. pohyby v dôsledku kolísania teploty. Výnimku tvorí lokalita Banská Hodruša, kde boli v období medzi augustom a novembrom 2010 zaznamenané výraznejšie posuny v smere osi y a z. V prvom prípade ide o posun 0,412 mm, v druhom 0,323 mm (obr.2.4). Takéto posuny môžu naznačovať zvýšenú tektonickú aktivitu.

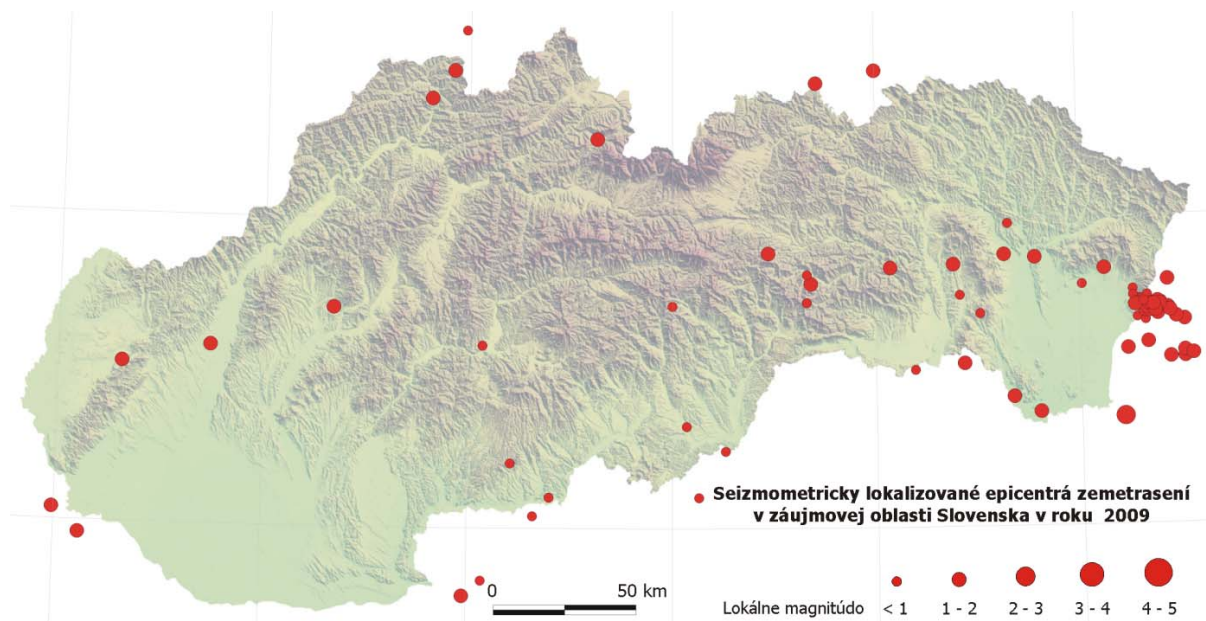


Obr.2.4 Meranie pohybov na lokalite Banská Hodruša

## 2.4. Seizmická aktivita na území Slovenska

### 2.4.1 Seizmická aktivita v roku 2009

Podľa správy Geofyzikálneho ústavu SAV (Cipcjar a Kristeková, 2010) bolo v roku 2009 na území Slovenska a v príľahlých prihraničných územiach seizmometricky lokalizovaných 87 zemetrasení (obr. 2.5), ktorých magnitúdo sa pohybovalo v rozmedzí 0,2 až 1,5. Najviac



Obr.2.5. Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení v záujmovej oblasti Slovenskej republiky v roku 2009 (Cipcjar a Kristeková, 2010).

zemetrasení bolo zaznamenaných v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti, ktorá je pokračovaním epicentrálnej oblasti južne od Vihorlatu. Makroseizmicky sa prejavilo 6 zemetrasení. Epicentrá 5 z nich sa nachádzali v ukrajinsko-slovenskej hraničnej oblasti, epicentrum jedného na území Rakúska. Ich intenzita sa pohybovala od veľmi slabej (pocítené) až po  $I=3^{\circ}\text{EMS}$ .

#### **2.4.2 Seizmická aktivita od 15. do 20. storočia**

Od polovice 15. storočia do roku 1963 bolo na Slovensku sformovaných 11 zdrojových/epicentrálnych oblastí: Bratislava, Pernek-Modra, Dobrá Voda, Trenčianske Teplice, Žilina, Banská Bystrica, Banská Štiavnica, Oblasť Popradskej kotliny a príľahlých pohorí (možno ju rozčleniť na dve čiastkové oblasti: Spišská Stará Ves-Červený Kláštor a Lendak-Kežmarok-Veľká Lomnica), Hornádska kotlina, Humenné-Vranov nad Topľou.

V oblasti Popradskej kotliny a príľahlých pohoriach, kde sa od 17. do 20. storočia vyskytlo 7 zemetrasení o intenzite 4 až  $7^{\circ}\text{EMS}$  nebolo od roku 1901, t.j. počas 105 rokov makroseizmicky pozorované žiadne zemetrasenie a slabé, iba seizmometricky určené zemetrasenia sa vyskytli len ojedinele. Zrejme tu došlo k útlmu seizmickej aktivity, ktorá sa v dôsledku zmien v tektonických napätí/pohybov presunula na iné miesta. Obdobná situácia nastala aj v oblasti Hornádskej kotliny, kde počas ostatných 91 rokov (od roku 1915) neboli makroseizmicky pozorované žiadne otrasy a počas posledných 5 rokov tu boli seizmometricky zaznamenané iba dve zemetrasenia ( $M_L < 1$ ) v roku 2005.

Zatiaľ čo východne od Tatier došlo k útlmu seizmickej aktivity, od roku 1964 do roku 2002 bolo západne od Tatier makroseizmicky pozorovaných 5 zemetrasení o intenzite 3 až  $4,5^{\circ}\text{EMS}$ . V tomto území neboli predtým makroseizmicky zaznamenané žiadne zemetrasenia. Zrejme sa tu začínajú formovať dve menšie epicentrálne oblasti, jedna v SV časti Oravskej kotliny a druhá pri obvode Chočských vrchov (Hrašna et al. 2007). V rokoch 1966 až 2004 sa aktivizovala aj nová seizmická oblasť severne od Tatier, v oblasti Zakopané-Podzské, kde bolo v tomto období zaznamenaných 6 zemetrasení s  $I=3$  až  $7^{\circ}\text{EMS}$ . (Hrašna et al., 2007). V roku 2005 tu pokračovala slabšia seizmická aktivita, pričom bolo seizmometricky zaznamenaných 18 zemetrasení s lokálnym magnitúdom prevažne v rozmedzí 1 až 2.

Obdobne sa nová epicentrálna oblasť začala formovať aj južne od Vihorlatu, kde bolo v rokoch 2002 až 2008 makroseizmicky zaznamenaných 8 zemetrasení, prevažne o intenzite 3 až  $4^{\circ}\text{EMS}$  (jedno zemetrasenie malo intenzitu až  $6^{\circ}\text{EMS}$ ).

Nová epicentrálna oblasť zrejme vzniká aj v území okolo D. Mladoníc, Čekoviec a Bzovíka, kde v októbri a novembri 1999 bolo makroseizmicky pocítených minimálne 8 zemetrasení o intenzite 3 až  $5^{\circ}\text{EMS}$ . V tomto území sa podľa historických záznamov nevyskytlo v minulosti žiadne makroseizmicky pozorované zemetrasenie. Zemetraseniu

predchádzali v okolí Mladoníc diferencované vertikálne tektonické pohyby o rýchlosti až 2 mm za rok, ktoré boli dokumentované presnou niveláciou v predchádzajúcich rokoch (Hrašna, 2002). Všetky epicentrálne oblasti sú zakreslené na obr. 2.6.



Obr. 2.6 Vymedzenie epicentrálnych oblastí na území Slovenska

### 2.4.3 Prognóza seizmickej aktivity

Vyššie uvedené údaje dokumentujú, že na jednej strane dochádza v niektorých pôvodne seizmicky aktívnych oblastiach ku útlmu seizmickej aktivity, a na druhej strane od konca minulého storočia, resp. začiatku tohto storočia došlo ku vzniku nových seizmicky aktívnych oblastí. K najvýraznejšiemu útlmu došlo v oblasti Hornádskej kotliny a Popradskej kotliny, sčasti i v oblastiach Žilina, Humenné-Vranov nad Topľou, Pernek-Modra a Bratislava. Seizmicky sa aktivovali územia južne od Vihorlatu, juhovýchodne od B. Štiavnice a západne, resp. i severne od Tatier (oravsko-chočská oblasť a oblasť Zakopané-Podszkle). Najmä v týchto oblastiach, ako aj v seizmicky aktívnej oblasti Dobrej Vody, Komárna, Trenčianskych Teplíc a Banskej Bystrice možno očakávať na území Slovenska pokračovanie seizmickej aktivity i výskyt makroseizmicky zaznamenaných zemetrasení. Analýza seizmickej aktivity preukázala, že takmer vo všetkých týchto oblastiach dochádza oproti minulosti ku jej zvyšovaniu, ktorá sa prejavuje väčším počtom makroseizmicky zaznamenaných zemetrasení, avšak o nižšej intenzite než tomu bolo v minulosti. Pri pokračovaní tohto trendu by v týchto oblastiach v blízkej budúcnosti nemalo dôjsť k ničivým zemetraseniam spôsobujúcim väčšie škody na technosfére.

V oblastiach, kde došlo k útlmu seizmickej aktivity nemožno zatiaľ predpovedať, či tento útlm je trvalý alebo či pri zmene seizmotektonického režimu dôjde v nich časom ku jej obnoveniu.

### **Literatúra**

Cipciar, A., Kristeková, M.: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami GFÚ SAV v roku 2009. Manuscript. GFÚ SAV, Bratislava, 2009, 45 s.

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

Hrašna M., Ferienc, D., Petro, L.: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia. Správa o riešení úlohy v roku 2006 za tému 02. ŠGÚDŠ Bratislava, 2007, 15 s.

<http://www.epncb.oma.be/dataproducts/timeseries>