

SLOVENSKÝ TERESTRICKÝ REFERENČNÝ RÁMEC 2005

A

VÝVOJ JEHO STABILITY

LEITMANNOVÁ, K., KLOBUŠIAK, M., FERIANC, D. *¹

Abstrakt

Slovenský terestrický referenčný rámec SKTRFyy - základ presného a jednotného georeferencovania. Výpočet SKTRF 2005 z epochových meraní GPS na bodoch geodynamickej siete za obdobie 1993 – 2005. Jeho stochastické pripojenie ku globálnemu a európskemu referenčnému rámcu. Spresnenie odhadu lokálneho rýchlostného poľa pre územie Slovenska. Porovnanie SKTRF 2005 s predchádzajúcimi realizáciami. Analýza jeho stability. Pripojenie Štátnej priestorovej siete ŠPS 2005 budovanej po etapách k referenčnému rámcu SKTRF 2003.

1. Úvod

Pri budovaní generácie nových geodetických základov [2], [3] je potrebné brať do úvahy geodynamické vlastnosti Zeme. Na sledovanie geodynamiky, resp. geokinematiky územia Slovenska bola v roku 1993 založená moderná Slovenská geodynamická referenčná sieť (SGRN) [14]. Slúži rovnako na štúdium regionálnej geodynamiky, ale rovnako na realizáciu súradnicových referenčných systémov novej generácie. Na základe opakovaných epochových i permanentných meraní na bodoch SGRN sa určuje tzv. Slovenský kinematický referenčný rámec – SKTRFyy, t.j. určuje sa nie len presná poloha bodov SGRN v medzinárodných terestrických referenčných systémoch – globálnom ITRS a európskom ETRS, ale aj pohybové rovnice zmeny ich polohy v podobe ročných lineárnych rýchlostí. Na základe skupinovej analýzy pohybových rovníc je možné študovať štrukturované rýchlostné pole pre územie Slovenska, ktoré umožňuje nie len statickú, ale aj kinematickú interpretáciu stability geodetických základov. Aktuálna realizácia systému ETRS89 na bodoch z územia Slovenska v podobe SKTRFyy slúži ďalej ako presný národný referenčný etalón, na ktorý pripájame ostatné body Štátnej priestorovej siete.

2. Slovenský kinematický referenčný rámec – SKTRFyy

Každé nové opakované merania v SGRN vytvára predpoklad na výpočet aktuálnej realizácie Slovenského kinematického terestrického referenčného rámca – SKTRF. Tento predstavuje prenesenie, zhustenie realizácií medzinárodných terestrických referenčných systémov - globálneho ITRS a európskeho ETRS na územie Slovenska.

¹ Katarína Leitmannová Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, Slovensko. Tel.: ++421-7-43336188, e-mail: Leitmannova@gku.sk

Výpočet realizácie terestrického referenčného rámca vychádza z efektívneho modelu spájania sietí [7], [8], [9], [10] so simultánnym odhadom súradníc a lokálnych pohybov bodov. SKTRFyy vzniká stochastickým pripojením voľných riešení všetkých na Slovensku vykonaných relevantných kampaní, uskutočnených na bodoch SGRN, do realizácií medzinárodných terestrických referenčných rámcov ITRFyy a ETRFyy [12]. Výpočet SKTRF bol realizovaný pomocou programových riešení WIGS [9]. Na výpočet realizácie SKTRF 2005 boli použité epochové merania uskutočnené na bodoch SGRN v období 1993 až 2005. Ako cieľový referenčný systém bol použitý ITRF2000, epocha 1997.0 s vybranou podmnožinou bodov, v ktorom sú definované stredné hodnoty súradníc bodov IGS a ich rýchlosti pohybu. Lokálne rýchlosti sme do roku 2001 počítali vzhľadom k modelu globálnych rýchlostí európskej litosférickej tektonickej platne NNR-NUVEL1A. Analýzou najnovšej realizácie ITRF2000 sa potvrdilo [1], že rýchlostné pole ITRF2000 vystihuje globálny pohyb európskej litosférickej platne presnejšie ako model NNR-NUVEL1A. Rýchlosť pohybu platne odvodená z ITRF2000 vykazuje signifikantný rozpor s modelom NNR-NUVEL1A. Z toho dôvodu, aby sme mohli porovnávať realizácie rámcov SKTRF 2001, 2003 a 2005 navzájom, hlavne ich lokálne rýchlosti, museli sme ich prepočítať na jeden rýchlostný model. V našom prípade ITRF 2000.

3. Meračské kampane GPS a ich spracovanie

Od roku 1993, kedy sa zrealizovalo prvé meranie GPS v novej geodynamickej sieti, sa do roku 2005 pôvodná sieť postupne rozšírila na 50 geodynamických bodov. V priebehu rokov 1993 až 2005 sa uskutočnilo jej sedem opakovaných epochových zameraní s rôznou dĺžkou observácie. A to od 24- po 120-hodinové kampane. Z analýz niekoľkoročných meraní sa potvrdilo, že jedine dostatočne dlhé epochové meranie, v trvaní cca 100 hodín, tvorí kvalitný základ pre odhad geokinematických pohybových rovníc.

Na spracovanie všetkých kampaní v SGRN sme použili univerzitný softvér Bernese (Hugentobler et al., 2001), vyvinutý Astronomickým inštitútom Univerzity v Berne. Na spracovanie bola použitá stratégia uvedená v [13]. Všetky kampane SGRN 1993 až 2005 sa riešili samostatne ako voľné siete. Každá epocha bola riešená samostatne ako sieť pripojená k referenčnému rámcu ITRFyy prostredníctvom jedného referenčného bodu, kde yy je označenie realizácie ITRS platnej v epoche merania.

Do spracovaní všetkých kampaní SGRN boli začlenené aj merania na európskych permanentných stanicích IGS (International GPS Service for Geodynamics) a EPN (Euref Permanent Network). Účelom spoločného spracovania SGRN so stanicami IGS a EPN je zabezpečiť transformáciu bodov SGRN do ITRFyy (Medzinárodný terestrický referenčný rámec), resp. ETRFyy (Európsky terestrický referenčný rámec), kde yy znamená epochu merania.

4. Určenie súradníc a ročných rýchlostí bodov SKTRF 2005

Do globálneho modelu spoločného spracovania odhadu súradníc a ročných rýchlostí bodov vstúpili všetky relevantné epochové merania uskutočnené v období 1993 až 2005. Pozri tab. 1. Za relevantné kampane pokladáme kampane SGRN, CEGRN, TATRY a WHS. Z dôvodu získania reálnych odhadov charakteristík presnosti v porovnaní k realizácii ITRF 2000 sme kovariančné matice jednotlivých kampaní násobili faktorom 100. Ročné rýchlosti sme začali počítať len pre tie body, na ktorých boli v rozmedzí minimálne 4 rokov vykonané min. 3 epochové merania.

tab. 1 Prehľad epochových riešení použitých pri odhade SKTRF 2005

<i>Projekt</i>	<i>Epocha merania t</i>	<i>Dĺžka observácií</i>	<i>Počet bodov SGRN</i>	<i>Referenčný Rámec</i>	<i>Referenčný bod</i>
ITRF2000	1997.00	permanentne		ITRF2000	
SGRN'93	1993.66	36 hod.	17	ITRF94	GRAZ
CEGRN'94	1994.34	120 hod.	3	ITRF92	GRAZ
CEGRN'95	1995.41	120 hod.	3	ITRF92	GRAZ
SGRN'95	1995.74	36 hod.	42	ITRF94	GRAZ
CEGRN'96	1996.45	120 hod.	3	ITRF94	GRAZ
CEGRN'97	1997.43	120 hod.	3	ITRF94	GRAZ
SGRN'98	1998.48	24 – 30 hod.	15	ITRF96	GRAZ
TATRY'98	1998.67	72 hod.	6	ITRF96	ROHA
CEGRN'99	1999.45	120 hod.	5	ITRF97	GRAZ
SGRN'99	1999.72	42 hod.	42	ITRF97	GRAZ
TATRY'99	1999.73	72 hod.	6	ITRF97	ROHA
SGRN'00-1.časť	2000.34	48 hod.	6	ITRF2000	GRAZ
SGRN'00-2.časť	2000.57	52 hod.	11	ITRF2000	GRAZ
TATRY'00	2000.78	72 – 90 hod.	5	ITRF2000	ROHA
CEGRN'01	2001.46	120 hod.	5	ITRF2000	GRAZ
SGRN'01	2001.46	55 – 62 hod.	38	ITRF2000	PENC
TATRY'01	2001.69	72 hod.	6	ITRF2000	ROHA
WHS'01	2001.75	96 hod.	11	ITRF2000	PENC
TATRY'02	2002.68	72 hod.	6	ITRF2000	PENC
SGRN'03	2003.46	120 hod.	18	ITRF2000	GRAZ
CEGRN'03	2003.46	120 hod.	5	ITRF2000	GRAZ
TATRY'03	2003.68	72 hod.	6	ITRF2000	PENC
TATRY'04	2004.68	72 hod.	10	ITRF2000	GOPE
SGRN'04	2005.47	96 hod.	27	ITRF2000	GOPE

Projekt CERGOP je zameraný na dlhodobé GPS monitorovanie tektonických procesov v regióne Strednej Európy prostredníctvom veľmi kvalitnej siete bodov CEGRN [4], [5], [6]. Do tejto siete bolo zapojených päť bodov SGRN. Použitím CEGRN v spoločnom spracovaní so SGRN sa získa reálnejší odhad kinematického modelu tektonických procesov na území Slovenska v nadväznosti na okolité územie stredoeurópskeho regiónu.

Cieľom opakovaných epochových meraní v lokálnej geodetickej sieti TATRY [11] je štúdium kinematických vlastností vysokotatranského masívu s príľahlým pieninským masívom.

5. Porovnanie súradníc a rýchlostí SKTRF 2005 s realizáciami SKTRF 2001 a SKTRF 2003

Vzhľadom na to, že počet bodov SGRN od roku 1993 postupne narastal, na jednotlivých bodoch máme v súčasnosti rôzny počet opakovaných meraní a tiež rôznu dĺžku observácie. Pozri obr. 1. Táto skutočnosť ovplyvňuje rôznorodosť v kvalite určenia odhadu parametrov tak prvého, ako aj druhého rádu. V tab. 3 sú uvedené ročné lokálne rýchlosti 32 bodov SGRN vzťahované ku globálnemu rýchlostnému modelu ITRF 2000. Ich veľkosť a orientácia sú znázornené na obr. 2. V tomto obrázku sú vykreslené rýchlosti z rámcov SKTRF 2001 a SKTRF 2003. Z obr. 2 je zrejmé, že s predlžujúcim sa intervalom pozorovania sa odhady lokálnych rýchlostí znižujú a spresňujú. Inými slovami zreáľňuje sa ich hodnota. V poslednom riešení SKTRF 2005 lokálne rýchlosti v polohe neprekračujú absolútnu hodnotu 2 mm/rok, ale na väčšine bodov sú lokálne-diferenciálne rýchlosti, vzhľadom na presnosť s akou sú určené, štatisticky významné. Zatiaľ čo v riešení SKTRF 2001 dosahovali odhady

lokálnych horizontálnych rýchlostí hodnoty až do 3.8 mm/rok. Vertikálne rýchlosti neprekračujú 6 mm/rok a od riešenia 2001 nemajú tendenciu sa zmenšovať. Ich odhad je zaťažený rôznymi chybami, ktorých účinkov sme zo spracovania nevedeli efektívne a spoľahlivo eliminovať. Medzi pravdepodobné vplyvy zhoršujúce kvalitu odhadov zaradujeme: nepresné určenie výšky antény, neznalosť variácie fázového centra antény, vplyv troposféry atď.

Vypočítali sme tiež lokálne rýchlosti vzťahnuté na globálny rýchlostný model NNR-NUVEL1A. V porovnaní s lokálnymi rýchlosťami vzťahnutými k modelu ITRF 2000 sú väčšie. Aj na bodoch SGRN sa potvrdila skutočnosť, že model NNR-NUVEL1A nedostatočne vystihuje globálny pohyb euroázijskej litosférickej platne, hlavne jej rotáciu. Porovnanie lokálnych rýchlostí vzhľadom na obidva globálne modely sú v tab. 4 a znázornené sú na obr. 3.

Nezávislý odhad rýchlostí bol vykonaný aj v rámci projektu CERGOP. Odhadnuté boli lokálne rýchlosti 4 bodov SGRN za obdobie 1999 - 2003. Vzťahnuté boli k modelu NNR-NUVEL1A [6]. Odhady boli vykonané len z opakovaných epochových meraní kampaní CEGRN. Porovnanie rýchlostí týchto 4 bodov a 3 bodov CERGOP (ležiacich blízko nášho územia) so SKTRF 2005 je v tab. 5. Rozdiely v odhadoch rýchlostí obidvoma prístupmi sú nevýznamné, sú na úrovni 3-násobku smerodajnej odchýlky, hoci rýchlosti v SKTRF 2005 sú vypočítané z väčšieho počtu epochových meraní ako v CERGOP, ale na druhej strane nie každá kampaň SGRN a TATRY dodržala maximálnu dĺžku požadovanú v projekte CERGOP.

V tab. 2 je porovnaná odhadnutá rýchlosť bodu MOPI uvedená v rámci SKTRF 2005 a z časových radov permanentnej observácie za obdobie 2003.0 až 2005.5. Výsledky nevykazujú štatisticky významný rozdiel pri zvolenej hladine pravdepodobnosti 99%. Potvrdila sa zhoda na úrovni 3-násobku smerodajnej odchýlky.

tab. 2 Porovnanie odhadnutých rýchlostí bodu MOPI

bod	lokálna rýchlosť					
	SKTRF 2005 počet epôch 25		Permanentná observácia 2003.0 - 2005.5		rozdiel	
	$\delta\rho(\text{BLH})$ [mm/rok]	$\sigma(\text{dp})$ [mm/rok]	$\delta\rho(\text{BLH})$ [mm/rok]	$\sigma(\text{dp})$ [mm/rok]	$\delta\rho(\text{BLH})$ [mm/rok]	$\sigma(\text{dp})$ [mm/rok]
MOPI	0.2	0.1	0.5	0.1	-0.3	0.1
	0.5	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
	1.5	0.3	3.4	0.6	-1.9	0.6

V tab. 6 a tab. 7 sú uvedené výsledky porovnania stability súradníc troch realizácií referenčného rámca SKTRF 2005, 2003 a 2001. Všetky tri realizácie sú vyjadrené v medzinárodnom referenčnom rámci ITRF 2000, epocha 1997.0. Z porovnania vidieť, že rozdiely súradníc bodov v polohe dosahujú hodnoty maximálne do 3 mm, a preto ich môžeme pre účely pripojenia bodov ŠPS považovať za nevýznamné. Výnimkou sú dva body, a to PLH1 (Plešivá Hora) a ZAVE (Záhorská Ves), u ktorých dosahujú rozdiely súradníc v polohe medzi jednotlivými realizáciami až 9 mm. Aj z obr. 2 vidieť, že smer lokálnych rýchlostí týchto dvoch bodov je z každej realizácie iný. Lokálne rýchlosti odhadnuté týmto bodom nemožno pokladať za spoľahlivé, napriek tomu, že na týchto bodoch máme 10-ročný interval pozorovania.

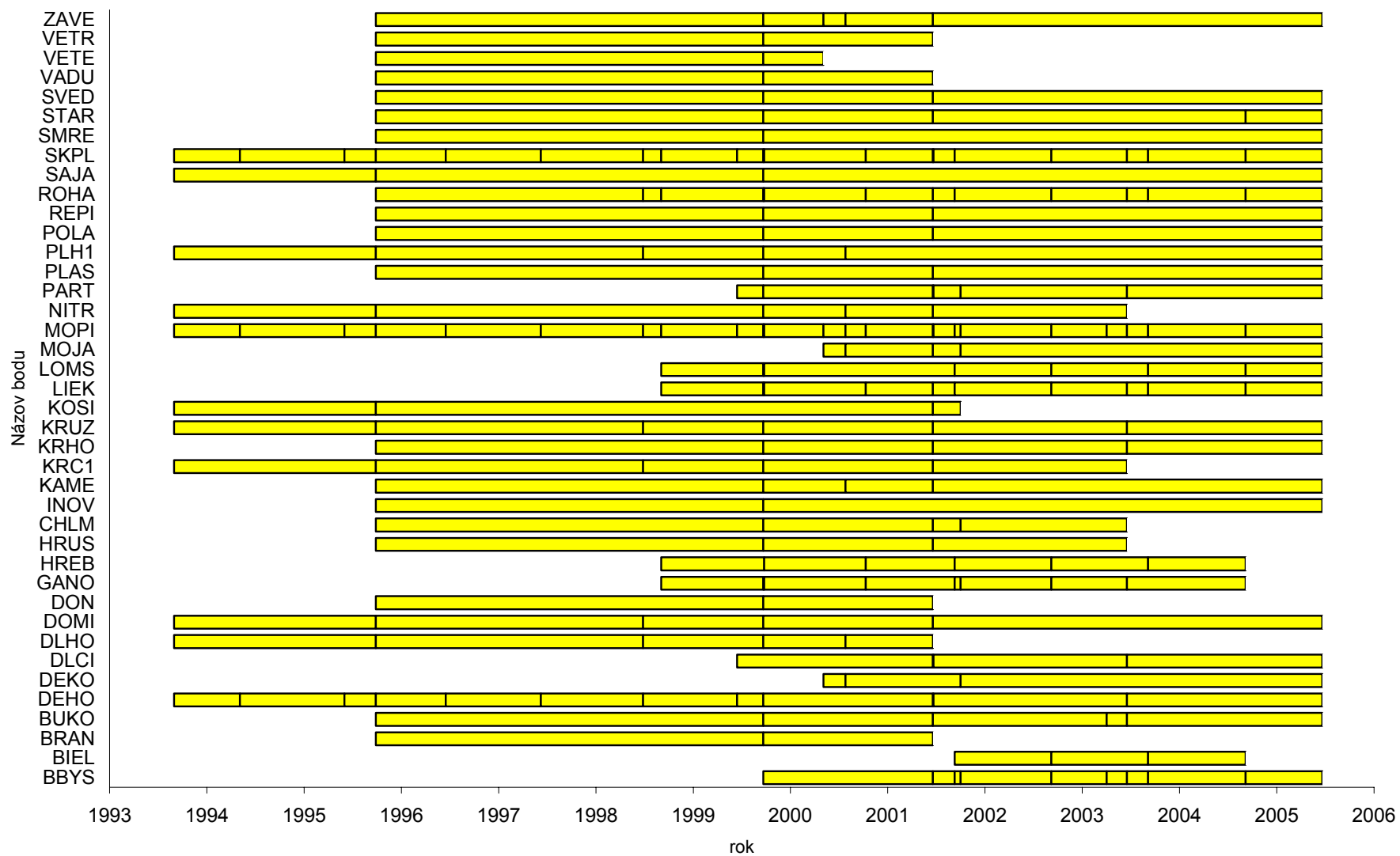
Rozdiely vo výškach medzi jednotlivými realizáciami dosahujú hodnoty do 19 mm. Príčinou je nižšia presnosť určenia výšky touto technológiou a navyše neznalosťou presnej polohy fázového centra antény a to hlavne vo vertikálnej polohe.

6. Záver

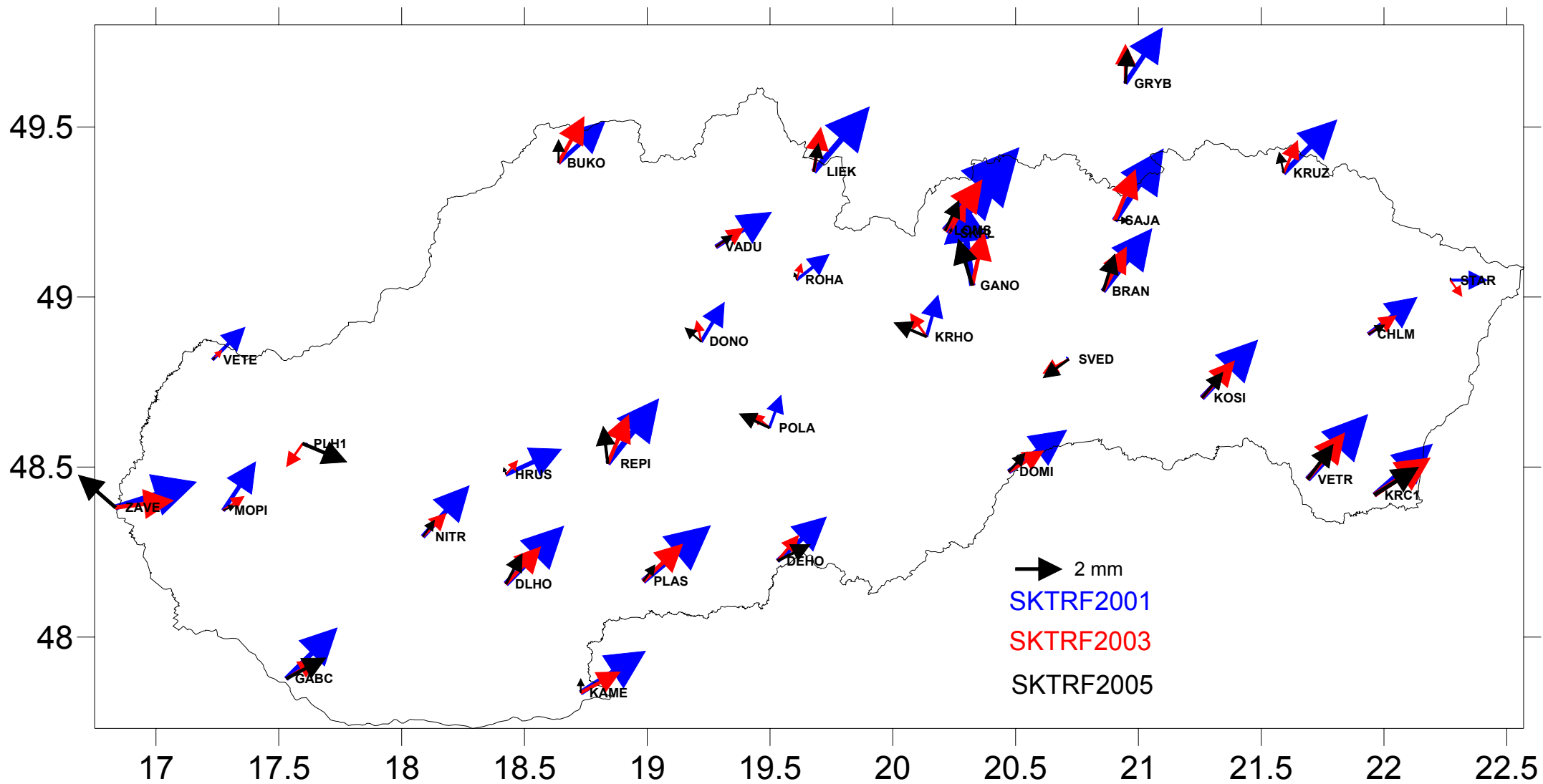
Novou realizáciou SKTRF 2005 sa potvrdzuje známa zásada. Kvalitné výsledky prináša iba kvalitná kampaň, tak svojou dĺžkou observácie, ako aj v použitých anténach, ktorých poloha fázových centier antén musí byť pravidelne sledovaná a overovaná. Ďalší dôležitý poznatok vyplývajúci zo spracovania je ten, že kvalitná kampaň je taká, v ktorej simultánne observuje pokiaľ možno veľká skupina prijímačov GPS, tak aby sa nemuseli skracovať observačné doby a presúvať na iné body SGRN.

Porovnaním súradníc a ročných rýchlostí realizácie rámca SKTRF 2005 s predchádzajúcimi realizáciami sa preukazuje polohová stabilita súradníc v rozmedzí do 3 mm, čo za obdobie 12 rokov je pre stabilitu geodetických základov nebyvalé. Posudzovanie výškovej stability rámcov a ich interpretácia má zatiaľ nízku výpovednú hodnotu. Uvedomujeme si, že súradnice sú prostredníctvom ročných rýchlostí premietané aj v rámci SKTRF 2005 do epochy 1997.0. To znamená, že drobná chyba v odhade rýchlostí už spôsobí výraznú zmenu súradnice. Preto je potrebné naďalej pokračovať v pravidelných epochových observáciách, a tak postupne získať kvalitný dynamický etalón použiteľný aj pre tie najpresnejšie projekty veľkého vedeckého, vedecko-technického, ale aj inžinierskeho významu a rozsahu.

Ukazuje sa, že relatívne vysoká stabilita rámca SKTRF bude vhodným základom pre priestorovú väzbu pripravovanej služby SPGS(SKPOS) na určovanie priestorovej polohy v reálnom čase v záväzných súradnicových a výškových referenčných systémoch.



obr. 1 Počet epochových meraní na bodech SGRN



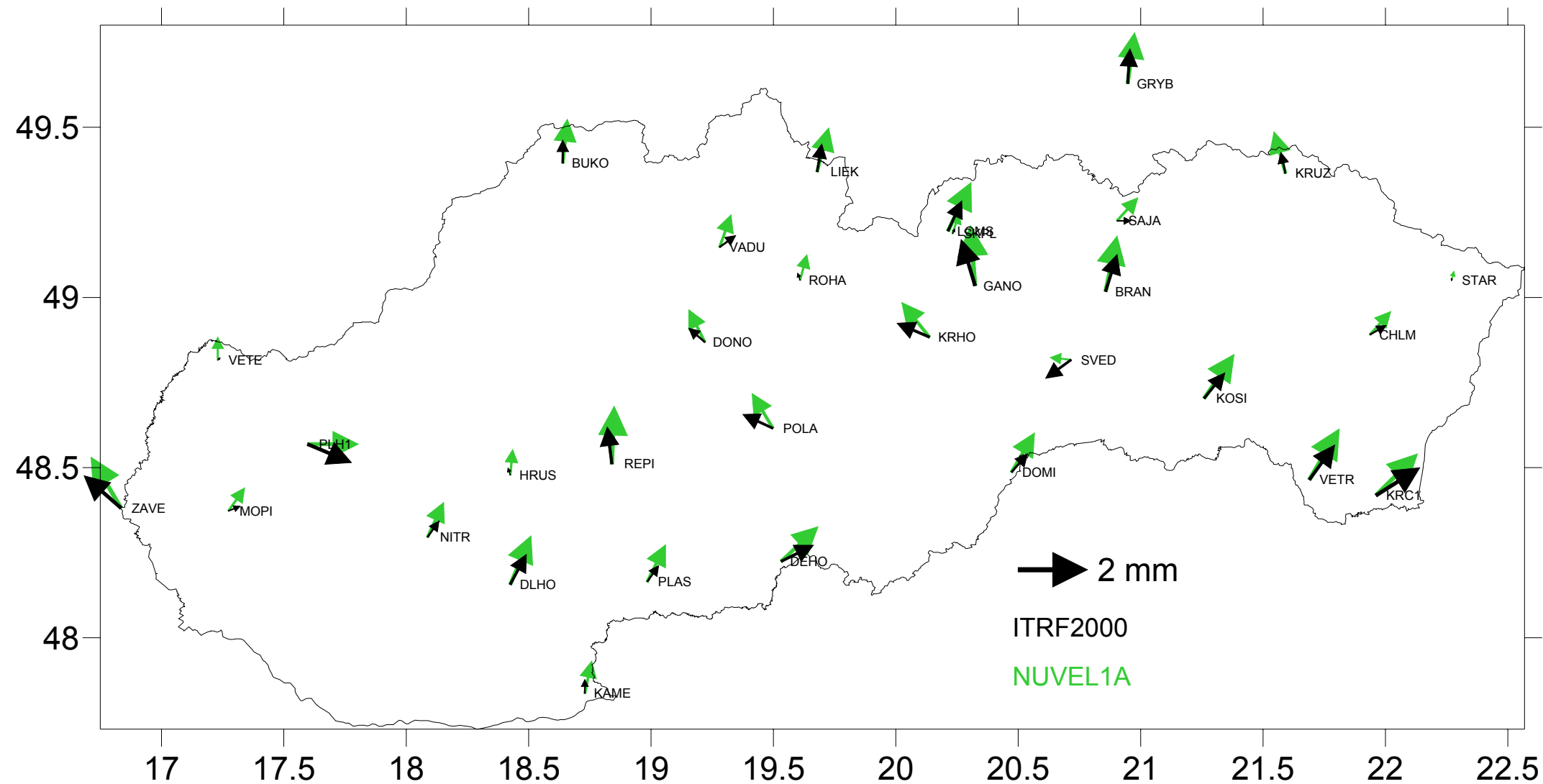
obr. 2 Ročné lokálne rýchlosti na bodoch SGRN vzťahnuté k ITRF 2000

tab. 3 Lokálne rýchlosti redukované vzhľadom na rýchlostný model ITRF 2000

	SKTRF2005							SKTRF2003							SKTRF2001						
	počet epôch	$\delta\rho_B$	$\sigma(\delta\rho_B)$	$\delta\rho_L$	$\sigma(\delta\rho_L)$	$\delta\rho_H$	$\sigma(\delta\rho_H)$	počet epôch	$\delta\rho_B$	$\sigma(\delta\rho_B)$	$\delta\rho_L$	$\sigma(\delta\rho_L)$	$\delta\rho_H$	$\sigma(\delta\rho_H)$	počet epôch	$\delta\rho_B$	$\sigma(\delta\rho_B)$	$\delta\rho_L$	$\sigma(\delta\rho_L)$	$\delta\rho_H$	$\sigma(\delta\rho_H)$
		mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok		mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok		mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok
BRAN	3	1.6	0.4	0.5	0.4	-3.5	2.5	3	1.9	0.3	1.0	0.3	-3.1	1.9	3	2.7	0.3	2.1	0.3	-3.2	1.9
BUKO	6	1.0	0.2	0.0	0.1	2.0	0.9	5	2.0	0.2	1.1	0.2	2.2	1.0	3	1.8	0.3	2.0	0.3	-0.1	1.7
DEHO	12	0.7	0.1	1.4	0.1	-1.5	0.4	10	1.1	0.2	0.9	0.2	-0.7	1.0	10	1.9	0.2	2.1	0.1	-0.8	1
DLHO	6	1.3	0.2	0.7	0.2	-3.6	1.3	6	1.6	0.2	1.5	0.1	-3.6	1.0	6	2.5	0.2	2.5	0.1	-3.2	1
DOMI	6	0.8	0.1	0.7	0.1	-1.8	0.7	5	0.9	0.1	1.5	0.1	-2.0	0.9	5	1.8	0.1	2.5	0.1	-2.1	0.9
DONO	3	0.6	0.3	-0.7	0.2	-2.4	1.8	3	0.9	0.2	-0.2	0.2	-2.2	1.4	3	1.7	0.2	1.0	0.2	-2.4	1.4
GABC	7	0.9	0.2	1.7	0.1	-6.6	0.8	6	0.8	0.2	1.3	0.1	-4.4	1.0	5	2.2	0.2	2.2	0.2	-2.6	1.6
GANO	9	2.0	0.2	-0.6	0.1	3.3	0.9	8	2.3	0.2	0.5	0.1	1.0	1.0	6	3.8	0.3	-0.5	0.2	1.0	1.5
HRUS	4	0.3	0.2	-0.1	0.2	-3.5	1.5	4	0.6	0.2	0.5	0.1	-3.1	1.2	3	1.1	0.2	2.4	0.2	-3.8	1.6
CHLM	5	0.4	0.2	0.7	0.2	-3.1	1.4	5	0.8	0.2	1.2	0.2	-3.0	1.1	4	1.6	0.2	2.1	0.2	-5.1	1.4
KAME	5	0.6	0.1	0.0	0.1	-1.3	0.8	4	0.9	0.2	1.7	0.1	1.8	1.2	4	1.8	0.2	2.8	0.1	2.0	1.1
KRC1	6	1.2	0.2	1.9	0.2	-1.3	1.6	6	1.6	0.2	2.4	0.2	-1.0	1.3	5	2.2	0.3	2.5	0.3	-2.8	1.8
KRHO	5	0.6	0.2	-1.4	0.1	-2.2	0.9	4	1.0	0.2	-0.7	0.1	-1.9	1.1	3	1.8	0.2	0.5	0.2	-1.3	1.7
KRUZ	7	0.9	0.1	-0.2	0.1	-4.8	0.8	6	1.4	0.1	0.6	0.1	-3.4	0.8	5	2.3	0.2	2.3	0.2	-6.6	1.3
KOSI	4	1.1	0.2	0.9	0.2	-1.2	1.8	4	1.6	0.2	1.4	0.2	-1.2	1.4	4	2.5	0.2	2.4	0.2	-1.2	1.4
LIEK	11	1.2	0.2	0.2	0.1	-1.8	0.7	9	1.9	0.2	0.3	0.1	-1.4	0.8	6	2.8	0.3	2.4	0.2	-5.9	1.6
LOMS	8	1.3	0.2	0.6	0.1	-4.5	0.8	6	2.2	0.2	1.6	0.1	-5.8	1.0	4	3.6	0.4	3.2	0.3	-0.5	2.2
MOPI	23	0.2	0.1	0.5	0.1	1.5	0.3	20	0.6	0.1	0.9	0.1	2.9	0.5	18	2.1	0.1	1.4	0.1	5.6	0.4
NITR	6	0.7	0.2	0.5	0.2	-2.5	1.3	6	1.0	0.1	1.0	0.1	-2.8	1.0	5	2.2	0.2	2.0	0.2	-1.7	1.2
PLAS	4	0.7	0.2	0.5	0.1	-3.5	1.0	3	1.6	0.2	1.7	0.2	-2.8	1.6	3	2.4	0.2	2.9	0.2	-2.9	1.6
PLH1	6	-0.8	0.2	1.9	0.1	-0.4	0.9	5	-1.0	0.3	-0.7	0.2	-1.4	1.9	5	-0.1	0.3	0.3	0.2	-1.3	1.8
POLA	4	0.6	0.2	-1.3	0.1	-0.2	0.9	3	0.6	0.2	-0.7	0.2	0.2	1.6	3	1.4	0.2	0.5	0.2	0.1	1.6
REPI	4	1.6	0.2	-0.2	0.1	-3.3	0.9	3	2.1	0.2	0.9	0.2	0.6	1.6	3	2.8	0.2	2.2	0.2	0.4	1.5
ROHA	13	0.3	0.1	-0.1	0.1	-1.2	0.6	11	0.7	0.1	0.2	0.1	-0.2	0.7	8	1.1	0.2	1.4	0.2	0.4	1.2
SAJA	4	0.0	0.1	0.6	0.1	-2.2	0.8	3	2.2	0.2	0.9	0.2	-4.7	1.5	3	3.1	0.2	2.1	0.2	-4.5	1.5
SKPL	19	0.2	0.1	0.1	0.1	-1.8	0.3	16	1.3	0.1	0.7	0.1	-5.3	0.4	14	2.1	0.1	2.0	0.1	-5.0	0.5
STAR	5	0.1	0.2	0.0	0.1	5.5	1.0	3	-0.7	0.3	0.5	0.2	-1.6	1.8	3	0.0	0.3	1.6	0.2	-2.0	1.8
SVED	4	-0.8	0.2	-1.1	0.1	0.7	1.0	3	-0.6	0.2	-1.1	0.2	1.4	1.7	3	0.1	0.2	-0.1	0.2	1.2	1.6
VADU	3	0.5	0.3	0.7	0.3	3.7	2.2	3	0.8	0.3	1.2	0.3	3.7	1.7	3	1.5	0.2	2.4	0.2	3.5	1.6
VETE	3	0.1	0.4	0.1	0.3	-3.0	2.5	3	0.4	0.3	0.4	0.2	-2.3	1.9	3	1.4	0.3	1.4	0.2	-2.0	1.9
VETR	3	1.5	0.3	1.1	0.3	-2.9	2.2	3	2.0	0.3	1.6	0.2	-2.8	1.8	3	2.8	0.2	2.6	0.2	-3.0	1.7
ZAVE	6	1.4	0.2	-1.6	0.1	-5.4	0.9	5	0.3	0.2	2.5	0.2	-4.8	1.6	5	1.1	0.2	3.5	0.2	-4.7	1.6

tab. 4 Lokálne rýchlosti vzťahnuté na globálne rýchlostné modely ITRF2000 a NNR-NUVEL1A

	SKTRF2005							SKTRF2005						
	globálny rýchlostný model ITRF 2000							globálny rýchlostný model NUVEL1A						
	počet epôch	$\delta\rho B$	$\sigma(\delta\rho B)$	$\delta\rho L$	$\sigma(\delta\rho L)$	$\delta\rho H$	$\sigma(\delta\rho H)$	počet epôch	$\delta\rho B$	$\sigma(\delta\rho B)$	$\delta\rho L$	$\sigma(\delta\rho L)$	$\delta\rho H$	$\sigma(\delta\rho H)$
	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok		mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok	mm/rok
BRAN	3	1.6	0.4	0.5	0.4	-3.5	2.5	3	2.5	0.4	0.5	0.4	-2.8	2.5
BUKO	6	1.0	0.2	0.0	0.1	2.0	0.9	6	1.9	0.2	0.0	0.1	2.0	0.9
DEHO	12	0.7	0.1	1.4	0.1	-1.5	0.4	12	1.5	0.1	1.6	0.1	-1.5	0.4
DLHO	6	1.3	0.2	0.7	0.2	-3.6	1.3	6	2.1	0.2	0.9	0.2	-3.5	1.3
DOMI	6	0.8	0.1	0.7	0.1	-1.8	0.7	6	1.7	0.1	1.0	0.1	-1.7	0.7
DONO	3	0.6	0.3	-0.7	0.2	-2.4	1.8	3	1.4	0.3	-0.7	0.2	-2.9	1.8
GANO	9	2.0	0.2	-0.6	0.1	3.3	0.9	9	2.7	0.2	-0.2	0.1	4.5	0.9
HRUS	4	0.3	0.2	-0.1	0.2	-3.5	1.5	4	1.1	0.2	0.1	0.2	-3.4	1.5
CHLM	5	0.4	0.2	0.7	0.2	-3.1	1.4	5	1.1	0.2	0.9	0.2	-3.0	1.4
KAME	5	0.6	0.1	0.0	0.1	-1.3	0.8	5	1.4	0.1	0.3	0.1	-1.4	0.8
KRC1	6	1.2	0.2	1.9	0.2	-1.3	1.6	6	1.8	0.2	1.8	0.2	0.1	1.6
KRHO	5	0.6	0.2	-1.4	0.1	-2.2	0.9	5	1.5	0.2	-1.2	0.1	-1.7	0.9
KRUZ	7	0.9	0.1	-0.2	0.1	-4.8	0.8	7	1.8	0.1	-0.5	0.1	-1.1	0.8
KOSI	4	1.1	0.2	0.9	0.2	-1.2	1.8	4	1.9	0.2	1.3	0.2	-1.2	1.8
LIEK	11	1.2	0.2	0.2	0.1	-1.8	0.7	11	1.9	0.2	0.5	0.1	-1.5	0.7
LOMS	8	1.3	0.2	0.6	0.1	-4.5	0.8	8	2.1	0.2	1.0	0.1	-3.9	0.8
MOPI	23	0.2	0.1	0.5	0.1	1.5	0.3	23	1.0	0.1	0.7	0.1	1.4	0.3
NITR	6	0.7	0.2	0.5	0.2	-2.5	1.3	6	1.5	0.2	0.7	0.2	-1.8	1.3
PLAS	4	0.7	0.2	0.5	0.1	-3.5	1.0	4	1.6	0.2	0.9	0.1	-3.5	1.0
PLH1	6	-0.8	0.2	1.9	0.1	-0.4	0.9	6	0.0	0.2	2.2	0.1	-0.6	0.9
POLA	4	0.6	0.2	-1.3	0.1	-0.2	0.9	4	1.5	0.2	-1.0	0.1	0.1	0.9
REPI	4	1.6	0.2	-0.2	0.1	-3.3	0.9	4	2.5	0.2	0.1	0.1	-3.5	0.9
ROHA	13	0.3	0.1	-0.1	0.1	-1.2	0.6	13	1.1	0.1	0.3	0.1	-1.1	0.6
SAJA	4	0.0	0.1	0.6	0.1	-2.2	0.8	4	1.0	0.1	0.9	0.1	-1.7	0.8
SKPL	19	0.2	0.1	0.1	0.1	-1.8	0.3	19	0.9	0.1	0.4	0.1	-1.8	0.3
STAR	5	0.1	0.2	0.0	0.1	5.5	1.0	5	0.4	0.2	0.1	0.1	5.5	1.0
SVED	4	-0.8	0.2	-1.1	0.1	0.7	1.0	4	0.1	0.2	-0.9	0.1	0.9	1.0
VADU	3	0.5	0.3	0.7	0.3	3.7	2.2	3	1.4	0.3	0.5	0.3	4.0	2.2
VETE	3	0.1	0.4	0.1	0.3	-3.0	2.5	3	1.0	0.4	0.0	0.3	-3.0	2.5
VETR	3	1.5	0.3	1.1	0.3	-2.9	2.2	3	2.2	0.3	1.3	0.3	-3.6	2.2
ZAVE	6	1.4	0.2	-1.6	0.1	-5.4	0.9	6	2.2	0.2	-1.3	0.1	-6.0	0.9



obr. 3 Lokálne rýchlosti vzťahnuté k modelom rýchlostí NNR-NUVEL1A a ITRF 2000

tab. 5 Porovnanie odhadnutých rýchlostí v CEGRN (1999 – 2003) a SKTRF 2005

globálny rýchlostný model NUVEL1A														
bod	globálna rýchlosť							lokálna rýchlosť						
	počet epôch	SKTRF2005		počet epôch	CEGRN		rozdiel		SKTRF2005		CEGRN		rozdiel	
		$\rho(XYZ)$	$\sigma(\rho)$	\square	$\rho(XYZ)$	$\sigma(\rho)$	$d\rho(XYZ)$	$\sigma(\rho)$	$\rho(BLH)$	$\sigma(\rho)$	$\rho(BLH)$	$\sigma(\rho)$	$d\rho(BLH)$	$\sigma(\rho)$
		[mm/rok]	[mm/rok]		[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]	[mm/rok]
(1)		(2)	(3)		(4)	(5)	(2)-(4)		(6)	(7)	(8)	(9)	(6)-(8)	
DEHO	12	-17.4	0.3	7	-18.2	1.4	0.8	1.4	1.5	0.1	1.5	0.4	-0.1	0.4
		18.1	0.1		17.1	0.5	1.0	0.5	1.6	0.1	0.7	0.3	0.9	0.3
		8.4	0.3		7.9	1.7	0.5	1.7	-1.5	0.4	-1.7	2.2	0.2	2.2
MOPI	23	-14.9	0.2	7	-14.9	1.1	0.0	1.1	1.0	0.1	1.2	0.4	-0.2	0.4
		18.0	0.1		17.3	0.4	0.7	0.4	0.7	0.1	-0.2	0.3	0.9	0.3
		10.2	0.2		10.7	1.3	-0.5	1.3	1.4	0.3	1.9	1.7	-0.5	1.7
PART	6	-19.5	0.4	3	-19.3	3.1	-0.2	3.1	6.5	0.1	4.6	1.0	1.9	1.0
		13.3	0.2		15.1	1.2	-1.8	1.2	-2.3	0.1	-0.9	0.7	-1.4	0.7
		11.9	0.4		10.5	3.6	1.4	3.6	-1.2	0.6	-1.1	4.7	-0.1	4.7
SKPL	19	-16.8	0.2	7	-16.6	1.3	-0.2	1.3	0.9	0.1	0.5	0.4	0.4	0.4
		16.9	0.1		16.7	0.5	0.2	0.5	0.4	0.1	-0.1	0.3	0.5	0.3
		7.8	0.2		7.9	1.6	-0.1	1.6	-1.8	0.3	-0.5	2.1	-1.3	2.1
GRYB	7	-19.3	0.3	7	-18.3	1.2	-1.0	1.2	2.2	0.1	1.3	0.4	0.9	0.4
		15.9	0.1		16.0	0.5	-0.1	0.5	0.3	0.1	-0.1	0.3	0.4	0.3
		6.5	0.3		7.1	1.5	-0.6	1.5	-4.5	0.4	-2.0	1.9	-2.5	1.9
TUBO	10	-17.1	0.3	7	-15.7	3.0	-1.4	3.0	0.8	0.1	1.8	1.0	-1.0	1.0
		17.0	0.1		17.7	1.2	-0.7	1.2	0.4	0.1	0.5	0.7	-0.2	0.7
		7.3	0.4		10.8	3.5	-3.5	3.5	-2.3	0.5	1.6	4.6	-3.9	4.6
UZHD	7	-19.7	0.3	7	-18.4	1.3	-1.3	1.3	2.0	0.1	0.9	0.4	1.1	0.4
		15.9	0.1		16.2	0.6	-0.3	0.6	0.6	0.1	0.1	0.3	0.5	0.3
		5.9	0.4		6.8	1.6	-0.9	1.6	-5.2	0.5	-2.1	2.0	-3.1	2.1

tab. 6 Porovnanie súradníc SKTRF 2005 a SKTRF 2003 v realizácii ITRF 2000 epocha 1997.0

Bod	rozdiel SKTRF'05 – SKTRF'03			normovaný rozdiel	pravdepodobnosť
	d (XYZ) [mm]	σ (d) [mm]	d(BLH) [mm]	d(BLH)/ σ (d)	α [%]
	3-1				
	1.8	1.8	-0.9	1.0	67.6
MOPI	1.5	0.7	0.8	2.2	96.9
	1.2	2.0	2.3	0.6	42.1
	-5.0	4.2	-0.6	1.2	75.3
GANO	0.8	1.8	2.4	0.5	33.5
	-5.9	5.0	-7.4	1.2	75.1
	-1.7	4.9	-0.6	0.3	26.8
CHLM	-0.3	2.2	0.4	0.1	13.8
	-2.8	6.0	-3.2	0.5	34.9
	-1.3	6.3	0.0	0.2	18.0
KOSI	-0.1	2.7	0.2	0.0	7.9
	-1.6	7.6	-2.0	0.2	18.2
	2.7	2.9	-0.6	0.9	63.1
ROHA	0.7	1.2	-0.2	0.6	42.9
	2.4	3.5	3.6	0.7	49.0
	-3.7	4.0	1.6	0.9	61.8
LOMS	0.8	1.7	2.0	0.5	35.2
	-1.5	4.9	-3.3	0.3	23.8
	-0.5	1.3	0.0	0.4	29.1
SKPL	-0.4	0.6	-0.2	0.7	48.3
	-0.5	1.6	-0.7	0.3	24.2
	0.9	3.6	0.6	0.3	20.5
LIEK	-0.4	1.5	-0.8	0.3	21.8
	2.0	4.4	2.1	0.5	33.6
	-1.9	4.7	2.2	0.4	30.6
BUKO	2.2	1.9	2.6	1.2	74.3
	1.7	5.7	0.6	0.3	23.6
	-0.1	4.8	0.0	0.0	6.8
DONO	0.2	1.8	0.2	0.1	12.1
	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0
	0.0	5.9	-0.9	0.0	0.0
SVED	-0.2	2.4	-0.2	0.1	10.4
	-1.5	7.2	-1.1	0.2	18.0
	-0.6	6.5	0.0	0.1	11.1
BRAN	0.2	3.1	0.4	0.1	9.5
	-0.8	7.8	-0.9	0.1	11.7
	6.9	3.9	-1.2	1.8	91.8
GABC	-1.0	1.4	-2.9	0.7	49.4
	5.2	4.4	8.0	1.2	74.7
	1.6	4.5	-3.7	0.4	26.1
ZAVE	10.4	1.6	9.7	6.7	100.0

	-0.4	5.2	2.7	0.1	9.9
	-0.5	3.7	0.0	0.1	13.8
DLHO	0.9	1.4	1.0	0.7	47.2
	-0.6	4.2	-0.5	0.1	14.1
	-1.1	2.8	0.3	0.4	29.9
DOMI	0.0	1.2	0.4	0.0	0.0
	-1.1	3.3	-1.4	0.3	25.8
	3.8	3.6	-0.3	1.1	69.6
KAME	2.2	1.4	0.6	1.6	88.7
	4.6	4.1	6.3	1.1	72.2
	-1.0	4.3	0.0	0.2	19.8
NITR	-0.6	1.6	-0.4	0.4	29.1
	-1.0	5.0	-1.5	0.2	17.7
	-1.4	6.3	-0.3	0.2	19.0
KRC1	-0.3	2.8	0.2	0.1	11.9
	-2.0	7.4	-2.4	0.3	22.0
	1.4	5.2	0.0	0.3	22.1
HRUS	0.9	1.9	0.4	0.5	34.9
	1.6	6.1	2.2	0.3	21.6
	1.4	4.8	-0.9	0.3	22.5
POLA	0.8	1.9	0.2	0.4	31.1
	0.3	5.8	1.3	0.1	8.6
	5.7	4.8	0.3	1.2	74.5
REPI	3.4	1.8	1.2	1.9	92.9
	7.9	5.6	10.2	1.4	82.1
	-0.4	6.0	0.0	0.1	9.6
VADU	0.3	2.6	0.6	0.1	12.6
	-0.6	7.1	-0.5	0.1	10.6
	0.5	5.1	0.3	0.1	11.3
PLAS	2.3	2.0	1.9	1.2	74.0
	1.9	5.9	2.2	0.3	24.6
	0.4	3.4	0.3	0.1	12.5
KRUZ	1.6	1.5	1.4	1.0	69.3
	1.7	4.3	1.9	0.4	30.0
	-9.4	5.3	-3.4	1.8	91.1
STAR	-3.2	2.4	0.6	1.3	80.2
	6.5	6.5	-18.9	2.5	98.4
	-0.2	6.2	-0.3	0.0	7.6
VETR	0.4	2.7	0.4	0.1	14.4
	-0.5	7.3	-0.3	0.1	9.7
	-0.3	4.5	-0.3	0.1	9.5
KRHO	0.8	1.9	0.8	0.4	32.0
	-0.1	5.5	-0.1	0.0	6.6
	-3.6	2.0	0.6	1.8	92.8
DEHO	-2.3	0.8	-1.0	2.9	99.5
	-3.8	2.3	-5.7	1.6	89.3
	1.7	6.2	0.3	0.3	22.2
VETE	-0.3	2.2	-0.8	0.1	13.8

	1.9	7.4	2.4	0.3	21.2
	1.8	5.3	-1.5	0.3	25.2
PLH1	-8.8	2.0	-9.0	4.5	100
	-3.3	6.1	-3.1	0.5	37.6
	-1.7	4.1	0.3	0.4	31.4
SAJA	-0.7	1.8	0.0	0.4	29.9
	-1.8	5.1	-2.6	0.4	27.3

tab. 7 Porovnanie súradníc SKTRF 2005 a SKTRF 2001 v realizácii ITRF 2000 epocha 1997.0

Bod	rozdiel SKTRF 2005 - SKTRF 2003			normovaný rozdiel	pravdepodobnosť
	d (XYZ) [mm]	σ (d) [mm]	d(BLH) [mm]	d(BLH)/ σ (d)	α [%]
	3-1				
	7.7	1.5	1.5	5.1	100.0
MOPI	1.2	0.6	-1.2	2.0	96.1
	10.9	1.8	13.2	6.1	100.0
	-4.1	4.7	1.2	0.9	57.6
GANO	-5.7	2.0	-3.9	2.9	99.3
	-4.6	5.6	-7.3	0.8	55.1
	-4.1	5.1	-0.6	0.8	55.6
CHLM	-2.1	2.3	-0.2	0.9	62.9
	-6.1	6.2	-7.6	1.0	65.4
	3.8	3.2	-1.2	1.2	73.6
ROHA	1.1	1.3	-0.2	0.9	57.0
	2.9	3.8	4.8	0.8	51.5
	3.8	5.2	3.1	0.7	48.5
LOMS	4.6	2.1	3.0	2.2	95.2
	10.8	6.3	11.6	1.7	88.2
	-0.3	1.3	0.3	0.2	20.0
SKPL	-0.4	0.6	-0.4	0.7	50.7
	0.0	1.6	-0.2	0.0	0.0
	-8.5	4.4	1.2	1.9	92.8
LIEK	1.1	1.8	1.6	0.6	41.8
	-7.9	5.4	-11.4	1.5	82.5
	-3.1	5.0	0.3	0.6	42.8
BUKO	1.2	2.1	2.0	0.6	40.8
	-2.5	6.1	-3.6	0.4	29.7
	0.3	4.8	0.0	0.1	9.4
DONO	0.4	1.8	0.4	0.2	18.7
	0.3	5.7	0.5	0.1	8.7
	0.1	5.9	-0.9	0.0	6.5
SVED	-0.8	2.4	-0.6	0.3	25.3
	-1.3	7.1	-1.1	0.2	16.2
	9.4	4.5	0.6	2.1	94.4
GABC	-0.8	1.6	-3.5	0.5	34.1
	10.4	5.2	13.5	2.0	93.6
	1.9	4.5	-3.4	0.4	30.2
ZAVE	10.4	1.5	9.5	6.8	100.0
	0.1	5.2	3.3	0.0	6.6
	-0.6	2.8	0.6	0.2	18.5
DOMI	-0.3	1.2	0.0	0.3	20.9
	-0.2	-0.2	-0.6	0.1	9.2
	4.1	3.5	0.0	1.2	73.3
KAME	2.3	1.4	0.8	1.7	90.3

	5.1	4.1	6.9	1.3	77.2
	0.6	4.3	0.9	0.1	13.7
NITR	-0.4	1.6	-0.6	0.2	20.4
	1.9	5.1	1.7	0.4	28.5
	-1.9	6.6	-0.6	0.3	22.7
KRC1	-3.8	3.0	-2.9	1.3	78.3
	-4.3	7.8	-5.4	0.6	39.6
	1.7	4.8	-0.9	0.4	26.4
POLA	0.8	1.9	0.0	0.4	31.1
	0.7	5.7	1.8	0.1	12.6
	6.1	4.7	0.0	1.3	77.6
REPI	3.8	1.8	1.4	2.1	95.6
	8.1	5.6	10.6	1.5	83.0
	0.1	5.9	0.0	0.0	6.5
VADU	0.4	2.5	0.4	0.2	15.0
	0.0	7.1	0.2	0.0	0.0
	0.9	5.1	0.6	0.2	15.8
PLAS	2.1	2.0	1.7	1.1	69.4
	2.4	5.9	2.8	0.4	30.0
	-2.3	3.5	0.6	0.7	45.9
KRUZ	1.3	1.6	2.0	0.8	56.4
	-1.0	4.4	-1.8	0.2	18.8
	0.3	6.1	0.0	0.0	8.5
VETR	-0.4	2.7	-0.4	0.1	14.4
	0.0	7.3	0.1	0.0	0.0
	1.0	4.9	0.0	0.2	17.3
KRHO	1.2	2.0	0.8	0.6	41.9
	1.9	5.9	2.3	0.3	24.5
	-3.1	1.9	0.9	1.6	88.5
DEHO	-2.3	0.8	-1.2	3.0	99.6
	-2.9	2.3	-4.6	1.3	78.8
	2.2	6.2	0.9	0.4	27.3
VETE	-0.3	2.2	-0.8	0.1	13.8
	3.3	7.4	3.8	0.4	33.5
	2.0	5.2	-0.9	0.4	27.5
PLH1	-9.3	1.9	-9.4	4.8	100.0
	-2.7	6.0	-2.7	0.4	31.4
	-1.4	4.1	0.6	0.3	26.5
SAJA	-0.6	1.8	0.0	0.3	26.2
	-0.8	5.1	-1.6	0.2	14.9

Literatúra:

- [1] ALTAMIMI, Z. – BOUCHER, C.: The ITRS and ETRS89 Relationship: New Results from ITRF2000. EUREF Symposium in Dubrovnik, 16 – 18 May 2001, str. 49 – 52.
- [2] FERIANC, D. – PRIAM, Š. – KLOBUŠIAK, M.: Konceptia budovania nových geodetických základov na roky 2001-2005. Bratislava, ÚGKK SR, 2000, 13 s.

- [3] FERIANC, D. – KLOBUŠIAK, M. – PRIAM, Š.: Konceptia rozvoja geodetických základov Slovenska. In: Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“, pobočka SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001, s. 22-28.
- [4] HEFTY, J.: Estimate of Site Velocities from CEGRN GPS Campaigns Referred to CERGOP Reference Frame. Proc. of the EGS symp.G16 „Geodetic and Geodynamic Achievements of the CEI“. XXIII General Assembly of the European Geophysical Society. Nice, France, 20-24 April 1998, str. 67-79.
- [5] HEFTY, J.: Possibilities of improving the velocity estimates from CERGOP campaigns. Proc. of the EGS G9 Symposium „Geodetic and geodynamic programmes of the CEI“, Reports on geodesy, WUT. Nice, France, 25-30 March 2001, p. 71-81.
- [6] HEFTY, J.: Kinematics of Central European GPS Geodynamic Reference Network as the Result of epoch Campaigns during Nine Years. Proc. of the EGS G9 Symposium „Geodetic and geodynamic programmes of the CEI“, Reports on geodesy, WUT. Vienna, Austria, 25-30 April 2005, p. 23-32.
- [7] KLOBUŠIAK, M. : Programy na analýzu stability a nestability GPS bodov, efektívne spájanie GPS sietí a výpočet transformačných parametrov. [Etapa 4a čiastkovej úlohy Integrovaná geodetická sieť.] Bratislava, VÚGK 1996.
- [8] KLOBUŠIAK, M.: Programy na simultánny efektívny odhad pohybových rovníc geodetických bodov a ich súradníc zameraných technológiou GPS. [Etapa 4a, čiastkovej úlohy Integrovaná geodetická sieť.] Bratislava, 1999, s. 15.
- [9] KLOBUŠIAK, M.: WIGS - Integrované geodetické siete, transformácie, spájanie, porovnanie, výpočet rýchlostí bodov a transformácie S-JTSK do xTRSYYY, odhad parametrov FCA. [Programový systém WIGS 5.2001.1]. Bratislava, VÚGK & MaKlo, 1995-2001.
- [10] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K.: Definovanie regionálneho trojrozmerného referenčného rámca pre SR na základe ITRS a ETRS a metódy jeho aktualizácie. [Etapa 1/10 čiastkovej úlohy č.1 Rozvoj integrovaných geodetických základov Slovenska]. VÚGK, Bratislava, 2002, 30 s.
- [11] LEITMANNOVÁ, K. - HUDEC, M. - KLOBUŠIAK, M. - FERIANC, D: Lokálna geodetická sieť TATRY. In : Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“. SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001. s. 113-122.
- [12] LEITMANNOVÁ, K. – KLOBUŠIAK, M. – PRIAM, Š: - FERIANC, D.: SKTRF 2001 – referenčný rámec pre Štátnu priestorovú sieť. In: Zborník referátov „Geodetické referenčné systémy“, KGZ SvF STU Bratislava, 20. novembra 2002, s.137-148.
- [13] LEITMANNOVÁ, K., KLOBUŠIAK, M.: Eliminácia rušivých faktorov pri tvorbe národného kinematického rámca pre ŠPS. In : Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“. SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001. s. 102-112.
- [14] PRIAM, Š. – FERIANC, D. – KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K.: Slovenská geodynamická referenčná sieť základ Štátnej priestorovej siete a geodynamiky Slovenska. . In: Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“, pobočka SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001, s. 153-164.