

STANICE SKPOS Z POHLADU ČASOVÝCH RADOV

B. Droščák¹

Abstract – SKPOS sites from time series point of view

After second year of establishing SKPOS service it is time to perform deeper analysis of all sites from stability point of view. The best tool for this investigation is using the time series methodology. Results achieved from analysis could help to understand station behavior and will be useful in service development for future. In paper there are schematically characterized all steps of methodology which are used by service provider - Geodetic and cartographic institute for station stability detection purpose.

Kľúčové slová

Stabilita staníc SKPOS, časové rady, spracovanie GNSS dát.

1 ÚVOD

Služba SKPOS, hoci stále iba v testovacej prevádzke, oslavuje v tomto roku už druhé výročie svojej úspešnej existencie. Uvedené časové obdobie dovoľuje prevádzkovateľovi služby - Geodetickému a kartografickému ústavu (ďalej GKÚ) dostatočne objektívne zhodnotiť a posúdiť stabilitu jednotlivých staníc siete ako aj spresniť kvalitu odhadu súradníc a urobiť prvý odhad prislúchajúcich rýchlostí pohybu staníc.

Myšlienka dlhodobého sledovania stability permanentných staníc SKPOS ako ďalšej z charakteristík kvality poskytovanej služby sa začala realizovať na GKÚ začiatkom roku 2008. V prvej fáze realizácie bolo treba navrhnuť metodiku a postup prác, ako aj zvoliť nástroje na realizáciu tak, aby požadované výsledky čo najlepšie korešpondovali so skutočnosťou a vyslovené závery predstavovali reálny charakter.

Je známe, že najvhodnejší nástroj na získanie informácií o charaktere správania sa jednotlivých permanentných staníc predstavuje metodika analyzovania ich časových radov. Nasledovný článok tak schematicky opisuje postup riešenia vykonaného na GKÚ a dotýka sa krokov od prípravy a spracovania nameraných údajov, cez tvorbu časových radov rezíduí až po zhodnotenie výsledkov získaných analýzou dvojročného obdobia meraní (na niektorých staniaciach).

¹ Ing. B. Droščák, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, +421 2 2081 6239, droscak@gku.sk

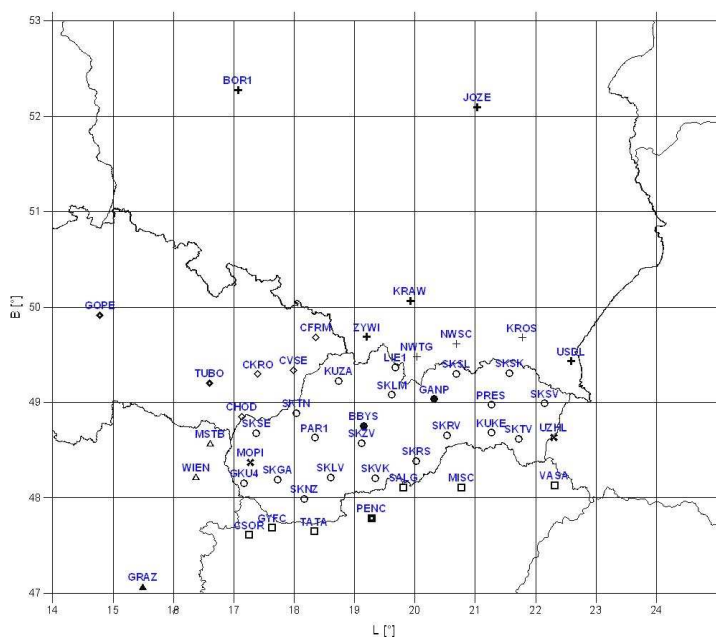
Výsledky uvedenej analýzy tak predstavujú prvý reálny pohľad na kvalitu služby SKPOS z hľadiska stability staníc a získanými poznatkami výrazne prispievajú k ďalšiemu vývoju služby do budúcnosti.

2 PRESNÉ GNSS SPRACOVANIA NA GKÚ

Aktuálne prebieha na GKÚ pravidelné spracovanie 49 permanentných staníc (obr.1) vedeckým softvérom Bernese verzia 5.0 (ďalej BSW50) [1].

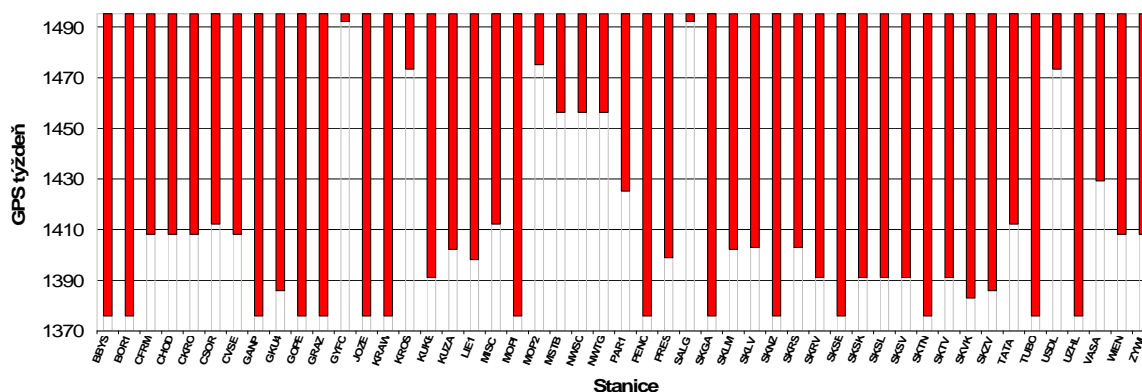
Primárnym cieľom spracovania je spresnenie kvality odhadu súradníc a rýchlostí všetkých staníc, ktoré sú súčasťou služby SKPOS, alebo sú jej potenciálnym kandidátom. Do sieťových riešení poskytovaných službou pri spresňovaní polohy v okrajových územiach štátu je plánované použiť ako náhradné stanice pri výpadkoch alebo poruchách samotných staníc SKPOS blízke stanice okolitých štátov a ich národných služieb APOS, GNSSnet.hu ASG-EUPOS a CZEPOS (vid' obr.1). Stanice Európskej permanentnej siete (ďalej EPN), zobrazené na obr. 1 hrubšou symbolikou, vstupujú do riešenia kvôli nutnosti väzby na medzinárodné referenčné systémy.

Sekundárnym cieľom vykonávaného spracovania je detekovanie a analyzovanie správania sa jednotlivých staníc z pohľadu posúdenia ich stability. Namiesto je pripomenúť, že predmetom článku nie je analyzovanie všetkých staníc zobrazených na obr.1, ale iba staníc SKPOS.



Obr. 1 Permanentné stanice vstupujúce do výpočtu (□ – stanice HUNET, ◇ – stanice CZEPOS, ○ – stanice SKPOS Δ – stanice APOS + - stanice AGS-EUPOS)

Za počiatočný dátum spracovania bol zvolený GPS týždeň 1376 – dátum, od ktorého možno považovať archivované dáta prvej množiny spustených staníc SKPOS za spoľahlivé. Ostatné stanice, ktoré sú predmetom výpočtu boli pridávané do spracovania postupne po ich spustení a dostatočnom otestovaní. Z uvedeného je zřejmé, že dĺžka spracovania jednotlivých staníc nie je rovnaká. Grafické zobrazenie spracovávaných staníc zoradených podľa dátumu zaradenia do výpočtu je zřejmé z obr. 2.



Obr. 2 Zobrazenie zaradenia jednotlivých staníc do spracovania

2.1 Metodika spracovania GNSS dát

Je zrejmé, že je nutné výpočet nastaviť tak, aby všetky známe a dostatočne modelovateľné nežiadúce efekty, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť výsledok, boli v čo najväčšej miere jednotlivými krokmi spracovania eliminované. Dostatočnú pozornosť preto treba od začiatku venovať všetkým vstupom a medzikrokom. Na druhej strane netreba zabúdať ani na zohľadnenie ekonomickosti, optimálnosti a efektivity výpočtu.

2.1.1 Vstupné GNSS dáta

GKÚ ako prevádzkovateľ služby archivuje originálne namerané GNSS dáta zo všetkých svojich staníc v štandardnej forme a štruktúre (hodinové RINEX 2.11 súbory so sekundovou hustotou záznamu usporiadané do dní, mesiacov a rokov).

Takýto hustý záznam používať na posudzovanie stability a správania sa jednotlivých staníc by bolo z praktického hľadiska neefektívne, preto za optimálnu hustotu záznamu vstupných GNSS dát staníc SKPOS bola zvolená hodnota 30s, s ktorou sú dostupné aj GNSS dáta z ostatných staníc vstupujúcich do výpočtu.

2.1.2 Nastavenia softvéru a výstupy

Nastavenia výpočtu v používanom BSW50 softvéri vychádzajú predovšetkým z odporúčaných smerníc (guidelines) na výpočet presných epochových kampaní uskutočnených na území strednej Európy [3] s čiastočnou modifikáciou, ako aj z poznatkov získaných pri účasti na spracovániach permanentných sietí Lokálnym analyzačným centrom Slovenskej Technickej Univerzity (LAC SUT). Základné charakteristiky a nastavenia možno bodovo zhrnúť nasledovne:

- použitý systém a rámec: ITRS - ITRF2005 (epocha 2000.0),
- družicový systém: NAVSTAR GPS a GLONASS,
- presné efemeridy: IGS – pre GPS, IGL – pre GLONASS,
- súradnice pólu: IGS,
- použitý absolútny model fázových centier + pri dostupných stanicách použité individuálne kalibrácie antén,
- model oceánskych slapov: FES2004,
- riešenie voľnej siete s referenčnou stanicou BOR1.

Výsledkom spracovania vstupných GNSS dát sú denné súradnice staníc v geocentrickom súradnicovom systéme XYZ (*.CRD) s prislúchajúcimi kovariančnými maticami (*.COV). Avšak, z pohľadu dlhodobého sledovania stability a vývoja staníc metódou analýzy časových radov sa denná hustota záznamu výstupov javí ako ešte stále prebytočná, preto boli denné súradnice spolu s kovariančnými maticami použité na kombinácie do týždenných riešení. Výstupné a zároveň vstupné súbory do ďalšieho spracovania tak predstavujú týždenné súradnice a príslušné kovariančné matice staníc observujúcich v danom období a s referenčným pripojením na stanicu BOR1.

3 TVORBA REZÍDUIÍ

Nevyhnutnou úlohou skúmania správania sa staníc SKPOS je správna voľba matematického modelu na tvorbu rezíduí. Je evidentné, že ak chceme vyjadriť skutočné správanie sa jednotlivých staníc, musíme pri procese odhadovania ich súradníc eliminovať všetky efekty, ktoré by nám skúmané vlastnosti mohli skresliť.

Aj na základe týchto skutočností bol zvolený na tvorbu rezíduí z výstupov z BSW50 model vytvorený a publikovaný LAC SUT [4] s čiastočnou úpravou vstupu rýchlosti. Na prevod súborov súradníc a kovariančných matíc z formátu BSW50 do tvaru požadovaného modelom boli použité jednoduché scripty napísané v programovacom jazyku Perl. Samotný výpočet zvoleným modelom bol následne vykonaný dávkovo softvérom MathCAD.

Keďže výpočet v BSW50 je viazaný cez stanicu BOR1 s medzinárodným systémom ITRS a nie s jeho Európskou realizáciou ETRS, tak dôležitým krokom spracovania bolo odstránenie pohybu Eurázijskej tektonickej platne a jej lokálnych vnútroplatňových pohybov na jednotlivých staniaciach, čo možno zapísať ako:

$$\Delta \mathbf{X}_i(t) = \mathbf{X}_i(t) - \mathbf{X}_{O_i} - \mathbf{v}_i(t - t_0) \quad (1)$$

kde $\Delta \mathbf{X}_i(t)$ - výsledné rezíduum v epoche t ,
 $\mathbf{X}_i(t)$ - geocentrické súradnice stanice v epoche t ,
 \mathbf{X}_{O_i} - referenčná poloha stanice v epoche t_0 ,
 \mathbf{v}_i - rýchlosť stanice pre jednotlivé zložky geocentrického systému,
 n - počet staníc ($i = 1 \dots n$),
 i - index pre jednotlivé stanice.

Z rovnice (1) je zrejmé, že ak poznáme dostatočne presne referenčnú polohu staníc \mathbf{X}_O (v epoche t_0) a ich rýchlosti \mathbf{v}_i , budú výsledné rezíduá oscilovať iba v dôsledku efektov náhodných chýb samotnej stanice a náhodných chýb referenčnej stanice BOR1, cez ktorú sú súradnice naviazané na ITRS. Netreba zabúdať ani na to, že všetky rýchlosti vstupujúce do rovnice musia byť vyjadrené pomocou rýchlostného modelu korešpondujúceho so spomínaným ITRS resp. jeho realizáciou ITRF2005. Problém tak nastáva pri spracovaní staníc s neznámymi, alebo s nedostatočne presne určenými rýchlosťami v ITRF2005, teda na všetkých staniaciach SKPOS s výnimkou staníc GANP a BBYS, ktoré ako súčasť EPN siete majú rýchlosť odhadnutú aj v ITRF2005 rámci (hodnoty možno získať z [5]).

Vyriešiť problém nepoznania rýchlosti na staniaciach SKPOS je možné dvojakým spôsobom:

- 1) rýchlosti staníc odhadnúť softvérom BSW50 z doposiaľ uskutočnených observácií,
- 2) rýchlosť staníc vypočítať aproximáciou na základe niektorého známeho rýchlostného modelu a identických bodov.

Keďže odhad rýchlostí pomocou BSW50 bol na niektorých staniach pre nie dostatočne dlhý časový interval stabilný, bol na výpočet rýchlostí staníc SKPOS nakoniec zvolený druhý variant riešenia.

3.1 Výpočet rýchlostí staníc SKPOS

Na výpočet rýchlostí staníc SKPOS boli použité známe hodnoty rýchlostí korešpondujúce s rámcom ITRF2005 ($\mathbf{v}_{ITRF2005}$) získané z [5], alebo [6] a hodnoty rýchlostí odpovedajúce modelu NUVELL1A ($\mathbf{v}_{NUVELL1A}$) získané z BSW50. Postup aproximácie spočíval vo výpočte rozdielov medzi oboma spomenutými modelmi na tzv. identických staniach (index ID vo vzťahu 2) predstavujúcich stanice nachádzajúce sa na území Slovenska, alebo v jeho blízkom okolí (MOPI, BBYS, GANP, TUBO, PENC, KRAW, ZYWI, UZHL), na základe ktorého bol vypočítaný priemerný rozdiel $\bar{\mathbf{v}}$, o ktorý boli opravené rýchlosti modelu NUVEL1A na staniach SKPOS. Výsledkom tak boli rýchlosti staníc vyjadrené v rýchlostnom modeli korešpondujúcom s rámcom ITRF2005. Matematicky možno uvedený výpočet zapísať nasledovne:

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{1}{k} \sum_1^k (\mathbf{v}_{NUVELL1A}^{ID} - \mathbf{v}_{ITRF2005}^{ID}) \quad (2)$$

$$\mathbf{v}_{ITRF2005}^{SKPOS} = \mathbf{v}_{NUVELL1A}^{SKPOS} + \bar{\mathbf{v}} \quad (3)$$

3.2 Výpočet rezíduí

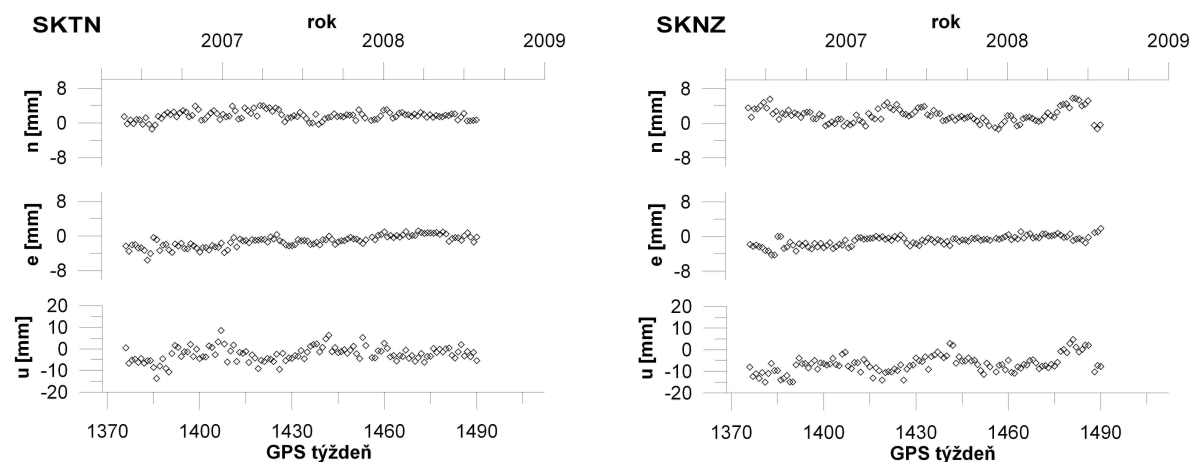
Dosadením vypočítaných rýchlostí staníc SKPOS $\mathbf{v}_{ITRF2005}^{SKPOS}$ do rovnice (1) a odpočítaním spoločnej časti, ktorá charakterizuje týždennú odchýlku siete od priemerného riešenia vyjadrenú šesticou transformačných parametrov \mathbf{T} naviazaných na sieť pomocou informačnej matice \mathbf{A} a vypočítaných na základe stabilných staníc (GOPE, GRAZ, UZHL, JOZE, TUBO) podľa vzťahov uvedených v [4], dostaneme rezíduá $d\mathbf{X}(t)$ predstavujúce správanie sa staníc v karteziánskom geocentrickom systéme.

$$d\mathbf{X}_i(t) = \mathbf{X}_i(t) - \mathbf{X}_{O_i} - \mathbf{v}_{ITRF2005_i}^{SKPOS}(t - t_0) - \mathbf{A} \cdot \mathbf{T} \quad (4)$$

Kvôli lepšej názornosti a interpretácii vypočítaných rezíduí bolo ešte nutné vykonať krok pozostávajúci z transformácia rezíduí z geocentrického systému (XYZ) $d\mathbf{X}(t)$ do topocentrického súradnicového systému (neu) $d\mathbf{N}(t)$ pomocou známych vzťahov uvedených napr. v [2], cez rotačnú maticu $\mathbf{R}(B, L)$.

$$d\mathbf{N}_i(t) = \begin{pmatrix} dn_i(t) \\ de_i(t) \\ du_i(t) \end{pmatrix} = \mathbf{R}(B_i, L_i) \cdot d\mathbf{X}_i(t) \quad (5)$$

Z takto pretransformovaných hodnôt rezíduí boli zostrojené časové rady pre každú stanicu, ktoré boli v ďalších krokoch podrobené analýze. Príklady zobrazenia vytvorených časových radov sú na obr. 3.



Obr. 3 Zobrazenie časových radov rezíduí staníc SKTN a SKNZ

4 ANALÝZA ČASOVÝCH RADOV

Analýza rezíduí zostavených do časových radov predstavujúcich správanie sa jednotlivých staníc bola zameraná na identifikáciu dvoch významných javov – trendu a periodickej zložky, obdobne ako to bolo vykonané v práci [7]. Odhalenie trendu identifikuje dlhodobú lineárnu zmenu jednej alebo viacerých súradníc stanice, naopak odhalenie periodickej zložky odpovedá pravidelnej zmene súradníc stanice v dôsledku opakujúceho sa nežiadúceho vplyvu, alebo efektu. Už z prvého pohľadu na vykreslené časové rady rezíduí (obr.3 a obr.4) je zrejmé, že hľadanú periódu bude v drvivej väčšine prípadov predstavovať hodnota 1 rok. Aj na základe tejto skúsenosti bol navrhnutý v zmysle metodiky aditívnej dekompozície časových radov spoločný odhad parametrov trendu a periodickej zložky (perióda 1 rok \approx 52 týždňov) aplikáciou kombinácie lineárnej regresie a harmonickej analýzy:

$$y = a \cdot t + b + c \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{52} \cdot t\right) + d \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{52} \cdot t\right) \quad (4)$$

Uplatnením vzťahov

$$c \cdot \sin(\omega \cdot t) + d \cdot \cos(\omega \cdot t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t - \varphi), \quad A = \sqrt{c^2 + d^2} \quad \text{a} \quad \varphi = \arctg\left(\frac{d}{c}\right) \quad (5)$$

možno rovnicu (4) prepísať na tvar:

$$y = a \cdot t + b + A \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{52} \cdot t - \varphi\right) \quad (6)$$

Riešením rovnice metódou najmenších štvorcov dostávame pri dosadení parametra t vyjadreného v týždňoch a parametra y vyjadreného v milimetroch odhad nasledovných neznámych parametrov:

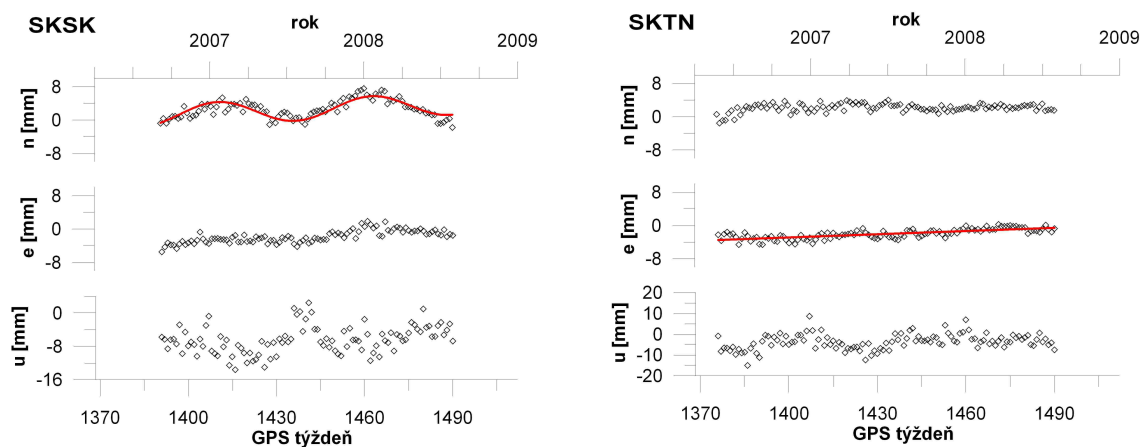
- a - parameter predstavujúci lineárny pohyb - trend vyjadrený v mm/týždeň,
- b - parameter predstavujúci posun súradnice v epoche $t = 0$,
- A - hodnota amplitúdy ročnej periódy (52 týždňov) v milimetroch,
- φ - fázový posun vyjadrený v radiánoch.

Z odhadnutých parametrov majú praktický význam pri posudzovaní stability staníc iba parameter trendu a ďalej upravený vzťahom $T = 52 \cdot a$ na hodnotu T vyjadrujúcu lineárny pohyb v mm/rok a hodnota ročnej amplitúdy A v milimetroch. Štatisticky významné hodnoty získané aplikáciou vzťahu (6) sú uvedené v tabuľke 1. Hodnoty sú odhadnuté z rôzne dlhých časových radov (stĺpec počet týždňov v tab.1), čo je spôsobené rôznym dátumom počiatočného vstupu jednotlivých staníc do spracovania (obr.2).

Názov stanice	Počet týždňov	Komponent					
		sever - juh (n)		východ - západ (e)		výška (u)	
		Trend T [mm/rok]	Amplitúda A [mm]	Trend T [mm/rok]	Amplitúda A [mm]	Trend T [mm/rok]	Amplitúda A [mm]
BBYS	107	-	0,7	-1,4	0,7	-	1,0
GANP	103	-0,8	0,3	1,5	0,7	1,3	1,7
GKU4	82	0,4	0,9	0,7	1,5	2,9	2,2
KUKE	99	-0,4	1,3	1,6	0,5	-1,1	4,3
KUZA	88	0,7	0,8	0,3	0,7	-	1,6
LIE1	92	-0,6	1,4	1,2	0,5	1,0	1,9
MOPI	113	0,4	1,5	0,5	0,7	-1,3	2,8
PAR1	63	-0,7	1,1	-	1,9	-1,9	2,3
PRES	103	-0,6	1,2	0,3	1,6	2,3	0,7
SKGA	111	0,7	1,2	1,4	0,4	3,5	3,7
SKLM	88	0,6	1,1	0,8	0,6	-	1,9
SKLV	87	0,4	1,1	1,5	1,3	-	2,7
SKNZ	110	-	1,7	1,0	0,5	4,2	2,0
SKRS	87	1,8	1,4	-0,4	1,2	-	2,7
SKRV	99	-0,4	0,7	1,2	0,8	-1,4	1,8
SKSE	110	-	1,1	0,5	0,8	3,1	2,4
SKSK	99	0,8	3,4	2,2	1,1	-	4,5
SKSL	99	0,9	1,5	-	0,7	1,5	2,4
SKSV	97	-	1,6	0,5	1,0	-	2,9
SKTN	114	-	0,7	1,5	0,5	1,7	1,9
SKTV	99	0,6	0,9	1,2	0,7	-	4,2
SKVK	107	-	1,3	1,1	0,3	-	2,8
SKZV	104	-	0,8	1,4	0,9	1,3	2,0

Tab. 1 Odhadnuté hodnoty parametrov amplitúdy a trendu pre jednotlivé zložky

Príklady zobrazenia staníc obsahujúcich periodickú zložku alebo trend, aj so zobrazením krivky charakterizovanej odhadnutými parametrami, sú na obr.4.



Obr. 4 Stanice s príkladom ročnej periódy a trendu

4.1 Hodnotiace kritéria stability staníc

Zvoliť kritéria, podľa ktorých možno považovať prekročenú dosiahnutú hodnotu z pohľadu stability stanice už za významnú na určitej hladine významnosti, nie je jednoduché. Vychádzajúc z filozofie ponuky služby SKPOS poskytujúcej aj tzv. mm riešenie [8] je potrebné a nevyhnutné nastaviť hodnotiace kritéria splňujúce aj túto podmienku. Z uvedeného ako aj na základe inšpirovania literatúrou [7] boli za kritické hodnoty pre posudzovanie stability staníc SKPOS nakoniec zvolené hodnoty uvedené v tab.2.

	Hodnotiace kritérium	
	Trend	Amplitúda
Horizontálna zložka	1,5 mm	1,5 mm/rok
Vertikálna zložka	3 mm	3 mm/rok

Tab. 2 Hodnotiace kritéria

4.2 Testovanie stability staníc

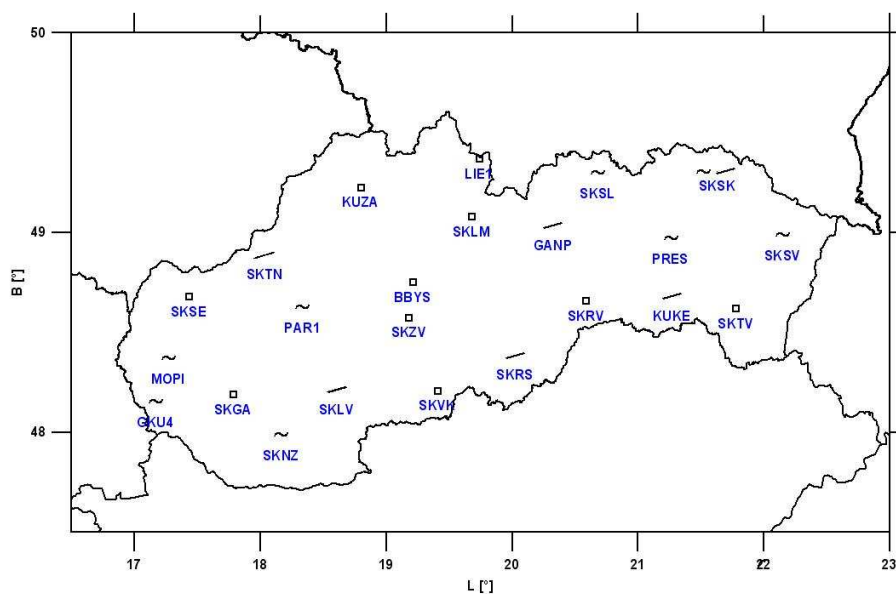
Hlavnou úlohou testovania stability staníc bolo porovnanie odhadnutých hodnôt parametrov trendu a amplitúd jednotlivých staníc (tab.1) so stanovenými kritickými hodnotami (tab.2) a na základe získaných výsledkov rozdeliť stanice SKPOS z pohľadu stability do niekoľkých skupín:

- stanice stabilné (bez významnej amplitúdy, trendu a anomálneho správania),
- stanice s ročnou periódou,
- stanice s trendom.

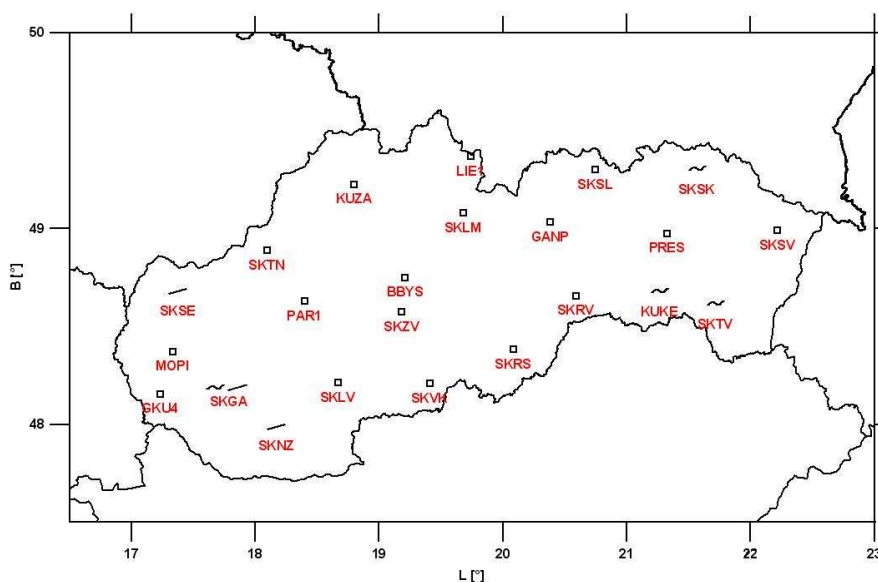
Zvolené skupiny staníc z pohľadu stability bolo ešte nutné doplniť o skupinu tvoriacu stanice s anomálnym správaním, ktoré v skutočnosti nemožno odhaliť na základe analýzy vzťahom (6), ale hlavne na základe grafického zobrazenia priebehu časového radu (napr. rôzne skoky, excesy, nepravidelné extrémne hodnoty).

4.3 Výsledky testovania

Výsledky testovania pozostávajúce z prekročenia stanovených kritérií pre jednotlivé stanice sú zrejmé z tab.1 (zvýraznené hodnoty), pre ktoré boli vytvorené grafické zobrazenia rozloženia staníc s prekročenými kritériami oddelene pre horizontálnu a vertikálnu zložku (obr. 5 a 6). Následne bolo možné vykonať aj rozdelenie staníc z hľadiska stability do skupín (tab. 3).



Obr. 5 Stabilné stanice (□) a stanice s prekročeným kritériom periódy (~) a trendu (/)
v horizontálnej zložke



Obr. 6 Stabilné stanice (□) a stanice s prekročeným kritériom periódy (~) a trendu (/)
vo vertikálnej zložke

	<i>Horizontálna zložka</i>	<i>Vertikálna zložka</i>
<i>Stabilné stanice</i>	BBYS, KUZA, LIE1, SKGA, SKLM, SKRV, SKSE, SKTV, SKVK	BBYS, GANP, GKU4, KUZA, LIE1, MOPI, PAR1, PRES, SKLM, SKLV, SKRS, SKRV, SKSV, SKSL, SKTN, SKVK
<i>Stanice s trendom</i>	GANP, KUKA, SKLV, SKRS, SKSK, SKTN	SKGA, SKNZ, SKSE
<i>Stanice obsahujúce ročnú periódu</i>	GKU4, MOPI, PAR1, PRES, SKNZ, SKSK, SKSL, SKSV	SKGA, KUKA, SKSK, SKTV
<i>Stanice s anomálnym správaním</i>	-	-

Tab. 3 Rozdelenie staníc SKPOS do skupín z pohľadu stability

4.4 Interpretácia výsledkov

Prezentované výsledky testovania možno jednoducho interpretovať ako pohyby staníc. Ak vylúčime, alebo v čo najväčšej miere minimalizujeme chyby spôsobené observáciou a spracovaním, môžeme na základe použitého modelu eliminovania rýchlosti konštatovať, že vypočítané hodnoty rezíduí odpovedajú iba skutočnému správaniu sa skúmaných permanentných staníc, ktoré predstavujú resp. odpovedajú viacerým faktorom ako:

- kvalite upevnenia antén,
- kvalite stabilizácie držiaka antén,
- kvalite statiky budovy resp. časti budov na ktorých je umiestnená GNSS anténa,
- vlastnostiam držiaka antén,
- tektonike danej lokality.

Pričom platí, že ten z faktorov, ktorý je výraznejší, najviac ovplyvňuje správanie sa rezíduí.

5 ZHODNOTENIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

Z vykonanej analýzy časových radov a porovnania dosiahnutých hodnôt s nastavenými kritériami možno konštatovať, že väčšina staníc sa javí ako stabilná tak pre horizontálnu, ako aj vertikálnu zložku. Aj stanice s identifikovanou ročnou periódou možno považovať z dlhodobého pohľadu za stabilné, nakoľko veľkosť amplitúdy je až na jeden prípad (SKSK) pod 2mm pri horizontálnej zložke. Problém môže nastať pri stanicach s identifikovaným trendom, keďže ich súradnica môže byť časom zmenená. Z tab.1 je zrejmé, že prekročenie kritickej hodnoty trendu je na viacerých stanicach v horizontálnej zložke východ-západ, čo môže byť zrejme spôsobené aj nedostatočne presne určenými hodnotami skutočných rýchlostí staníc korešpondujúcich s rámcom ITRF2005. Spresneným odhadom a zavedením skutočných a nie aproximovaných hodnôt rýchlosti staníc SKPOS by sa v budúcnosti mal potvrdiť resp. vyvrátiť zistený charakter.

Najkritickejšou stanicou ostáva permanentná stanica SKSK, u ktorej sú prekročené stanovené kritéria najvýraznejšie, no i napriek tomu poskytuje kvalitu potrebnú na všetky bežné zememeračské činnosti.

Aj keď pre žiadnu zo staníc SKPOS nebolo zistené anomálne správanie, znepokojujúcou informáciou zostáva skokový charakter časových radov na stanicach SKSE, SKNZ (obr.3) a SKGA (GPS týždeň 1485) spôsobený výmenou antén uskutočnených kvôli kalibrácii -

určenie absolútnej polohy fázových centier. Viac o tejto informácii určite napovie dlhšie sledovanie.

6 ZÁVER

Pre analýzu časových radov všeobecne platí, že kvalita a spoľahlivosť vyslovených záverov je tým presnejšia, čím dlhší je skúmaný časový rad. Ak vezmeme do úvahy, že závery vyslovené v kapitole hodnotenia dosiahnutých výsledkov sú uskutočnené iba na základe dvoch rokov observácii, možno dosiahnuté výsledky pokladať za objektívne iba pre uvedené časové obdobie.

Z vykonaného prvého pohľadu na stabilitu staníc SKPOS metódou analyzovania ich časových radov vyplýva, že všetky stanice dosahujú stabilitu dostatočnú na vykonávanie bežných, ako aj presných zememeračských prác, alebo iných činností spojených s možnosťami využívania signálov GNSS a dokonca väčšina staníc po ešte dôkladnejšej analýze môže napomáhať pri skúmaní geokinematiky Slovenska a strednej Európy.

LITERATÚRA

- [1] Dach, R. – Hugentobler, U. – Fridez, P. – Meindl, M.: Bernese GPS Software Version 5.0. Astronomical institute, University of Bern, 2001.
- [2] Hefty, J.: Globálny polohový systém v štvorrozmernej geodézii. Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2004.
- [3] Becker, M. – Drescher, R.: CEGRN Reprocessing Guidelines Version 1.3. CEGRN Consortium, 2007.
- [4] Hefty, J. - Igondová, M. – Hrčka, M.: Contribution of GPS permanent stations in central Europe to regional geo-kinematical investigations. Acta Geodynamical Geomater., Vol.2, No.3 (139), 75-86, 2005.
- [5] http://www.epncb.oma.be/_trackingnetwork/coordinates/index.php
- [6] GPS Station Positions/Velocities table (ssc format) - prístupné na http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/more_ITRF2005.php
- [7] Filler, V.: Testování stability stanic GNSS na území ČR. Seminář s mezinárodní účastí Družicové metody v geodetické praxi, Brno, 2008.
- [8] SKPOS Slovenská priestorová observačná služba využitia signálov GNSS – prístupné na <http://www.gku.sk/slo/produkty/gnss.html>